

# La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas



**Ramón Reiné**  
**Olivia Barrantes**  
**Alfonso Broca**  
**Carlos Ferrer**

# **La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas**

Ramón Reiné  
Olivia Barrantes  
Alfonso Broca  
Carlos Ferrer

© Los autores  
© De la presente edición  
1.ª edición 2009

Edita: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.  
Edición coordinada por Reiné, R.; Barrantes, O.; Broca, A.; Ferrer, C.

Maquetación: Gráficas Alós. Huesca

Fotografías portada: Los autores

Impresión: Gráficas Alós. Huesca.

Depósito Legal: HU.161/2009

ISBN: 978-84-612-9337-7

## INDICE

<b>PRESENTACIÓN</b> .....	11
<b>PRIMERA PARTE: ECOLOGÍA Y BOTÁNICA DE PASTOS</b>	
CAPITULO INTRODUCTORIO:	
Multifuncionalidad de los pastos herbáceos de montaña: hacia una interpretación multidisciplinar de los sistemas pastorales del Pirineo aragonés. <i>D. Gómez-García, R. García-González, F. Fillat</i> .....	15
Multifuncionalidad de los pastos con <i>Agrostis castellana</i> L. <i>J. Pastor, A.J. Hernández</i> .....	43
Relaciones entre los parámetros físico-químicos del suelo y la vegetación en prados de la reserva de la biosfera de Urdaibai (Bizkaia). <i>J.A. González-Oreja, M.A. Rozas, M. Onaindia, S. Mendarte, C. Garbisu, I. Albizu</i> .....	53
Influencia de las propiedades edáficas en el estado mineral de pastos de puerto en la Cordillera Cantábrica. <i>E. Afif, J.A. Oliveira</i> .....	61
Suelos de pastos de puerto en el Pirineo Central y su relación con la vegetación. <i>M. Alcubilla, J. Ascaso, A. Broca, M. Maestro, C. Ferrer</i> .....	69
Uso de compost procedente de residuos sólidos urbanos como enmienda orgánica en diferentes suelos de cultivo. <i>A.I. Roca, E. Vidal, A. Paz</i> .....	77
Dinámica de la descomposición de cinco especies herbáceas en áreas de ribera del río Henares. <i>T. Martínez-Martínez, J.A. Delgado, L. González-Garrido</i> .....	85
Los pastos en la toponimia del alto Aragón: una huella ecológica que se va perdiendo. <i>L. Villar</i> .....	93
Características de la producción herbácea en los prados de siega del Pirineo de Huesca. <i>R. Reiné, C. Chocarro, A. Juárez, O. Barrantes, A. Broca, C. Ferrer</i> .....	101



Clasificación florística de los prados de siega del Pirineo de Huesca. <i>C. Chocarro, R. Reiné, A. Juárez, O. Barrantes, A. Broca, C. Ferrer</i> .....	109
Análisis preliminar de los patrones fenológicos en un prado mesohigrófilo guadarrámico. <i>M.A. Minaya, C. Cebolla</i> .....	117
Efecto del hongo endofítico de <i>Festuca rubra</i> en la germinación y crecimiento de especies pratenses. <i>B.R. Vázquez de Aldana, M. Romo, A. García-Ciudad, B. García-Criado</i> .....	125
Cambios en la vegetación producidos por los hormigueros de <i>Lasius flavus</i> en pastos supraforestales del Pirineo Occidental. <i>R. García-González, E. García-Ramón</i> .....	133
Efecto del pastoreo de caprino y vacuno en pastos oligotrofos del Espacio Natural de Doñana. <i>M.J. Leiva, R. Ayesa, J.M. Mancilla</i> .....	141
Efecto del pastoreo sobre <i>Bituminaria bituminosa</i> (L). Stirton y otras leguminosas arbustivas, en Espacios Naturales Protegidos (ENPS) de Canarias. <i>A. Peña, J. Mata, L. Bermejo, L. De Nascimento, S. Fernández-Lugo, A. Camacho</i> .....	149
Efectos de la exclusión del pastoreo en la diversidad, riqueza, composición de especies y productividad de dos pastizales canarios. <i>S. Fernández-Lugo, L. De Nascimento, I. Saro, L. Bermejo, J.R. Arévalo</i> .....	155
Emisiones de óxido nitroso en pastoreo rotacional. <i>D. Báez, A. Louro, A.I. Roca, J. Castro, M.I. García</i> .....	163
Caracterización morfológica de la colección activa de <i>Hedysarum coronarium</i> del IFAPA. <i>E. M. Córdoba, F. Perea, C. I. González-Verdejo, B. Román, S. Nadal</i> .....	171
Variabilidad cianogénica y agronómica en poblaciones naturales de trébol blanco recolectadas en la Cordillera Cantábrica. <i>J.E. López-Díaz, E. González-Arráez, J.A. Oliveira</i> .....	177

## **SEGUNDA PARTE: PRODUCCIÓN VEGETAL DE PASTOS**

### **CAPÍTULO INTRODUCTORIO:**

Base de datos "Pastos españoles (SEEP)". Proceso de construcción y disponibilidad en Internet.

<i>F. Maroto, A. Gómez-Cabrera, J.E. Guerrero, A. Garrido</i> .....	187
---	-----

Efecto de la fertilización fosfórica sobre la presencia de especies en el forraje de prados de montaña. <i>R. García-Navarro, J. Alvarenga, A. Calleja</i> .....	197
Eficiencia y efecto residual del nitrógeno contenido en el purín de vacuno de leche aportado sobre prados en ambiente atlántico. <i>J.M. Mangado, J. Oiarbide, A. Barbería, A. Granada</i> .....	205
Aprovechamiento del purín de vacuno lechero en forrajeras de invierno: efectos sobre la producción de materia seca, la eficiencia de utilización del nitrógeno y fósforo. <i>L. Martínez-Suller, G. Salcedo</i> .....	213
Producción y calidad nutricional del cultivo de maíz forrajero abonado con estiércol deshidratado de pollo. <i>M.J. Bande, M.E. López-Mosquera, M.J. Sainz</i> .....	221
Efecto del abonado invernal y de la aplicación de herbicida en la producción y calidad de la alfalfa en regadío. <i>R. Fanlo, J. Lloveras, C. Chocarro</i> .....	229
Efecto de la fertilización en la producción de biomasa aérea y concentraciones de nitrógeno y fósforo en plantas de colza. <i>A. García-Ciudad, C. Petisco, L. García-Criado, B.R. Vázquez de Aldana, B. García-Criado</i> .....	237
Valoración eco-pastoral de los pastos del monte Lakora (Navarra, Pirineo Occidental). <i>R. García-González, J.L. Remón, D. Gómez-García, J. Azorín, M. Lorda</i> .....	245
Efecto del pastoreo sobre la calidad nutritiva de los pastos de montaña. <i>A. Aldezabal, M. Azpiroz, L. Uriarte, N. Mandaluniz</i> .....	253
Calidad forrajera de dos tipos de pastos de puerto en Ordino (Principado de Andorra): comparación de metodologías. <i>M. Bou, M. Domenech, R. Fanlo</i> .....	261
Valoración ecológica y nutritiva de los pastos herbáceos supraforestales de la Reserva de la Biosfera del Montseny, Cataluña. <i>C. Madruga, J. Bartolomé, J. Plaixats</i> .....	267
Relación entre compuestos fenólicos y calidad nutritiva en especies pratenses. <i>B.R. Vázquez de Aldana, A. García-Ciudad, B. García-Criado</i> .....	273
Efectos del color de plástico y número de capas sobre la composición química y calidad fermentativa en ensilados de hierba y veza-avena. <i>G. Salcedo, L. Martínez-Suller, M. Sarmiento</i> .....	279

Desarrollo de modelos NIRS para el control de calidad de ensilados de hierba en fresco. <i>M.A. González, A. Martínez-Fernández, S. Modroño, A. Soldado, B. De la Roza</i> .....	287
Análisis de purines mediante espectroscopía NIR. <i>D. Báez, P. Castro, J. Castro, A. García</i> .....	295
Tecnología NIR con sonda de fibra óptica: nuevas aportaciones al control de calidad de la alfalfa. <i>J.M. Hernández-Hierro, I. González-Martín</i> .....	303
Valoración de la autotoxicidad en alfalfa en condiciones de campo. <i>I. Delgado, F. Muñoz</i> .....	311
Caracterización y evaluación agronómica de una colección de esparcetas ( <i>Onobrychis viciifolia</i> Scop.). <i>S. Demdoum, I. Delgado, J. Valderrábano, F. Muñoz</i> .....	319
Alternativas forrajeras de invierno bajo distintas prácticas de siembra y abonado. <i>I. Mijangos, C. Garbisu, L. Epelde, A. Ibarra, S. Mendarte, I. Albizu</i> .....	327
Incidencia del tipo de manejo sobre las características agronómicas y ecofisiológicas de praderas de raigrás inglés/trébol blanco. <i>L. Álvarez, A. Martínez-Martínez, N. Pedrol, A. Martínez-Fernández</i> .....	335
Estudio agronómico comparativo de dos mezclas de praderas para el pastoreo de ganado ovino en sistemas agroganaderos del área mediterránea. <i>P.J. Pons, J. Gullás, J. Jaume, M.A. Conesa, M. Moreno, H. Medrano, J. Cifre</i> .....	343
Producción estacional de praderas en tierras de secano del Maestrazgo turolense. <i>I. Delgado, S. Congost, T. Nuez</i> .....	351
Especies forrajeras autóctonas de la isla de Lanzarote. <i>E. Chinaea, R. Mesa, J.L. Mora, H.A. Rodríguez</i> .....	359
Variación del valor nutritivo de variedades de guisante para forraje en función de la fecha de corte. <i>S. Pereira, G. Flores, A. González-Arráez, J. Valladares, B. Fernández-Lorenzo</i> .....	367
Tercer año de estudio de una nueva metodología para la evaluación de variedades de maíz forrajero. <i>M.J. Bande, J. Fernández-Paz, J. Piñeiro</i> .....	375

Evaluación de la tolerancia/resistencia a la sequía estival temprana de cultivares de maíz forrajero durante su crecimiento temprano. <i>L. Álvarez, A. Martínez-Martínez, B. De la Roza, N. Pedrol</i> .....	383
Maíz para ensilar cultivado en sistemas de producción convencional o ecológica. <i>A. Martínez-Martínez, N. Pedrol, A. Martínez-Fernández</i> .....	391
Efecto de la densidad en poblaciones locales de maíz para grano. <i>L. Campo, J. Moreno</i> .....	399
Evaluación de híbridos experimentales para la producción de maíz grano. <i>L. Campo, A.B. Monteagudo, J. Moreno</i> .....	407

### **TERCERA PARTE: PRODUCCIÓN ANIMAL CON BASE EN PASTOS**

#### **CAPÍTULO INTRODUCTORIO:**

La ganadería extensiva en ecosistemas semiáridos: las Bardenas Reales, mil años de pastoreo y multifuncionalidad en la encrucijada. <i>A. Urmeneta, V. Ferrer</i> .....	415
Desarrollo de una herramienta para el diagnóstico de la sostenibilidad económica, ambiental y social en sistemas agroganaderos. Aplicación en vacuno de leche. <i>A. Arandia, J.M. Intxaurrendieta, P. Santamaria, O. Del Hierro, L. Nafarrate, C. Icaran, E. López, M. Pinto, J.M. Mangado</i> .....	439
Diagnóstico de la ganadería ecológica y el suministro de materias primas para la alimentación animal en Cataluña. <i>F. López-Gelats, N. Panella, M. Gispert, E. Fàbrega, J. Bartolomé</i> .....	447
Gestión pascícola en los secanos semiáridos del sur de Navarra mediante herramientas GIS. <i>U. Iragui, C. Astrain</i> .....	455
Fichas de manejo y gestión de las grandes áreas de pastos en común de Navarra. <i>I. Iturriaga, J. M. Mangado, F. Maeztu</i> .....	463
Actividades de mantenimiento y de consumo en vacas nodrizas alimentadas con una mezcla forrajera completa. <i>J. Álvarez, I. Casasús, A. Sanz</i> .....	471
Pastoreo de ovino sobre rotaciones forrajeras en secano semiárido en manejo convencional y ecológico. Costes económicos y ambientales. <i>J.M. Mangado, J.P. Azpilicueta, J. Oiarbide, A. Barberia</i> .....	479

Consideraciones prácticas para el diseño de balsas ganaderas. <i>V. Ferrer, R.M. Canals, A. Iriarte, L. San Emeterio, E. Villanueva</i> .....	487
Aplicación de una herramienta tecnológica para el seguimiento de ganado en pastoreo libre. <i>M. Aguilar, I. Iturriaga, M. Villanueva, A. Pérez de Munian, F.A. Maeztu</i> .....	495
Efecto de la oferta y disponibilidad diaria de hierba sobre la composición morfológica del pasto. <i>A.I. Roca, M. O'Donovan, J. Curran, A. González-Rodríguez</i> .....	503
Efecto de la suplementación sobre el perfil de ácidos grasos en leche de vaca. <i>A.I. Roca, A. González-Rodríguez, O.P. Vázquez, J.A. Fernández-Casado</i> .....	511
Contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) en leche de vacuno en sistemas de producción en pastoreo en zonas húmedas. <i>A. González-Rodríguez, O.P. Vázquez, A.I. Roca, J.A. Fernández-Casado</i> .....	519
Efecto del acabado y del aumento del peso de sacrificio en la canal de terneros alimentados con ensilado de maíz. <i>J. Zea, M.D. Díaz</i> .....	527
Efecto del acabado y del peso al sacrificio en la carne de terneros alimentados con ensilado de maíz. <i>J. Zea, M.D. Díaz</i> .....	535

#### **CUARTA PARTE: SISTEMAS Y RECURSOS SILVOPASTORALES**

##### CAPITULO INTRODUCTORIO:

Los Espacios Naturales Protegidos: ¿un marco para el desarrollo de sistemas ganaderos sostenibles? <i>R. Revilla, S. Congost, I. Casasús</i> .....	545
Efecto de la disposición espacial del arbolado sobre los pastos herbáceos en una dehesa toledana: producción de materia seca. <i>C. López-Carrasco, S. Roig</i> .....	565
Influencia del matorral y el arbolado en la calidad del pasto en la dehesa. <i>M.L. López-Díaz, G. Moreno, V. Rolo</i> .....	573
Influencia de nuevos fertilizantes sobre la producción de biomasa y parámetros de calidad en pastos de dehesa del SO de España. <i>O. Santamaría, M.J. Poblaciones, L. Olea, S. Rodrigo, F.J. Viguera, T. García-White</i> .....	581

Influencia de las temperaturas de primavera en la producción de cerdos ibéricos de montanera en la provincia de Badajoz (Extremadura, España). <i>J. Gonzalo, M.J. Poblaciones, L. Olea</i> .....	589
La productividad de bellota en la dehesa y su relación con parámetros meteorológicos. <i>M.D. Carbonero, A. García-Moreno, C. Calzado, P. Fernández-Rebollo</i> .....	597
Influencia del cultivo de <i>Lupinus luteus</i> L. en la densidad de inóculo de <i>Phytophthora cinnamomi</i> en suelos de dehesa. <i>M.S. Serrano, M.E. Sánchez, P. De Vita, M.D. Carbonero, A. Trapero, P. Fernández-Rebollo</i> .....	605
Actitudes ante políticas sectoriales y medioambientales de ganaderos de ovino en un Espacio Natural Protegido. <i>B.A. Zamudio, E. Manrique, A.M. Olaizola</i> .....	613
Aprovechamiento de pastos forestales de montaña mediterránea por vacas de cría: pautas de actividad y selección de la dieta. <i>I. Casasús, M. Blanco, M. Orea, R. Revilla</i> .....	621
Análisis de la apetencia del ganado caprino por las especies de matorral en el Espacio Natural de Doñana. <i>J.M. Mancilla, R. Pino, A. Martín</i> .....	629
Selección de dieta y efecto del arruí ( <i>Ammotragus lervia</i> ) sobre la vegetación leñosa del parque regional de sierra Espuña (Murcia). <i>A. San Miguel, M. Fernández-Olalla, M. Martínez-Jauregui, R. Perea</i> .....	637
Análisis comparativo del uso de recursos tróficos por parte del conejo y tres especies de ungulados en simpatria en un ecosistema mediterráneo. <i>M. Miranda, I. Cristóbal, J. Bartolomé, J. Cassinello</i> .....	643
Sistemas silvopastorales en prevención de incendios en Galicia: red de experiencias piloto de transferencia de tecnología. <i>M.R. Mosquera, A. Rigueiro</i> .....	649
Pastoreo con ganado ovino en un cortafuegos. Efecto sobre el combustible herbáceo. <i>A.B. Robles, J. Ruiz, J.L. González-Rebollar</i> .....	657
Utilización del ganado asnal para la prevención de incendios en masas forestales del Pirineo oscense. <i>M. Gartzia, F. Fillat, E. Gómez, J. Aguirre, G. Bueno</i> .....	663





## PRESENTACIÓN

El título de este libro, “La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas”, coincide casi literalmente con la línea *Multifunctional grasslands for sustainable and competitive ruminant production systems and the delivery of ecosystem services* (KBBE-2009-1-2-02) del 7º Programa Marco (FP7) para el Desarrollo Científico y Tecnológico (2009) de la Unión Europea. En este volumen se compendia una gran parte de la información aportada en la XLVIII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, celebrada en Huesca en junio de 2009.

En los pastos, además de su importancia económica como recurso alimenticio para el ganado, está ampliamente reconocido su valor ecológico y social. Los sistemas de ganadería ligada a la tierra se ubican en áreas rurales y constituyen una parte substancial de los espacios agrarios considerados de alto valor natural. La biodiversidad en Europa depende significativamente de estos sistemas y, de hecho, una elevada proporción de la superficie incluida en la Red Natura 2000 en España está constituida por superficies pascícolas y forrajeras. Otros valores de los pastos se relacionan con su capacidad para hacer viables social y económicamente las áreas rurales, con la conservación del patrimonio cultural, y con beneficios económicos potenciales distintos de los tradicionales, dependientes muchas veces de los servicios aportados por los ecosistemas.

El conjunto de beneficios económicos, ecológicos y sociales que representa lo agrario se ha dado en llamar “multifuncionalidad”. Este concepto tiene raíces en el cambio de mentalidad que se produjo a partir de los años 80 en el sentido de considerar el medio agrario no solamente en su dimensión productiva. La noción actual de multifuncionalidad surgió en el ámbito de diversas plataformas internacionales; fue definida y debatida en el contexto del GATT (Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio), y adoptada por la OMC (Organización Mundial de Comercio). Se trata, por tanto, de un concepto con fuertes connotaciones políticas. La PAC (Política Agraria Comunitaria) reconoce el papel múltiple de las actividades agrarias, y su última reforma está enfocada a promover un desarrollo rural sostenible basado, principalmente, en esta multifuncionalidad.

La aproximación científica a la multifuncionalidad está basada en el concepto de los servicios o funciones proporcionados por los ecosistemas, y de los que hay un gran abanico en el caso de los pastos: biodiversidad vegetal y animal (no sólo fauna salvaje, sino también conservación de razas ganaderas autóctonas); prevención de incendios (disminución de la proporción de vegetación combustible); regulación del ciclo hidrológico (prevención de inundaciones, disminución de la escorrentía, aumento de la infiltración y recarga de acuíferos); secuestro de carbono en suelos (por ejemplo, los pastos herbáceos almacenan más de un 10% del carbono total de la biosfera, del que

un 90% es secuestrado en los suelos); creación y conservación de paisajes (paisajes en mosaico, paisajes abiertos); estabilización del suelo (contribución a la prevención de la erosión); purificación del agua; producción de alimentos de calidad para la ganadería; bienestar animal; producción de alimentos de calidad para la alimentación humana; mantenimiento de la población en áreas rurales, muchas de ellas desfavorecidas; herencia cultural (tradicción, folklore, construcciones tradicionales, paisaje); etc.

Indudablemente, estas prestaciones de los ecosistemas pascícolas dan soporte a una amplia diversificación de actividades en el medio rural (turismo, esquí, deportes de aventura, apicultura, productos diferenciales con denominación de origen, caza, etc.), generando beneficios económicos y oportunidades de negocio.

Los pastos bien mantenidos están hoy en día en retroceso en Europa, debido fundamentalmente a cambios en los usos del suelo, que conducen o bien a la intensificación o bien al abandono. Ambos procesos tienen graves implicaciones sobre la sostenibilidad de los sistemas ganaderos y sobre las funciones aportadas por estos agroecosistemas. Por otra parte, la creciente preocupación acerca de la emisión de gases de efecto invernadero por parte de la ganadería colocan a estos sistemas en un contexto más amplio que el meramente local o regional y plantean nuevos retos. Hoy más que nunca, es fundamental valorar y promover las externalidades positivas de los sistemas de ganadería ligada a la tierra, conocer mejor su multifuncionalidad y encontrar nuevas formas de pensamiento sistémico en el diseño de políticas e investigación agroambientales.

Los editores desean agradecer la financiación de la edición de este libro a la Dirección General de Desarrollo Rural, del Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón, a la Subsecretaría de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino del Ministerio del mismo nombre, y a la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

*Los editores*

**PARTE PRIMERA**

# **ECOLOGÍA Y BOTÁNICA DE PASTOS**





## CAPÍTULO INTRODUCTORIO

# MULTIFUNCIONALIDAD DE LOS PASTOS HERBÁCEOS DE MONTAÑA: HACIA UNA INTERPRETACIÓN MULTIDISCIPLINAR DE LOS SISTEMAS PASTORALES DEL PIRINEO ARAGONÉS

*D. GÓMEZ-GARCÍA, R. GARCÍA-GONZÁLEZ, F. FILLAT*

*Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC), Avda. Rgto. Galicia s/n, 22700 Jaca (Huesca).  
dgomez@ipe.csic.es*

## RESUMEN

Se revisan los estudios de los sistemas pastorales del Pirineo de Aragón realizados en el Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC) durante los últimos 50 años. Dichos estudios persiguen desde su inicio una aproximación multidisciplinar con especial énfasis en aspectos ecológicos y en la historia de la utilización pastoral de la montaña y con aproximaciones desde la escala de especie a la de paisaje. Se han realizado estudios detallados de la distribución espacial de los pastos herbáceos, su composición florística, producción, biomasa y calidad nutritiva. En cuanto a los herbívoros, se ha indagado en la selección de dieta y patrones espaciales y temporales de utilización.

**Palabras clave:** factores ecológicos, pastos herbáceos de montaña, historia de la utilización.

## INTRODUCCIÓN

Los pastos están vinculados estrechamente a las montañas en nuestras latitudes y es allí donde probablemente sus ecosistemas muestran una mayor complejidad (Vare *et al.*, 2003). Ello, a pesar de que la coevolución del sistema pasto-herbívoro desarrolló sus pasos más señalados en ambientes de sabana y, aún hoy, muchas concentraciones de grandes herbívoros en el planeta ocurren en territorios llanos y están asociadas a un aprovechamiento estacional más relacionado con el régimen de lluvias que con los gradientes asociados a la topografía (McNaughton, 1979a y b, 1985).

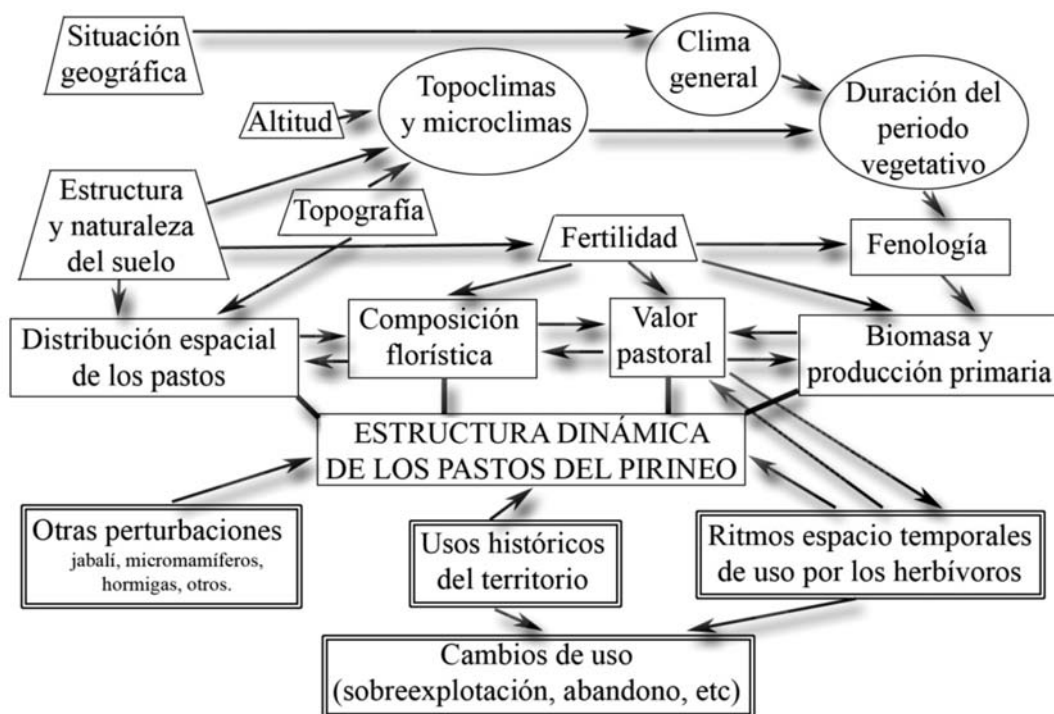
En las montañas de nuestras latitudes los pastos debieron ocupar superficies muy reducidas en los últimos milenios, dispersos aquí y allá entre los bosques dominantes, o bien, formando una vegetación muy rala, bajo las cumbres cubiertas aun por glaciares y neveros casi permanentes. No obstante, los restos fósiles testifican la presencia



de grandes y pequeños herbívoros salvajes durante las últimas decenas de miles de años (Bahn, 1983), y por tanto, cabe suponer la existencia de pastos precursores de los actuales, aunque con vegetación y paisaje bien diferentes. En cualquier caso, hasta hace apenas mil años, ni el Pirineo ni otras cordilleras del “arco alpino” constituyeron un entorno adecuado para la expansión de una ganadería prepotente que, a partir de entonces, iba a transfigurar su paisaje, propiciando la extensión de los pastos y relegando los bosques a enclaves reducidos (Montserrat Martí, 1992).

El estudio de las montañas implica pues, en gran medida, el de su utilización pastoral y fue la constatación de esa influencia, lo que impulsó a Pedro Montserrat en los años 50 del pasado siglo a acometer el estudio de los pastos, a instancias de Gaspar González y de Manuel Ocaña, siendo los tres investigadores quienes fundaron la SEEP. Esos primeros trabajos recogen ya una marcada visión ecológica, pionera en nuestro país, y una aproximación metodológica vinculada a la botánica en la descripción de los pastos de distintas montañas del norte peninsular y, más en concreto, del Pirineo (Montserrat, 1956, 1961 y 1964). En las siguientes décadas continuaron las aportaciones del propio autor, luego ya en compañía de sus primeros discípulos (Montserrat y Villar, 1974; Montserrat y Fillat, 1979), aunque con datos experimentales muy limitados debido a las circunstancias de la época. Durante los siguientes años, la incorporación de nuevos investigadores permitió añadir otros enfoques (García-González y Montserrat, 1986; Gómez *et al.*, 1983) y conformar un reducido grupo de “ecología de pastos” en el Instituto Pirenaico de Ecología (IPE), para afrontar el estudio del Pirineo desde distintas disciplinas científicas, principalmente de los Valles occidentales de Ansó, Hecho y Aisa, el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido y el Valle de Gistaín y coincidiendo con aproximaciones similares en otros valles (Ferrer, 1981). En el análisis de territorios pastorales extensos, resultó imprescindible integrar la actividad humana y su historia que habían sido abordadas por García Ruiz (1976), Balcells (1980) y Fillat (1981). Seguimos hoy en esa aproximación multidisciplinar que abarca los factores abióticos, la estructura y dinámica vegetal, el comportamiento de los herbívoros, la historia de pastoreo y la cultura ganadera (Figura 1). Ya en fechas muy recientes, hemos tratado de elaborar una primera síntesis del ecosistema pastoral en el Pirineo de Aragón (Fillat *et al.*, 2008) y de indagar en aspectos más relacionados con la fragmentación y la organización espacial de los pastos para comprender mejor sus funciones y diagnosticar su estado de conservación (Alados *et al.*, 2007). Una buena parte de nuestros estudios se han basado en el conocimiento detallado de la flora pirenaica, plasmada en el Herbario JACA y en numerosos trabajos de vegetación de ámbito más o menos local (bibliografía recogida en Villar *et al.*, 1997-2001 y en Gómez García *et al.*, 2005).

Dedicamos esta ponencia a realizar un breve recorrido por esos ya más de cincuenta años de estudios de los pastos desde el Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC), con mención especial a los relacionados con su interés ecológico y sólo haremos una reflexión final sobre los valores culturales adaptativos. Dejamos a un lado el tercer soporte de la multifuncionalidad relacionado con el interés económico y que atañe a la estructuración de las explotaciones y a las salidas al mercado. Estos aspectos son objeto de estudio en las ramas de economía agraria y producción animal y cuentan en nuestra región con líneas de investigación de larga tradición (Manrique, 1976; Revilla, 1987; Asensio y Casasús, 2004; Bernués *et al.*, 2007, sólo por citar algunos referentes). Algunas de las aproximaciones de las que damos cuenta fueron realizadas ya con anterioridad en el Pirineo de Francia (por ejemplo, Tosca, 1986) y han sido también



**Figura 1. Esquema de las principales relaciones ecológicas en los ecosistemas pastorales de la montaña pirenaica (adaptado de Gómez García, 2008a).**

abordadas en fechas más recientes en el Pirineo catalán y navarro (Canals y Sebastiá, 2000a y b; García-Pausas *et al.*, 2007), pero nos ceñiremos, sobre todo en las citas bibliográficas, a nuestros propios trabajos, porque pretendemos con esta ponencia realizar sobre todo una reflexión sobre lo hecho, lo que queda por hacer y las rutas más apropiadas para abordar la tarea.

Precisamos, en primer lugar, que los pastos a los que nos referimos en este trabajo y que han sido objeto central de nuestro estudio, son los herbáceos que dominan en las montañas del Norte peninsular, y son la “hierba que el ganado come allá donde se cría”; lo que en el “nomenclátor” (Ferrer *et al.*, 2001) se denomina “pasto de puerto”. Incluimos también los “prados” del piso montano que complementan los sistemas de explotación en la mayoría de los valles pirenaicos (Chocarro, 1992; Fillat, 1994).

## ALGUNOS CONCEPTOS PRELIMINARES

En relación con el origen de los pastos herbáceos en el Pirineo, hay que resaltar dos aspectos que a veces se ignoran cuando se analiza su gestión y conservación. Por un lado, el potencial pecuario de la montaña no es en gran medida natural, sino fruto de la intervención humana y busca el beneficio del escalonamiento estacional que acontece entre fondos de valle y cumbres, lo que puede denominarse una “onda fenológica” (García-González *et al.*, 1990) que permite una prolongada temporada de pastoreo, de Mayo a Octubre, en contraste con un periodo vegetativo fugaz en las zonas más elevadas.

Por otra parte, desde una perspectiva ecológica, la extensión del pasto a expensas del bosque (promovido para su consumo por su capacidad de “exportación”), supone un incremento de la relación producción/biomasa, cuyo mantenimiento precisa un aporte externo de fertilidad (que redundaría en el aumento de la productividad) y una intensificación de muchos procesos ecológicos y de sus ritmos (Montserrat, 1964; Margalef, 1977), a su vez influidos por herbívoros, clima y topografía. Desde este prisma, puede entenderse la acción humana (fuego y pastoreo), como una “domesticación” de la montaña que requiere la regresión de la vegetación original. En sentido contrario, cabe interpretar los procesos ligados al actual abandono, al menos en ciertos enclaves, como un retorno –sucesión progresiva– hacia un punto de partida.

## EL CONCEPTO DE LA MULTIFUNCIONALIDAD

No es hasta hace unas pocas décadas cuando, tras perder ímpetu las ideas que habían sustentado el desarrollo agrícola del último siglo, surge un nuevo marco que exige, en primer término, considerar la calidad y seguridad de las producciones, en armonía con el medioambiente, los valores sociales y culturales, y el desarrollo rural. Este nuevo paradigma, político en primer término, da origen al concepto de multifuncionalidad, extendido a partir de la Conferencia de Río (United Nations, 1992), que se traslada de manera inmediata a la investigación científica y ha dado ya lugar a una abundante producción en el ámbito de los pastos, imposible de detallar aquí (pero véase por ejemplo: Hervieu, 2002). Cabe recordar la temprana aportación de Montserrat (1961) con el término “agrobiosistema”, que incluye la penetración humana en el ecosistema pastoral (entendido éste como una aproximación funcional del sistema productores-consumidores-simplificadores) y lleva implícito el concepto de multidependencia y multifuncionalidad en los sistemas pastorales de montaña.

Parece ya innecesario abundar en el múltiple interés socioeconómico, ecológico y cultural que constituye la base del concepto de sostenibilidad y es el motivo central de este volumen y que, a juzgar por discursos y declaraciones públicas, es conocido y compartido por líderes políticos y responsables de la gestión y la administración. Pero esa concienciación adolece a veces de auténtica fe y la “multifuncionalidad” se menciona cuando hay serios déficits en la rentabilidad y en la capacidad emprendedora de la economía rural. Además, esa visión de la ganadería se traslada a duras penas a la gestión del territorio, incluso a la de aquéllos amparados por figuras de protección.

En la investigación de nuestro país, la multidisciplinariedad, indispensable para acometer esta reciente visión de los pastos, todavía es incipiente y aún prevalecen los estudios elaborados desde uno o pocos enfoques científicos. También en los estudios de vegetación y aún en los de la propia ecología, las aproximaciones sistémicas han escaseado hasta fechas bien recientes (Margalef, 1977; Terradas, 2001) porque, desde el academicismo más ortodoxo, se obviaba el papel de los herbívoros o, incluso se contemplaba con el recelo de constituir una rémora en el desarrollo “normal” de los procesos naturales y una amenaza para la conservación de suelos, especies y otros recursos, sobre todo los forestales. Esa visión afectó también a muchos gestores de nuestros montes y fue una seria traba para el mantenimiento de la ganadería en la época de las grandes repoblaciones en el Pirineo del pasado siglo.

## CÓMO TIPIFICAR LOS PASTOS Y CÓMO ABORDAR SU ESTUDIO

La tipificación de los pastos se ha visto influida por diferentes percepciones, desarrolladas ya a comienzos del siglo pasado, respecto a la naturaleza de las comunidades vegetales. Éstas eran vistas desde los extremos, bien como un organismo capaz de reproducir sus componentes (visión organicista; Clements, 1916), o bien como una mera coincidencia espacial y temporal de un grupo de especies con similares requerimientos ambientales (visión individualista; Gleason, 1926). Esos enfoques han sido superados por la percepción de la comunidad vegetal como un conjunto de especies ensamblado por un “continuo” de relaciones independientes e interdependientes (Lortie, *et al.*, 2004). Esta interpretación más “multifactorial” que la adoptada por algunas escuelas botánicas clásicas, resulta muy apropiada para el estudio de los pastos, a la luz de la complejidad que subyace en su estructura y dinámica y que ya hace décadas fue vista como un sistema de interacciones “planta-medio físico-herbívoro-manejo humano” (Montserrat, 1964). Es evidente que este paradigma de comunidad, aplicado a los pastos, entraña mayor dificultad en su estudio e impone la revisión de algunos objetivos y métodos usados hasta la fecha.

Una controversia, en parte solapada a la que acabamos de mencionar, se ha dado en nuestro entorno con la interpretación de la vegetación desde la Fitosociología (Braun-Blanquet, 1979), cuyo sistema de estudio y clasificación de comunidades ha tenido también una amplia implantación en el estudio de los pastos en nuestro país (Rivas Goday y Rivas Martínez, 1963). No es este el lugar, ni atañe a los autores, defender la bondad del método, pero conviene recordar que esa aproximación está apoyada en miles de inventarios y cientos de mapas, muchas veces los únicos disponibles, que han sido, a su vez, la base de muchos estudios de pastos en el Pirineo.

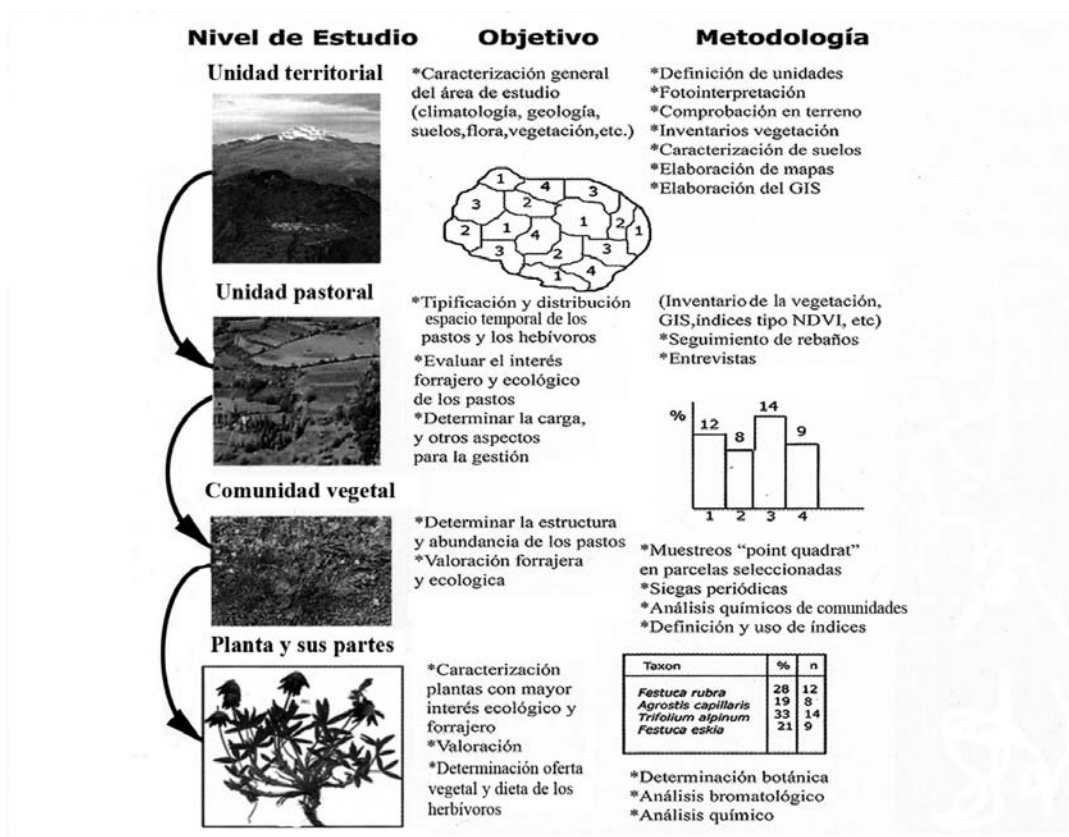
Hasta que nuevos marcos teóricos y metodológicos permitan superar los sistemas de clasificación hoy disponibles y dispongamos de más información a otras escalas, hemos juzgado razonable aprovechar ese amplio bagaje, observando las comunidades fitosociológicas como abstracciones útiles en la distinción de los pastos, aún a sabiendas de que en la Naturaleza, cualquier delimitación constituye un artificio.

Tal vez la polémica comentada está ocasionando que algunos estudios detallados de estructura, producción, contenido químico o calidad nutritiva de los pastos, estén referidos a comunidades vegetales definidas de forma muy somera e insuficiente (a veces, por una sola especie generalista). Sobra decir que esa falta de referencias a algún sistema de clasificación, lastra el análisis comparativo de los resultados y su utilización en la generalización de patrones y elaboración de modelos.

Por lo demás, la escala de comunidad sólo es una de las múltiples con que los ecosistemas pastorales deben necesariamente ser abordados. El estudio de las especies que conforman las comunidades, sus poblaciones o los paisajes que configuran, constituyen otros tantos niveles de aproximación en el estudio, como se ha resumido en la Figura 2, no exentos de dificultad (sin ir más allá, el propio concepto de especie), pero imprescindibles en la interpretación del sistema en su conjunto.

## CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LOS PASTOS Y SU FLORA

Los pastos de montaña (o de “puerto”) y los prados del Pirineo, se desarrollan entre los 900 y cerca de los 3000 m de altitud, en todo tipo de sustratos y, en general,



**Figura 2. Esquema de escalas, objetivos y métodos en el estudio de factores ecológicos de un sistema pastoral sin considerar los relacionados con la utilización humana (modificado de Gómez García, 2008b).**

bajo un clima que cabe definir como frío y húmedo (Fillat, 2008), en relación al de altitudes similares en la región mediterránea, pero con gran variabilidad, tanto en el régimen térmico como en las precipitaciones. En líneas generales, se distingue un gradiente longitudinal (de oceanidad-continentalidad entre los extremos y el centro de la cadena) y otro altitudinal, que provoca una disminución aproximada de 0,5 grados en la temperatura media anual cada 100 m de altitud y un aumento de 100 mm de las precipitaciones que, entre sus extremos, pueden oscilar de 800 a más de 2000 mm anuales. Tanto o más notables, son las variaciones climáticas de índole local debidas a la topografía, que dan lugar a la existencia de abundantes y contrastados microclimas. Estos cambios pueden producirse en superficies muy reducidas y constituyen uno de los motivos de la heterogeneidad espacial de los pastos, condicionando la duración del período vegetativo (Tabla1) y, por ende, la fenología de las plantas, su producción y su aprovechamiento pastoral.



**Tabla 1. Variación altitudinal de la temperatura media anual del aire (TMAA), de la temperatura media del aire durante el período vegetativo (TMPV) y de la duración anual de dicho período vegetativo (PV) (re-elaborado a partir de Del Barrio *et al.*, 1990).**

Altitud	1600	1800	2000	2200	2500	2700	2900	3100
TMAA (°C)	6,4	5,3	4,2	3,1	1,2	0,1	-0,9	-2,1
TMPV (°C)	-	-	-	9,7	8,7	8,1	7,4	6,8
PV (días)	167	145	122	100	65	42	19	3

En cuanto a su flora, los pastos herbáceos del Pirineo aragonés están constituidos por 1236 especies de plantas vasculares (de las cuales 880 se encuentran en los supraforestales del piso subalpino y alpino), correspondientes a 62 familias, lo que supone casi la mitad del total de la flora de dicho territorio (2620 especies y 133 familias), con diferencias importantes en la distribución de las familias más abundantes (Tabla 2), entre las que hay que resaltar las Gramíneas (Poáceas), Asteráceas, Fabáceas y Cariofiláceas.

**Tabla 2. Familias más representadas en los pastos herbáceos y en el conjunto de la flora del Pirineo aragonés.**

	Asterác.	Poáceas	Fabáceas	Cariof.	Rosac.	Ciperác.	Orquid.	Ranun.
Pirineos (%)	13,5	8,5	6,7	4,7	5,9	2,9	2,6	2,8
Pastos (%)	14	12,6	7,8	6	5,6	5	3,7	3

La abundancia de gramíneas en los pastos es todavía más marcada si consideramos su cobertura, en cierto modo reflejo de la biomasa. En los pastos más densos, dicha cobertura se acerca o supera el 50% y puede alcanzar el 80% (Tabla 3), mientras que las leguminosas pueden faltar, o bien alcanzar, en algunas comunidades, casi un tercio de la cobertura total. El predominio de gramíneas perennes señala también la prevalencia de la expansión vegetativa en los pastos y relega el papel de la reproducción sexual y del banco de semillas, exceptuando los claros creados por ciertas perturbaciones (Canals y Sebastiá, 2000a; Gómez García *et al.*, 1999; Reiné, 2002).

**Tabla 3. Frecuencia y número de especies (entre paréntesis) de familias botánicas en los cinco tipos de pastos herbáceos más abundantes del Valle de Aisa (sobre 500 contactos). Junto al nombre de la comunidad se adjunta la cobertura de la vegetación, entre paréntesis, y la altitud. (Datos inéditos y a partir de García-González *et al.*, 1991a).**

	<i>Bromion erecti</i> (85%) 1650 m	<i>Nardion strictae</i> (95%) 1810 m	<i>Festucion eskiae</i> (97%) 2050 m	<i>Festucion gautieri</i> (43%) 2180 m	<i>Primulion intricatae</i> (78%) 2260 m
Gramíneas	56,6 (11)	80,5 (6)	51 (7)	74,4 (6)	47,2 (8)
Ciperáceas	2,8 (2)	3,1 (1)	9,4 (1)	0,6 (2)	3,3 (3)
Leguminosas	7,5 (7)	3,6 (4)	29,2 (1)	1,4 (2)	25,8 (3)
Otras monocotiledóneas	1 (3)	2,1 (4)	0,4 (2)	0,1 (1)	0
Otras dicotiledóneas	32,1 (28)	10,7 (16)	9,8 (13)	23,5 (13)	23,8 (22)
Total especies	51	31	24	24	36



En cuanto a las “comunidades” o tipos de pastos herbáceos presentes en el Pirineo aragonés, se han definido unas 100 asociaciones incluidas en 30 alianzas y 10 clases, según la clasificación fitosociológica, que constituyen cerca de un tercio del total de las comunidades de ese territorio. Si nos centramos en las de mayor interés pastoral y extensión (que abarcan más del 90% del territorio), esas comunidades se reducen a 20 asociaciones integradas en 10 “alianzas”, que pueden ser identificadas con cierta facilidad a partir de unas pocas decenas de especies dominantes, o bien, características de cada uno (Gómez García, 2008c). Casi la totalidad de esas comunidades forman parte de los Hábitats de Interés Comunitario (Consejo Comunidades Europeas, 1992).

## INTERÉS ECOLÓGICO DE LOS PASTOS

El “interés ecológico” de los pastos del Pirineo se ha subrayado ya repetidamente y en distintos ámbitos, pero muchos de sus valores todavía no se apoyan en datos contrastados y se diluyen, al adjudicarlos sin matices al heterogéneo sistema pastoral, o cuando se tratan de sustanciar en medidas de gestión y conservación. Repasamos algunos de los valores en que hemos indagado con mayor o menor detalle.

Un primer punto de interés de los pastos deriva de la **extensión** que ocupan. En el Pirineo de Aragón se extienden por 1026 km<sup>2</sup>, -sobre un total de 13.200 km<sup>2</sup> (superficie superior a 400 m)- (García y Gómez, 2007) y pueden llegar a cubrir el 75% en las cabeceras de algunos valles o en el propio P.N. de Ordesa-Monte Perdido (García-González *et al.*, 2007).

Hay que remarcar a continuación el papel de los pastos en la **sujeción del suelo** y, por tanto, en el freno de los procesos erosivos, que en altitudes elevadas, constituyen el factor dominante de la explotación natural con la consiguiente pérdida de recursos por exportación. Cabe recordar la influencia de la **gravedad** que impone de manera drástica el transporte vertical de suelo y nutrientes, compensado este último solamente por los movimientos de los rebaños. Por otra parte, suelo y gravedad, condicionan la distribución espacial de la “fertilidad” (entendida como el conjunto de recursos que las plantas toman del suelo) que, junto al clima y los herbívoros, está vinculada estrechamente a la estructura y dinámica de la propia vegetación y que, a escala local, gobierna su distribución. Por último, señalemos el papel del suelo como sumidero de carbono (García-Pausas *et al.*, 2007), mantenimiento de la cubierta nival y almacenamiento del agua, que a su vez redundan en otros “servicios ecosistémicos” destacados (esquí, producción eléctrica). Resulta pues evidente, que la conservación del suelo es la pieza central de los usos sostenibles en la montaña (Körner, 2000).

La disminución del suelo con la altitud va paralela a la de la cubierta vegetal y los pastos con coberturas superiores al 20% apenas alcanzan los 2800 m, aunque allí todavía pueden cubrir un 5% de la superficie y albergar, en su conjunto, cerca de un centenar de especies (Tabla 4). El resto de la flora de esos niveles altitudinales corresponde a comunidades de sustrato pedregoso y cobertura muy escasa. La Tabla 4 muestra también el descenso del número de especies con la altitud en el conjunto del Pirineo pero no de su densidad (nº especies/km<sup>2</sup>). El número de tipos de pasto (calculado para el P.N. de Ordesa) es similar hasta 2400 m y disminuye más arriba hasta casi la mitad. Los más densos y provechosos para el ganado dominan hasta

los 2000 m (comunidades del *Bromion erecti*, *Nardion strictae*) y se enrarecen más arriba. Allí son sustituidos por otros más ralos pero de más interés ecológico, por su área restringida y abundancia de flora prioritaria para su conservación (Gómez García *et al.*, 2001).

**Tabla 4.- Diversos parámetros estructurales de los pastos herbáceos por intervalos altitudinales. La superficie de cada intervalo y el número de especies corresponden a todo el Pirineo aragonés; el resto de valores (con asterisco) han sido calculados en el P.N. de Ordesa (cartografía a escala 1:5000; García-González *et al.*, 2007).**

Altitud (m)	1600-1800	1800-2000	2000-2200	2200-2400	2400-2600	2600-2800
Cobertura (%)*	72	63	42	13	12	5
Tipos de pasto*	22	21	24	23	15	11
Superficie total (km <sup>2</sup> )	497	443	343	278	203	101
Nº especies	1342	1046	813	573	363	223
Especies/km <sup>2</sup>	2,7	2,4	2,4	2,1	1,8	2,2

## LA DIVERSIDAD EN EL CONJUNTO DE LOS PASTOS

Ya se ha destacado el número de especies que componen los pastos y que suponen el 47% del total de la flora del Pirineo aragonés, en un “hábitat” que apenas ocupa el 10% de su superficie (García y Gómez, 2007). Las plantas alóctonas que, en cierta medida dan idea de inestabilidad en las comunidades (Noss, 1990), apenas suponen un 0,6% en los pastos (4,2% en el conjunto del Pirineo aragonés). En el otro extremo, destacan las especies autóctonas que son “exclusivas” del hábitat pastoral (Tabla 5) y las especies “raras” (definidas en este caso por estar reducida su presencia a 3 o menos cuadrículas de 1 km<sup>2</sup>) que totalizan 176 para el Pirineo, de las que 49 (28,6%) se encuentran en los pastos. Estas especies de mayor interés ecológico y de conservación y que también incluyen las plantas catalogadas (Tabla 5) predominan en las comunidades muy ralas, con suelo pedregoso, y su presencia se acrecienta con la altitud, sobre todo en el piso alpino, mientras que son muy escasas en los pastos densos situados a menor altitud. Ello permite interpretar, en parte, la compatibilidad y complementariedad entre utilización ganadera y conservación de los valores ecológicos en los pastos de montaña (García-González *et al.*, 2007).

En cuanto a otros grupos vegetales, disponemos sólo de datos sobre los briófitos, cuya relevancia en los pastos es más reducida, si juzgamos el número de especies (70 por encima de 2000 m de un total de 700 para el Pirineo) y su ubicación preferente en las comunidades muy ligadas a suelos húmedos (Heras y Infante, 2005).

**Tabla 5. La flora de diferentes hábitats pirenaicos distribuida por categorías relacionadas con su origen e interés para la conservación. Los porcentajes se refieren al conjunto de la flora de cada hábitat y una misma especie (excepto las exclusivas<sup>o</sup>) puede vivir en varios hábitats (adaptado de García y Gómez, 2007).**

Hábitat	Taxones autóctonos		Taxones alóctonos		Taxones exclusivos del hábitat	Taxones raros		Taxones catalogados	
	Total	%	Total	%		Total	%	Total	%
Ruderal-arvense	550	22	157	97	428	20	12	2	2
Megaforbios	223	9	0	0	63	18	10	8	9
Bosques	447	18	5	3	135	28	16	10	11
Matorrales	487	20	0	0	82	33	19	14	16
Pastos herbáceos	1228	50	8	5	472	49	28	10	11
Roquedos y canchales	387	16	0	0	213	28	16	33	37
Humedades	305	12	14	9	118	28	16	7	8
Veg. acuática	64	3	0	0	40	12	7	3	3

## LA DIVERSIDAD VEGETAL DENTRO DE LAS COMUNIDADES DE PASTOS

Algunos aspectos de la estructura de los pastos como su composición florística y diversidad sintetizados en las Tablas expuestas, se han elaborado a partir del método de “puntos por transectos lineales” (con más de cien mil contactos) en áreas previamente cartografiadas de Aisa y Ordesa (García-González *et al.*, 1991a; Gómez García, 2008a).

Si atendemos a la estructura interna de las comunidades de pasto, la diversidad que acabamos de reseñar para el conjunto de su flora muestra una gran heterogeneidad. Ni el número de especies ni la diversidad disminuyen necesariamente con la altitud. Por el contrario, resultan llamativos algunos valores observados en altitudes elevadas (Tabla 6). Esa misma heterogeneidad se da en pastos muy similares por su flora; por ejemplo, en asociaciones de una misma alianza (véase *Primulion intricatae* en Tabla 6), lo que subraya la importancia de descripciones florísticas detalladas con medidas cuantitativas.

**Tabla 6. Distintos índices de diversidad de pastos herbáceos en el gradiente altitudinal de la vertiente S del Monte Perdido (adaptado de Aldezabal, 2001).**

Tipo de pasto	<i>Bromion erecti</i>	<i>Saponarion caespitosae</i>	<i>Nardion strictae</i>	<i>Primulion intricatae</i>	<i>Prim. intric.</i>	<i>Oxytropi-Elynion</i>	<i>Salicion herbaceae</i>
Altitud (m)	1900	2100	2100	2380	2550	2650	2750
Cobertura (%)	99	74	98	98	74	78	27
Nº especies	34	61	17	31	40	34	29
Nº esp. >1%	17	24	7	17	22	20	18
Ind. Shannon	3,9	4,8	1,8	3,2	4,3	4	4,2
Ind. Pielou	0,44	0,5	0,19	0,36	0,53	0,46	0,53
Ind. Simpson	0,09	0,06	0,49	0,23	0,07	0,09	0,07

A la diversidad de los pastos se le atribuye, con frecuencia, un valor intrínseco y directo y, en muchas ocasiones, su mantenimiento e incluso su incremento se ha considerado un objetivo primordial. Este interés surge de considerar la diversidad como una medida de la organización interna de las comunidades lo que, a su vez, puede relacionarse con otras propiedades como la estabilidad, la persistencia, la resiliencia, o el propio equilibrio, conceptos todos ellos de confusa interpretación y objeto de abundante polémica. Sea como fuere, parece innegable que comunidades con baja diversidad desempeñan un papel ecológico muy destacable por su presencia en áreas con fuerte explotación natural. Sirvan de ejemplo los pastos de *Festuca eskia*, pobres en especies pero trascendentes en la sujeción del suelo en la alta montaña y con valores muy destacables de la vida animal (Marinas *et al.*, 2008).

Digamos para finalizar este apartado que la diversidad es el parámetro ecológico más utilizado en el estudio de nuestros ecosistemas pastorales, aunque casi siempre referido a número o abundancia de “plantas vasculares” (en unos pocos casos a la biomasa), y considerando únicamente una escala local o de comunidad en un momento concreto (diversidad  $\alpha$ ). Son muy escasas las mediciones del resto de grupos biológicos, así como el uso de escalas temporales y espaciales -diversidad  $\beta$  y  $\gamma$ - (Alados *et al.*, 2007) y apenas conocemos los efectos de los herbívoros sobre la diversidad y sus pautas espacio-temporales (Huntly, 1991).

## LA NATURALIDAD DE LOS PASTOS

El concepto de naturalidad trata de definir el grado de dependencia de una comunidad o de un paisaje respecto a los factores ambientales y su valor, en un entorno cada vez más intervenido y degradado. Se considera tanto mayor cuanto menor sea la intervención humana (Fillat *et al.*, 1999). En la montaña este concepto adquiere una relevancia especial, al reflejar la vocación de los pastos en la sucesión vegetal y servir, por tanto, para el diseño de escenarios relacionados con el Cambio Global. En una primera y simple aproximación, cabe separar los pastos montanos y subalpinos, es decir, los que ocupan los dominios forestales, de los alpinos, situados por encima del límite potencial del bosque. Los primeros, constituyen comunidades secundarias, a veces con apenas unos siglos de existencia y el abandono de la ganadería puede llevar tarde o temprano a su sustitución por matorral y bosque (Bartolomé *et al.*, 2008). Los segundos pueden considerarse comunidades “permanentes”, es decir sin esa posibilidad de evolución en las actuales circunstancias ambientales, y en su mayor parte, tanto más cuanto mayor sea su altitud, tenderán a mostrarse más persistentes por una menor dependencia del pastoreo, pero también más vulnerables al cambio climático (Körner *et al.*, 1997). Por otra parte, el concepto de naturalidad puede servir para evaluar áreas pastorales, sobre todo en espacios protegidos (Fillat *et al.*, 2008), señalando las de mayor interés de conservación, sin menoscabo de los “paisajes humanizados” a cuyos valores ecológicos y culturales se une su importancia económica.

## BIOMASA Y PRODUCCIÓN PRIMARIA

Los datos tomados en los últimos quince años sobre la biomasa y la producción aérea de los principales pastos pirenaicos nos han proporcionado una idea bastante

precisa de la variación de esos parámetros a lo largo de la altitud, del período fenológico y de la optimización de su aprovechamiento temporal (Gómez *et al.*, 1997; Remón y Alvera, 1989; Aldezábal, 2001). Pero esa información nos ha mostrado también su gran variabilidad espacial y temporal (Figura 3), que aumenta la difi-

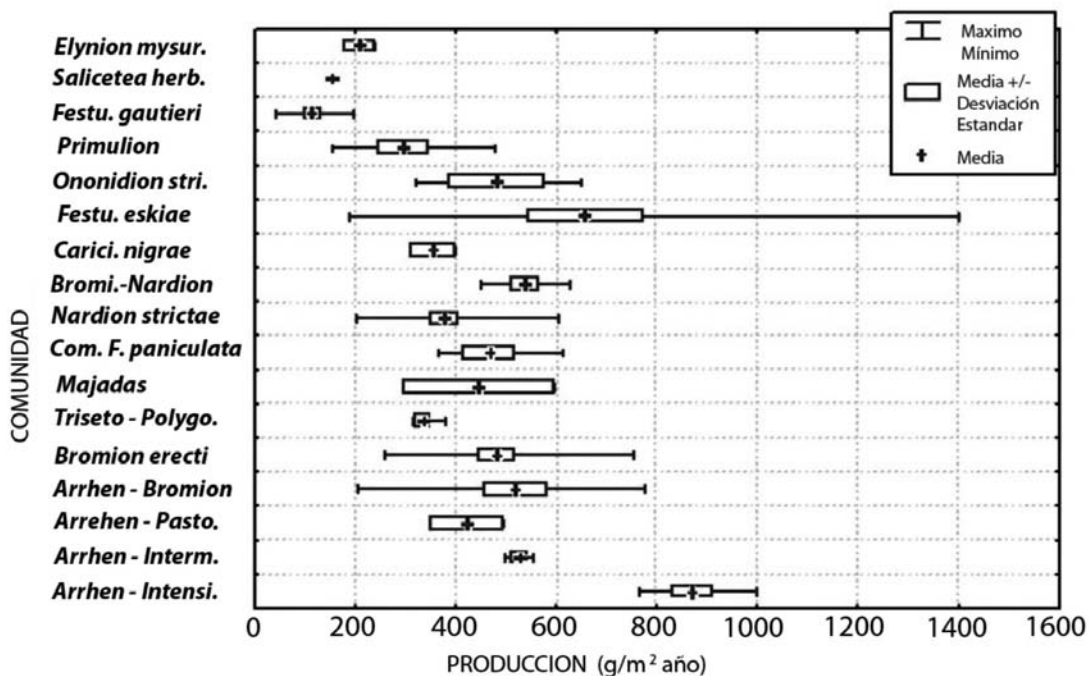


Figura 3. Producción aérea neta ( $\text{g/m}^2$  y año) de los principales pastos herbáceos del Pirineo (elaborado de datos propios y revisión bibliográfica, García-González *et al.*, 2002).

cultad para determinar cargas ganaderas potenciales y descubre la necesidad de incrementar la toma de datos. En general, no hemos encontrado relación ni de la biomasa ni de la producción aérea con la altitud a escala de comunidad, a pesar del acortamiento del período vegetativo (Gómez *et al.*, 1997), aunque la reducción de la cobertura vegetal sí que supone, en conjunto, una disminución de esos valores cuando ascendemos en altitud.

No se ha constatado una relación inversa entre biomasa y número de especies de una comunidad, ni tampoco entre su diversidad (medida por el índice de Shannon) y su producción primaria aérea (Gómez *et al.*, 1997, Aldezábal, 2001; Remón, 2004). Los pastos más diversos muestran valores intermedios de biomasa y producción, mientras que los menos diversos presentan los mayores valores de esas variables (Gómez *et al.*, 1997; Aldezabal, 2001), resultados similares a los de otros autores (Ter Heerdt *et al.*, 1991). Por último, la producción primaria resulta independiente de la biomasa y no muestra una tendencia definida con la altitud (Aldezábal, 2001; Remón, 2004).

## LAS PERTURBACIONES ANIMALES

Las perturbaciones causadas por animales, sin considerar el propio pastoreo, afectan intensamente la estructura y dinámica de los pastos y su heterogeneidad espacial,

como ya ha sido constatado en otros ecosistemas de pastos (p. ej. White, 1979; Sousa, 1984). En el Pirineo, esas perturbaciones, sobre todo las originadas por micromamíferos y jabalíes, pueden incidir a escala local de forma más trascendente que la propia actividad de los rebaños y causar conflictos de gestión. El efecto sobre la composición florística y la diversidad, ha sido objeto de varios estudios, que muestran la incidencia sobre la heterogeneidad espacial de la vegetación y la distribución de un notable grupo de especies (Gómez *et al.*, 1995 y 1999; Canals y Sebastià, 2000a). Indagamos ahora en las hozaduras de jabalí que muestran patrones espaciales característicos, con especial predilección por los pastos más densos y que pueden afectar superficies notables (hasta un 18% en algunas zonas del P.N. de Ordesa), alterando la dinámica sucesional del paisaje vegetal (Bueno *et al.*, en revisión). A mayor detalle, estas alteraciones ocasionan cambios físico-químicos en el suelo, alteran la diversidad y la estructura del banco de semillas y provocan la remoción de la vegetación establecida, favoreciendo las especie ruderales y mermando la oferta vegetal, sobre todo para los herbívoros domésticos (Bueno, Tesis doctoral en prep.).

## LA DINÁMICA DE LOS PASTOS

Cobra ahora interés, en el marco del “Cambio Global”, conocer la evolución de los pastos y los paisajes que configuran. La complejidad de los sistemas pastorales dificulta separar y evaluar la causalidad de los múltiples factores implicados, a lo que se une las escasas referencias disponibles para la comparación temporal. Al margen de la evidente expansión, tras el abandono, de unas pocas gramíneas y arbustos en el dominio forestal, apenas podemos conjeturar sobre la ralentización de los cambios con la altitud, relacionados con una mayor persistencia de las comunidades, al menos de su composición florística y que, en parte, estaría relacionada con su naturalidad como ya se ha comentado. De modo puntual, hemos encontrado escasas tendencias de cambio en la composición florística de comunidades subalpinas a 2000 m de altitud y sin pastoreo durante quince años (García-González *et al.*, 1998), pero en el límite con el piso montano (1700 m) algunas parcelas experimentales en pastos de *Bromion erecti* y *Nardion strictae*, han sido dominadas en apenas cinco años por *Brachypodium rupestre* y *Festuca paniculata* respectivamente (obs. pers.). A partir de su distribución espacial, hemos elaborado algunos esquemas con relaciones dinámicas de los pastos más abundantes (Gómez García, 2008b), pero sin información todavía de los efectos del calentamiento global, objeto de estudio ya en otras zonas del Pirineo (Sebastià *et al.*, 2004). Tampoco disponemos apenas de información sobre el efecto de los herbívoros en la distribución, abundancia, fenología y demografía de plantas y comunidades, aspectos ya muy estudiados en otros entornos (Huntly, 1991 y su revisión de bibliografía), ni sobre los procesos ligados al abandono que genéricamente se han denominado “embastecimiento del pasto” (Montserrat, 1971).

Abordamos ahora los procesos de expansión del matorral, en concreto del *Echinopartum horridum* (Komac *et al.*, en revisión) y estudiamos también, aunque ya en ambiente más atlántico, la respuesta de la vegetación tras diferentes labores de desbroce (Lizaur y Gómez, 2009). Los objetivos principales en este apartado consisten en establecer la velocidad y alcance de los procesos ligados a la matorralización, determinar el impacto sobre los pastos, tal como ya se estudia en el Pirineo francés (Pasche *et al.*, 2004) y valorar la oportunidad de adoptar medidas de desbroce.



## LA INTERACCIÓN PASTO-HERBÍVORO

Pastos y herbívoros constituyen un sistema ecológico en el que ambos elementos se condicionan mutuamente (Fillat *et al.*, 2008). Las interacciones entre plantas y grandes herbívoros son complejas y variadas. La actividad de los grandes herbívoros produce diversos efectos sobre la vegetación, tales como: extracción de biomasa mediante el consumo, fertilización por aporte de excrementos, acciones mecánicas como pisoteo, rozas, etc., y dispersión de semillas. A su vez, las plantas y la comunidad vegetal, reaccionan de diversas formas: 1) crecimiento compensatorio como reacción a la extracción de biomasa (McNaughton, 1986), 2) cambios de la competencia entre plantas y, en consecuencia, variación de la composición florística, 3) desarrollo de mecanismos de defensa, 4) modificación de la arquitectura y alteración del ciclo de nutrientes. La fertilización incrementa localmente el suministro de nutrientes limitados (N, P), y en exceso, promueve las comunidades nitrófilas (Badía *et al.*, 2008). En una escala temporal reducida, el herbivorismo favorece determinados morfotipos funcionales (McIntyre y Lavorel, 2001) y en condiciones de pastoreo moderado o intenso, con suelo rico en nutrientes, contribuyen al incremento de la diversidad general (Olf y Ritchie, 1998).

El efecto principal de las plantas sobre los herbívoros (además del suministro de energía y nutrientes), es el fomento de diversas estrategias en la adquisición del alimento (mecanismos de selección de dieta). A escala evolutiva, esto ha inducido adaptaciones morfo-fisiológicas particulares en los animales, que les permiten reducir la competencia por segregación del nicho trófico y espacial (Hofmann, 1989).

## OFERTA VEGETAL Y SELECCIÓN DE DIETAS

La Figura 4 muestra un esquema de los principales factores que influyen en la selección de la dieta por parte de los herbívoros. Desde la perspectiva del herbívoro, los



Figura 4. Esquema de los principales factores que actúan en la selección de dieta por los grandes herbívoros. El grosor de las flechas estaría relacionado con la importancia de cada factor (Fillat *et al.*, 2008).

principales factores en la vegetación son: la oferta disponible (producción y biomasa), y su accesibilidad (en el tiempo y el espacio), la calidad nutritiva de la oferta y las defensas antiherbívoro (Busqué *et al.*, 2003). En términos generales puede decirse que los herbívoros tratan de maximizar la ingestión que, a su vez, depende en gran medida de la biomasa disponible. Sin embargo, la ingestión queda limitada por la digestibilidad del alimento (Armstrong *et al.*, 1986). Además la necesidad de una dieta adecuada en nutrientes (proteína, minerales) conduce a los herbívoros, los salvajes y los domésticos adaptados a su ambiente, a diversificar el alimento, para equilibrar su dieta y disminuir el riesgo de intoxicaciones (Ramos *et al.*, 1998).

Estos factores determinan las pautas espacio-temporales del uso del territorio por los herbívoros. Además, según algunos autores (Hofmann, 1989), el tipo de especie y sus características morfo-fisiológicas influyen también en la selección de la dieta. Así, por ejemplo, algunas especies de rumiantes estarían más capacitadas para digerir la fibra vegetal (tipo "herbívoro"), mientras que otras necesitarían mayor cantidad de alimentos concentrados, menos fibrosos (tipo "ramoneador"). Entre ambos extremos existirían también tipos intermedios. Todo ello se traduce en la optimización de la utilización pastoral, con cierta complementariedad de las pautas de consumo entre los fitófagos, que, además, aparecen estratificadas espacialmente (García-González *et al.*, 1990).

La determinación precisa de las dietas, a escala de especie y de sus diferentes órganos, ha sido objeto de especial atención y para ello se utilizaron de forma novedosa técnicas relacionadas con el análisis micro-histológico de epidermis vegetales (García-González y Montserrat, 1986; Aldezabal, 2001), complementadas con miles de datos de observación directa mediante muestreos específicos en casi todas las comunidades vegetales (inventarios lineales mediante "point-intercept"). Esos trabajos han mostrado una utilización baja en los puertos muestreados, tanto en el consumo de la biomasa disponible (entre 1% y 24% dependiendo de las áreas de pastoreo), como del número de especies seleccionado (20-30%) (García-González *et al.*, 1991a; Gañán *et al.*, 2002).

A escala de comunidad vegetal se han completado también estudios de selección, mediante la superposición cartográfica de mapas de vegetación con los de distribución del ganado, en diferentes unidades pastorales (García-González *et al.*, 1991b; Aldezabal, 2001; Fillat *et al.*, 2008). La Figura 5 muestra el resultado de dicha superposición en el Puerto de Aisa (Pirineo occidental). Se observa que el ganado vacuno utiliza principalmente pastos densos, del tipo *Bromion erecti* y *Nardion strictae* de producciones relativamente altas. El ovino pasta sobre todo los *Nardion strictae*, donde es capaz de seleccionar las especies más nutritivas (*Agrostis capillaris*, *Trifolium alpinum*) y rechazar las menos digestibles (*Nardus stricta*). También utiliza en gran medida los pastos del *Primulion intricatae*, pastos densos de altitud, de producción moderada pero de alto valor nutritivo. Los sarríos (*Rupicapra p. pyrenaica*) son los que utilizan más estos pastos, pero también frecuentan las comunidades de roquedos y pedrizas donde son capaces de seleccionar las especies más nutritivas.

La calidad nutritiva de los pastos, también contemplada a escala de especies y de comunidades, se ha explorado con análisis químicos convencionales, determinando la concentración de proteína, minerales y digestibilidad de la materia seca (Marinas *et al.*, 2003; García-González *et al.*, 2005). En general, el grado de consumo aparece

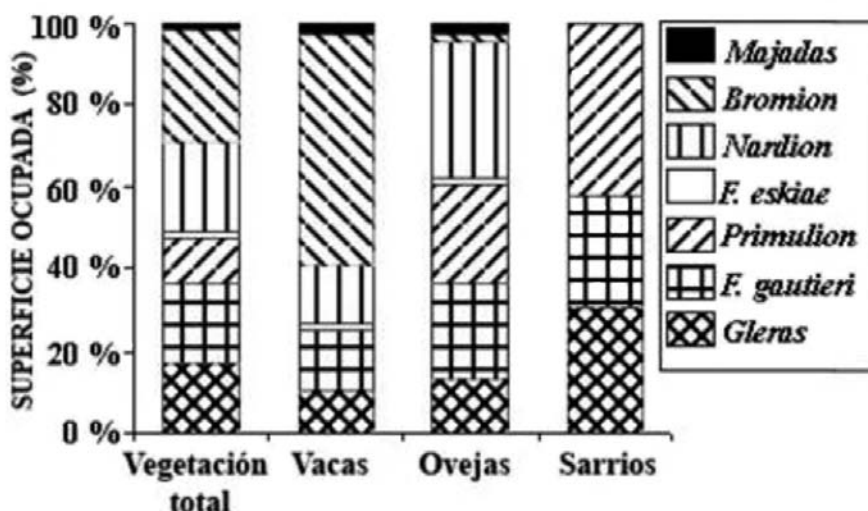


Figura 5. Superficie (%) de los principales tipos de pastos herbáceos del Puerto de Aísa y de las áreas utilizadas por cada especie de herbívoro. Las zonas con cobertura menor al 1% no se han considerado (García-González *et al.*, 1991b).

asociado al contenido en nutrientes de la planta y a la abundancia de las especies, aunque mostrando algunas notables excepciones (Gañán *et al.*, 2002).

## APROXIMACIÓN A ESCALA DE PAISAJE Y A LOS USOS “HISTÓRICOS”

La interpretación de un sistema ganadero a escala de paisaje se ensayó en el Valle de Gistaín, mediante las entonces aún precarias técnicas de fotointerpretación y teledetección, que ahora reemprendemos con medios técnicos más avanzados (Campo *et al.*, 2005). Buscamos “atajos” metodológicos para determinar la influencia del suelo, el agua, la fertilidad y los topoclimas en la distribución de especies y tipos de prados, en su producción y en los tipos de gestión (Gómez *et al.*, 1983). Analizamos el funcionamiento de unos sistemas de ladera que eran soporte económico de todo un valle y constituían probablemente la máxima expresión (y el mayor logro) de la explotación ganadera pirenaica tradicional, reflejada en un paisaje humanizado de gran complejidad. Si bien sólo logramos comprender una pequeña parte (Gómez *et al.*, 1984a), constatamos la multifuncionalidad del sistema, los “factores limitantes” de la producción ganadera y aprendimos que la discusión sobre el terreno con sus actores principales, podía simplificar el esfuerzo experimental y ayudar a plantear objetivos relacionados con la gestión y la producción integrada al paisaje (Aguirre *et al.*, 2000). También detectamos pautas de gestión ajustadas localmente y optimizadas de forma singular, por ejemplo en la utilización del fresno como árbol forrajero (Gómez *et al.*, 1981 y 1984b; Creus *et al.*, 1984). Los datos, imágenes y cartografías obtenidas abren ahora la oportunidad de analizar los cambios con una perspectiva de 25 años.

El estudio posterior de otras praderías -Valle de Aisa y Fragen- se adentró en su estructura vertical, penetración de la radiación solar, dinámica del contenido de pigmentos y minerales (Goded, 1994) y en el banco de semillas (Reiné, 2002; Reiné *et al.*, 2004 y 2006). Todo ello permitió caracterizar los prados del Pirineo de Aragón como

comunidades semi-naturales con larga persistencia y notable diversidad, a caballo de los centroeuropeos, con gestión muy intensificada, y los de los Montes Cantábricos, todavía más salvajes (Chocarro *et al.*, 1989). Los paisajes resultantes exhiben una estructura de malla reticulada con setos, similares a los “bocages” bretones y otras zonas alpinas. En estos paisajes, los topoclimas definidos por la inversión térmica a finales de invierno y la fusión diferencial de la nieve debida a la topografía, marcan la precocidad del rebrote en distintas zonas y su posterior desarrollo fenológico que, a su vez, determina diferencias en la composición florística de los prados. A la heterogeneidad debida a los microclimas se solapa la de la naturaleza de los suelos, desarrollados ya sobre materiales autóctonos -pizarras, calizas o yesos-, ya sobre morrenas glaciares, que ocasionan múltiples combinaciones en la circulación del agua y la fertilidad y, por ende, en la producción forrajera y su aprovechamiento por el ganado (Fillat, 2007).

Respecto a la gestión, el estudio de la toposecuencia en el gradiente altitudinal, permitió identificar un uso decreciente en el manejo del paisaje, que incluía, desde una gran intensificación en los cultivos de huerta junto a los pueblos, hasta un uso circunstancial de las parcelas más elevadas, con aplicación aún vigente del sistema de “derrota de mieses”, donde sólo la cosecha (primero de centeno, después de heno) era de propiedad privada, mientras rastrojos o rebrotes de hierba eran de pastoreo comunal.

Por otra parte, esa gradación de manejo revela también la huella histórica que va, desde los sistemas agrícolas del Medioevo -cultivos de cereal de año y vez, con alternancia de zonas cultivadas y en barbecho (“añadas”)-, hasta las combinaciones de veza/avena en sustitución de las primitivas plantaciones de *Trifolium incarnatum* (“tefla”) que, a su vez, precedieron a los actuales prados y alfalfares.

Resulta así evidente, que la explotación ganadera secular de la montaña supuso una drástica modificación de las comunidades vegetales y los paisajes que conforman, a la par que el desarrollo de la “cultura ganadera” que gobierna esa transformación. Hacemos por lo común referencia a los usos ancestrales, atribuyéndoles un carácter homogéneo y estático, aunque es sabido que muchas pautas de esa utilización, -cultivos, razas animales, tamaño de los rebaños, calendarios de uso-, han variado notablemente a lo largo del tiempo y que algunas de las actividades con mayor impronta en el paisaje actual, apenas se remontan un siglo atrás. El cambio en las “prácticas tradicionales” ha sido pues también constante, como las respuestas inducidas en la estructura y dinámica de los pastos, y su estudio trasciende la interesante aproximación de los historiadores (Daumas, 1976; Pallaruelo, 1988) para convertirse en un factor ecológico de primer orden y un elemento fundamental en el análisis del paisaje (Vicente, 2001).

## LA VALORACIÓN ECO-PASTORAL

La creciente sensibilización sobre el interés ecológico de los pastos y la dificultad para su distinción por gestores del medio rural, responsables de la conservación e investigadores de disciplinas ajenas a la botánica, nos impulsaron a desarrollar un método de valoración sencillo que permitiera, de forma objetiva y cuantificada, categorizar los principales tipos de pasto en relación a sus valores ecológicos y forrajeros. Algunas valoraciones forrajeras habían sido ya antes abordadas, sobre todo tratando de

ajustar cargas ganaderas en algunos valles (Ascaso y Ferrer, 1993; Ascaso y Sancho, 1999), pero nuestra pretensión ha sido elaborar una herramienta para la gestión y conservación que, más en concreto, pudiera guiar con criterios ecológicos la ordenación de territorios pastorales. Desde una perspectiva más teórica, nos interesa indagar en la relación entre los valores ambientales y productivos, y tratar de generalizar algunas de las pautas que puedan emerger de dicha comparación.

Con esta idea desarrollamos el índice ecopastoral (Gómez-García *et al.*, 2001, 2002) y lo testamos en diferentes territorios tras realizar algunos ajustes (García-González *et al.*, 2007). Por razones obvias, solo hemos incluido aquellas variables ya cuantificadas en los distintos tipos de pasto y hemos dejado pendientes por el momento, aspectos de gran interés ecológico como la diversidad de otros grupos taxonómicos, la calidad del hábitat, la del suelo y otros ya mencionados. Se han valorado distintos territorios pastorales del Pirineo y País Vasco, con una gran heterogeneidad en su interés productivo y ecológico que, en términos generales, parece mostrar una relación inversa, lo que da pie a interpretar la compatibilidad del uso pastoral en montaña y facilita la adopción de pautas para su uso sostenible (García-González *et al.*, 2007).

## EL INTERÉS CULTURAL

El concepto de “cultura” ligado a la ganadería de montaña como adaptación a un entorno netamente hostil respecto al llano, es ampliamente evocado y comentado por los investigadores del IPE desde los primeros encuentros de Ecología y Antropología Cultural (I Congreso Español de Antropología, 1977). Se trataba de interpretar la inserción del hombre en la montaña (Balcells, 1980), tanto desde los diferentes usos del territorio y sus cambios (García-Ruiz, 1976; Lasanta, 1988) como desde su actual actividad ganadera (Montserrat, 1978; Puigdefábregas y Fillat, 1986; Fillat, 2002), valorando siempre la funcionalidad de dicha cultura en los paisajes de montaña y continuando la labor iniciada en 1943 por la Estación de Estudios Pirenaicos, que tanta información aportó sobre la vida en el Pirineo. La relevancia concedida a esta parte de la multifuncionalidad por Montserrat queda reflejada en el concepto “la cultura que hace el paisaje”, que da título a una reciente recopilación de textos (Montserrat, 2009).

Desde una perspectiva ecológica, cabe mencionar la definición del término “cultural” como “resultado de una interacción entre una predisposición genética y unas características particulares del entorno” (Margalef, 1988), que resulta sugerente para resaltar el interés de las interacciones y las adaptaciones al ambiente y al herbivorismo, aspectos todavía poco estudiados pero sin duda parte fundamental del sistema pastoral.

## EL PRESENTE Y EL FUTURO DE LOS PASTOS

Resulta muy arriesgado, hoy todavía más, prever el futuro de la ganadería y, por tanto, interpretar sus consecuencias, y si bien parece evidente que su pervivencia dependerá mucho de su rentabilidad, las actuales circunstancias socioeconómicas permiten imaginar escenarios que parecían utópicos hasta fechas recientes. Ni nos compete ni podemos realizar predicciones, pero queremos señalar algunos aspectos que, en nuestra opinión, puede hipotecar un desarrollo armónico con el entorno.

Aunque la disminución del pastoreo o su abandono abanderan los cambios de uso del territorio, apreciamos, en sentido contrario, impactos reducidos en superficie pero

de gran intensidad con consecuencias drásticas sobre la vegetación, la calidad del agua y la erosión del suelo. Muchos de esas alteraciones resultan de manejos inadecuados del ganado y de supuestas “actuaciones de mejora” realizadas o avaladas por las propias administraciones, totalmente inadecuadas considerando la vulnerabilidad de los ecosistemas de montaña y la disponibilidad de medios y tecnologías para diseñar alternativas más respetuosas. Sirva como ejemplo la apertura de pistas forestales innecesarias, muchas veces “punta de flecha” de otros usos insostenibles. Ello, sin olvidar las graves afecciones que resultan de la urbanización especulativa en torno a desmesurados proyectos ligados a un modelo de desarrollo de suburbio.

Resulta inevitable insistir en que sobre los pastos de montaña se apoya la producción animal sostenible, y como tal, constituyen un recurso renovable que debería ser considerado estratégico, cuando tal concepto atañe también a la propia alimentación humana. Por otra parte, los paisajes humanizados son parte muy notoria del patrimonio natural y de su potencial lúdico y económico. El mantenimiento de la calidad de esos paisajes, a diferencia de los “naturales”, requiere, como las propias comunidades de pastos, la continuidad en su uso, siguiendo pautas de explotación compatibles con la conservación. Hay que considerar la urgencia de rescatar los vestigios de unos usos tradicionales, que todavía encierran muchos mecanismos para la “internalización” de rutinas (automatización de conductas adquiridas que facilitan la gestión) en el manejo de pastos y rebaños (Montserrat, 2004). Esos mecanismos ayudarán a diseñar marcos modernos de gestión ganadera, que aprovechen las nuevas tecnologías en la mejora de la rentabilidad económica y la calidad de vida de ganaderos emprendedores antes que subsidiados. La consideración social del oficio no es un asunto menor en la búsqueda de este nuevo equilibrio y a tal fin, las escuelas de pastores pueden suponer un interesante punto de partida (Fillat, com. per.).

## EPÍLOGO

En el último congreso de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP), Ana Belén Robles (2008) mostraba su extrañeza por la prevalente atención que el “cambio climático” recibía sobre el “cambio de usos del suelo” en el marco del Cambio Global y cómo, mientras está ampliamente difundida la idea de que puede hacerse mucho respecto al primero, se considera inevitable e incluso consustancial al desarrollo la decadencia del mundo rural. Decía la misma autora: “... podemos ir más allá de las simples llamadas de atención. A frenar esa decadencia y a transmitir la viabilidad y la necesidad de un uso productivo, ecológico y cultural es algo en lo que podemos contribuir”.

Subscribimos plenamente esa reflexión. Montserrat escribía hace unos años sobre su “fracaso como pascólogo” (Montserrat, 1999). Considerando su aportación pionera y el efecto de arrastre que sus ideas han tenido en los últimos 50 años, dentro y fuera de la SEEP, esa sensación resulta inapropiada. Esa frase hacía, más bien, referencia a la falta de aplicación de muchos conocimientos científicos al “mundo real”, en particular a la gestión y concienciación de las administraciones implicadas. Impulsar esa transferencia es, en nuestra opinión, uno de los mayores retos de la actual investigación en pascología y en concreto de la SEEP. Porque, si en los próximos años, con varias generaciones ya implicadas en el estudio de los pastos, no logramos transmitir nuestro conocimiento y contrarrestar las actuales tendencias de abandono y rapiña en



la montaña, esa sensación de fracaso se hará realidad y nos afectará de manera inexcusable. La aplicabilidad de la investigación debe marcar nuestro rumbo y, a cambio, proporcionarnos una mayor recompensa a nuestro trabajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIRRE, J.; FERNÁNDEZ, J.I.; DE BLAS, C.; FILLAT, F., 2000. Traditional management of the rustic rabbit in mountain areas: the case of the Gistain Valley of the Central Pyrenees of Huesca. *World Rabbit Science*, **8(1)**, 395-400.
- ALADOS, C.L.; EL AICH, A.; KOMAC, B.; PUEYO, Y.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R., 2007. Self-organized spatial patterns of vegetation in alpine grasslands. *Ecological Modelling*, **201(2)**, 233-242.
- ALDEZABAL, A., 2001. *El sistema de pastoreo del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Pirineo Central, Aragón). Interacción entre la vegetación supraforestal y los grandes herbívoros*. Publ. Cons. Protec, Naturaleza Aragón, 317 pp. Zaragoza.
- ARMSTRONG, R.H.; COMMON, T.G.; SMITH, H.K., 1986. The voluntary intake and in vivo digestibility of herbage harvested from indigenous hill plant communities. *Grass and Forage Science*, **41**, 53-60.
- ASCASO, J.; FERRER, C., 1993. Valoración agronómica de los pastos de puerto del Valle de Benasque (Pirineo de Huesca). Clasificación, valor forrajero y carga ganadera. *Pastos*, **23(2)**, 99-127.
- ASCASO, J.; SANCHO, J.V., 1999. *Valoración forrajera y explotación ganadera de los pastos de puerto del Alto Ésera*. Institución Fernando El Católico. 133 pp. Zaragoza.
- ASENSIO, M.A.; CASASÚS, I., 2004. *Estudio del aprovechamiento ganadero del Parque de la Sierra y los cañones de Guara (Huesca) mediante un sistema de información geográfica*. Publ. Consejo Prot. Naturaleza Aragón nº 45. 87 pp. Zaragoza.
- BADÍA VIÑAS, D., GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; MARTÍ DALMAU, C., 2002. Clasificación de suelos en pastos alpinos de Aisa y Ordesa (Huesca). *Edafología*, **9(1)**, 11-22.
- BADÍA VIÑAS, D.; AGUIRRE, J.; GÓMEZ, D.; SÁNCHEZ, J.R.; MARTÍ, C.; FILLAT, A., 2008. Variation of soil chemistry and plant composition through a livestock resting area in the Spanish Pyrenees. *Agrochimica*, **52(2)**, 1-11.
- BAHN, P.G. 1983 *Pyrenean Prehistory: A Paleoeconomic Survey of the French Sites*. Aris & Phillips Ltd., 511 pp. Warminster.
- BALCELLS, E., 1980. Resumen fisiográfico del alto Aragón occidental (Comunicación resumen). *Actas I Congreso Español de Antropología*, **1**, 77-105. Univ. de Barcelona.
- BARTOLOMÉ, J.; BOADA, M.; SAURÍ, D.; SÁNCHEZ, S.; PLAIXATS, J., 2008. Conifer Dispersion on Subalpine Pastures in Northeastern Spain: Characteristics and Implications for Rangeland Management. *Rangeland Ecology & Management*, **61**, 218-225.
- BERNUÉS, A.; OLAIZOLA, A.; CASASÚS, I.; GARCÍA-MARTÍNEZ, A.; RIEDEL, J.L., 2007. Evolución reciente de los sistemas de explotación de rumiantes en zonas de montaña: factores de sostenibilidad. En: *Los sistemas forrajeros: entre la producción y el paisaje*, 282-294. Ed. NEIKER. Vitoria.
- BRAUN-BLANQUET, J., 1979. *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. H. Blume ediciones. 819 pp. Madrid.
- BUENO, C.G.; ALADOS, C.L.; GARCÍA, D.G.; BARRIO, I.C.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R., 2009.



- Wild boar disturbances in Pyrenean alpine grasslands: Impact, distribution and interaction with grazing. (En revisión).
- BUENO, C. G. *Impacto de las perturbaciones del jabalí en los pastos supraforestales de los Pirineos Centrales*. (Tesis doctoral en preparación). Universidad de Zaragoza - Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC).
- BUSQUÉ, J.; MÉNDEZ, S.; FERNÁNDEZ, B., 2003. Estructura, crecimiento y aprovechamiento de pastos de puerto cantábricos invadidos o no por lecherina (*Euphorbia polygalifolia*). *Pastos*, **33**, 283-303.
- CAMPO, A.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; MARINAS, A.; GARTZIA, M., 2005. Relaciones entre el índice espectral de vegetación NDVI y la cobertura vegetal en pastos de puerto del pirineo occidental. En: *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural*. Vol. I, 307-314. Ed. K. OSORO *et al.* SERIDA. Gijón.
- CANALS, R.M.; SEBASTIÀ, M.T., 2000a. Soil nutrient fluxes and vegetation changes on mole-hills. *Journal of Vegetation Science*, **11**, 23-30.
- CANALS, R.M.; SEBASTIÀ, M.T. 2000b. Analyzing mechanisms regulating diversity in rangelands through comparative studies: a case in Southwestern Pyrenees. *Biodiversity and Conservation*, **9(7)**, 965-984.
- CHOCARRO, C.; FANLO, R.; FILLAT, F.; GARCÍA, A.; NAVASCUÉS, I. 1989. Comparación entre dos métodos de muestreo en prados de siega en los Montes Cantábricos y el Pirineo central español. Principales resultados. *Acta Biologica Montana*, **9**, 291-299.
- CHOCARRO, C., 1992. *Estudios ecológicos sobre los prados de siega del Pirineo Central Español. Composición florística, producción y calidad*. Instituto de Estudios Altoaragoneses. Serie de Investigación Científica. Huesca.
- CLEMENTS, F., 1916. *Plant succession: an analysis of the development of vegetation*. Carnegie Institute Publication 242. Washington DC.
- CONSEJO DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS, 1992. DIRECTIVA 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. *Diario Oficial De Las Comunidades Europeas*, **206(L)**, 7-50.
- CREUS, J. ; FILLAT, F. ; GOMEZ, D., 1984.- El Fresno de hoja ancha como árbol semi-salvaje en el Pirineo de Huesca. *Acta Biologica montana*, **4**, 445-454.
- DAUMAS, M., 1976. *La vie rurale dans le Haut Aragon oriental*. Instituto de Estudios Oscenses y de Geografía Aplicada. 774 pp. Madrid.
- DEL BARRIO, G.; CREUS, J.; PUIGDEFÁBREGAS, J., 1990. Thermal seasonality of the high mountain belts of the Pyrenees. *Mountain Research and Development*, **10(3)**, 227-233.
- FERRER, C., 1981. *Estudio geológico, edáfico y fitoecológico de la zona de pastos del valle de Tena (Huesca)*. Institución Fernando El Católico, 304 pp. Zaragoza.
- FERRER, C.; SAN MIGUEL, A.; OLEA, L., 2001. Nomenclátor básico de pastos en España. *Pastos*, **31(1)**, 7-44.
- FILLAT, F., 1981. *De la trashumancia a las nuevas formas de ganadería extensiva. Estudio de los Valles de Ansó, Hecho y Benasque*. Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, pp. 572. Tesis doctoral inédita.
- FILLAT, F., 1994. Meadows rich in species and their traditional management in the central Spanish Pyrenees. En: *Grassland Management and Natural Conservation*, 31-34. Ed. BRITISH GRASSLAND SOC. London.

- FILLAT, F.; BADÍA, D.; CHOCARRO, C.; FANLO, R.; PARDO, F.; MARTÍ, C.; GÓMEZ, A.; ALVERA, B., 1999. Results from the Pyrenean site on history of management, soil characteristics and vegetation distribution. *Land-Use Changes in European Mountain Ecosystems. Ecomont-Concept and Results*. 289-304. Ed. A. CERNUSCA, U. TAPPEINER, N. BAYFIELD. Blackwell. London.
- FILLAT, F., 2002. La cultura pastoril española. En: *La diversidad biológica de España*. 285-296. Ed. J. M. DE MIGUEL, F. D. PINEDA, M. A. CASADO, J. MONTALVO. Prentice Hall. Madrid.
- FILLAT, F., 2007. Els estudis dels prats de San Juan de Plan (Huesca) dintre del marc conceptual dels Agrobiosistemes d'en Pere Montserrat. *L'Atzavara*, **15**, 63-68.
- FILLAT, F.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; GÓMEZ GARCÍA, D.; REINÉ, R., 2008. *Pastos del Pirineo*. CSIC-Diputación de Huesca. 319 pp.
- GAÑÁN, N.; HERNÁNDEZ, Y.; ALDEZABAL, A.; GÓMEZ, D.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R., 2002. Plant selection by large herbivores in supraforestal Pyrenean pastures. *REU Technical Series FAO*, **66**, 86-88.
- GARCÍA, M.B.; D. GÓMEZ., 2007. Flora del Pirineo aragonés. Patrones espaciales de biodiversidad y su relevancia para la conservación. *Pirineos*, **162**, 71-88.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; MONTSERRAT, P., 1986. Determinación de la dieta de ungulados estivantes en los pastos supraforestales del Pirineo Occidental. *XXVI Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 119-134. Principado de Asturias. Oviedo.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; HIDALGO, R.; MONTSERRAT, C., 1990. Patterns of time and space use by livestock in the Pyrenean summer ranges: a case study in the Aragon valley. *Mountain Research and Development*, **10**, 241-255.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; GÓMEZ, D.; REMÓN, J.L., 1991a. Structural changes in supraforestal pastures due to current annual growth and grazing in the Western Pyrenees (Spain). *Proc. IV th Int. Rangeland Congr.* 122-126. AFP. Montpellier.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; GÓMEZ, D.; REMÓN, J.L., 1991b. Application of vegetation maps to the study of grazing utilization: a case in the Western Pyrenees. *Phytocoenology*, **3**, 251-256.
- 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. Univ. Valladolid. Soria.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; MARINAS, A.; GÓMEZ-GARCÍA, D.; ALDEZABAL, A.; REMÓN, J.L., 2002. Revisión bibliográfica de la producción primaria neta aérea de las principales comunidades pascícolas pirenaicas. En: *Producción de pastos, forrajes y céspedes*, 245-250. Ed. CHOCARRO *et al.*, Ed. Universitat de Lleida.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; ALDEZABAL, A.; GARIN, I.; MARINAS, A., 2005. Valor nutritivo de las principales comunidades de pastos de los Puertos de Góriz (Pirineo Central). *Pastos*, **35**, 77-103.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; ALADOS, C.L.; BUENO, G.; FILLAT, F.; GARTZIA, M.; GÓMEZ, D.; KOMAC, B.; MARINAS, A.; SAINT-JEAN, N., 2007. Valoración ecológica y productiva de los pastos supraforestales en el P.N. Ordesa y Monte Perdido. En: *Proyectos de investigación en parques nacionales: 2003-2006*, 105-128. Ed. L. RAMÍREZ, B. ASENSIO. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Madrid.

- GARCÍA-PAUSAS, J.; CASALS, P.; CAMARERO, L.; HUGUET, C.; SEBASTIÁ, M.-T.; THOMPSON, R.; ROMANYÁ, J., 2007. Soil organic carbon storage in mountain grasslands of the Pyrenees: effects of climate and topography. *Biogeochemistry*, **82**, 279-289.
- GARCÍA-RUIZ, J. M., 1976. *Modos de vida y niveles de renta en el Prepirineo del Alto Aragón Occidental*. Instituto de Estudios Pirenaicos-CSIC. Jaca.
- GLEASON, H.A., 1926. The individualistic concept of plant association. *Bull Torrey Bot. Club*, **53**, 7-26.
- GODED, M.L., 1994. *Estructura de la vegetación en comunidades pratenses pirenaicas sometidas a diferente gestión. Interpretación ecológica (funcional y causal)*. IPE(CSIC). 251 pp. Tesis doctoral inédita.
- GÓMEZ, D.; FILLAT, F.; MONTSERRAT, G., 1981. La cultura ganadera del fresno. *Pastos*, **11(2)**, 295-302.
- GÓMEZ, D.; FILLAT, F.; MONTSERRAT, G., 1983. Utilización de métodos fotográficos en el estudio de la pradería de San Juan de Plan (Huesca). *Pastos*, **12(2)**, 273-282.
- GÓMEZ, D.; MONTSERRAT, G.; MONTSERRAT, P., 1984a. Phytosociologie et dynamique prairiales de quelques cultures pyrénéennes intégrées á leur paysage. *Documents d'Ecologie Pyrénéenne*, **3-4**, 471-479.
- GÓMEZ, D.; FILLAT, F.; MONTSERRAT, G., 1984b. Utilisation de Frêne comme arbre fourrager dans les Pyrénées de Huesca. *Documents d'Ecologie Pyrénéenne*, **3-4**, 481-489.
- GÓMEZ, D.; BORGHI, C.E.; GIANNONI, S.M., 1995. Vegetation differences caused by pine vole mound building in subalpine plant communities in the Spanish Pyrenees. *Vegetatio*, **117**, 61-67.
- GÓMEZ, D.; CASTRO, P.; ALDEZABAL, A., 1997. Species richness, biomass and plant production in subalpine plant communities in the Spanish Pyrenees. IAVSS Symposium: *Island and high mountain vegetation: Biodiversity, Bioclimate and Conservation*, 101-111. Santa Cruz de Tenerife (España).
- GÓMEZ GARCÍA, D.; GIANNONI, S.M.; REINÉ, R.; BORGHI, C.E., 1999. Movement of seeds by the burrowing activity of mole-voles on disturbed soil mounds in the Spanish Pyrenees. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, **31**, 407-411.
- GÓMEZ-GARCÍA, D.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; REMÓN, J.L., 2001. Una valoración ecológica de los pastos de montaña de los Pirineos. En: *Biodiversidad en Pastos*, 201-208. Ed. CIBIO-GENERALITAT VALENCIANA. Alicante.
- GÓMEZ-GARCÍA, D.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; MARINAS, A.; ALDEZABAL, A., 2002. An eco-pastoral index for evaluating Pyrenean mountain grasslands. En: *Multi-Function Grasslands. Quality Forages, Animal Products and Landscape*, 922-923. Ed. J.L. DURAND et al. AFPP-EGF. La Rochelle, Poitiers (Francia).
- GÓMEZ GARCÍA, D.; MATEO, G.; MERCADAL, N.; MONTSERRAT, P.; SESE, J.A., 2005. Bibliografía botánica de Aragón. En: *Atlas de la flora de Aragón*. IPE (CSIC)-Gobierno de Aragón. Edición digital (<http://www.ipe.csic.es/floragon>).
- GÓMEZ GARCÍA, D. 2008a. Métodos para el estudio de los pastos, su caracterización ecológica y valoración. En: *Pastos del Pirineo*, 75-110. Ed. F. FILLAT, R. GARCÍA-GONZÁLEZ, D. GÓMEZ, R. REINÉ. CSIC-DPH, Huesca.
- GÓMEZ GARCÍA, D. 2008b.- Pastos del Pirineo. Breve descripción ecológica y florística. En: *Pastos del Pirineo*, 111-140. Ed. F. FILLAT, R. GARCÍA-GONZÁLEZ, D. GÓMEZ, R. REINÉ. 159-170. CSIC-DPH, Huesca.

- GÓMEZ GARCÍA, D. 2008c.- Principales comunidades pascícolas del Pirineo aragonés. En: *Pastos del Pirineo*, 293-301. Ed. F. FILLAT, R. GARCÍA-GONZÁLEZ, D. GÓMEZ, R. REINÉ, CSIC-DPH, Huesca.
- HERAS, P.; INFANTE, M., 2005. Check-list de los briófitos del Pirineo aragónes (España). *Bull. Soc. Hist. Nat.*, **141(2)**, 109-121.
- HERVIEU, B., 2002. Multi-functionality: a conceptual framework for a new organisation of research and development on grasslands and livestock systems. En: *Multi-Function Grasslands. Quality Forages, Animal Products and Landscape*, 1-2. Ed. J.L. DURAND *et al.* AFPF - EGF. La Rochelle, Poitiers (Francia).
- HOFMANN, R.R., 1989. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*, **78**, 443-457.
- HUNTLY, N., 1991. Herbivores and the dynamics of communities and ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, **22**, 477-503.
- KOMAC, B.; ALADOS, C.L.; CAMARERO, J.J., 2009. Invasion speed of *Echinochloa crus-galli*. (En revisión).
- KÖRNER, Ch.; DIEMER, B.; SCHÄPPI, P.N.; ARNONE, J., 1997. The responses of alpine grasslands to four seasons of CO<sub>2</sub>. *Acta Oecologica*, **18**, 165-175.
- KÖRNER, Ch., 2000. El cambio global y los ecosistemas de alta montaña. *Gayana Bot.* V.57 n.1 Concepción.
- LASANTA, T. 1988. The process of desertion of cultivated areas in the Central Spanish Pyrenees. *Pirineos*, **132**, 15-36.
- LIZAUR, X.; GÓMEZ, D., 2009. *Evolución de la vegetación tras labores de desbroce mecánico e incendio en sendas áreas pastorales de Aralar y Belate (Navarra)*. Inf. inédito. Dpto de Agricultura, Ganadería y Montes (Gob. de Navarra).
- LORTI, C.L.; BROOKER, R.W.; CHOLER, P.; KIKVIDZE, Z.; MICHALET, R.; PUGNAIRE, F.I.; CALLAWAY, R.M., 2004. Rethinking plant community theory. *Oikos*, **107(2)**, 433-438.
- MANRIQUE, E. 1976. Comercialización del ganado y de los productos ganaderos en los valles de Tena y Canfranc. *Anal. Fac. Veterinaria de Zaragoza, 1972-73*, **11**, 541-580.
- MARGALEF, R., 1977. *Ecología*. Ediciones Omega. Barcelona.
- MARGALEF, R., 1988. Evolución de los macrófitos y su coevolución con los herbívoros. En: *Homenaje a Pedro Montserrat*. Monografía del IPE, **4**, 637-642.
- MARINAS, A.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; FONDEVILA, M., 2003. The nutritive value of five species occurring in the summer grazing ranges of the Pyrenees. *Animal Science*, **76**, 461-469.
- MARINAS, A.; GÓMEZ, D.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R., 2008. *Bases ecológicas para la gestión de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Hábitat 6140 Pastos pirenaicos y cantábricos de Festuca eskia*. (informe inédito). Dirección General para la Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente.
- MCINTYRE, S.; LAVOREL, S., 2001. Livestock grazing in subtropical pastures: steps in the analysis of attribute response and plant functional types. *Journal of Ecology*, **89**, 209-226.
- MCNAUGHTON, S.J. 1979a. Grazing as an optimization process: grass-ungulate relationships in the Serengeti. *The American Naturalist*, **113**, 691-703.

- MCNAUGHTON, S.J., 1979b. Grassland-Herbivore dynamics. In: Sinclair, A.R.E. & Norton-Griffiths, M. (Eds.), *Serengeti: Dynamics of an Ecosystem*, 46-81. The University of Chicago Press. London (UK).
- MCNAUGHTON, S.J., 1985. Ecology of a grazing ecosystem: the Serengeti. *Ecological Monographs*, **55(3)**, 259-294.
- MCNAUGHTON, S.J., 1986. On plants and herbivores. *American Naturalist*, **128**, 765-770.
- MONTSERRAT, P., 1956. *Los pastizales aragoneses. Avance sobre los pastos aragoneses y su mejora*. Ministerio de Agricultura. Dirección general de Montes, Caza y Pesca Fluvial. 190 pp. Madrid.
- MONTSERRAT, P., 1961. Las bases de la práticamente moderna. *Boletín Agropecuario*. Obra Social Agrícola de la Caja de Pensiones para la Vejez y de Ahorros. Barcelona.
- MONTSERRAT, P., 1964. Ecología del pasto (Ecología de los Agrobiosistemas pastorales). *Pub. cen. Pir. Biol. Exp.*, **1(2)**, 1-68. Jaca.
- MONTSERRAT, P., 1971. La vejez del pasto. *Melhoramento*, **21**, 229-247.
- MONTSERRAT, P.; VILLAR, L., 1974. El ambiente fitoclimático de los pastos alaveses. *Pastos*, **4**, 12 pp.
- MONTSERRAT, P., 1978. La ganadería pirenaica. *Munibe*, **4**, 215-238.
- MONTSERRAT, P.; FILLAT, F. 1979. La ganadería extensiva y las culturas rurales montaÑesas. *Anal. Inst. Est. Agropecuarios*, **3**, 83-120.
- MONTSERRAT, P., 1999. Causas de mi fracaso como pascólogo. *Actas de la XXXIX Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 113-114. Caja Rural de Almería. Almería.
- MONTSERRAT, P., 2004. *Internalicemos la gestión*. Discurso leído con motivo de ser nombrado Ingeniero Forestal de Honor. Escuela I. S. Montes. Madrid.
- MONTSERRAT, P., 2009. *La cultura que hace paisaje*. La Fertilidad de la Tierra Ediciones, 68 pp. Estella (Navarra).
- MONTSERRAT-MARTÍ, J.M. 1992. *Evolución glacial y postglacial del clima y la vegetación en la vertiente sur del Pirineo: estudio palinológico*. Monografías del Instituto Pirenaico de Ecología, **6**, 147 pp.
- NOSS, R.F., 1990. Can we maintain biological and ecological integrity?. *Conservation Biology*, **4(3)**, 241-243
- OLFF, H.; RITCHIE, M.E., 1998. Effects of herbivores on grassland plant diversity. *Trends in Ecology and Evolution*, **13**, 261-265.
- PALLARUELO, S., 1988. *Pastores del Pirineo*. Ministerio de Cultura, Madrid.
- PASCHE, F.; ARMAND, M.; GOUAUX, P.; LAMAZE, T.; PORNON, A., 2004. Are meadows with high ecological and patrimonial value endangered by heathland invasion in the French central Pyrenees?. *Biological Conservation*, **118**, 101-108.
- PUIGDEFÁBREGAS, J.; FILLAT, F., 1986. Ecological adaptation of traditional land uses in the Spanish Pyrenees. *Mountain Research and Development*, **6**, 63-72.
- RAMOS, G.; FRUTOS, P.; GIRÁLDEZ, A.F.J.; MANTECÓN, A.R., 1998. Los compuestos secundarios de las plantas en la nutrición de los herbívoros. *Archivos de Zootecnia*, **47**, 597-620.

- REINÉ, R.J., 2002. *Composición del banco de semillas del suelo en prados pirenaicos y alpinos*. Publicaciones del Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Serie: investigación. Nº31. 258 pp. Zaragoza.
- REINÉ, R.; CHOCARRO, C.; FILLAT, F. 2004. Soil seed bank and management regimes of semi-natural mountain meadow communities. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **104(3)**, 567-575.
- REINÉ, R.; CHOCARRO, C.; FILLAT, F., 2006. Spatial patterns in seed bank and vegetation of semi-natural mountain meadows. *Plant Ecology*, **186**, 151-160.
- REMÓN, R.; ALVERA, B., 1989. Biomasa y producción herbácea en un puerto pirenaico de verano. *Options Méditerranéennes, Série Séminaires*, **3**, 289-292.
- REMÓN, R., 2004. *Estructura y producción de pastos en el Alto Pirineo occidental (Aisa y Borau, Huesca)*. Publicaciones del Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Serie: investigación nº 47, 236 pp. Zaragoza.
- REVILLA, R., 1987. *Las zonas de montaña y su entorno económico. Análisis estructural y bases técnicas para la planificación de la ganadería en los Altos Valles del Sobrarbe (Pirineo Central)*. Tesis Doctoral, Fac. de Veterinaria. Univ. de Zaragoza.
- RIVAS GODAY, S.; RIVAS MARTÍNEZ, S., 1963. *Estudio y clasificación de los pastizales españoles*. 269 pp. Publicaciones del Ministerio de Agricultura.
- ROBLES, A.B., 2008. En el conjunto de las Sierras Béticas: Pastos, producción, diversidad y cambio global. En: *Pastos, clave en la gestión de los territorios: integrando disciplinas*. Ed. P. FERNÁNDEZ REBOLLO *et al.*, 31-51. Consejería de Agricultura y Pesca. J. de Andalucía. Córdoba.
- SEBASTIÁ, M.T.; MOLA, B.; ARENAS, J.M.; CASALS, P., 2004. Biomass responses of subalpine grasslands in the Pyrenees under warming conditions. *Grassland Science in Europe*, **9**, 290-292.
- SOUSA, W.P., 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, **15**, 353-391.
- TER HEERDT, G.N.J.; BAKKER, J.P.; DE LEEUW, J., 1991. Seasonal and spatial variation in living and dead plant material in a grazed grassland as related to plant species diversity. *Journal of Applied Ecology*, **28**, 120-127.
- TERRADAS, J., 2001. *Ecología de la vegetación*. Ed. Omega. 703 pp.
- TOSCA, C. 1986. *Structure, dynamique et fonctionnement des écosystèmes prairiaux supra-forestiers des Pyrénées Centrales*. Thèse doctoral, Univ. Paul Sabatier. Toulouse.
- UNITED NATIONS, 1992. *Rio Declaration on Environment and Development*. Department of Economic and Social Affairs. Division for Sustainable Development. Rep.: A/CONF. 151/26. Vol. I New York (USA).
- VÄRE, H.; LAMPINEN, R.; HUMPHRIES, C.; WILLIAMS, P., 2003. Taxonomic diversity of vascular plants in the European alpine areas. En: *Alpine Biodiversity in Europe*, 133-148. Ed. L. NAGY, G. GRABHERR, C. KÖRNER, D.B.A. THOMPSON. Springer. Berlin.
- VICENTE, S.M., 2001. *El papel reciente de la ganadería extensiva de montaña en la dinámica del paisaje y en el desarrollo sostenible: El ejemplo del valle de Borau*. Publicaciones del Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Serie Investigación. Nº30, 181 pp. Zaragoza.



VILLAR, L.; SESÉ, J. A.; FERRÁNDEZ, J. V., 1997- 2001. *Atlas de la Flora del Pirineo Aragonés*, 2 vols. Instituto de Estudios Altoaragoneses-Consejo de Protección de la Naturaleza. Huesca y Zaragoza.

WHITE, P.S., 1979. Pattern, process, and natural disturbance in vegetation. *Bot. Rev.*, **45**, 229-299.

## SUMMARY

### **MULTIFUNCTIONALITY OF MOUNTAIN GRASSLANDS: TOWARDS A MULTIDISCIPLINAR INTERPRETATION OF GRASSLAND SYSTEMS IN THE PYRENEES OF ARAGON**

The studies on the grazing systems carried out in the Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC) during the last 50 years are being reviewed. Such studies comprise different scales (from species to landscapes) and aim a multidisciplinary approach with particular emphasis on the ecological aspects and on the history of human utilization on the mountain. From the perspective of the pastures, detailed studies of the grasslands spatial distribution, floristic composition, biomass, primary production and forage quality have been carried out. Regarding the role of herbivores, we have investigated the diet selection as well as the temporal and spatial patterns of livestock utilization.

**Key words:** grassland ecological factors, history of mountain utilization.





## MULTIFUNCIONALIDAD DE LOS PASTOS CON *AGROSTIS CASTELLANA* L.

J. PASTOR<sup>1</sup>, A.J. HERNÁNDEZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dpto. de Ecología de Sistemas, CCMA, CSIC, c/Serrano, 115 dupl. Madrid. <sup>2</sup>Dpto. de Ecología, Edificio Ciencias, Campus Universitario, Universidad de Alcalá, Madrid. [jpastor@ccma.csic.es](mailto:jpastor@ccma.csic.es)

### RESUMEN

Nos aproximamos en primer lugar a la caracterización de atributos con significado ecológico de los pastos con *Agrostis castellana* (capa superficial edáfica, densidad radicular, riqueza de especies, biomasa aérea y radicular) ubicados en el centro peninsular para servirnos de referencia en una evaluación de los mismos en relación a los principales cambios que vamos percibiendo en los últimos 30 años (climático y de usos del suelo). Por otra parte, la abundancia de la especie referida, en pastos ubicados en emplazamientos de minas metálicas abandonadas en la zona centro y su presencia en algunos vertederos, nos ha llevado al análisis del contenido en metales de la especie creciendo en diferentes tipos de suelo, algunos de ellos con contenidos de más de tres metales pesados en niveles elevados. Un análisis integrado de los resultados nos conduce a la discusión de la multifuncionalidad de estos sistemas: (1) un buen escenario para el seguimiento sistemático que nos conduce a conocimientos acerca del cambio global; (2) la importancia de la estabilidad que tiene una comunidad vegetal de vallicar con *A. castellana* como para establecerse en condiciones edáficas no propias de su ubicación original; y (3) el protagonismo de *A. castellana* en orden a la fitoestabilización de metales pesados en suelos contaminados por éstos.

**Palabras clave:** pastos oligotrofos, suelos contaminados, metales pesados, fitoestabilización.

### INTRODUCCIÓN

Las comunidades de la alianza *Agrostion castellanae* que reciben la denominación de vallicares, agrupa pastos acidófilos, mediterráneos o submediterráneos, densos, dominados por herbáceas vivaces, en su mayoría gramíneas, de talla media a alta, de fenología tardía, que terminan agostándose a finales de verano. Los autores que estudian estas comunidades se refieren por lo general a que esta característica se debe a fenómenos de freatismo estacional que terminan desapareciendo en pleno verano y que se dan habitualmente en vaguadas, depresiones, proximidades de manantiales, arroyos, ríos o charcas. Por eso, los vallicares se integran en Madrid en las series de vegetación de bosques climatófilos submediterráneos, como los rebollares de *Quercus*

*pyrenaica*, o en las de bosques termohigrófilos o higrófilos, como las fresnedas de *Fraxinus angustifolia* o las alamedas de *Populus* sp., en todo caso de carácter oligotrófico. Estos hábitats aparecen tipificados por San Miguel (2001). En áreas de Extremadura y Andalucía, pueden desarrollarse también en el piso termomediterráneo sobre suelos afectados por fenómenos de freatismo prolongado (Pastor y Hernández, 1989). Sin embargo, no es tan frecuente la descripción de su carácter oligotrofo mediante parámetros que nos permitan comprender aspectos relacionados con la multifuncionalidad que presentan estos pastos. Debido al conocimiento que tenemos en la actualidad de los mismos, pretendemos en este trabajo aproximarnos al perfil que pueda ir definiendo este carácter multifuncional.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha realizado un muestreo fitoedáfico en 16 localidades de vallicares representativos de Cáceres, Toledo y Ávila, mediante 5 cuadrículas al azar de 25 cm<sup>2</sup> en cada uno de ellas. Asimismo se realizaron 15 inventarios florísticos en pastos con *A. castellana* en el territorio arcósico de Madrid, algunos muy antropizados a los que les afecta la salinidad, según un muestreo aleatorio de 4 cuadrículas de 0,50 m<sup>2</sup> donde se recogieron plantas y muestras de la capa superficial de suelo (0-10 cm) para realizar los correspondientes análisis (Hernández y Pastor, 1989). Por otra parte, se realizó un muestreo representativo de la especie y de los suelos en donde crece, en 41 parcelas de 1m<sup>2</sup> ubicadas en 5 emplazamientos de minas abandonadas de Madrid y Toledo. Finalmente, se ha efectuado un ensayo en microcosmos en invernadero durante 6 meses para estudiar la respuesta de la comunidad, cuando crece en suelos contaminados con 300, 500 y 700 ppm Zn en forma de cloruro (3 replicaciones por tratamiento y testigo), al ser éste el metal de mayor relevancia y el Cl el anión más representado en los suelos antropizados y salinizados de la CAM (Hernández y Pastor, 2008).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La reflexión conjunta sobre las listas florísticas y los datos del medio edáfico de los 16 vallicares representativos de los diferentes escenarios en que estos pastos se encuentran en el centro oeste peninsular, permiten diferenciar aquéllos en que *Agrostis castellana* está acompañada también por *A. pourretii*, de aquéllos en que solamente se encuentra el primero de los *Agrostis* (Tabla 1). La acidez de los suelos de estos vallicares oscila, en su pH en agua, entre 4,8 y 6, teniendo un pH en KCl comprendido entre 4 y 4,6 en 11 de las localidades. Hecho que nos ha conducido a profundizar en el significado ecológico de este parámetro edáfico, ya que la acidez de los suelos confiere unas características a sus propiedades generales que los diferencia de manera significativa: a) La dispersión de arcilla provoca la destrucción de agregados del suelo y degradación de su estructura. El deterioro de sus propiedades físicas se refleja en el decrecimiento progresivo de su capacidad de retención de agua útil para las plantas. La disminución de la porosidad del suelo origina impermeabilidad, implicando unaseudogleyización (Pastor y Hernández, 1989). b) Estos suelos ácidos se consideran como “complejos de infertilidad” debido a sus bajas concentraciones en elementos nutritivos de su capa superficial. Oligotrofia, considerada como un estrés al que se encuentran sometidos los vegetales. Pero la respuesta nutricional puede ser considerada como tolerancia de las plantas al Al cambiante de los suelos fuertemente ácidos. Ello puede deducirse de los índices evalua-

tivos siguientes: la facilidad para tomar Ca, Mg y P en concentraciones bajas en los suelos, altas concentraciones de Fe y Mn en la parte aérea en muchas especies de vallicar (Pastor *et al.*, 1995), mayor densidad radicular y biomasa subterránea (Hernández *et al.*, 1995); la alta producción de estos pastos (Hernández *et al.*, 1994).

**Tabla 1. Características vegetacionales y algunas edáficas de los vallicares estudiados.**

Parámetros edáficos y de vegetación	<i>A. cast + A. pourt.</i>		<i>A. castellana</i>		Parámetros de vegetación	<i>A. cast + A. pourt.</i>		<i>A. castellana</i>	
	m	M	m	M		m	M	m	M
Limo	32,3	63,2	20	30	Rcto. tot sp anual	51,2	86,3	59,3	80,5
Capacidad Campo	30	39,1	21	29	Rcto. Gramineas	22,1	57,3	37,4	51,9
Materia Orgánica	5,3	9,6	9,7	13,5	Rcto. Leguminosas	18,3	29,8	26,1	49,4
Nº Total sp.	25	50	20	40	Rcto Gram. perennes	4,0	24,4	13,2	19,5
Nº Gramineas	8	14	9	15	Rcto. Leg. perennes	0,0	1,7	1,0	3,5
Nº Leguminosas	5	11	7	13	Rcto. Otras perennes	5,0	24,3	4,0	11,6
Nº otras	8	30	3	13	Ps g cm <sup>-2</sup>	369,4	1497	638	1859

% para variables edáficas y cobertura, valores mínimos (m) y máximos (M). Rcto.= Recubrimiento; Ps = peso seco.

La zona centro peninsular presenta sistemas dedicados a explotaciones ganaderas y a usos cinegéticos, que se corresponden con diferentes tipos de pastos con presencia de *A. castellana*, estabilizados en mayor o menor grado, o bien soportan un manejo convencional con una agricultura mecanizada intensiva. Además, existen enclaves con escombreras y suelos contaminados por metales pesados procedentes de antiguos emplazamientos mineros (Tablas 2 y 6) en los que se encuentra la especie aludida.

**Tabla 2. Contenidos de metales, medias y desv. típicas, mg/kg, en las principales familias botánicas de los pastos del entorno de la mina de cobre abandonada de Garganta de los Montes y que presentan al menos 3 metales a niveles tóxicos en los suelos.**

Familias	nº muestras	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Pb
Gramíneas	46	566 ± 1568	223 ± 244	6 ± 0,9	7 ± 11	2 ± 4	3 ± 4
Leguminosas	20	28 ± 26	87 ± 22	3 ± 5	1 ± 1,4	1,3 ± 1,8	0 ± 0
Otras	108	37 ± 50	153 ± 175	6 ± 8	0,04 ± 0,09	0,9 ± 1,1	0,7 ± 1,5
WHO Refer..Foods		< 2,9	< 45,0	< 1,0	< 30,0	< 9,8	-

En la mayoría de los suelos analizados en los emplazamientos de minas abandonadas están presentes más de tres metales entre los analizados (Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Ni y Al), con niveles contaminantes y altamente contaminantes en su capa superficial (Hernández y Pastor, 2005). Entre las especies que en ellos crecen se encuentran: *Agrostis castellana*, *Bromus hordaceus*, *Dactylis glomerata*, *Plantago lanceolata*, *Trifolium stria-*

*tum*, *Sanguisorba minor*, *Vulpia myuros*, *Scirpoides holoschoenus*. Las comunidades vegetales que en ellas se asientan corresponden a pastos herbáceos, formaciones de pastos arbustivos y pastos con arbolado, aprovechados por ganado vacuno, ovino y por fauna silvestre (ver Tabla 3). En ella se muestra un ensayo realizado en microcosmos de 26 x 22 cm, y se puede apreciar como los contenidos de Zn afectan a la riqueza de especies y a la cobertura vegetal.

**Tabla 3. Diversidad y cobertura vegetal en un bioensayo en microcosmos con suelo contaminado con diferentes niveles de Zn, donde crecía *A. castellana*.**

Tratamiento (mg/kg Zn)	Riqueza de especies (Media y desv. típica)	% Cobertura (Media y desv. típica)
0	20,0 ± 2,0 a	70,0 ± 8,9 a
300	11,7 ± 2,3 a	53,7 ± 2,1 b
500	6,0 ± 1,0 b	30,0 ± 4,0 c
700	4,7 ± 0,6 b	14,7 ± 4,2 d

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas al 95%

La percepción de la realidad descrita nos llevó a estudiar este conjunto de sistemas y los procesos de degradación de los suelos (Hernández y Pastor, 2008), a los que las especies y comunidades vegetales asentadas en ellos parecen adaptarse. Los resultados obtenidos nos llevan a afirmar que estas comunidades pueden ser un referente adecuado para actuaciones de restauración ecológica, propiciando la fitoestabilización (acumulación de los metales en rizomas y raíces). También en la zona centro nos encontramos con áreas de vallicares de *A. castellana*, que están sufriendo un cambio a peor por las fuertes sequías padecidas en el último decenio. Durante los últimos treinta años se ha ido constatando un aumento general en la duración e intensidad de la aridez y la disminución de las precipitaciones anuales, si bien con cierto aumento de las estivales (Hernández *et al.* 1995). Como consecuencia de todo ello existe el peligro de una creciente alteración de la composición florística de los vallicares, que tienen precisamente unas características fundamentales para la conservación de los suelos. Este hecho ya se había comprobado en el área, en el caso de los majadales, cada vez más escasos y antropizadas. Así su composición florística, ya es menos típica que la observada y estudiada por nosotros con anterioridad.

Las comunidades herbáceas de todos los pastos estudiados en estos sistemas con suelos degradados y/o contaminados, están ligadas a procesos de oligotrofia, nitrofilia y ruderalización, proceso este último vinculado muchas veces también a la fosforofilia, (Pastor y Hernández, 2001). En las Tablas 4, 5 y 6a y 6b, se muestran los resultados de la composición mineral de 88 muestras de *A. castellana* (parte aérea) y subterránea (8 muestras). Lo más destacable es el papel que parece jugar la especie en la fijación de metales pesados en sus rizomas en los suelos (fitoestabilización), por los valores más elevados de Zn, Cu, Cd y Pb de antiguas minas, mientras estos metales no alcanzan niveles considerados como muy peligrosos en la parte aérea para el ganado y la fauna silvestre que pasta estos ecosistemas, apenas algunos valores algo elevados de Cu y Zn, en algunas de las muestras de la especie.

**Tabla 4. Contenido de metales (mg/kg) en la parte aérea de *A. castellana* en vallicares de zonas de dehesas sobre suelos graníticos (22 muestras) y arcósicos (12 muestras).**

Zonas de Dehesa en Granitos	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb	Ni	Cr
Media	93,88	162,49	16,30	4,87	n.d	n.d	n.d	n.d
Desv. típica	133,48	83,86	12,71	0,45	n.d	n.d	n.d	n.d
Mínimo	30,0	50,0	10,2	4,2				
Máximo	415,0	340,0	45,0	5,5				
Zonas de Dehesa en Arcosas	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb	Ni	Cr
Media	465,44	64,31	25,02	3,50	n.d	n.d	n.d	n.d
Desv. típica	503,73	82,05	12,79	2,27	n.d	n.d	n.d	n.d
Mínimo	70,0	4,0	6,0	0,0				
Máximo	2080,0	277,0	58,0	7,5				

n.d: no detectable

**Tabla 5. Contenido de metales (mg/kg) en la parte aérea de *A. castellana* en 3 zonas de suelos arcósicos recogidas en vertederos.**

Zonas antropizadas en Arcosas	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb	Ni	Cr
Media	249,67	24,67	17,33	2,0	n.d	n.d	n.d	n.d
Desv. típica	137,95	25,72	3,21	1,0	n.d	n.d	n.d	n.d
Mínimo	122,0	6,0	15,0	1,0				
Máximo	396,0	54,0	21,0	4,0				

n.d: no detectable

**Tabla 6a. Contenido de metales (mg/kg) en la parte aérea de *A. castellana* en las minas.**

Mina de Cu de Colmenarejo (Cu, Zn)	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb	Ni	Cr	Al
Media	1061,70	134,10	137,55	71,7	0,0	0,0	3,55	24,80	-
Desv. típica	1275,34	78,35	83,93	77,92	0,0	0,0	5,02	35,07	-
Mínimo	160,0	78,7	78,2	16,6	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Máximo	1964,0	189,5	196,9	126,8	0,0	0,0	7,1	49,6	-
Mina de Ag de Bustarviejo (Zn, Cu, Pb)	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb	Ni	Cr	Al
Media	862,02	177,77	151,22	15,7	0,0	15,83	1,29	1,67	1014
Desv. típica	1021,3	114,4	95,9	21,3	0,0	27,4	2,2	2,9	1185
Mínimo	130,0	77,0	79,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	176
Máximo	2029,0	302,0	260,0	40,0	0,0	47,5	3,9	5,0	1852
Mina de Ba de Navas del Rey (Ba, Zn, Cu, Pb)	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb	Ni	Cr	Al
Media	282,83	532,69	278,54	13,58	0,0	0,0	0,23	3,68	119,21
Desv. típica	178,96	278,35	140,54	2,43	0,0	0,0	0,40	2,24	53,34

	Mínimo	76,0	329,0	103,0	4,0	0,0	0,0	0,0	1,1	71,0
	Máximo	392,0	850,0	438,1	16,3	0,0	0,0	0,7	5,1	177,0
<b>Mina de Cu de Garganta de los Montes (Cu, Zn, Cd)</b>		<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>	<b>Cd</b>	<b>Pb</b>	<b>Ni</b>	<b>Cr</b>	<b>Al</b>
	Media	164,7	173,03	71,06	25,29	0,07	0,0	0,96	1,38	88,67
	Desv. típica	152,99	100,05	61,76	56,79	0,22	0,0	1,15	4,62	76,63
	Mínimo	32	40	21	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	49,0
	Máximo	585	423	330	278,5	0,8	0,0	3,8	19,5	177,0
<b>Mina de Ag del Guajaraz (Zn, Pb, Ni, Cd)</b>		<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>	<b>Cd</b>	<b>Pb</b>	<b>Ni</b>	<b>Cr</b>	<b>Al</b>
	Media	250,22	345,91	374,01	6,67	1,42	66,38	91,78	2,0	159,74
	Desv. típica	132,59	416,81	231,74	2,95	3,11	117,13	268,90	3,71	124,80
	Mínimo	59,0	56,0	103,0	2,0	0,0	0,52	0,0	0,0	41,0
	Máximo	493,0	1518,0	589,7	12,0	10,4	387,0	857,0	10,0	318,0

**Tabla 6b. Contenido de metales en rizomas y raíces de *A. castellana* (8 muestras).**

<b>Mina de Ba de Navas del Rey</b>		<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>	<b>Cd</b>	<b>Pb</b>	<b>Ni</b>	<b>Cr</b>	<b>Al</b>
	Media	2349,1	670,5	923,3	79,5	8,3	337,5	13,8	65,0	1651,2
	Desv. típica	1429,8	273,8	241,6	69,8	8,9	390,0	13,5	63,1	1991,5
	Mínimo	1036,0	421,0	592,5	18,5	0,0	0,0	0,5	1,6	234,0
	Máximo	4327,0	992,0	1132,2	163,4	17,3	690,9	30,4	136,1	4545,0
<b>Mina de Cu de Garganta de los Montes</b>										
	Media	1602,2	783,8	278,8	808,8	8,6	11,6	17,3	17,3	2263,0
	Desv. típica	1565,5	187,6	154,7	1412,3	16,9	17,5	18,5	27,9	2632,8
	Mínimo	163,0	52,0	11,6	9,0	0,0	0,0	0,1	0,0	187,0
	Máximo	5670,0	588,0	962,0	4744,0	64,0	55,1	95,6	63,5	7001,0
<b>Mina de Ag del Guajaraz</b>										
	Media	3354,7	267,0	2420,2	28,2	559,9	132,42	29,7	44,4	1930,2
	Desv. Típica	2008,7	168,3	643,2	20,2	786,5	165,9			
	Mínimo	1934,0	148,0	1965,4	13,9	3,7	15,13	23,0		
	Máximo	4775,0	386,0	2875,0	43,0	1116,0	165,9	36,3	44,4	1930,2

A la vista de todos los estudios efectuados mostramos en la Figura 1 la síntesis de la interpretación de los resultados obtenidos con el fin de poder aproximarnos a la multifuncionalidad que presentan los vallicares. Podemos también decir que la salinidad es el principal factor que condiciona la presencia y crecimiento de especies herbáceas propias de vallicares en las áreas de descarga de lixiviados en muchos de los vertederos que hemos estudiados, algunos de ellos con *A. castellana*. Además, el metal que se encuentra en mayores cantidades en las cubiertas edáficas de vertederos sellados, es el Zn, por lo que los resultados expuestos en la Tabla 3 son importantes. Gramíneas con



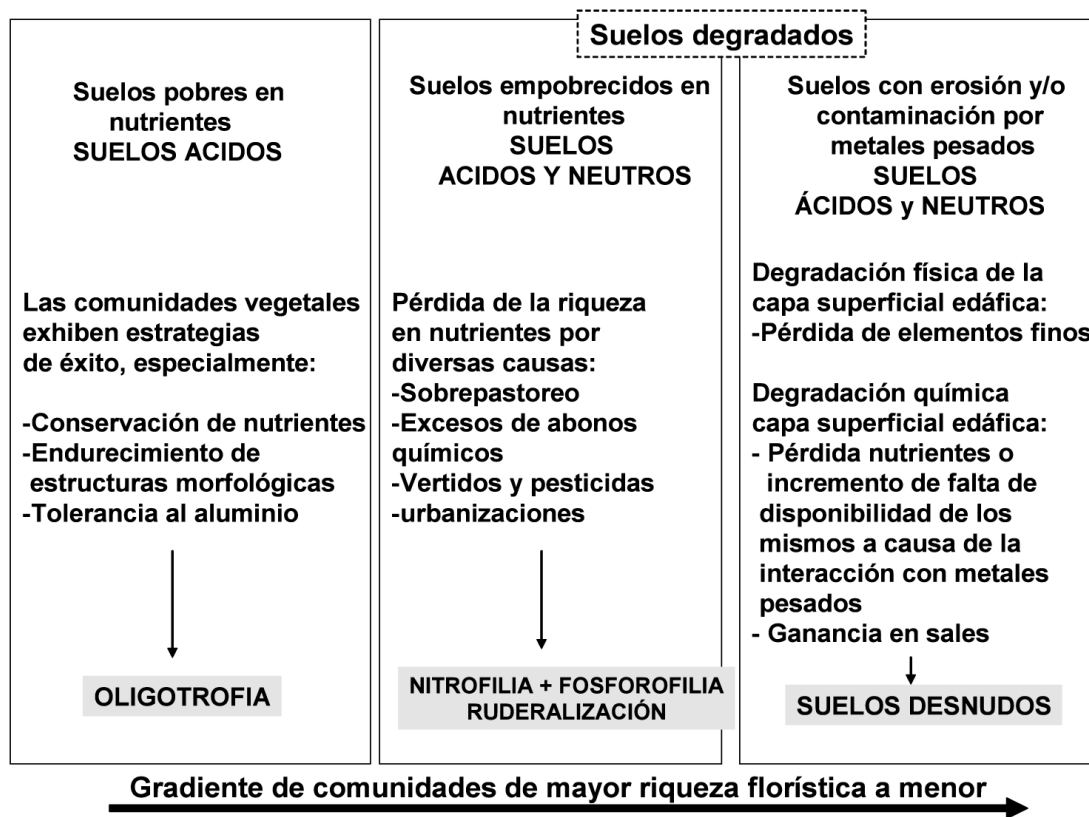


Figura 1. Gradiente de pastos pobres, empobrecidos, contaminados y degradados.

rizomas como *A. castellana*, cubriendo gran parte de la zona baja cercana a las cunetas de los taludes de carreteras secundarias y rurales, son igualmente valoradas como elementos positivos para la protección y colonización de taludes, minimizando los arrastres erosivos (Pastor y Hernández, 2008).

## CONCLUSIONES

Se han caracterizado distintos tipos de vallicares de *A. castellana*, así como la analítica de metales en 96 ejemplares de la parte aérea y rizomas y raíces de la especie muestreados en los diferentes ecosistemas en los que crece: seminaturales, antropizados y fuertemente alterados en zonas abandonadas de minería metálica. Un análisis de los resultados nos permite hablar de la multifuncionalidad de estos sistemas: son un buen escenario para un seguimiento sistemático que lleva al conocimiento del cambio de patrones de la diversidad vegetal en suelos salinizados y contaminados y con los actuales cambios de usos del suelo; la importancia de la estabilidad de un vallicar de *A. castellana* es interesante como para establecerse en suelos y condiciones edáficas no propias de su ubicación original como son los suelos de minas; y el protagonismo de *A. castellana* en estas comunidades, en orden a su papel en la fitoestabilización de metales pesados en suelos contaminados por éstos.

## AGRADECIMIENTOS

Programa EIADES (CM) y Proyecto CTM2005-02165/TECNO (MEC).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HERNANDEZ, A. J.; PASTOR, J., 1989. Técnicas analíticas para el estudio de las interacciones suelo-planta. *Henares, Revista de Geología*, **3**, 67-102.
- HERNANDEZ, A.J.; PASTOR, J.; REY-BENAYAS, J.M., 1994. Forage production under suboptimal conditions: an overview of drought problems in Mediterranean-type ecosystems. En: *Grassland and Society*, 539-548. Ed. L. 't MANNETJE, J. FRAME. Wageningen Pers.
- HERNANDEZ, A.J.; PASTOR, J.; ESTALRICH, E.; OLIVER, S., 1995. Relations between the yield and root and soil characteristics of species from Mediterranean pasture ecosystems. En: *Soil Management in Sustainable Agriculture*, 354-366. Ed. H. F. COOK, H. L. LEE. Wye College Press.
- HERNÁNDEZ, A. J.; PASTOR, J., 2005. Incidencia conjunta de metales pesados en pastos de vacuno ubicados en el entorno de una mina abandonada en la sierra de Guadarrama. En: *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural*. 955-963. Ed. DE LA ROZA, B. *et al.*, SERIDA, Gijón.
- HERNÁNDEZ, A. J.; PASTOR, J., 2007. Ecosystems health and geochemistry: concepts and methods applied to abandoned mine sites. En: *IAGS 2007*, 219-213. Ed. J. LOREDO. Universidad de Oviedo.
- HERNÁNDEZ, A. J.; PASTOR, J., 2008. La restauración de ecosistemas degradados: marcos conceptuales y metodologías para la acción. CIEMAT . 61-82. En: *Contaminación de Suelos. Tecnologías para su Recuperación*. Ed. R. MILÁN, C. LOBO. Ed. CIEMAT, Madrid
- PASTOR, J.; HERNÁNDEZ, A. J., 1989. Parámetros geodáficos relacionados con el estado hídrico de suelos de pastizales mediterráneos. *Henares, Revista de Geología*, **3**, 103-116.
- PASTOR, J.; HERNÁNDEZ, A. J.; ESTALRICH, E.; OLIVER, S., 1995. Soil factor and Fe content in wild herbaceous plants. En: *Iron and Soil and Plants*. 159-166. Ed. J. ABADÍA. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- PASTOR, J.; HERNÁNDEZ, A. J., 2001. Estudio del carácter nitrófilo de las especies de comunidades vegetales pastadas por ganado ovino, vinculado a procesos de antropización. En: *Biodiversidad en Pastos*, 161-167. Ed. GENERALITAT VALENCIANA-CIBIO. Alicante.
- PASTOR, J.; HERNÁNDEZ, A. J., 2008. Multifunctional role of grasslands systems in the ecological restoration of mines, landfills, roadside slopes and agroecosystems. *Options Méditerranéennes, Series A*, **79**, 103-107.
- SAN MIGUEL, A., 2001. *Pastos Naturales Españoles*. Fundación Conde del Valle Salazar y Mundi Prensa, Madrid.

## SUMMARY

### MULTIFUNCTIONALITY OF PASTURES OF *AGROSTIS CASTELLANA* L.

We describe an initial approach to characterizing the attributes of ecological significance of pasturelands of *Agrostis castellana* in central mainland Spain. The characteristics determined were parameters of topsoil layer, root density, species richness, and aboveground and root bio-

mass. These data were used as reference for an assessment of the effects of changes we have observed in land use in the last 30 years. In addition, the abundance of this species in pastures found overlying old abandoned mines prompted us to analyze the mineral composition of this species growing in the different soil types, some of which contain high levels of more than three heavy metals. After an integrated analysis of the results, we discuss the multifunctionality of these systems. The findings of our studies suggest: (i) these pastures are a good scenario for monitoring global change; (ii) the importance of the stability of a plant community to sustain *A. castellana* and become established in atypical soil with polluted conditions; and the important role played by *A. castellana* in phytostabilizing heavy metals in these polluted soils.

**Key words:** oligotrophic pastures, polluted soils, heavy metals, phytostabilization.



## RELACIONES ENTRE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL SUELO Y LA VEGETACIÓN EN PRADOS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE URDAIBAI (BIZKAIA)

J.A. GONZÁLEZ OREJA<sup>1</sup>, M.A. ROZAS<sup>2</sup>, M. ONAINDIA<sup>3</sup>, S. MENDARTE<sup>1</sup>, C. GARBISU<sup>1</sup>, I. ALBIZU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ecosistemas. NEIKER-Tecnalia, Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario. <sup>2</sup>Área de Producción Vegetal. Universidad de Extremadura. <sup>3</sup>Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea. ialbizu@neiker.net

### RESUMEN

Estudiamos las relaciones que hay entre la vegetación (65 especies de plantas con flor), las condiciones ambientales (pH y conductividad) y los recursos edáficos (contenido en materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio) medidos en 20 prados de siega y de diente ubicados en la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (Bizkaia). Un análisis de correspondencias canónicas mostró que el 37,5% de la variabilidad presente en las coberturas de las plantas puede explicarse por cambios en los parámetros físico-químicos considerados. Análisis parciales mostraron que los recursos fueron más importantes que las condiciones ambientales, y que el fósforo *per se* explicó el 22,2% de la inercial total. Además, un modelo lineal generalizado con el fósforo como único factor explicó el 27,4% de la devianza presente en los valores de riqueza específica: el número de especies decreció (desde unas 35 a 15 especies) conforme aumentó el fósforo del suelo (hasta unos 40 mg/kg). Empero, teniendo en cuenta la naturaleza no experimental de nuestro estudio, no podemos concluir que este patrón se deba realmente al fósforo. Es necesario profundizar en el conocimiento de los factores que gobiernan la riqueza florística del área de estudio.

**Palabras clave:** biodiversidad, conservación, flora, fósforo, gestión.

### INTRODUCCIÓN

El paisaje agrario tradicional de la vertiente atlántica del País Vasco es la campiña: un paisaje estructural y funcionalmente muy diverso, producto de la ancestral gestión del territorio. La campiña engloba una gran variedad de hábitats, entre los que destacan los prados de siega y de diente, que desempeñan funciones agronómicas, ecológicas y patrimoniales, pues contribuyen a preservar el medio natural, la biodiversidad y los elementos tradicionales. Los prados son la base territorial de las explotaciones ganaderas del País Vasco atlántico; generalmente, son de pequeño tamaño y están

dominados por ganado bovino (González Oreja *et al.*, en prensa). La intensidad de manejo de los prados viene condicionada por factores como la pendiente o la distancia al caserío: los prados con mayor pendiente o más alejados del caserío se aprovechan principalmente por pastoreo extensivo, mientras que los prados con menor pendiente o más próximos al caserío se utilizan de modo mixto (siega y pastoreo), lo que implica más actuaciones de mejora, como el aporte de abono orgánico y/o mineral.

En general, la estructura de las comunidades vegetales de los prados depende de las características de las especies presentes, de sus interacciones ecológicas, de la heterogeneidad ambiental y de las perturbaciones sufridas (Canals *et al.*, 2001). Sin embargo, los vínculos entre la riqueza del medio natural y las prácticas agrarias son complejos. En este artículo avanzamos en el entendimiento de las relaciones ecológicas que hay entre la composición y cobertura de la vegetación de los prados de la vertiente atlántica del País Vasco con los parámetros físico-químicos del suelo presentes bajo diversas condiciones ambientales y de manejo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio fue la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (RBU, Bizkaia), donde los prados y cultivos cubren 4895 ha (22,3% de la RBU según Rodríguez Loinaz *et al.*, 2007). El trabajo de campo se realizó durante mayo y junio de 2008, en 20 parcelas que difieren tanto en substrato geológico como en pendiente, siendo ésta la que determina principalmente la intensidad de manejo. La distribución de las parcelas fue: 3 sobre calizas mixtas y pendiente alta; 7 sobre calizas mixtas y pendiente baja; 3 sobre calizas puras y pendiente alta, y 6 sobre calizas puras y pendiente baja.

En cada parcela, realizamos 10 inventarios de la vegetación (sobre cuadrados de 50x50 cm), muestreados al azar; en cada uno, identificamos todas las especies presentes y estimamos su cobertura (0-100%). Después, 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); contenido en fósforo (P; mg/kg); contenido en potasio (K; mg/kg), y conductividad (Cond; dS/m). Siguiendo a Austin (2002), consideramos que las condiciones ambientales pH y Cond son variables directas, y que el contenido en MO, N, P y K son recursos. Estudiamos las relaciones entre la flora de cada parcela y las variables físico-químicas del suelo mediante análisis de correspondencias canónicas (*Canonical Correspondence Analysis*, CCA), y evaluamos su significación estadística mediante permutaciones de Monte Carlo. Determinamos qué porcentaje de la variabilidad de los datos se debe a las variables directas o a los recursos mediante análisis de partición de la variabilidad, e identificamos el modelo mínimo adecuado (*Minimum Adequate Model*, MAM; *sensu* Whittingham *et al.*, 2006) mediante selección de variables por pasos hacia adelante.

Por otro lado, exploramos la respuesta de la riqueza a los gradientes ambientales, o las variables físico-químicas, mediante modelos lineales generalizados (*Generalized Linear Models*, GLM); asumimos un modelo de Poisson, y ajustamos el modelo mediante regresión polinómica por pasos hacia adelante. Evaluamos su significación estadística mediante una prueba de la *F*, y consideramos el porcentaje de la devianza original explicado ( $D^2$ ) como una medida de la bondad de ajuste (Guisan y Zimmer-

man, 2000). Para todos los análisis estadísticos, utilizamos el programa *Canoco for Windows 4.5* (ter Braak y Smilauer, 2002).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de los 200 inventarios realizados en las 20 parcelas consideradas, documentamos la presencia de 65 especies. Los primeros 3 ejes del CCA explicaron el 35,7% de la variabilidad presente en la cobertura de las 65 especies (Figura 1); tanto el primer eje (CCA-1: autovalor = 0,282;  $F$ -ratio = 4,13;  $P = 0,002$ ), como todos los ejes (traza = 0,518;  $F$ -ratio = 1,72;  $P = 0,01$ ), fueron estadísticamente significativos. Así pues, cabe rechazar la hipótesis nula de que no hay relación entre la estructura de la vegetación de los prados con los parámetros físico-químicos medidos en los suelos. Los nutrientes del suelo contribuyeron en mayor medida a explicar la respuesta de las plantas (28,63% de la inercia total), mientras que las condiciones ambientales (8,03%), y su interacción con los nutrientes (7,61%), fueron menos importantes. Por ello, cabe exponer que los nutrientes del suelo son más importantes que las variables directas a la hora de modelar la respuesta de las plantas de los prados estudiados, al menos a la escala utilizada.

CCA-1 estuvo marcado por P y K, por lo que definió un gradiente de cambio en los recursos; unas pocas especies ubicaron sus óptimos en sectores con P y/o K por enci-

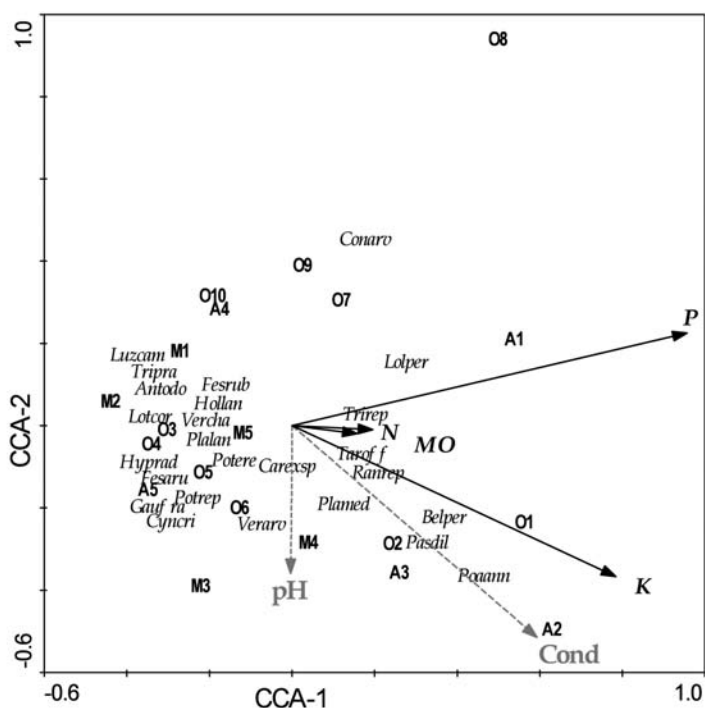
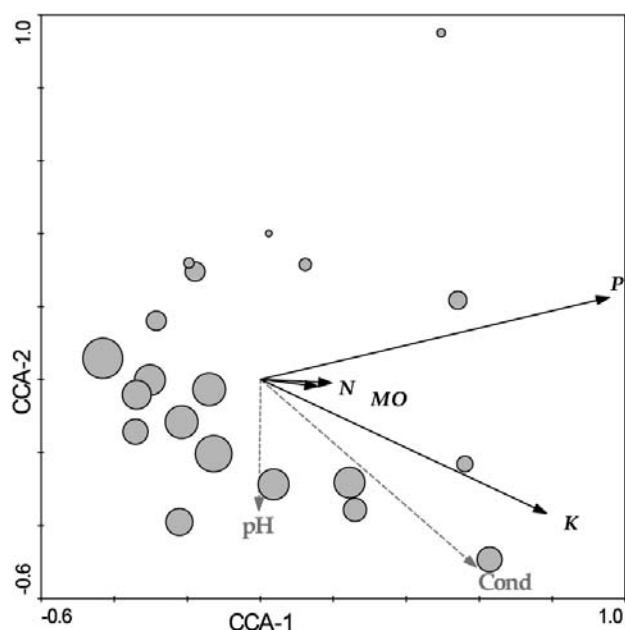


Figura 1. Diagrama de ordenación (triplo) de las 20 parcelas (A1-010), las 6 variables ambientales y las 65 especies, en el plano definido por los dos primeros ejes del CCA. Las variables ambientales se representan con líneas discontinuas para las variables directas (conductividad, Cond, y pH) y continuas para los recursos (materia orgánica, MO; nitrógeno, N; fósforo, P, y potasio, K). Las especies se simbolizan con las tres primeras letras del género y las tres primeras de la especie; por ejemplo, Conarv = *Convolvulus arvensis*.



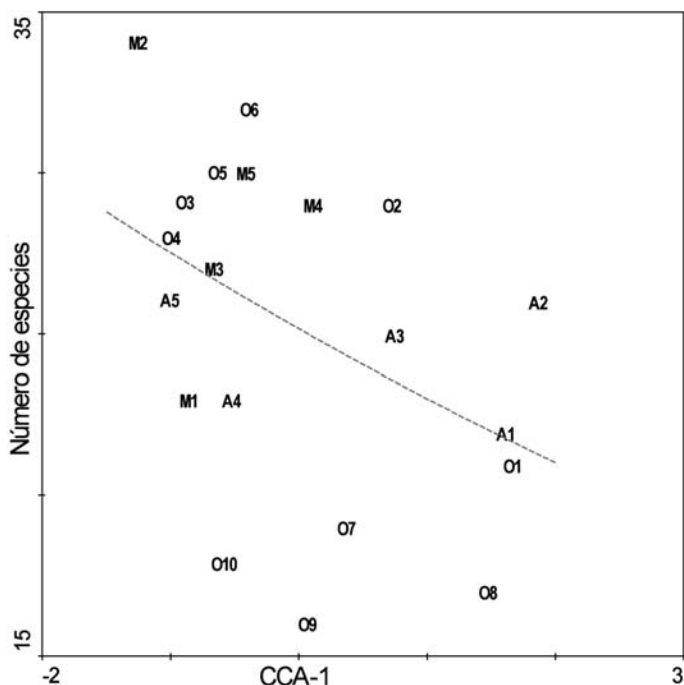
ma de la media (como *Poa annua*, *Paspalum dilatatum* o *Lolium perenne*; Figura 1), pero la mayor parte prefirieron suelos con valores más bajos (vg., *Lotus corniculatus*, *Luzula campestris* o *Hypochoeris radicata*; Figura 1). CCA-2 estuvo definido por pH y Cond, y marcó un gradiente en las condiciones ambientales; unas pocas especies prefirieron estas condiciones (como *Veronica arvensis*, *Plantago media* o *P. annua*; Figura 1). CCA-3 estuvo ligado a cambios en MO y N (gradiente de enriquecimiento orgánico en general, y de nitrógeno en concreto); unas pocas especies tuvieron sus óptimos en el sector positivo (por ejemplo, *Medicago lupulina*, *Plantago major* o *P. media*).

Los parámetros físico-químicos del suelo también permitieron entender los cambios en la riqueza (Figura 2), que fue mayor hacia el extremo negativo de CCA-1; el GLM obtenido entre la riqueza y este eje fue estadísticamente significativo ( $F$ -ratio = 4,5;  $P = 0,049$ ), pero explicó un bajo porcentaje de la devianza original ( $D^2 = 18,3\%$ ). Así pues, el conocimiento de los parámetros físico-químicos del suelo, resultado muy probablemente de las distintas formas de manejo de la parcela, no sólo ayuda a entender la composición de la vegetación, especie por especie, sino también los cambios en la riqueza de especies, el descriptor más básico de la biodiversidad (Leitner & Turner, 2001).



**Figura 2. Relación de la riqueza observada con los dos primeros ejes del CCA. Para cada parcela, el tamaño del círculo es proporcional al número de especies.**

*Modelo mínimo adecuado:* La selección de variables incluyó al fósforo como único parámetro con efecto estadísticamente significativo en el CCA ( $\lambda = 0,263$ ;  $F$ -ratio = 5,23;  $P = 0,002$ ); este MAM explicó el 22,22% de la variabilidad inicial. El GLM que ligó la riqueza y el fósforo (Figura 3) fue igual de parsimonioso que el anterior ( $F$ -ratio = 7,5;  $P = 0,013$ ), pero más explicativo ( $D^2 = 27,4\%$ ): riqueza observada =  $e^{3,375 \text{ (s.e. = 0,076)} - 0,0103 \text{ (s.e. = 0,004)} * [\text{fósforo}]}$ ; la regresión de la riqueza sobre otras variables produjo modelos no significativos ( $P > 0,05$ ).



**Figura 3. Relación entre la riqueza observada en cada parcela (eje y: número de especies) y su contenido en fósforo (eje x: mg/kg). La línea discontinua describe el GLM obtenido asumiendo que la riqueza sigue una distribución de Poisson.**

La composición de la vegetación de los prados de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai se simplifica, y su biodiversidad (medida en nuestro caso por la riqueza de plantas) disminuye, en los suelos más ricos en fósforo. Estas observaciones están en consonancia con lo señalado por otros autores, como Puerto *et al.* (1990), quienes observaron que la mayor riqueza florística se obtiene en suelos con niveles de nutrientes bajos o intermedios; Oyanarte *et al.* (1996), quienes indicaron que la fertilización, entre otros efectos, influye sobre la composición botánica de las praderas, o Rodríguez *et al.* (2001), quienes señalaron que la aplicación de dosis elevadas de abonos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio origina una reducción ostensible de la diversidad y riqueza de especies presentes en el prado.

## CONCLUSIONES

De los parámetros físico-químicos analizados, el contenido en fósforo del suelo explica la mayor parte de la variabilidad en la composición de la vegetación de los prados estudiados. La riqueza florística de los prados disminuye con el mayor contenido en fósforo. Ahora bien, hay que tener en cuenta la naturaleza observacional, y no experimental, de nuestro estudio; por ello, no podemos concluir que los cambios documentados en la estructura de la vegetación en general, y en la riqueza en particular, se deban realmente al fósforo; algún otro factor que co-varíe con él podría estar causando el mismo efecto. De todos modos, nuestros resultados sugieren una vía natural para profundizar en el conocimiento de los factores que gobiernan la riqueza florística del área de estudio.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al MEC la financiación del proyecto CGL2005-08046-C03-02/BOS, a partir del cual se obtuvieron los resultados presentados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSTIN, M.P., 2002. Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling. *Ecological Modelling*, **157**, 101-118.
- BESGA, G.; OYANARTE, M.; ARTETXE, A.; RODRÍGUEZ, M., 1998. Extracciones de nutrientes en ensayos sustractivos de fertilización en prados del País Vasco. *Actas de la XXXVIII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 157-160. Soria.
- CANALS, R.M.; SEBASTIÀ, M.T., 2001. Perturbación y estructura espacial de pastizales montanos: un enfoque fractal. *Actas de la XLI Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 209-215. Alicante.
- GONZÁLEZ OREJA, J.A.; GARBISU, C.; MENDARTE, S.; IBARRA, A.; ALBIZU, I., *en prensa*. Agroecosistemas y biodiversidad en la Reserva de la Biosfera de Urdaibai: diversidad florística de los prados. *Guía Científica de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai*. Cátedra UNESCO.
- GUISAN, A.; ZIMMERMANN, N.E., 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, **135**, 147-186.
- LEITNER, W.; TURNER, W.R., 2001. Measurement and analysis of biodiversity, pp. 123-144. En: *Encyclopedia of Biodiversity, Volume 4*. Ed. S.A. Levin. Academic Press. Princeton.
- OYANARTE, M.; ARTETXE, A.; BESGA, G.; RODRÍGUEZ, M., 1996. Efecto del nitrógeno, fósforo y potasio en ensayos sustractivos de fertilización en praderas del País Vasco. *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 221-225. La Rioja.
- PUERTO, A.; RICO, M.; MATÍAS, M.D.; GARCÍA, J.A., 1990. Variation in structure and diversity in mediterranean grassland related to trophic status and grazing intensity. *Journal of Vegetation Science*, **1**, 445-452.
- RODRÍGUEZ, M.; GÓMEZ SAL, A.; GARCÍA, R.; MORO, A.; CALLEJA, A., 2001. Relaciones entre producción, diversidad y riqueza de especies en prados fertilizados. En: *Actas de la XLI Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 175-180. Alicante.
- RODRÍGUEZ LOINAZ, G.; AMEZAGA ARREGI, I.; SAN SEBASTIÁN, M.; PEÑA LÓPEZ, L.; ONAINDIA OLALDE, M., 2007. Análisis del paisaje de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. *Forum de Sostenibilidad*, **1**, 59-69.
- TER BRAAK, C.J.F.; SMILAUER, P., 2002. *Canoco for Windows. Version 4.5*. Biometrics-Plant Research International, Wageningen, The Netherlands.
- WHITTINGHAM, M.J.; STEPHENS, P.A.; BRADBURY, R.; FRECKLETON, R.P., 2006. Why do we still use stepwise modelling in ecology and behaviour? *Journal of Animal Ecology*, **75**, 1182-1189.

## SUMMARY

### **EXPLORING THE RELATIONSHIPS BETWEEN PHYSICO-CHEMICAL SOIL PARAMETERS AND VEGETATION STRUCTURE IN MEADOWS OF THE URDAIBAI BIOSPHERE RESERVE (BIZKAIA)**

A study was done of the relationships between plant community structure (65 plant species) with environmental conditions (pH and conductivity) and soil resources (organic matter, nitrogen, phosphorus and potassium) measured in 20 mowed and pastured meadows located in the Urdaibai Biosphere Reserve (Atlantic Basque Country). A canonical correspondence analysis showed that 37.5% of the variability in plant cover data could be explained by changes in the physico-chemical parameters considered in the study. Partial canonical analyses showed that soil resources were more important than environmental conditions, and that phosphorus *per se* explained up to 22.2% of the total inertia. Furthermore, a generalized linear model with phosphorus as the only predictor explained 27.4% of the total deviance in plant richness data: the number of observed species decreased markedly (from *ca.* 35 to some 15 species) as the phosphorus content increased (up to 40 mg/kg). However, taking into account the non-experimental nature of our study, we can not conclude that these patterns are actually caused by changes in soil phosphorus content. It is necessary to increase our knowledge of the factors that modify plant species richness in the study area.

**Key words:** biodiversity, plants, phosphorus, management, conservation.



# INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES EDÁFICAS EN EL ESTADO MINERAL DE PASTOS DE PUERTO EN LA CORDILLERA CANTÁBRICA

E. AFIF, J.A. OLIVEIRA

*Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. Campus de Mieres. Universidad de Oviedo. Calle Gonzalo Gutiérrez de Quirós s/n. 33600 Mieres (Asturias). elias@uniovi.es*

## RESUMEN

Se estudió el estado mineral de pastos en 11 puertos de la Cordillera Cantábrica, situados entre los 975 y 1587 m de altitud. El estado mineral del pasto se evaluó en función de los niveles de elementos minerales, satisfactorios para las vacas y, a su vez, se estudiaron las relaciones existentes entre las propiedades edáficas y las concentraciones de macronutrientes en los pastos. Las deficiencias más importantes en el pasto fueron las de N, P y Mg, observándose una descompensación en la relación N:P en los puertos de Leitariegos y Cubilla. Las diferencias en las concentraciones de nutrientes en pastos resultaron altamente significativas entre los puertos. El contenido medio de Ca y K en pastos se correlacionó positivamente con el pH y la CICE, lo que sugiere que un aporte de enmiendas calizas mejoraría la asimilación de estos elementos por los pastos. La lenta mineralización del P orgánico junto con la formación de complejos estables con sesquióxidos de Fe y Al en suelos de carácter ácido podría disminuir la concentración de P en los pastos. Por otro lado, la capacidad de la arcilla de adsorber cationes reduce las pérdidas por lavado de los iones nutritivos, aumentando la absorbancia del  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Mg}^{++}$ .

**Palabras clave:** análisis foliar, calidad del pasto, fertilidad del suelo.

## INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, las áreas pastorales de la Cordillera Cantábrica han constituido la base de la economía local, albergando además una parte importante de su valor paisajístico y de su riqueza biológica. 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 y su calidad nutricional, así como las relaciones entre los diferentes manejos y cargas ganaderas con la diversidad, configuran un sistema complejo. El conocimiento de este sistema resulta imprescindible para la gestión razonable de la montaña.

Los puertos de la Cordillera Cantábrica representativos por su aprovechamiento ganadero en régimen extensivo se encuentran entre los 800 y 1600 m de altitud y

presentan un relieve muy abrupto con pendientes de hasta el 35%, que ocasionan grandes diferencias en las condiciones ecológicas de los pastos. Dentro del conjunto de factores del medio que pueden presentar alguna influencia sobre la ecología de los pastos de puerto, el suelo es, sin duda, uno de los más relevantes. Por lo tanto, es lógico que el factor edáfico sea considerado dentro de los criterios e indicadores establecidos por los distintos sistemas de gestión ganadera. La disponibilidad de N, P y K en el sistema suelo-pasto juega un papel fundamental en la producción de pastos y por ende de carne y leche, dado que la deficiencia de estos elementos limitantes provoca una marcada reducción en el crecimiento y la calidad del forraje (Thélier-Huché *et al.*, 1999). El objetivo del presente trabajo es estudiar la calidad mineral de los pastos y la relación que tiene con el suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El conjunto de datos utilizado procede de 11 puertos comunales pastoreados con ganado bovino y equino, localizados en la Cordillera Cantábrica. Los suelos se clasificaron como *Cryorthents* y *Eutrochrepts* (Ministerio de Medio Ambiente, 1998) desarrollados sobre areniscas feldespáticas, conglomerados y pizarras. El clima es de tipo atlántico (europeo) según Rivas-Martínez *et al.* (1987). La Tabla 1 resume algunas características climáticas (temperatura, precipitación y evapotranspiración potencial media anual) y topográficas (altitud, pendiente y orientación) de los puertos seleccionados. En cada puerto se midió la profundidad efectiva del suelo en tres puntos centrales con la ayuda de una sonda holandesa y con la misma se tomó una muestra representativa del suelo compuesta por la homogeneización de 10 submuestras tomadas al azar a 0-20 cm de profundidad. El suelo recogido en ningún caso había sido abonado recientemente. Las muestras de suelo se secaron al aire a temperatura ambiente, se desmenuzaron y se hicieron pasar por un tamiz circular de 2 mm de luz de malla para quitar los elementos gruesos. Sobre el material tamizado se determinó, por duplicado, la textura según el método de la pipeta Robinson usando hexametáfosfato sódico más  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  como dispersante (Gee y Bauder, 1996); el pH potenciométricamente en una suspensión suelo:agua 1:2,5; sales solubles en el extracto 1:5; bases extraíbles con  $\text{CINH}_4$  1 N 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 (Mehlich, 1985), por ser el más adecuado para la estimación de fósforo asimilable en una amplia gama de suelos no calcáreos (Afif y Oliveira, 2005).

El análisis mineral de los pastos se realizó en 10 muestras recogidas de forma aleatoria en zonas de montaña de cada puerto en el mes de junio, con la ayuda de un marco cuadrado metálico de 0,25 m<sup>2</sup> de superficie. Las diferentes especies de cada muestra dentro del marco se cortaron al ras del suelo y tras la determinación botánica, secado a 70 °C durante 48 h y molienda del material vegetal, se procedió a la extracción húmeda utilizando ácido perclórico y ácido nítrico (Jones *et al.*, 1991) diluyéndose a continuación con HCl 1N. A partir de esta dilución se determinaron el Ca, Mg y K por Absorción Atómica y el P fotométricamente. El N se determinó por el método Kjeldahl tras la mineralización de las muestras vegetales con ácido sulfúrico concentrado a 350 °C durante 2 horas. El tratamiento estadístico de los datos se realizó mediante el programa SPSS 15.0 (SPSS, 2006).



**Tabla 1. Algunas características climáticas y topográficas de los puertos seleccionados.**

Nº	Puerto	UTM	P <sup>1</sup> %	Orientación	h <sup>2</sup> m	T <sup>3</sup> °C	P <sup>4</sup> mm	ETP <sup>5</sup> mm	Estación meteorológica
1	Tarna	29 X319578 Y4773568	20	NE	1360	5,60	1372	564	Isoba
2	Ventana	30 X255451 Y4771844	26	NE	1587	8,39	1238	585	Valle de Somiedo
3	Leitariegos	29 X710761 Y4764227	28	NO	1525	6,44	1552	497	Puerto Leitariegos
4	San Isidro	30X314532 Y4764185	24	NE	1520	7,45	1432	594	Cuevas de Felechosa
5	Cubilla	30X292139 Y4764056	20	NE	1336	6,30	1613	633	Rabanal de Luna
6	Baeno	30X332193 Y4787280	20	NE	1140	9,15	1814	718	Restañó
7	Angliru	30X261004 Y4790070	22	NE	1570	9,20	1426	527	Bárzana de Quirós
8	Cerredo	29X709077 Y4759386	22	NE	1359	8,26	1934	495	Degaña
9	Acebo	30X177515 Y4785303	30	NE	975	9,70	1210	772	Grandas de Salime
10	Pajares	30X275322 Y4763715	27	NE	1378	6,10	1035	462	Pajares
11	Áliva	30X356301 Y4781285	29	NE	1466	8,50	1850	766	Tresviso

<sup>1</sup>Pendiente media; <sup>2</sup>Altitud; <sup>3</sup>Temperatura media anual; <sup>4</sup>Precipitación media anual; <sup>5</sup>Evapotranspiración potencial media anual.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las propiedades básicas de los suelos estudiados a 0-20 cm de profundidad se presentan en la Tabla 2. Los suelos mostraron contenidos aceptables en materia orgánica y N total, de acuerdo con los contenidos que presentan normalmente los suelos de pastos sin fertilizar en zonas húmedas y frías. La textura varió de arcillosa a franco arenosa, con un contenido medio de arcilla de 30%. El pH osciló entre 3,64 y 5,80, de extremadamente ácido a medianamente ácido y la conductividad eléctrica fue bastante baja, lo que indica que estos suelos no tienen problema de salinidad. En todos los puertos estudiados menos en los puertos de Cerredo y Pajares de acidez extrema, la relación C/N fue baja (< 10), indicando una mineralización favorecida con buena producción de nitrógeno inorgánico utilizable por los pastos. Los valores del P asimilable extraído por el método de Mehlich 3 estuvieron por debajo del nivel crítico

considerado para dicho extractante (<30 mg P kg<sup>-1</sup>) (Monterroso *et al.*, 1999). Los cationes cambiables y la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) variaron según el porcentaje de arcilla presente en estos suelos, destacando los valores más elevados en los puertos de Ventana, Baeno y Angliru. En la matriz de correlación entre las propiedades edáficas de los suelos (Tabla 3) se observaron correlaciones significativas entre el pH y el Ca cambiabile y la CICE, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0,840\*\* y 0,858\*\* respectivamente, existiendo también una correlación significativa entre estas dos últimas (r = 0,945\*\*). El contenido de arcilla estuvo positivamente correlacionado con los cationes cambiables Ca, Mg y K, el pH y la CICE (r = 0,768\*\*; 0,643\*; 0,760\*\*; 0,754\*\* y 0,764\*\* respectivamente), mientras que el P asimilable estuvo negativamente correlacionado con el Ca y K cambiables y la CICE (r = -0,698\*; -0,745\*\* y -0,682\* respectivamente). La correlación negativa encontrada entre la altitud y la conductividad eléctrica (r = -0,613\*) puede ser debida al extenso lavado. Otra correlación negativa ha sido observada entre el % de pendiente y el contenido de arcilla (r = -0,660\*) indicando mayor desplazamiento de tierra fina por escurrimiento hídrico a mayor inclinación.

**Tabla 2. Características de los suelos estudiados.**

Nº Puerto	Prof. <sup>1</sup> m	pH <sup>2</sup>	CE <sup>3</sup> ds m <sup>-1</sup>	Ar. <sup>4</sup> -----%-----	MO <sup>5</sup>	N	C/N	P <sup>6</sup> mg kg <sup>-1</sup>	Ca <sup>7</sup>	Mg <sup>7</sup>	K <sup>7</sup>	Na <sup>7</sup>	Al <sup>7</sup>	CICE <sup>8</sup> -----cmol (+) kg <sup>-1</sup> -----
1	0,25	4,35	0,17	38,80	5,02	0,30	9,70	23,68	2,59	0,56	0,56	0,72	1,13	5,56
2	0,78	5,36	0,06	44,71	4,28	0,29	8,73	14,17	9,52	1,20	0,68	1,41	0,67	13,48
3	0,30	4,48	0,11	28,86	7,96	0,59	7,75	26,46	2,80	0,89	0,19	0,56	3,73	8,19
4	0,47	5,80	0,05	37,10	4,28	0,28	8,93	25,35	6,33	0,83	0,26	0,80	0,14	8,36
5	0,68	5,28	0,12	44,16	7,93	0,48	9,50	13,55	7,94	1,48	0,75	1,22	0,04	11,43
6	0,36	5,80	0,09	38,84	4,13	0,27	8,89	12,30	12,53	0,54	0,46	1,35	0,06	14,94
7	0,48	5,76	0,11	41,16	4,18	0,26	9,37	24,04	10,56	1,86	0,35	0,41	0,08	13,26
8	0,28	3,98	0,11	16,73	8,16	0,19	24,95	29,91	2,56	0,82	0,17	0,43	1,95	5,93
9	0,35	4,81	0,32	13,43	3,67	0,36	5,92	24,40	1,49	0,13	0,15	0,28	5,20	7,25
10	0,38	3,64	0,30	14,30	6,14	0,22	16,18	20,34	2,49	0,65	0,21	0,93	0,10	4,38
11	0,84	4,14	0,09	12,63	6,30	0,49	7,45	25,75	2,39	0,53	0,36	0,82	0,56	4,66

<sup>1</sup>Profundidad efectiva del suelo; <sup>2</sup>pH (H2O) relación suelo:disolución (1:2,5); <sup>3</sup>Conductividad eléctrica en el extracto (1:5) medida a 25° C; <sup>4</sup>Arcilla; <sup>5</sup>Materia orgánica; <sup>6</sup>P disponible extraído por el método de Mehlich 3; <sup>7</sup>Ca, Mg, K, Na y Al intercambiables; <sup>8</sup>Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva.

**Tabla 3. Matriz de correlación de Pearson entre las propiedades básicas de los suelos.**  
 \*: Significativo el nivel  $P < 0,05$ ; \*\*: significativo el nivel  $P < 0,01$

	Altitud	pH	CE <sup>1</sup>	Arcilla	P <sup>2</sup>	Ca <sup>3</sup>	Mg <sup>3</sup>	K <sup>3</sup>	CICE <sup>4</sup>
Pendiente	-0,021	-0,384	0,383	-0,660*	0,343	-0,545	-0,420	-0,522	-0,428
Altitud		0,065	-0,613*	0,347	0,157	0,162	0,639*	0,176	0,067
pH			-0,497	0,754**	-0,471	0,840**	0,445	0,386	0,858**
CE				-0,570	0,108	-0,535	-0,472	-0,389	-0,466
Arcilla					-0,573	0,768**	0,643*	0,760**	0,764**
P						-0,698*	-0,214	-0,745**	-0,682*
Ca <sup>3</sup>							0,577	0,542	0,945**
Mg <sup>3</sup>								0,427	0,551
K <sup>3</sup>									0,514

<sup>1</sup>Conductividad eléctrica; <sup>2</sup>P disponible extraído por el método de Mehlich 3; <sup>3</sup>Ca, Mg y K intercambiables; <sup>4</sup>Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva.

Los valores medios de las concentraciones de minerales en pastos y las relaciones N:P y Ca:P en los puertos estudiados se presentan en la Tabla 4. Las deficiencias más graves en todos los puertos estudiados fueron en N, P y Mg, de acuerdo con los valores satisfactorios para las vacas publicados por Thélér-Huché *et al.* (1999). Las concentraciones de K y Ca también fueron relativamente bajas en los puertos extremadamente ácidos de Tarna, Leitariegos, Cerredo, Acebo, Pajares y Áliva, lo que concuerda con los resultados observados en pastos de puerto de montes comunales de Cantabria (Alfageme *et al.*, 1996). En todos los puertos estudiados, menos en Leitariegos y Cubilla, se observó una relación N:P inferior a 10, por lo que el balance entre ambos nutrientes resultó claramente equilibrado. Sin embargo, la relación Ca:P fue superior a 2 en nueve de los puertos estudiados y inferior a 1 en el puerto de Tarna mostrando un claro desequilibrio, menos en Cerredo (Ca:P = 1,42) (McDonald *et al.*, 1995). Para todos los macronutrientes analizados en la parte aérea de la vegetación cabe destacar las diferencias altamente significativas encontradas entre los puertos estudiados ( $F = 374,81$ ;  $20,14$ ;  $299,12$ ;  $111,77$ ;  $18,92$ ;  $gl = 10$ ;  $gl\ error = 90$ ;  $p < 0,001$  para N, P, K, Ca y Mg respectivamente), mientras que las diferencias entre las replicas no mostró ningún tipo de tendencia estadísticamente significativa ( $F = 0,64$ ;  $0,59$ ;  $0,57$ ;  $1,5$ ;  $0,96$ ;  $gl = 9$ ;  $gl\ error = 90$ ;  $p > 0,05$  para N, P, K, Ca y Mg respectivamente). La concentración de N en pastos fue especialmente variable entre los puertos, mientras que el Mg fue el elemento menos variable, existiendo una buena correlación entre ambos elementos con un coeficiente de correlación de Pearson de  $0,673^*$ . El K en pastos también estuvo positivamente correlacionado con el Ca y Mg foliar ( $r = 0,795^{**}$  y  $0,638^*$  respectivamente).

**Tabla 4. Valores medios de las concentraciones de nutrientes en los pastos de los puertos estudiados<sup>1</sup>**

Nº Puerto	Concentraciones (g kg <sup>-1</sup> )							R. foliares <sup>2</sup>	
	N	P	K	Ca	Mg		N:P	Ca:P	
1	11,19 e (1,20)	2,15 c (0,25)	3,07 e (0,07)	1,40 h (0,33)	0,82 de (0,16)		5,20	0,65	
2	19,69 b (0,98)	2,71 ab (0,20)	8,11 a (0,46)	7,72 c (0,76)	1,29 bc (0,31)		7,26	2,85	
3	20,53 b (1,56)	1,42 e (0,27)	2,94 e (0,21)	3,10 fg (0,66)	1,26 bc (0,25)		14,45	2,18	
4	11,38 de (1,28)	2,73 a (0,26)	7,66 ab (0,41)	8,63 bc (0,54)	1,45 b (0,14)		4,16	3,16	
5	33,99 a (2,57)	1,47 e (0,25)	7,36 b (0,77)	7,70 c (0,92)	1,75 a (0,62)		23,12	5,23	
6	13,23 cd (2,14)	1,64 de (0,19)	7,65 ab (0,61)	9,78 ab (2,35)	1,15 bcd (0,17)		8,07	5,96	
7	14,82 c (0,37)	2,23 abc (0,34)	5,20 c (0,26)	10,30 a (0,74)	1,72 a (0,25)		6,65	4,62	
8	4,72 f (0,14)	1,30 e (0,18)	2,08 f (0,61)	1,84 gh (0,65)	0,99 cd (0,22)		3,63	1,42	
9	6,20 f (0,61)	2,21 bc (0,54)	2,67 ef (0,15)	5,95 d (0,68)	0,51 e (0,05)		2,81	2,69	
10	6,21 f (1,15)	2,11 cd (0,68)	3,80 d (0,34)	4,28 ef (0,91)	1,08 bcd (0,26)		2,94	2,03	
11	14,76 c (0,57)	1,99 cd (0,15)	3,08 e (0,14)	4,80 de (0,40)	0,96 cd (0,11)		7,42	2,41	
NS <sup>3</sup>	28	4	5	7	2				

<sup>1</sup>Las diferencias significativas en los valores medios se indican con letras distintas, a > b (test de Tukey,  $P < 0,05$ ) y las desviaciones estándar se muestran entre paréntesis; <sup>2</sup>Relaciones foliares; <sup>3</sup>Niveles satisfactorios para las vacas publicados por Théliier-Huché *et al.* (1999).

Las relaciones entre los valores medios de las concentraciones de nutrientes en pastos y las propiedades del suelo se presentan en la Tabla 5. La asimilación del Ca y K mejoraría al elevarse el pH, hecho que a su vez aumenta la CICE y, por tanto, la aplicación de enmiendas calizas podría mejorar la calidad mineral del pasto. Las correlaciones negativas encontradas entre la concentración de P foliar y el contenido de materia orgánica en el suelo y entre K foliar y el P asimilable en el suelo sugieren que la lenta mineralización del P orgánico junto con la formación de complejos estables con sesquióxidos de Fe y Al en suelos de carácter ácido, disminuyen la absorbancia del P (González-Prieto *et al.*, 1996). Al mismo tiempo, la baja concentración del P asimilable en el suelo ayuda a mejorar la absorbancia de otros elementos como el K foliar. Por otro lado, las correlaciones positivas encontradas entre el contenido de arcilla y las concentraciones de N, K y Mg en pastos, señalan la importancia de los minerales de la arcilla en el control de disponibilidad de dichos nutrientes suministrados a las plantas, en gran parte, desde el complejo de intercambio.

## CONCLUSIONES

Los pastos en los 11 puertos estudiados de la Cordillera Cantábrica presentaron problemas de nutrición mineral. Las deficiencias más importantes en todos los puertos fueron en N, P y Mg, existiendo diferencias altamente significativas entre los puertos para los macronutrientes estudiados. Por otra parte, las correlaciones encontradas entre las propiedades del suelo y las concentraciones de minerales en los pastos sugieren

que un aporte de enmiendas calizas al suelo mejoraría la asimilación del Ca y K por los pastos.

**Tabla 5. Coeficientes de correlación de Pearson entre las concentraciones de nutrientes en pastos y las propiedades del suelo a 0-20 cm de profundidad. \*: Significativo el nivel P<0,05; \*\*: significativo el nivel P<0,01.**

	Concentraciones de minerales en pastos				
	N	P	K	Ca	Mg
pH			0,804**	0,880**	
Arcilla	0,615*		0,761**		0,674*
Materia Orgánica		- 0,768**			
N total	0,631*				
P asimilable			- 0,765**		
Ca cambiable			0,839**	0,845**	0,655*
Mg cambiable					0,900**
K cambiable	0,719*		0,625*		
CICE			0,771**	0,803**	

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFIF, E.; OLIVEIRA, J.A., 2005. Pérdida de disponibilidad y niveles críticos de fósforo Mehlich 3 en suelos no calcáreos de Asturias. *Pastos*, **35 (2)**, 163-178.
- ALFAGEME, A.; FERNÁNDEZ, B.; BUSQUÉ, J.; SARMIENTO, M.; GÓMEZ, A., 1996. Caracterización productiva de pastos de montaña de montes comunales de Cantabria. *Actas XXXVI Reunión Científica de la SEEP*, 231-234. La Rioja (España).
- GEE, G.W.; BAUDER, J.W., 1996. Particle size analysis. En: *Methods of Soil Analysis*, 383-411. Ed. A. KLUTE. American Society of Agronomy. Madison (USA).
- GONZÁLEZ-PRIETO, S.J.; CABANEIRO, A.; VILLAR, M.C.; CARBALLAS, M.; CARBALLAS, T., 1996. Effect of soil characteristics on N mineralization capacity in 112 native and agricultural soils from the northwest of Spain. *Biology and fertility of Soils*, **22**, 252-260.
- JONES, J.B.; WOLF, B.; MILL, H.A., 1991. *Plant Analysis Handbook: A Practical Sampling Preparation, Analysis and Interpretation Guide*. Ediciones Micro-Macro Publishing, 213 pp. Georgia (USA).
- McDONALD, P.; EDWARDS, R.; GREENHALGH, J.F.D.; MORGAN, C.A. (EDS.), 1995. *Nutrición animal* (5ª Ed). Acribia. Zaragoza (España).
- MEHLICH, A., 1985. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Soil Sci. and Plant Anal*, **15**, 1409-1416.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 1998. *Mapa Forestal de España 1:200.000*. Ediciones Dirección General de Conservación de la Naturaleza, 60 pp. Madrid (España).
- MONTERROSO C.; ÁLVAREZ E.; FERNÁNDEZ MARCOS M. L., 1999. Evaluation of Mehlich 3 reagent as a multielement extractant in mine soils. *Land Degradation and Development*, **10**, 35-47.

RIVAS-MARTÍNEZ, S.; BANDULLO, J.M.; ALLUE, J.L.; MONTERO, J.L.; GONZÁLEZ, J.L., 1987. *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. Ediciones ICONA-MAPA, 268 pp. Madrid (España).

SPSS, 2006. SPSS para Windows, version 15.0, SPSS Inc.

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*. Ediciones Institut de L'élevage, 31 pp. Paris (Francia).

## SUMMARY

### **INFLUENCE OF EDAPHIC FACTORS ON THE MINERAL STATUS OF MOUNTAIN GRASSLANDS IN CANTABRIAN MOUNTAINS**

#### **SUMMARY**

The mineral status of grasslands on 11 ports in Cantabrian Mountains, located between 975 and 1,587 m of altitude was studied. Mineral status was evaluated using the satisfactory levels for the cows, and the relationships between edaphic factors and macronutrient concentration in grasslands were also analyzed. N, P and Mg deficiencies were the most common and N:P ratios were unbalanced in the ports of Leitariegos and Cubilla. The nutrient concentration differences in grasslands were highly significant among the ports. The Ca and K concentrations in grasslands were positively correlated with pH and effective cation exchange capacity. The results suggest that the increase of the soil pH would improve the assimilation of these elements. The slow mineralization of organic P together with stable sesquioxide complexes formation in acidic soils can diminish the P concentration in the grasslands. On the other hand, the clay ability to adsorb exchangeable cation, reduces the losses of these elements due to the drainage, and at the same time increases the absorption of  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$  and  $\text{Mg}^{++}$ .

**Key words:** foliar analysis, grasslands quality, soil fertility.

## SUELOS DE PASTOS DE PUERTO EN EL PIRINEO CENTRAL Y SU RELACIÓN CON LA VEGETACIÓN

M. ALCUBILLA<sup>1</sup>, J. ASCASO<sup>1</sup>, A. BROCA<sup>1</sup>, M. MAESTRO<sup>2</sup>, C. FERRER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dpto. Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Miguel Servet 177. 50013 Zaragoza. <sup>2</sup>Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). Avda. Montañana 1005. 50059 Zaragoza. [alcubil@unizar.es](mailto:alcubil@unizar.es)

### RESUMEN

Se describe una catena de suelos de pastos de puerto de la Sierra de Chía (Valle de Benasque, Pirineo Central). Se estudiaron 14 perfiles de suelo entre 1490 y 2270 m de altitud, determinando las características macromorfológicas de sus horizontes, sus propiedades químicas y físicas y su clasificación. Paralelamente se realizaron inventarios de vegetación y se establecieron las unidades fitosociológicas de pastos. Se constatan relaciones entre los tipos de suelo y la vegetación, acordes con la geomorfología y la litología de la zona. Las características de estos suelos indican que se desarrollaron bajo vegetación de bosque, pero que, después de siglos o milenios de actividad pastoral, se han conservado perfectamente bajo cubierta herbácea.

**Palabras clave:** Valle de Benasque, Sierra de Chía, toposecuencia de suelos, unidades de vegetación.

### INTRODUCCIÓN

Los suelos y la vegetación de los pastos de puerto del Valle de Benasque han sido objeto de estudio interdisciplinar en el marco de un Proyecto de Investigación financiado por la Diputación General de Aragón y de dos Acciones Integradas Hispano-Alemanas, cuya finalidad es el conocimiento de su estado de conservación, en el ámbito de la ordenación y planificación de los recursos naturales para la ganadería (Ascaso, 1992; Schad *et al.* 1992; Ascaso y Ferrer, 1993; Broca, 1993; Maestro *et al.*, 1993; Ascaso y Sancho, 1999; etc.).

El estudio de los suelos se ha centrado en tres grandes áreas del Valle de Benasque (Ampríu, Cabecera del Ésera y Sierra de Chía), seleccionando cinco catenas de suelos bajo distintos tipos de vegetación pascícola, asociadas a su vez a diferencias en altitud, forma de relieve y sustrato litológico. En este trabajo sólo se presenta una síntesis de los resultados obtenidos en la catena de la Sierra de Chía.



## MATERIAL Y MÉTODOS

La toposecuencia estudiada incluye 14 perfiles de suelo (C-1 a C-14) en las vertientes N y E de la Sierra de Chía (Valle de Benasque). Su parte más alta se sitúa a 2270 m, cerca de la cresta, y tiene su punto final a 1490 m, donde comienzan a aparecer prados de siega de fondo de valle. En el campo, se abrieron las calicatas de los 14 suelos hasta la profundidad máxima de enraizamiento de la vegetación y se describieron las características macromorfológicas de sus horizontes siguiendo la Sistemática de Suelos de Alemania (Arbeitskreis für Bodensystematik der DBG, 1998), especialmente apropiada para suelos de montaña. De cada perfil de suelo y horizonte se tomaron muestras para su análisis.

En el laboratorio, se determinaron las propiedades químicas y físicas de todos los suelos mediante análisis de los siguientes parámetros: textura, pH, contenido total en carbonatos, carbono orgánico, nitrógeno, fósforo, potasio, sodio, calcio, magnesio, aluminio, cobre, hierro y manganeso. Se determinaron también los cationes de cambio  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  y  $H^+$ , la capacidad de intercambio catiónico y el grado de saturación de bases. La descripción metodológica se puede encontrar en Broca (1993).

Para la comparación global de los 14 perfiles del área, se ha considerado un bloque de suelo de 1 m<sup>2</sup> de superficie x la profundidad de enraizamiento del perfil, realizando un cálculo ponderado de todos los parámetros (a partir de los horizontes) referido al bloque de suelo.

Los inventarios de vegetación se realizaron según la metodología fitosociológica de la escuela Zürich-Montpellier.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la toposecuencia de Chía, han sido descritas por Ascaso (1992) siete unidades de vegetación. El sustrato litológico está formado principalmente por materiales del Devónico, Triásico (Permotrías), Cretácico superior y Cuaternario. Es difícil identificar con exactitud el material de partida de cada uno de los suelos, por los derrubios, los materiales coluviales o los de morrena. El sustrato litológico originario se ha determinado mediante observaciones de campo y el estudio en el laboratorio de la fracción gruesa. Las características geomorfológicas de la catena de suelos y su correspondencia con las unidades de vegetación, se sintetizan en la Tabla 1. El recubrimiento del suelo por la vegetación es de 90 a 100%, excepto en el perfil C-1 (50%), situado ya cerca de la cresta.

El estudio macromorfológico y analítico de los suelos ha conducido a su caracterización y a la determinación de su tipología. La síntesis de la Tabla 2 muestra que los suelos son, en general, profundos. Salvo los perfiles poco desarrollados (C-1 y C-7), los demás pertenecen a la tipología de los Suelos pardos (FAO Cambisoles), si bien existen diferencias en su composición química, lo que permite clasificarlos como oligotróficos, mesotróficos o eutróficos. En zonas de montaña, los ciclos de erosión y acumulación explican la abundancia de Cambisoles (IUSS Working Group WRB. 2006). La "US Soil Taxonomy" clasifica la mayoría de estos suelos como *Inceptisols*.

**Tabla 1. Situación de los perfiles de suelo en la catena de Chía (Pirineo Central), características geomorfológicas y comunidades vegetales.**

Perfil	Altitud m	Pend.	Orient.	Forma relieve	Rec. %	Unidades de vegetación <i>Asociación</i>	<i>Alianza</i>
C-1	2270	27°	NE	Convexa-convexa	50	<i>Seslerio-Festucetum gautieri</i>	<i>Festucion gautieri</i>
C-2	2140	26°	NE	Convexa-convexa	95	<i>Seslerio-Festucetum gautieri</i>	<i>Festucion gautieri</i>
C-3	2070	23°	NE	Convexa-convexa	100	<i>Alchemillo-Nardetum strictae</i>	<i>Nardion strictae</i>
C-4	2070	25°	NE	Convexa-convexa	95	<i>Hieracio-Festucetum airoidis vaccinietosum microphylli</i>	<i>Festucion airoidis</i>
C-5	2040	10°	NE	Convexa-convexa	95	<i>Alchemillo-Nardetum festucetosum eskiae</i>	<i>Nardion strictae</i>
C-6	2040	3°	E	Cóncava-cóncava	100	<i>Alchemillo-Nardetum strictae</i>	<i>Nardion strictae</i>
C-7	2040	30°	NE	Convexa-convexa	90	<i>Hieracio-Festucetum airoidis vaccinietosum microphylli</i>	<i>Festucion airoidis</i>
C-8	1985	21°	E	Cóncava-cóncava	90	<i>Alchemillo-Nardetum festucetosum eskiae</i>	<i>Nardion strictae</i>
C-9	1970	10°	NE	Convexa-convexa	100	<i>Hieracio-Festucetum airoidis vaccinietosum microphylli</i>	<i>Festucion airoidis</i>
C-10	1750	19°	NE	Cóncava-convexa	100	<i>Alchemillo-Nardetum bellardiochloetosum</i>	<i>Nardion strictae</i>
C-11	1720	29°	NE	Cóncava-cóncava	100	<i>Genistello-Agrostidetum capillaris</i>	<i>Mesobromion</i>
C-12	1615	19°	NE	Cóncava-cóncava	100	<i>Genistello-Agrostidetum capillaris</i>	<i>Mesobromion</i>
C-13	1545	10°	NE	Cóncava-cóncava	100	<i>Euphrasio-Plantaginetum mediae</i>	<i>Mesobromion</i>
C-14	1490	20°	N	Cóncava-convexa	100	<i>Genistello-Agrostidetum capillaris</i>	<i>Mesobromion</i>

La secuenciación de horizontes se ha realizado en el campo con gran detalle. Algunos suelos muestran un horizonte orgánico (O) de tipo Moder. Las Tablas 3 y 4 incluyen, como ejemplo, resultados analíticos de un Suelo pardo eutrófico (C-2) y de un Suelo pardo oligotrófico (C-8). Se observan diferencias muy patentes entre los valores de pH, los contenidos totales en Ca y K, los cationes de cambio (sobre todo  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ), la capacidad de intercambio catiónico y el grado de saturación de los coloides.

**Tabla 2. Caracterización de los perfiles de la catena de Chía (Pirineo Central) hasta la profundidad de enraizamiento (Pr.e.) y tipos de suelo.**

Perfil	Pr.e. cm	Secuencia de horizontes	Material litológico	Tipo de suelo
C-1	70	Ah-TAh-AhT-IITCv	Derrubios de calizas sobre calizas del Cretácico	Terra fusca-Rendzina FAO Cambisol cromocálcico
C-2	100	Ah-BvAh-AhBv-IIBv-CvBv-BvCv	Derrubios de calizas sobre calizas arenosas del Cretácico	Suelo pardo eutrófico FAO Cambisol eútrico
C-3	100	O-Ah-AhBv-Bv1-Bv2-CvBv	Areniscas y limolitas rojas del Triásico (Permotrías)	Suelo pardo oligotrófico FAO Cambisol dístrico
C-4	115	O-Ah-BvAh-AhBv-Bv-IIBv-CvBv	Derrubios de areniscas y limolitas rojas micáceas del Permotrías sobre material arcilloso	Suelo pardo mesotrófico FAO Cambisol dístrico
C-5	85	O-Ah-BvAh-AhBv-Bv-CvBv	Material coluvial con abundante grava de areniscas rojas (Permotrías) y esquistos negruzcos y cuarzo (Devónico)	Suelo pardo mesotrófico FAO Cambisol dístrico
C-6	90	O-Ah-BvAh-AhBv-Bv1-Bv2	Material coluvial con grava de areniscas y limolitas rojas (Permotrías), algún esquisto negruzco y fragmentos de cuarzo (Devónico)	Suelo pardo mesotrófico FAO Cambisol dístrico
C-7	65	Ah-BvAh-AhBv-CvBv-BvCv	Derrubios de ladera de esquistos grisáceos del Devónico y grava de areniscas y limolitas rojas micáceas del Permotrías	Ranker-Suelo pardo FAO Cambisol con fase lítica
C-8	115	O-Ah-BvAh-AhBv-Bv-CvBv	Derrubios de ladera con esquistos masivos de color gris-parduzco (Devónico) y areniscas, limolitas y argilitas rojas (Permotrías)	Suelo pardo oligotrófico FAO Cambisol dístrico
C-9	85	Ah-BvAh-AhBv-Bv-BvCv	Derrubios de ladera con esquistos masivos pardo-grisáceos (Devónico) y alguna arenisca roja (Permotrías)	Suelo pardo mesotrófico FAO Cambisol dístrico
C-10	90	O-Ah1-Ah2-BvAh-AhBv-Bv-BvCv	Esquistos pardo-negruzcos y calcoesquistos del Devónico	Suelo pardo eutrófico FAO Cambisol eútrico
C-11	90	O-Ah-BvAh-AhBv-Bv1-Bv2	Material de morrena y/o derrubios de ladera (Cuaternario) con esquistos masivos pardo-grisáceos, fragmentos de cuarzo y de calizas	Suelo pardo eutrófico FAO Cambisol eútrico
C-12	75	O-Ah-BvAh-AhBv-Bv-CvBv	Material de morrena y/o derrubios de ladera (Cuaternario) con esquistos negruzcos y esquistos masivos pardo-grisáceos	Suelo pardo eutrófico FAO Cambisol eútrico
C-13	82	Ap1-Ap2-Bv1-Bv2	Material de morrena (Cuaternario) con abundantes calizas negras, cuarzo y algo de calcita, dolomita y calcoesquistos (Cretácico)	Suelo pardo eutrófico FAO Cambisol eútrico
C-14	85	O-Ah-AhBv-Bv-CvBv1-CvBv2	Material de morrena (Cuaternario) con areniscas, limolitas y argilitas rojas, esquistos pardo-grisáceos y cuarcita	Suelo pardo eutrófico FAO Cambisol eútrico

**Tabla 3. Datos analíticos de los suelos C-2 y C-8 (Sierra de Chía, Pirineo Central): pH, contenido total en C orgánico, N, P, Na, K, Ca y Mg (mg.g-1) y relación C/N.**

Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	C	N	C/N	P	Na	K	Ca	Mg
<b>PERFIL C-2: Suelo pardo eutrófico</b>											
Ah	0 – 5	6,20	5,70	80,95	6,82	12	0,98	2,90	10,26	5,85	6,69
BvAh	5 – 20	6,60	6,00	29,77	3,55	8	0,89	3,32	13,26	4,83	7,52
AhBv	20 – 40	7,15	6,50	27,35	3,90	7	1,17	3,14	13,39	5,66	7,53
IIBv	40 – 65	7,60	7,05	24,02	3,61	7	0,99	2,98	11,90	10,14	8,70
CvBv	65 – 80	7,75	7,20	17,26	2,91	6	1,06	3,26	12,61	10,99	7,39
BvCv	80 – 100	7,90	7,40	13,70	2,24	6	0,98	3,70	12,50	53,98	8,33
<b>PERFIL C-8: Suelo pardo oligotrófico</b>											
O	5 – 0	4,85	4,30	174,45	10,38	14	1,20	5,61	20,19	1,57	6,28
Ah	0 – 10	4,10	3,50	44,30	4,75	9	1,09	7,81	26,16	0,77	7,17
BvAh	10 – 30	4,00	3,70	22,26	2,72	8	0,98	8,22	29,33	0,57	6,67
AhBv	30 – 53	4,65	4,00	14,11	1,82	8	1,01	8,24	32,04	1,04	7,78
Bv	53 – 80	4,90	4,10	6,82	1,15	6	1,26	7,66	33,89	0,65	7,43
CvBv	80 – 115	4,25	4,10	5,02	0,81	6	0,82	6,73	33,67	0,90	9,26

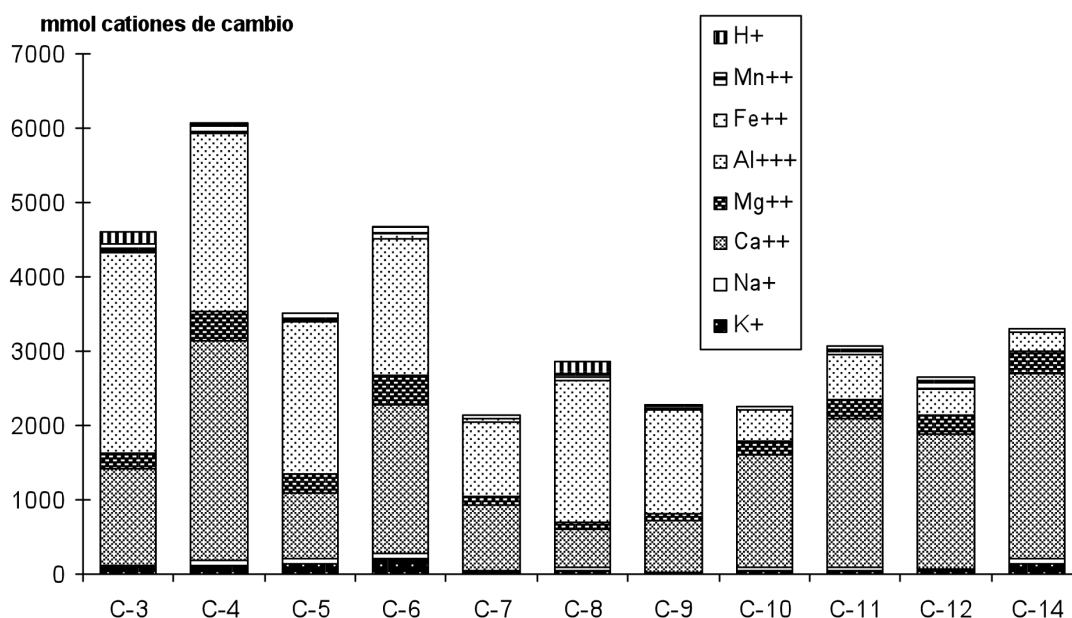
**Tabla 4. Datos analíticos de los suelos C-2 y C-8 (Sierra de Chía, Pirineo Central): cationes de cambio y capacidad de intercambio catiónico (mmolc.kg-1) y grado de saturación (%).**

Horizonte	Profundidad cm	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup>	CIC	Grado Sat. %
<b>PERFIL C-2: Suelo pardo eutrófico</b>											
Ah	0 – 5	6,9	1,3	240,9	23,3	0,0	0,3	2,9	0,0	275,5	99
BvAh	5 – 20	2,0	0,7	203,2	14,6	0,0	0,0	0,8	0,0	221,4	100
AhBv	20 – 40	1,6	1,1	244,3	11,3	0,0	0,0	0,4	0,0	258,6	100
IIBv	40 – 65	1,2	1,1	390,4*	9,9	0,0	0,0	0,1	0,0	402,7*	100
CvBv	65 – 80	0,8	0,8	404,4*	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	414,0*	100
BvCv	80 – 100	0,7	0,5	425,9*	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0	433,3*	100
<b>PERFIL C-8: Suelo pardo oligotrófico</b>											
O	5 – 0	8,8	3,4	96,4	17,9	17,2	0,9	8,2	0,0	152,9	83
Ah	0 – 10	2,1	0,9	11,8	3,8	38,6	0,6	2,6	3,6	64,0	29
BvAh	10 – 30	0,7	0,4	4,3	1,1	36,9	0,1	1,9	7,1	52,6	12
AhBv	30 – 53	0,4	0,1	3,6	0,7	28,2	0,0	0,9	0,0	33,8	14
Bv	53 – 80	0,4	0,5	2,3	0,5	21,2	0,0	0,5	0,0	25,5	15
CvBv	80 – 115	0,4	0,1	2,2	0,5	19,7	0,0	0,4	0,0	23,4	14

\* Interferencias por presencia de carbonatos

El cómputo ponderado de los parámetros analíticos para bloques de suelo (1 m<sup>2</sup> de superficie x la profundidad de enraizamiento) permite una comparación global de los perfiles. La pedregosidad media varía entre 8% en el perfil con menor pendiente (3° en el C-6) y 54%. La textura media oscila entre arcillo-limosa y franco-arenosa. A veces, la diferencia entre perfiles vecinos, con diferente vegetación, estriba en la capacidad de retención de agua del suelo. Las cantidades totales de materia orgánica por bloque van de 10,9 a 28,6 kg, y las de nitrógeno entre 0,7 a 2,1 kg. Estos valores, en suelos forestales, se consideran de medios a altos. Las diferencias en el contenido total de otros nutrientes minerales, como Ca, Mg, Fe, etc., se explican por la heterogeneidad de los materiales litológicos.

Sólo tres perfiles contienen carbonatos en la tierra fina de los horizontes inferiores. El pH presenta un gran espectro en el conjunto de la catena, desde valores (en agua) de 8,2 hasta 4,0, lo que se refleja en el grado de saturación de los coloides. La Figura 1 muestra la suma ponderada de los cationes de cambio en los perfiles libres de carbonatos: la altura absoluta de las barras depende de la profundidad del perfil, de la textura, de la materia orgánica, etc. Importante es la proporción entre los cationes básicos (K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>) y los ácidos (Al<sup>3+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, H<sup>+</sup>).



**Figura 1. Suma de milimoles de los cationes de cambio, ponderada para bloques de suelo de 1 m<sup>2</sup> de superficie x la profundidad de cada perfil, en pastos de puerto de la Sierra de Chía (Pirineo Central).**

Entre los suelos y las unidades de vegetación aparecen relaciones claras, que se estudiarán más a fondo cuando se consideren las cinco catenas de suelos de pastos del Valle de Benasque. Se sintetizan aquí algunos ejemplos:

**1. Perfiles C-1 y C-2:** Terra fusca-Rendzina y Suelo pardo eutrófico sobre calizas del Cretácico. Decarbonatados sólo los horizontes superiores (pH 6,2-8,2). Grado de sa-

turación de bases 100%. Vegetación: *Seslerio-Festucetum gautieri*. Alianza *Festucion gautieri*.

**2. Perfiles C-3 a C-9:** Suelos pardos oligotróficos y mesotróficos y un Ranker-Suelo pardo. Se pueden diferenciar tres tipos de vegetación:

- *Alchemillo-Nardetum strictae*. Alianza *Nardion strictae*. Perfil C-3: pH 4,0-4,8; grado de saturación de bases bajo. Perfil C-6: pH 4,4-5,2; grado de saturación de bases en torno al 50%; drenaje deficiente.

- *Alchemillo-Nardetum festucetosum eskiae*. Alianza *Nardion strictae*. Perfil C-5: pH 4,5-4,8; grado de saturación de bases bajo; valores relativamente altos de K y Mg. Perfil C-8: pH 4,0-4,9; grado de saturación de bases muy bajo; máximo contenido de arena de toda la catena de Chía.

- *Hieracio-Festucetum airoidis vaccinietosum microphylli*. Alianza *Festucion airoidis*.

Perfiles C-4 y C-9: pH 4,6-5,3; grado medio de saturación de bases. Perfil C-7: pH 4,5-4,7; grado medio de saturación de bases.

**3. Perfil C-10 a C-14:** Suelos pardos eutróficos. Se diferencian tres tipos de vegetación:

- *Alchemillo-Nardetum bellardiochloetosum*. Alianza *Nardion strictae*. Perfil C-10: pH 5,0-5,5; grado de saturación de bases alto; presencia de calcoesquistos.

- *Genistello-Agrostidetum capillari*. Alianza *Mesobromion*. Perfiles C-11, C-12 y C-14 sobre material de morrenas: pH 5,0-6,0; grado de saturación de bases muy alto.

- *Euphrasio-Plantaginetum mediae*. Alianza *Mesobromion*. Perfil C-13 sobre material de morrenas con abundantes calizas: decarbonatado sólo el horizonte superior (pH 6,9-7,7); grado de saturación de bases 100%. Suelo cultivado en otro tiempo, con influencia del laboreo (horizontes Ap1 y Ap2), muy rico en N, P, K (posible influencia de fertilización).

## CONCLUSIONES

Los suelos de la catena de Chía son, en su mayoría, Suelos pardos eutróficos, mesotróficos u oligotróficos bien desarrollados. Sus propiedades vienen determinadas fundamentalmente por el material litológico y por las reservas acumuladas de nutrientes. Los elevados contenidos en materia orgánica, nitrógeno y fósforo hasta capas profundas, indican que se han desarrollado bajo vegetación de bosque y que, después de siglos o milenios de actividad pastoral, se han conservado perfectamente bajo cubierta herbácea. Se constata que la diversidad de tipos de suelo se traduce en diferencias claras entre comunidades vegetales, que, a su vez, implican valores pastorales muy diversos.

## AGRADECIMIENTOS

La DGA ha financiado el proyecto de investigación que ha permitido el desarrollo de este trabajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARBEITSKREIS FÜR BODENSYSTEMATIK DER DBG, 1998. Systematik der Böden und der bodenbildenden Substrate Deutschlands, Kurzfassung.- *Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges.*, **86**, 1-134, Oldenburg.
- ASCASO, J., 1992. *Estudio fitocenológico y valoración de los pastos de puerto del Valle de Benasque (Pirineo Oscense)*. Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza. 409 pp.
- ASCASO, J.; FERRER, C., 1993. Valoración agronómica de los pastos de puerto del Valle de Benasque (Pirineo de Huesca). Clasificación, valor forrajero y carga ganadera. *Pastos*, **23**, 99-127.
- ASCASO, J.; SANCHO, J.V., 1999. *Valoración forrajera y explotación ganadera de los pastos de puerto del Alto Ésera*. Institución "Fernando el Católico" (C.S.I.C.), 133 pp. Zaragoza (España).
- BROCA, A., 1993. *Caracterización química y físico-química de suelos de pastos del Pirineo Aragonés (Valle de Benasque)*. Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza, 389 pp.
- IUSS WORKING GROUP WRB, 2006. *World referente base for soil resources 2006*. World soil resources Reports N°.103. FAO, 128 pp. Roma.
- MAESTRO, M.; ASCASO, J.; BROCA, A.; FERRER, C.; ALCUBILLA, M., 1993. Suelos y vegetación en áreas silvo-pastorales del Valle de Benasque (Pirineo Central): Estudio de una toposecuencia en la cabecera del río Ésera. *Congreso Forestal Español V*, 209-220. Lourizán.
- SCHAD, P.; MAKESCHIN, F.; REHFUESS, K. E.; ASCASO, J.; ALCUBILLA, M., 1992. Bodenformen und Bodenabtrag in den Hochlagen der axialen Pyrenäen. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, **155**, 87-93.

## SUMMARY

### SOILS IN MOUNTAIN GRASSLANDS IN THE CENTRAL PYRENEES (SPAIN) AND THEIR RELATION TO THE VEGETATION

One soil toposecuencia is described in the mountains of Chia (Benasque Valley, Central Pyrenees) between 1400 and 2400 m a.s.l. A total of 14 soil profiles were studied, determining the macromorphological characteristics of their horizons, as well as their chemical and physical properties and their classification. Inventories of vegetation were carried out in the same sites and the fitosociological units were established. It was stated that vegetation and soils are intimately connected to the different environmental factors: altitude, orientation, steepness of terrain, lithology, and geomorphology. Soil characteristics indicate that they were developed under forest vegetation but, after centuries or millenniums of grazing activity, they have been perfectly preserved under an herbaceous cover.

**Key words:** Benasque Valley, Chia Mountains, soils toposecuencia, vegetational units.



# USO DE COMPOST PROCEDENTE DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS COMO ENMIENDA ORGÁNICA EN DIFERENTES SUELOS DE CULTIVO

A.I. ROCA<sup>1</sup>, E. VIDAL<sup>2</sup>, A. PAZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dpto. de Producción Animal. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). INGACAL. Xunta de Galicia. Apdo. 10 - 15080, A Coruña. <sup>2</sup>Dpto. de Edafología y Química Agrícola. Facultad de Ciencias. Universidade da Coruña. Campus de A Zapateira s/n. Apdo. 15071, A Coruña. [anairf@ciam.es](mailto:anairf@ciam.es)

## RESUMEN

Con objeto de estudiar los efectos que ejerce la adición de compost sobre las propiedades físicas y químicas del suelo se realizó un ensayo en diferentes suelos de cultivo del área metropolitana de A Coruña (NO España) durante dos años en 49 parcelas experimentales sin y con compost de 4 m<sup>2</sup>, siendo la dosis de aplicación de 50 t ha<sup>-1</sup>.

Tras el análisis de las fracciones granulométricas arena y arcilla no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, el contenido medio en limo de parcelas sin compost resultó ser más elevado que en parcelas con compost. El pH (H<sub>2</sub>O y KCl), el nitrógeno y la relación C/N de los dos tratamientos estudiados no presentaron diferencias significativas. Sin embargo, el contenido en carbono total y, por tanto, en materia orgánica resultaron más elevados en los suelos con compost. Las propiedades del complejo de cambio tampoco presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

Del análisis del conjunto de las muestras, independientemente del tratamiento empleado, se infirió que la capacidad de intercambio catiónico presentó relaciones significativas buenas con el contenido en arcilla y muy buenas con la materia orgánica.

**Palabras clave:** agroecosistema, ciclo biogeoquímico, compostaje, fertilización, materia orgánica.

## INTRODUCCIÓN

El laboreo continuado del suelo conduce a una disminución progresiva de su contenido en materia orgánica, macro- y micronutrientes que, en conjunto, condicionan su capacidad productiva a la vez que tienen importantes repercusiones sobre su erosividad, propiedades filtrantes y depuradoras (Porta *et al.*, 2003).

Una de las vías que contribuye a mantener la sostenibilidad de los ecosistemas es la aplicación de diferentes enmiendas orgánicas al suelo, como la adición de compost procedente de residuos sólidos urbanos (RSU), ya que permiten recuperar los nutrien-

tes contenidos en ellos, posibilitando el cierre de los ciclos biogeoquímicos y minimizando el impacto negativo que éstos ejercen sobre el medio ambiente (Tchobanoglous, 1994).

El compost es un material agrónomicamente completo y fuente inestimable de recursos minerales, estando reconocido como fertilizante (suministrador de nutrientes) y enmienda orgánica de suelos (mejora la estructura del suelo). Desde un punto de vista agrícola, la aplicación de compost al suelo no debe ser entendido como algo aislado y referido única y exclusivamente a la calidad y características del mismo, sino ligado a la problemática del suelo donde se va a aplicar, así como de los cultivos existentes (Costa *et al.*, 1995).

El principal objetivo de este estudio fue evaluar los cambios que se producen en las propiedades físicas y químicas del suelo tras la adición de compost procedente de RSU.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante 2000-2001 en 49 parcelas ( $n= 29$ , sin compost y  $n= 20$ , con compost) de 4 m<sup>2</sup> situadas en la Mancomunidad de Municipios del área metropolitana de A Coruña, a las que se les adicionó compost producido por digestión anaerobia de RSU, siendo la dosis de aplicación de 50 t ha<sup>-1</sup>. El cultivo mayoritario fue el maíz forrajero seguido por otros cultivos típicos de huerta como lechugas, patatas y repollos (Roca Fernández, 2005).

Se realizó un muestreo aleatorio, tomándose muestras de suelo de la capa arable. La homogeneización y disgregación de los terrones se efectuó siguiendo los métodos descritos por Guitián y Carballas (1976). Se determinaron las propiedades físicas y químicas del suelo siguiendo los métodos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 1995).

Los materiales originarios más abundantes fueron los esquistos pertenecientes a la serie del Complejo de Órdenes seguidos por rocas graníticas y rocas básicas. Siendo, el sustrato geológico de tipo metasedimentario el más frecuente en todo el área geográfica.

El análisis de los datos se realizó utilizando el programa estadístico SPSS 15.0. Se aplicó el test t-Student para la comparación de las medias en las parcelas sin y con compost.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **Análisis de las propiedades físicas, químicas y biológicas del compost**

En la Tabla 1 se comparan los resultados de los análisis efectuados para la determinación de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de un compost considerado de calidad agronómica y el experimental, pudiéndose apreciar como el compost usado en las experiencias se ajusta perfectamente a los márgenes de calidad establecidos por la Normativa vigente en España desde el año 1998 por lo que resulta adecuada su aplicación como fertilizante y enmienda orgánica de diferentes suelos de cultivo (BOE, 1998).

**Tabla 1. Propiedades físicas, químicas y biológicas de un compost de calidad y el usado.**

Propiedades Físicas	Compost de calidad	Compost experimental	
Granulometría	90% partículas en malla 25mm	100% partículas en malla 20 mm	
Tamaño inertes	< 10 mm	< 10 mm	
Elementos extraños	< 3%	< 3%	
Humedad	< 40%	< 40%	
Propiedades Químicas	Compost de calidad	Compost experimental	
pH	Neutro o ligeramente alcalino	pH H <sub>2</sub> O= 7,32	pH KCl=7,30
Materia orgánica	> 35%	51,20%	
Nitrógeno total	> 1%	3,12%	
Relación C/N	< 18	9,52	
Fósforo total	> 0,43%	0,85%	
Calcio	> 1,40%	1,85%	
Magnesio	> 0,20%	2,05%	
Sodio	Baja salinidad	0,76%	
Potasio	> 0,41%	1,10%	
Propiedades Biológicas	Compost de calidad	Compost experimental	
Patógenos	Ausencia	Ausencia	
Compuestos fitotóxicos	Ausencia	Ausencia	

### Análisis de las propiedades físicas del suelo

*Textura del suelo:* En las parcelas sin compost la clase textural más frecuente fue la franca seguida por la franco-limosa y la franco-arcillo-arenosa mientras que en las parcelas con compost la más abundante fue la franco-arcillo-arenosa seguida por la franca y la franco-arenosa. El grupo textural predominante fue el medio seguido por el grueso y el fino.

En la Tabla 2 se presenta un resumen estadístico para las cinco fracciones granulométricas, siendo la más abundante la arena seguida por el limo y la arcilla. Sin embargo, y a pesar de la abundancia de la fracción arena, la más importante por ser la más activa es la arcilla puesto que se asocia a los materiales orgánicos, asegura la cohesión de los agregados, fija cationes y aniones sobre los lugares de cambio además de retener el agua, etc.

Las fracciones arena y arcilla no presentaron diferencias significativas entre tratamientos tras aplicar la t-Student, mientras que el contenido medio de limo en las parcelas sin compost resultó significativamente más elevado para un nivel de confianza del 95%.

**Tabla 2. Estadística descriptiva de las fracciones granulométricas analizadas (en %).**

Sin Compost (n= 29)	Media	Mediana	SD	Mín.	Máx.	3° Cuartil	CV
Arena Gruesa (AG)	20,35	18,23	12,09	4,96	57,53	24,71	59,41
Arena Fina (AF)	22,56	22,97	6,99	6,24	37,70	26,55	30,98
Limo Grueso (LG)	7,32	7,16	3,35	0,60	13,33	9,94	45,77
Limo Fino (LF)	29,29	28,50	8,73	11,97	43,37	37,67	29,81
Arcilla (Ar)	20,49	20,09	4,42	10,76	30,57	23,44	21,57
Con Compost (n= 20)	Media	Mediana	SD	Mín.	Máx.	3° Cuartil	CV
Arena Gruesa (AG)	25,19	21,54	14,17	6,89	58,64	33,77	56,25
Arena Fina (AF)	23,87	25,23	9,04	1,82	39,85	29,22	37,87
Limo Grueso (LG)	4,92	4,21	3,17	0,76	13,79	7,04	64,43
Limo Fino (LF)	24,13	21,83	10,24	9,02	47,89	34,07	42,44
Arcilla (Ar)	21,88	21,55	4,51	13,70	29,57	25,88	20,61

SD= Desviación estándar; Mín.= Mínimo; Máx.= Máximo; CV= Coeficiente de variación

### **Análisis de las propiedades químicas del suelo**

*pH del suelo:* En la Tabla 3 se puede observar que para las parcelas sin y con compost, el valor medio de pH (H<sub>2</sub>O) fue superior al del pH (KCl). Sin embargo, no se han podido establecer diferencias significativas entre tratamientos. Se sabe que cuanto menor sea el pH del suelo, mayor será el riesgo de paso de metales tóxicos a la solución del suelo. En 1978, Lindsay comprobó que una unidad de incremento en el pH del suelo hace descender hasta 100 veces los niveles de Cd, Cu, Ni y Zn en la solución del suelo.

*Carbono total:* El contenido medio de carbono total en las parcelas con compost muestra una tendencia no significativa a ser mayor que en las parcelas sin compost, lo que vendría a corroborar la hipótesis de que tras la adición de compost al suelo se produce un aumento en el contenido de materia orgánica (MO) y, por lo tanto, en carbono orgánico que repercutirá en un aumento en el contenido de carbono total.

*Materia orgánica:* El incremento en el contenido de materia orgánica tras la adición de compost al suelo es algo esperado que ocurra con el transcurso del tiempo al realizar un abonado con este tipo de enmienda orgánica. Sin embargo, y a pesar de lo dicho anteriormente no se observaron diferencias significativas entre tratamientos.

**Tabla 3. Estadística descriptiva de las propiedades químicas del suelo estudiadas (en %).**

Sin compost (n= 29)	Media	Mediana	SD	Mín.	Máx.	3° Cuartil	CV
pH (H <sub>2</sub> O)	5,98	5,97	0,97	4,22	7,87	6,82	16,22
pH (KCl)	5,16	5,29	1	3,73	7,04	5,72	17,86
Carbono total	2,79	2,75	1,10	0,86	5,78	3,44	39,43
Materia orgánica	4,81	4,74	1,90	1,48	9,96	5,93	39,50
Nitrógeno total	0,22	0,20	0,09	0,13	0,56	0,26	40,91
Relación C/N	12,71	12,08	3,89	5,68	25,34	13,55	30,61
Con compost (n= 20)	Media	Mediana	SD	Mín.	Máx.	3° Cuartil	CV
pH (H <sub>2</sub> O)	5,79	5,39	0,82	4,89	7,70	6,46	14,16
pH (KCl)	5,10	4,89	0,78	3,90	7,06	5,45	15,29
Carbono total	3,40	2,86	2,01	1,27	9,60	3,92	59,12
Materia orgánica	5,87	4,92	3,46	2,19	16,55	6,75	58,94
Nitrógeno total	0,27	0,24	0,14	0,10	0,60	0,32	51,85
Relación C/N	12,40	12,18	2,30	10,45	21,14	12,76	18,55

SD= Desviación estándar; Mín.= Mínimo; Máx.= Máximo; CV= Coeficiente de variación

*Nitrógeno total:* El contenido medio en parcelas con compost fue algo superior al que presentaron las parcelas sin compost lo que nos lleva a pensar que tras la adición de compost además de incrementarse el carbono orgánico aumenta también el nitrógeno orgánico, principales elementos constituyentes de la materia orgánica en descomposición. Sin embargo, y a pesar de esto no se han podido establecer diferencias significativas entre tratamientos.

*Relación C/N:* Tanto en parcelas sin como con compost, tomó valores medios típicos de suelos cultivados propios de climas templados. Esto estaría dentro de lo aceptable (Cobertera, 1993), a pesar de lo cual no se rechaza la idea de que cuanto mayor sea esta relación más lento se produce el proceso de humificación de la MO con lo cual pueden ser mejor aprovechados los nutrientes del suelo hasta un cierto umbral por encima del cual una relación C/N demasiado elevada podría suponer una grave deficiencia en nitrógeno para las plantas. El que la relación C/N presente un valor medio en parcelas sin y con compost entre bajo y medio es debido al propio sustrato de partida puesto que tras la adición de compost en un solo año no es posible ver los efectos que sobre este parámetro se ejercería.

*Complejo de cambio del suelo:* En la Tabla 4 se puede observar que el contenido medio de los cationes de cambio Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup> fue superior en parcelas con compost que en parcelas sin compost al contrario de lo que sucedió con Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup>. Sin embargo, en ninguno de los casos se pudieron establecer diferencias significativas entre tratamientos.

**Tabla 4. Estadística descriptiva del complejo de cambio del suelo (en cmol(+) kg<sup>-1</sup>).**

Sin compost (n= 29)	Media	Mediana	SD	Mín.	Máx.	3° Cuartil	CV
Ca <sup>2+</sup>	8,80	7,16	7,83	0,30	29,46	10,42	88,98
Mg <sup>2+</sup>	1,21	1,25	0,67	0,10	2,72	1,66	55,37
Na <sup>+</sup>	0,23	0,19	0,13	0,12	0,79	0,27	55,52
K <sup>+</sup>	1,35	2,34	0,68	0,15	2,68	1,68	50,37
Suma de bases	11,59	10,75	8,65	1,04	33,36	14,79	74,64
Acidez de cambio	0,78	0	1,44	0	5,30	1,02	184,62
CIC	16,07	15,72	3,02	11,74	24,70	17,36	18,79
Con compost (n= 20)	Media	Mediana	SD	Mín.	Máx.	3° Cuartil	CV
Ca <sup>2+</sup>	9,97	7,33	10,47	0,62	48,56	9,68	105,02
Mg <sup>2+</sup>	1,34	1,26	0,63	0,41	2,48	1,63	47,01
Na <sup>+</sup>	0,20	0,18	0,07	0,10	0,39	0,24	35
K <sup>+</sup>	1,34	1,33	0,99	0,18	4,69	1,67	73,88
Suma de bases	12,85	10,43	10,85	1,84	51,26	14,42	84,44
Acidez de cambio	0,28	0,03	0,72	0	3,10	0,25	257,14
CIC	15,06	14,51	4,60	7,29	25,22	17,93	30,54

SD = Desviación estándar; Mín.= Mínimo; Máx.= Máximo; CV= Coeficiente de variación

El valor medio de la suma de bases de cambio fue superior en parcelas con compost. Tras la adición de compost este parámetro experimentó un aumento considerable, resultado éste esperado, dado que al añadir el compost lo que se hace es aumentar la MO y, por consiguiente, los nutrientes los cuales deberían de encontrarse más adsorbidos al complejo de cambio aumentando su capacidad de intercambio catiónico (CIC) e impidiendo su lixiviación. A pesar de este aumento no se establecieron diferencias significativas entre tratamientos.

La acidez de cambio (H<sup>+</sup> y Al<sup>3+</sup>) tomó un valor medio más bajo, aunque no significativo, en las parcelas con compost que en las parcelas sin compost. Sin embargo, era de esperar que tras la adición de compost al suelo la acidez de cambio aumentase ya que la materia orgánica al descomponerse genera ácidos orgánicos.

El valor medio de la CIC mostró una tendencia no significativa a ser superior en las parcelas sin compost. Estos valores se consideran elevados al compararlos con los establecidos por MAPA (1989) para este tipo de suelos de cultivo y esto puede ser debido a que dentro de las parcelas seleccionadas existían algunas de la clase textural franco-arcillosa.

### Interacciones entre textura, MO y CIC

La correlación existente entre MO y CIC resultó altamente significativa ( $p < 0,01$ ) mientras que entre arcilla y CIC resultó significativa ( $p < 0,05$ ) en parcelas con compost (Tabla 5). Se ha corroborado lo dicho anteriormente por Costa *et al.* (1995) puesto que el valor de R<sup>2</sup> entre arcilla y CIC resultó de 3-6 veces inferior al existente entre MO y CIC.

**Tabla 5. Análisis de regresión entre textura, MO y CIC para las parcelas en ensayo.**

Sin compost	n	Ecuación de regresión	Valor de R <sup>2</sup>
Arcilla – CIC	29	$Y_{CIC} = 0,222X_{Arcilla} + 11,524$	0,105
MO – CIC	29	$Y_{CIC} = 1,012 X_{MO} + 11,199$	0,405**
Con compost	n	Ecuación de regresión	Valor de R <sup>2</sup>
Arcilla – CIC	20	$Y_{CIC} = 0,505X_{Arcilla} + 4,002$	0,244*
MO – CIC	20	$Y_{CIC} = 1,205 X_{MO} + 7,979$	0,817**

Nivel de significación: (\*p< 0,05; \*\*p< 0,01)

## CONCLUSIONES

La adición de compost resultó beneficiosa en términos de fertilidad al apreciarse una tendencia aunque no significativa a aumentar su contenido en MO, nitrógeno y carbono total. Esta mejora en las propiedades químicas del suelo se vio reflejada por un aumento significativo en la correlación entre MO y CIC, con lo cual los nutrientes se encuentran más tiempo adsorbidos al complejo de cambio del suelo impidiéndose su pérdida por lixiviación.

## AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue financiado por la Xunta de Galicia con el PGIDT01AGR10302PR.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOE, 1998. *Orden de 28 de mayo de 1998 sobre fertilizantes y afines*. Boletín Oficial del Estado, 131: 18028-18078. Madrid (España).
- COBERTERA, E., 1993. *Edafología aplicada*. Ed. Cátedra, 326 pp. Madrid (España).
- COSTA, F; GARCÍA, C; HERNÁNDEZ, T.; POLO, A., 1995. *Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización*. CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas). Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, 181 pp. Murcia (España).
- GUITIÁN OJEA, F.; CARBALLAS FERNÁNDEZ, T., 1976. *Técnicas de análisis de suelos*. 2ª Edición. Ed. Pico Sacro, 288 pp. Santiago de Compostela (España).
- LINDSAY, W. L.; NORVELL, W. A., 1978. Development of DTPA soil for zinc, iron, manganese and cooper. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **42**, 421-428.
- MAPA, 1989. *El suelo y los fertilizantes*. Ediciones Mundi-Prensa, 283 pp. Madrid (España).
- MAPA, 1995. *Métodos oficiales de análisis. Tomo III: Métodos oficiales de análisis de suelos y aguas para el riego*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 205-285. Madrid (España).
- PORTA CASANELLAS, J.; LÓPEZ-ACEVEDO REGUERÍN, M.; ROQUERO de LADURU, C., 2003., *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. 3ª Edición. Ed. Mundi-Prensa, 929 pp. Madrid (España).



ROCA FERNÁNDEZ, A. I., 2005. *Uso de compost procedente de Residuos Sólidos Urbanos como enmienda agrícola en suelos del Área Metropolitana de A Coruña*. Memoria de Licenciatura. Universidade da Coruña, 226 pp. A Coruña (España).

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. A., 1994. *Gestión integral de residuos sólidos*. Ed. Mc Graw-Hill, 1107 pp. Madrid (España).

## SUMMARY

### USE OF MUNICIPAL SOLID WASTE COMPOST AS AN ORGANIC AMENDMENT IN DIFFERENT SOILS

The objective of this study was to investigate the effect of Municipal Solid Waste (MSW) compost addition had on physical and chemical soil properties. A trial was carried out for two years on different soils from the metropolitan area of A Coruña (NW Spain) during two years in 49 plots with and without compost of 4 m<sup>2</sup>, with the application rate of 50 t ha<sup>-1</sup>.

After analyzing the sand and clay granulometric fractions significant differences were not found between the two treatments. However, the average content of silt in plots without compost was higher than in compost plots. The pH (H<sub>2</sub>O and KCl), total nitrogen and C/N ratio of the two treatments studied showed no significant differences. However, the total carbon content and, therefore, organic matter were found to be higher in soil with compost than without. The exchange complex properties (Ca, Mg, Na and K exchange, acidity of change and cation exchange capacity) did not differ significantly between both treatments.

An analysis of all the samples, regardless of treatment, inferred that the cation exchange capacity introduced better relationships with organic matter than with clay.

**Key words:** agroecosystem, biogeochemical cycle, composting, fertility, organic matter.

## DINÁMICA DE LA DESCOMPOSICIÓN DE CINCO ESPECIES HERBÁCEAS EN ÁREAS DE RIBERA DEL RÍO HENARES

T. MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, J.A. DELGADO, L. GONZÁLEZ-GARRIDO

Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural Agrario y Alimentario (IMIDRA). Consejería de Medio Ambiente. Comunidad de Madrid. Finca "El Encín". Apdo. 127, Alcalá de Henares. 28800. Madrid. teodora.martinez@madrid.org

### RESUMEN

Se analiza el proceso de descomposición de cinco especies herbáceas, dos dicotiledóneas (*Cardaria draba* (L.) Desv., *Cirsium arvense* Scop.) y tres gramíneas (*Brachypodium phoenicoides* Roem. et S., *Elymus pungens* (Pers.) Melderis y *Melica ciliata* L. en tres sistemas, bosque natural ripario, zona reforestada y zona riparia deforestada o de pastizal. La metodología seguida en este trabajo fue la de "litter bags". El objetivo del estudio fue analizar la evolución de la necromasa remanente a lo largo de los distintos periodos de muestreo en un tiempo de duración de 330 días. Se analiza el efecto especie-zona, se evalúa la tasa de descomposición (K), la tasa de pérdida de peso diario, así como la influencia de distintos parámetros de composición química de la hojarasca de partida en el proceso de descomposición. La velocidad de descomposición fue bastante más alta en *Cardaria draba* que en el resto de las especies. La hojarasca de las gramíneas presentó las menores tasas de descomposición, siendo la de *Elymus pungens* la más elevada. El contenido en nitrógeno de la hojarasca habría tenido un efecto considerable en el proceso de descomposición, así como la fibra ácido detergente, de ahí la calidad de la hojarasca en el proceso de la incorporación de nutrientes en el suelo.

**Palabras clave:** hojarasca, necromasa remanente, calidad hojarasca, tasa de descomposición.

### INTRODUCCIÓN

El proceso de descomposición de la hojarasca es de gran importancia en los ecosistemas terrestres ya que regula la entrada de nutrientes al suelo, el almacenaje de carbono en el sistema y condiciona la producción vegetal al regular la disponibilidad de nutrientes que necesitan las plantas para su crecimiento (Gallardo, 2001). Por otra parte, en el proceso de descomposición de la materia vegetal pueden intervenir múltiples factores como las condiciones macro y microclimáticas, las características físicas y químicas de la hojarasca, la macro y microfauna de suelo, por lo cual es de gran interés estudiar la dinámica de descomposición de las plantas para proporcionar información sobre la ecología del suelo y la incorporación de carbono. En las riberas

del Henares ya se iniciaron trabajos en este sentido (Martínez y Martínez, 2006), pero conscientes que la información referente a descomposición de material vegetal herbáceo es escasa y que las plantas herbáceas juegan un papel fundamental en los ecosistemas, el objetivo de este trabajo fue analizar la dinámica del proceso de descomposición de las especies herbáceas más abundantes en tres sistemas riparios del Henares, analizando el efecto área, especie y la influencia de la composición química de la hojarasca herbácea de que se parte.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica en las riberas del río Henares en el término municipal de Alcalá de Henares. El proceso de descomposición de las especies herbáceas se estudió en un bosque de ribera natural (zona A), en un área riparia restaurada en 1999 (zona C) y en una zona deforestada ocupada por pastizal (zona D). Las especies que se analizaron fueron las que representaron mayor cantidad de biomasa en las distintas zonas estudiadas, algunas de ellas muy abundantes como consecuencia de la historia del uso y las actuaciones realizadas en ellas. Las especies fueron *Cardaria draba* y *Cirsium arvense* que se evaluaron en el bosque natural, en la zona deforestada y en el área restaurada. No obstante, en esta última zona, *C. draba* no pudo ser evaluada porque las muestras fueron destruidas en su mayoría por los conejos. *Brachypodium phoenicoides* y *Elymus pungens* fueron estudiadas en el área de bosque natural, que es donde únicamente son representativas, al igual que *Melica ciliata*, que sólo fue evaluada en la zona D donde representa abundante biomasa. Las muestras de pasto se recogieron a finales de junio y julio, se secaron al aire y posteriormente se introdujeron 10 gramos de material vegetal de cada especie en bolsas de fibra de vidrio de dos mm de luz de malla. Se partió de 24 muestras de cada especie en las respectivas zonas de estudio; se tomaron tres como testigo para los análisis químicos, y tres para cada uno de los muestreos por especie y zona. Las bolsas con la muestra vegetal u hojarasca se depositaron en el suelo el 15 de octubre del 2007 y se fueron extrayendo a lo largo de siete muestreos, realizados a intervalos de tiempo irregulares, el 1º a los 34 días y los seis restantes fluctuaron entre 53 y 48 días, retirándose las tres últimas bolsas (último muestreo) a los 330 días (11 meses). En cada muestreo se extrajeron tres bolsas de cada una de las especies en cada una de las zonas estudiadas. Posteriormente en el laboratorio, la hojarasca de las bolsas se lavó cuidadosamente con abundante agua, utilizando tamices de 0,1 y 0,2mm para evitar la pérdida de material vegetal. La hojarasca remanente en las bolsas se secó al aire hasta peso constante. La materia orgánica de las muestras se determinó por calcinación, y el contenido en carbono se estimó como el 50 % de la materia orgánica (Maithani *et al.*, 1998). Los datos (biomasa extrapolada a porcentajes) se trataron mediante análisis de varianza (ANOVA), analizándose las diferencias entre medias mediante el test LSD, se utilizó el programa STATISTICA 6.0. La tasa de descomposición (K) por tiempo transcurrido (años) se calculó a partir de la fórmula de un modelo de tipo exponencial simple (Olson, 1963), forma linealizada:  $\ln W_t = \ln W_0 - Kt$ ,  $W_t$  = Porcentaje remanente del peso en el tiempo t,  $W_0$  = porcentaje del peso inicial, K = tasa de descomposición (año<sup>-1</sup>), t = tiempo transcurrido. Se calculó la tasa de pérdida de peso por día transcurrido entre un periodo de muestreo y otro (T).  $T = (p_i - p_f) / dt$ ,  $p_i$  = peso remanente en el tiempo inicial,  $p_f$  = peso remanente en el tiempo final,  $dt$  = días transcurridos entre muestreos.

## RESULTADOS

### Descomposición de la hojarasca de las distintas especies en las zonas estudiadas

En el área A se observó efecto de la especie en los sucesivos muestreos realizados a lo largo de todo el proceso de descomposición analizado (Tabla 1). La hojarasca de *Cardaria draba* fue la que perdió más peso, quedando en el último muestreo (330 días) sin incorporarse al suelo el 14,67% del material vegetal (peso remanente), frente a un 55,90% que permanecía de *Brachypodium phoenicoides*. *C. draba* en el 2º muestreo (87 días) ya había incorporado al suelo el 52,60% de su peso, frente al rango 19-29% que habían incorporado el resto de especies. *C. draba* siempre presentó diferencias significativas con las otras 3 especies estudiadas en este área, *Elymus pungens*, *B. phoenicoides* y *Cirsium arvense*. Estas tres especies no mostraron diferencias en los dos primeros muestreos, pero sí que se observaron en los siguientes y especialmente en el último donde se observaron diferencias entre todas ellas (Tabla 1). *C. arvense*, la otra especie dicotiledónea implicada en el proceso, siguió a *C. draba* a la hora de incorporar su necromasa al suelo, siendo su peso remanente al final, del 33,80%. La especie a partir de los 87 días mostró diferencias con las dos gramíneas, entre éstas también se observaron diferencias en distintas etapas del proceso de descomposición (Tabla 1).

**Tabla 1. Valor de F del análisis de la varianza (ANOVA) y medias de los porcentajes de los pesos remanentes de las especies estudiadas en las áreas A y D en los distintos muestreos. d=días.**

AREA A	34d	87d	132d	184d	234d	282d	330d
<b>F</b>	37,83***	38,40***	36,03***	27,09***	78,31***	24,30***	36,56***
<i>E. pungens</i>	83,07 a	73,13 a	66,50 a	56,47 a	46,73 a	49,10 a	45,20 a
<i>B. phoenicoides</i>	89,27 a	81,60 a	70,40 a	68,20 b	57,70 b	57,67 a	55,90 b
<i>C. arvense</i>	84,13 a	71,13 a	50,37 b	51,13 a	36,90 c	32,53 b	33,80 c
<i>C. draba</i>	64,33 b	47,40 b	33,90 c	25,87 c	15,80 d	13,50 c	14,67 d
AREA D	34d	87d	132d	184d	234d	282d	330d
<b>F</b>	118,19***	57,16***	72,47***	167,73***	34,13***	68,89***	105,80***
<i>M. ciliata</i>	89,30 a	87,97 a	73,67 a	69,97 a	54,73 a	59,77 a	52,23 a
<i>C. arvense</i>	83,77 a	76,23 b	55,93 b	45,07 b	34,13 b	38,00 b	34,10 b
<i>C. draba</i>	65,30b	54,00 c	39,50 c	27,30 c	23,17 c	22,93 c	23,03 b

\*\*\*=( $p < 0.001$ ). Las medias con distintas letras son significativamente diferentes a valores  $< 5\%$ .

En la zona D también se reflejó el efecto especie, observándose en casi todos los periodos de muestreo diferencias significativas entre las 3 especies estudiadas (Tabla 1). *C. draba* fue la especie que perdió más peso a lo largo de todo el proceso de descomposición analizado, quedando al final un peso remanente del 23,03%. *C. arvense* siguió a *C. draba*, observándose las mayores pérdidas de peso (algo más del

44%) a partir del tercer muestreo (132 días), permaneciendo al final un remanente del 34,10%, mientras que de *Melica ciliata* quedaba el 52,23% de su necromasa. Esta especie en el primer muestreo no presentó diferencia significativa con *C. arvense*, ya que solo se había incorporado al suelo un 16,23% de su peso en este primer muestreo, frente a *C. draba* que había incorporado el 34,70%.

### Efecto especie-área

Al analizar el efecto especie-área en el proceso de descomposición de las dos especies comunes (*C. arvense* y *C. draba*) en las áreas A y D, se observó el efecto de la especie pero no así el efecto del área. Tampoco se observó el efecto área x especie a lo largo de los diferentes muestreos, excepto a los 234 días de incubación (Tabla 2). Las dos especies estudiadas presentaron un modelo semejante (aunque independiente) a lo largo del proceso de descomposición en las dos zonas estudiadas. Sin embargo, la necromasa de *C. draba* presentó una dinámica de descomposición algo más rápida en la zona del bosque natural que en la zona de pastizal, quedando al final del proceso un remanente de 14,67% y 23,03 % en las zonas A y D respectivamente.

*Cirsium arvense*, fue también evaluada en la zona C (restaurada), no observándose diferencia significativa entre las tres áreas, excepto en el tercer muestro.

**Tabla 2. Valor de F del análisis de la varianza (ANOVA) de los pesos remanentes en cada muestreo. Se muestra el efecto área (A y D), especie (*C. arvense* y *C. draba*) y la interacción de ambos factores, d=día, \*\*= (p< 0,01). \*\*\*= (p< 0,001).**

	34d	87d	132d	184d	234d	282d	330d
ÁREA	NNS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
ESPECIE	107,5***	31,54***	34,90**	64,04***	67,2 ***	17,46**	37,04***
ÁREA x ESPECIE	NS	NS	NS	NS	6,7*	NS	NS

### Tasa de descomposición (K) y tasa de pérdida de peso por día entre periodos de muestreo

La hojarasca de *C. draba* presentó la mayor tasa o velocidad de descomposición a lo largo de todos los muestreos desde el inicio del proceso (Tabla 3). Se observó una tasa muy alta, cercana a 5, a los 34 días de depositarse en el suelo, ya que había desaparecido un 35% de su peso, mientras que el resto de especies habían perdido en torno al 10-15%. En el resto de los muestreos las distintas especies siguieron presentando tasas de descomposición muy inferiores a las de *C. draba* (Tabla 3). Al final del estudio, a la tasa de descomposición de *C. draba* le siguió muy por debajo la de *C. arvense* y a ésta la de las gramíneas, aunque la diferencia fue menos acusada que en el caso anterior. De las gramíneas, la mayor velocidad de descomposición la presentó *Elymus pungens* (0,88), que fue ligeramente superior a la observada para la misma especie en un bosque de *Elaeagnus angustifolia* L. (0,72) (Nickte Corona, 2007), sugiriendo que el microhábitat de ambos ambientes umbrosos se habría reflejado en el proceso de descomposición de la misma especie.

**Tabla 3. Tasa de descomposición (k) de la necromasa herbácea en las zonas de estudio, en los distintos periodos de muestreo desde que se depositaron en el suelo. d=días.**

ESPECIES	AREAS	34d	87d	132d	184d	234d	282d	330d
<i>C. arvense</i>	A	1.92	1.42	1.91	1.34	1.56	1.46	<b>1.21</b>
<i>C. arvense</i>	C	1.44	1.39	1.52	1.22	1.66	1.39	<b>1.26</b>
<i>C. arvense</i>	D	1.97	1.13	1.61	1.59	1.68	1.26	<b>1.20</b>
<i>C. draba</i>	A	4.90	3.11	3.00	2.70	2.88	2.60	<b>2.13</b>
<i>C. draba</i>	D	4.74	2.57	2.58	2.60	2.29	1.91	<b>1.63</b>
<i>E. pungens</i>	A	2.06	1.30	1.13	1.14	1.19	0.92	<b>0.88</b>
<i>B. phoenicoides</i>	A	1.26	0.85	0.97	0.77	0.86	0.71	<b>0.65</b>
<i>M. ciliata</i>	D	1.26	0.53	0.85	0.71	0.94	0.67	<b>0.72</b>

Con respecto a la tasa de pérdida de peso de la hojarasca por día transcurrido entre periodos de muestreo, destaca especialmente la de *C. draba* en los primeros 34 días, donde cada día se degradaba más del doble de hojarasca que en el resto de las especies (Tabla 4). Según avanza el periodo de incubación, las tasas de pérdida diaria se van haciendo más similares, dado que la necromasa que va quedando de *C. draba* ya ha perdido la mayor parte de los azúcares y componentes más fácilmente degradables.

**Tabla 4. Tasa de pérdidas de peso de la materia vegetal/día transcurrido entre los muestreos anterior y posterior.  $\chi$  =tasa media. dt=días transcurridos entre muestreos.**

ÁREA	ESPECIE	34dt	53dt	45dt	52dt	50dt	48dt	48dt	X
A	<i>C. arvense</i>	0,47	0,25	0,46	-0,01	0,28	0,09	-0,03	<b>0,22</b>
C	<i>C. arvense</i>	0,36	0,31	0,31	0,07	0,40	0,01	0,04	<b>0,21</b>
D	<i>C. arvense</i>	0,48	0,14	0,45	0,21	0,22	-0,08	0,08	<b>0,21</b>
A	<i>C. draba</i>	1,05	0,32	0,30	0,15	0,20	0,05	-0,02	<b>0,29</b>
D	<i>C. draba</i>	1,02	0,21	0,32	0,23	0,08	0,00	0,00	<b>0,27</b>
A	<i>E. pungens</i>	0,50	0,19	0,15	0,19	0,19	-0,05	0,08	<b>0,18</b>
A	<i>B. phoenicoides</i>	0,32	0,14	0,25	0,04	0,21	0,00	0,04	<b>0,14</b>
D	<i>M. ciliata</i>	0,31	0,03	0,32	0,07	0,30	-0,10	0,16	<b>0,16</b>

### Parámetros químicos de la hojarasca de partida

En la Tabla 5 se muestra la composición química de la hojarasca de partida de las distintas especies estudiadas. Ha existido diferencia significativa entre ellas en todos los parámetros químicos analizados, sugiriendo el efecto de la composición (calidad) de la hojarasca a la hora de descomponerse. La comparación de las medias de los componentes químicos refleja el comportamiento de las especies o grupos de éstas a la hora de descomponerse. El contenido en nitrógeno, la relación carbono-nitrógeno,

e incluso el contenido en carbono separan a *C. draba*, *C. arvense* y al grupo de las gramíneas. El contenido en fibra, además de separar los grupos anteriores, diferencia a las tres especies de gramíneas, siendo a *E. pungens*, que presenta menor contenido en fibras y lignina, a la que menos peso remanente le va quedando a lo largo del periodo de estudio. El alto contenido en lignina de *C. arvense* habría limitado en parte su proceso de descomposición.

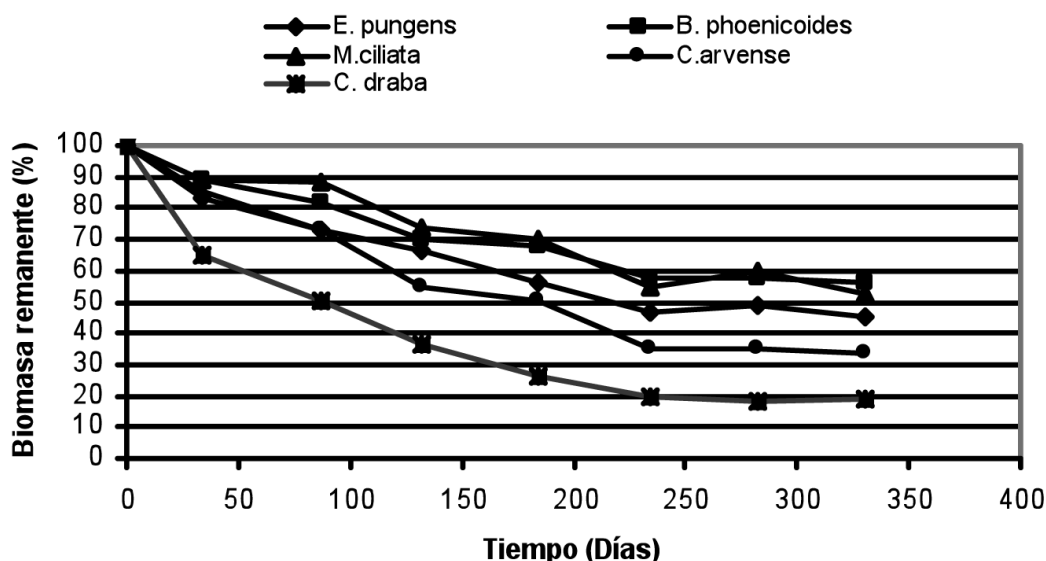
**Tabla 5. Valor de F (ANOVA) y comparación de las medias de los componentes químicos de la hojarasca de partida de las cuatro especies estudiadas. C=Carbono orgánico, N=Nitrógeno, FAD=Fibra ácidodetergente, FND=Fibra neutrodetergente, LIG=Lignina.**

ESPECIES	%C	% N	C/N	%FAD	%FND	%LIG	LIG/N
F	29,54***	131,35***	63,06***	183,51***	348,49***	36,60***	19,15***
<i>C. arvense</i>	45,71a	1,25a	36,73a	56,50a	68,55a	11,28a	9,10a
<i>C. draba</i>	43,84b	2,36b	18,62b	27,45b	38,89b	5,86b	2,49b
<i>E. pungens</i>	45,22a	0,94c	48,18c	40,99c	75,23c	5,28b	5,64c
<i>B. phoenicoides</i>	46,33ac	0,95c	48,91c	43,19c	80,54d	5,88b	6,24c
<i>M. ciliata</i>	46,86c	0,83c	56,71d	48,76d	80,66d	7,05b	8,56a

\*\*\*=P<0,001

## DISCUSIÓN

La Figura 1, que representa la dinámica de descomposición de las 5 especies en el área general de estudio (las tres zonas analizadas en conjunto), muestra que en las dos especies de dicotiledóneas (especialmente en *C. draba*), la pendiente de la gráfica



**Figura 1. Evolución del porcentaje de biomasa remanente en las bolsas de la hojarasca de las cinco especies estudiadas en el área general de estudio.**



es mayor en la primera mitad del periodo de estudio que en el resto, lo que sugiere, que la mayor pérdida de peso en los primeros periodos de muestreo estaría en relación con el lixiviado o la incorporación más rápidamente al suelo de los compuestos más solubles. En las especies de gramíneas esta pendiente ha sido mucho menos acusada, manifestando que la calidad o composición química de la hojarasca habría tenido un gran efecto en la dinámica de la descomposición, estando de acuerdo con Maithani *et al.* (1998) que manifiesta que en el proceso de la descomposición de la materia vegetal, un factor que tiene una gran relevancia es su composición química. En general, las mayores pérdidas de necromasa se observaron en todas las especies en invierno y primavera, ya que a partir de los 234 días de incubación, 1ª quincena de junio, la pérdida de peso fue muy pequeña o prácticamente nula hasta el final del estudio (últimos de septiembre), hecho que se repitió tanto en bosque natural como en la zona deforestada de pastizal. El factor humedad podría haber tenido un efecto importante ya que no llovió en todo el verano, sugiriendo que la humedad podría ser un factor limitante principal de la descomposición en zonas mediterráneas como afirma Couteaux *et al.* (1995). Por el contrario, características tan relevantes como la composición química del suelo y más concretamente su contenido en materia orgánica y nitrógeno en el horizonte A, sobre el que se habían depositado las muestras, no parece ser que se hayan reflejado en nuestras áreas de estudio. Los valores de estos parámetros sí fueron diferentes significativamente entre zonas (datos sin publicar), pero esta diferencia parece que no se reflejó en la descomposición de las distintas especies en las diferentes zonas al no observarse efecto del área, de lo que se deduce la complejidad de los procesos de descomposición de la hojarasca por la cantidad de factores que interactúan en el proceso favorable o desfavorablemente.

## CONCLUSIONES

*Cardaria draba* es la especie que mayor pérdida de peso presentó en el proceso de descomposición, siendo la que menos *Brachypodium phoenicoides*. No se manifestó efecto del área pero sí de la especie. La composición química de las plantas habría afectado considerablemente en el proceso de descomposición, especialmente el contenido en nitrógeno que permitió diferenciar la descomposición de los tres grupos vegetales (dicotiledóneas menos fibrosas y lignificadas, dicotiledóneas más lignificadas y gramíneas) y la fibra neutrodetergente que habría afectado a la diferenciación de las gramíneas.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio se llevó a cabo con la Financiación del Proyecto INIA (RTA2006-00101 y el apoyo del personal técnico del IMIDRA, José Luis Serrano y David Santos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COUTEAUX, M. M.; BOTTER, P.; BERG, B., 1995. Litter decomposition climate and litter quality. *Ecology and Evolution*, **10(2)**, 183-186.
- GALLARDO, A., 2001. Descomposición de la hojarasca en Ecosistemas mediterráneos. En: *Ecosistemas Mediterráneos*, 95-122. Eds. R. ZAMORA, F.J. PUGNAIRE. CSIS-AEET, España.

- MAITHANI, K.; ARUNACHLAM, A.; TRIPATHI, R. S.; PANDEY, H. N., 1998. Influence of leaf litter quality on N mineralization in soils of subtropical humid forest regrowths. *Biol. Fertil. Soils*, **27**, 44-50.
- MARTINEZ, M. F.; MARTINEZ, T., 2006. Carbon contribution and organic matter decomposition of different herbaceous species in forest systems. *Grassland Science in Europe*, **11**, 276-278.
- NICKTE CORONA, J., 2007. Influencia de *Elaeagnus angustifolia* L. en tres especies de gramíneas de Valdemoro, Madrid. Tesis Doctoral. U. Complutense de Madrid. 206 pp.
- OLSON, J.S., 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposer in ecological systems. *Ecology*, **44**, 322-331.

## SUMMARY

### DECOMPOSITION DYNAMICS OF HERBACEOUS SPECIES IN RIPARIAN AREAS OF THE HENARES RIVER

The decomposition process of five herbaceous species, two dicotyledoneous (*Cardaria draba*, *Cirsium arvense*) and three grass species (*Brachypodium phoenicoides*, *Elymus pungens* y *Melica ciliata*), were analyzed in three different systems, natural riparian forest, afforested area and a deforested area or grassland. The litterbag method was used in this work. The aim of the study was to assess the evolution of remaining necromass in the different sampling periods for 330 days. The species-zone effect on the decomposition process was investigated through the assessment of decomposition rates (K), daily decay rates, and in addition, the effect of different chemical composition parameters of litter material. Decomposition rate was higher in *Cardaria draba* than in the other species. Grass species showed the lowest decomposition rates reaching *Elymus pungens* the highest score. Litter nitrogen content had a significant effect in the decomposition process as well as acid detergent fibre content and other parameters, what supposes a great interest in the incorporation and recycling of nutrient in the soil.

**Keywords:** remaining necromass, herbaceous litter, litter quality, decomposition rate.

## LOS PASTOS EN LA TOPONIMIA DEL ALTO ARAGÓN: UNA HUELLA ECOLÓGICA QUE SE VA PERDIENDO

L. VILLAR

*Instituto Pirenaico de Ecología, IPE-CSIC. Apartado 64. E-22700 JACA (Huesca). Ivillar@ipe.csic.es*

### RESUMEN

De entre miles de topónimos recogidos en relación con el mundo vegetal, se han analizado unos 500 del Alto Aragón relacionados con las comunidades de pastos (sinfítotopónimos). La lengua principal de estos nombres es el aragonés, pero reciben influencias varias del gascón (francés), castellano, catalán, árabe o euskera. Se han interpretado las especies que originaron el topónimo, y asimismo su significado ecológico y cultural. Tras la despoblación rural parte de la cultura popular se pierde y, precisamente, los topónimos de origen vegetal nos descubren información etnoecológica sobre la antigua cultura ganadera del Pirineo. Así, algunos de los nombres colectivos estudiados tienen múltiples acepciones, no sólo indican la comunidad vegetal y el espacio que ocupa sino también el tiempo en que se aprovecha u otras características.

**Palabras clave:** sinfítotopónimos, cultura ganadera, etnoecología, Huesca, Pirineos.

### INTRODUCCIÓN

Desde hace más de 5000 años, fundidos los hielos de la última glaciación, un paisaje agro-silvo-pastoral predominó en la Cordillera Pirenaica (Fillat, 2008) y sus piedemontes como fruto de la acción de herbívoros diversos -ovino, cabrío, vacuno, équidos-, y de una agricultura de subsistencia. Ya en el siglo XV, la unidad de explotación familiar consistía en una “casa, con su pajar, campos, *fenares* y huertas” (Gómez, 2001); a ellos cabe añadir los inmensos pastos mancomunados o *puertos* -de varios pueblos o *valles*- los *bajantes* o pastos intermedios de primavera, los *boalares* -dehesas de uno o varios pueblos- y durante la trashumancia los pastos prepirenaicos de otoñada (*aborrales*) más los de invernada junto al Ebro.

Esa ganadería arraigada trashumante se mantuvo durante bastantes centurias. Ahora bien, a lo largo de los siglos XIX y XX el sistema sufrió cambios intensos, relacionados con las guerras, las repoblaciones forestales, las instalaciones hidroeléctricas, la apertura de los mercados, la industrialización, el desarrollo del turismo y las comunicaciones, etc. (Pallaruelo, 2002). Pasada la posguerra se produjo en España una brusca emigración rural y la población quedó menguada y envejecida. La provincia de Huesca -Pirineo y Prepirineo, sobre todo- encabezó la lista de vacíos demográficos con 400 despoblados entre los años 1955 y 1975 (Acín, 1994); ahora su población sigue concentrándose en las ciudades (cf. *Heraldo de Aragón*, Zaragoza, 20-I-09) y su densidad no pasa de 14 habitantes/km<sup>2</sup>.

Durante los años 70 la trashumancia se redujo, disminuyó el número de cabezas y aparecieron nuevas formas de ganadería extensiva (Fillat, 1980); en todos los valles la menor presión o la escasa variedad de herbívoros domésticos hizo disminuir la productividad de nuestros pastos (Villar y García-Ruiz, 1978). Paralelamente, como denunciaron diversos especialistas (véase Acín, 1995), al generalizarse la radio y la televisión se interrumpió la transmisión oral de conocimientos tradicionales y se desencadenó una cierta *aculturación*. En la actualidad, el mercado amplio ha favorecido la reducción en el número de explotaciones y ya quedan pocos pastores jóvenes. En sólo medio siglo aquella montaña bien poblada en que todo se aprovechaba, en que el hombre rural estaba integrado en su cultura y en su paisaje (Montserrat, 1994) ha desaparecido. Los numerosos hitos, límites, referencias y topónimos que enriquecían el saber ecológico tradicional (Barrios *et al.*, 1992) dejan de ser información viva, la que nos ayudaba a saber cómo se usaban los agroecosistemas.

Para paliar esa pérdida venimos trabajando en la recopilación del saber popular en torno a las plantas útiles del Pirineo Aragonés (Villar *et al.*, 1987) o a los topónimos de origen vegetal relacionados con árboles y arbustos (Villar, 2005a y b). En esta comunicación hablaremos de los *sinfitónimos* o *nombres colectivos* dados en la toponimia altoaragonesa a los *pastos*. También comentaremos algunos otros topónimos vegetales relacionados con el mundo pastoral. Al analizar esos términos, nuestro propósito es *seguir la huella ecológica* de una cultura ganadera centenaria.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Centramos nuestro estudio en los valles pirenaicos de Aragón, desde Navarra hasta Cataluña, desde la alta montaña fronteriza con Francia hasta los Somontanos y Valle del Ebro. Los altos montes, la Depresión y las amplias sierras del Prepirineo exhiben fuertes contrastes geológicos y climáticos, pero siempre han permanecido comunicados por las vías de trashumancia; asimismo, la relación con Francia ha sido común. Si el territorio es complejo-macizos y sierras dirigidos de W a E, valles perpendiculares-, también lo son sus lenguas, pues al *aragonés*, con varias modalidades o *fablas* minoritarias, le llegan influencias francesas, catalanas e incluso vascas. A ello se suma el castellano, dominante desde el siglo XVI (Aragüés, 2002). También el árabe dejó algún rastro, sobre todo en el llano.

El material lo constituyen cerca de 500 topónimos de formaciones vegetales (*sinfitónimos*) herbáceas -de uso extensivo (pastos en general), semi-intensivo (los citados *fenares* o *feneros*) o intensivo (prados, alfalfares, etc.)- o mixtas de hierbas y leñosas: pastos salpicados de árboles o rodeados árboles forrajeros, setos, etc. A partir del nombre vernáculo de una planta (Ruiz, 1988; Bastardas, 1994), la idea de comunidad vegetal se adquiere pasando al plural y añadiendo terminaciones o sufijos: de *sabuco*, Sabocos; de *mandil*, Mandilar, de *frágino* Fragineto. Así, el grupo de plantas permite definir espacios y el *sinfitotopónimo* lleva asociada información ecológica, de aprovechamientos, propiedad, etc.

Durante los últimos 30-70 años se han publicado importantes diccionarios (Pardo, 1938; Andolz, 1977; Nagore, 1999; Vidaller, 2004; Moneva, 2004, entre otros) y trabajos lingüísticos regionales o locales. Y entre ellos hay bastantes sobre toponimia de todo el Pirineo Aragonés, empezando por la Jacetania (Elcock, 1948; Alvar, 1949; Guillén, 1981; Vázquez, 2002; Mur, 2002-2007, etc.), siguiendo por Sobrarbe

(Fuertes y Allué, 2006) y terminando por Ribagorza. En esta última, junto a los libros y artículos de Mascaray (2002, 2007-2009), cabe destacar la serie *Toponimia de Ribagorza* (2001), en curso, con más de 30 monografías municipales publicadas por diversos lingüistas.

A partir de esas y de otras fuentes, por ejemplo las documentales de Sabio (1997), hemos acopiado topónimos botánico-pastorales, en su mayoría menores (parajes, etc.). Conocer la flora y sus nombres populares (Villar *et al.*, 1997-2001) o entender algunas de las lenguas citadas facilitó nuestra labor y, como es lógico, en algunos casos consultamos trabajos toponímicos franceses como el de Bérot (2002), etc.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de nuestra base de datos comentaremos los sinfitotopónimos más representativos del mundo pastoral, asignando a cada uno la *especie* o *especies vegetales que lo originaron*, nombres científicos y vulgares, lugar de procedencia y observaciones, todo ello sin agotar el tema. Empezamos por algunos de carácter ganadero amplio, siguen los de pastos, árboles forrajeros y otros varios.

**A) Nombres colectivos de significado ecológico-pastoral general.-** Servirán de introducción, con la lengua aragonesa de fondo. Así, en Aragón la toponimia ha distinguido los campos -labrados y sembrados o plantados, de propiedad particular- de los *acampes*. Éstos no se labran y se dedican al pastoreo extensivo, de modo que el topónimo equivale a pasto, tomillar, pasto con arbustos y aún con arbolado; en el Prepirineo se llaman *lanazos*, *monterizas* o *maticares* (Dieste, 1994) y pueden aprovecharse para leñas.

En Monegros hay *sisallares* (pasto con *Salsola vermiculata*, el *sisallo*), espartales (*albardín* o esparto, *Lygeum spartum*) y *lastanosas* (pasto de *lastón*, *Brachypodium retusum* sobre todo). En el Prepirineo abundan las *pardinas*, casas aisladas con huerto, campos, pastos y arbolado; a primera vista, el término procedería de prado, pero hay quien lo relaciona con ‘bardea’ (seto) o con el binomio *partum + tiña*, o sea, *paridera* o corral con un cobertizo (tenada en castellano). Muchas se abandonaron y la voz significa asimismo ‘despoblado’.

En el ámbito pirenaico general son comunes los pastos con arbolado, mayormente ralo. El topónimo *Boalar* se repite muchas veces, incluso dio un topónimo mayor, Búbal, en el Valle de Tena, y se podría asociar, en sentido amplio, a la figura castellana de “dehesa boyal” (Andolz, 1977). En épocas distintas de la labranza, allí pastaban sobre todo los animales de tiro (bovino y equinos). Se aprovechaba el pasto, la hoja del quejigo -se podaban y se extraían leñas- y el fruto, de ahí que subsistan topónimos como *glanero* (*glan* es la bellota de los robles, carrascas y quejigos) o *Las Bellostas*. Otros *cajigares*, mezclados con carrasca y pinos (Villar, 2005a) mediante fuego dieron pastos de *xunqueta*, *Aphyllanthes monspelliensis* -de ahí Junzano- y boj, de ahí *Bujito* ...

También hay pastos que se reservan para el otoño o se alquilan a foráneos. La voz más conocida sería *vedado*, siendo más raras *sobrante* (Ansó) o *escuzana* (Broto). Asimismo, la voz *cencero* indica un pasto que se mantiene intacto (de *can*, sin y *caedere*, herir, Pardo, 1938) hasta que el pastor habla de “dar cencero” al ganado; Dieste (1994) anotó este refrán en Acumuer: “El zaguer cencero, el navideño”, o sea, conviene guardar pasto hasta diciembre.

Las *facerías* o *pacerías* son pastos fronterizos aprovechados por españoles o franceses, y como *alera foral*, *ademprío* o *empriu* se conocen los pastos de uso común a dos o varios pueblos según el derecho aragonés. Formaciones de árboles o arbustos espesos -los animales se protegen de los insectos o buscar la sombra- se conocen como *bosquera* o *mosquera*, voz que ha dado lugar a muchos topónimos pero que también alude al tiempo del sesteo.

**B) Topónimos indicativos de diferentes tipos de pasto.-** En los confines de Navarra la palabra *pasto* se aplica a los frutos de haya (*fabetas* o hayucos) o robles (*glans*); así que cuando dicen “buen año de pasto” pensamos en su antiguo aprovechamiento por ganado de cerda. En los *puertos* o *estivas* distinguimos *tascas* o *tascales*, o sea, el pasto denso, *larri* o *larrón* (pradera en vascuence). Si es basto, poco apetitoso, dominado por *Nardus stricta*, *narrón* o *cerrillo agrio*, se llama *narronal*; si es duro *cerrillar* (de *cerrillo dulce* o *Festuca* spp.); si es fino *mandilar* (de *mandil*, *Trifolium alpinum*). Allí donde resulta difícil separar las raíces de la tierra tenemos el *gasón* (galicismo) o la *gleba* (tepe). Puede haber rodales de olorosa sistra o *sestrales* (*Meum athamanticum*), de *sabocos* o *yebos* (*Sambucus ebulus*, *S. racemosa*, los saúcos), abundancia de *abozos* o *abozales* (*Asphodelus albus*, etc.) o de *cerbillóns* (*Conopodium majus*, de donde *cebellar*, *cerbillonar*) o predominar los *lapazos* (*Rumex crispus* u otros), de ahí *lapazosa*, *lapazuso*, *napazal*, *napazualas*) y sarriones (*sarrons*, *Chenopodium bonus-henricus*, de donde *sarronal*, *sarrobal* y *sarronera*). Manchas muy concretas de una veza silvestre endémica (*Vicia argentea*) se distinguen en el Pirineo Aragonés como *Lentejar*, *Llentiá* o *Llentillás* y en Francia como *Lenthila*. Al pasto dominado por helechos se les llama *felecar* (de *felces*, *Pteridium aquilinum*, etc.)

El *verde* en singular sería un pasto que se mantiene fresco y productivo durante todo el verano, particularmente sobre suelo morrénico, y en plural los pastos de altura. La voz *pastura*, pasto en catalán, significa en aragonés alimento especial para los cerdos, cocido a base de salvado, mondaduras, verduras, raíces, etc. El pasto húmedo de vaguadas, a veces higroturboso, se identifica en la toponimia como *mollar*, diminutivo *mollaret* y por metátesis *moralet*; equivaldría a tremedal o trampal y al catalán *mullera*.

**C) Prados y comunidades de plantas forrajeras.-** Cabe distinguir los henares (*fenal*, *fenero*, *paúl*), en su mayoría comunales, de los *prau*, *prat*, *patro* o prados de siega -los más repetidos-, de propiedad particular. *Fraginal* -topónimo mayor y menor- o fresneda, en su primera acepción sería una pradería rodeada de *fráginos*, bello paisaje humanizado, pero también significa sitio donde se almacenan sus ramas foliosas (cual henil o *yerbero*). Dejaron igualmente topónimos los olmos (*urmos*, de donde Urmella), litoneros o almeceas, etc.

Con el apelativo *yervas* se suele definir la pradería, el conjunto de los campos que se siegan para henificar o ensilar, mayormente si son sembrados (praderas, alfalfares, campos de vezas, etc.); pero se entiende a la vez ese plural como tiempo en que se recogen. Los *farratja*, *farraya*, *farrañal* y *ferrenal* o las *farrái* son también campos forrajeros privados, muchas veces cerrados, cercanos a casas o cuadras, particularmente en Ribagorza.

Por otra parte, hemos anotado los nombres de comunidades de plantas vulnerantes. Aquí, además de las herbáceas (juncal o *chungar*, ortigal o *ixordigar*), destacan las matas y arbustos espinosos en la cultura ganadera: aliagares o *alluales* (*Genista scor-*



*pius*); espinales, *artales* o *arañones* (*Prunus*, etc.), *espinablos* (*Crataegus monogyna*), *brinzonales* (*Echinopartum horridum*), *coscojares* o *sardas*, etc. En torno a *mallatas* y *cubilares* (majadas) o en aventaderos se acumula *sirio* (sirle) o boñigas, y las abundantes plantas nitrófilas como *Cirsium* spp. originaron topónimos frecuentes: *cardoso*, *cardal* y otros.

En fin, para conducir el ganado, los pastores se sirven de varas (*palos*, *tochos*). La comunidad donde se proveen se llama *tochar* y, sobre todo, *abellanar* o *bellaneto*, pues prefieren las de *abellanera* (*Corylus avellana*) por ser tenaces, ligeras y de corteza lisa.

## CONCLUSIONES

El Alto Aragón es un territorio multilingüe, no sólo se habla castellano sino una lengua hoy minoritaria, el aragonés, predominante en la toponimia con influencias de otras cuatro lenguas: francés, catalán, árabe y euskera.

Centenares de topónimos de pastos reflejan muchos conocimientos etnoecológicos generales o concretos, pero ante la despoblación rural van dejando de usarse. Además de nombres basados en las especies, hay topónimos relacionados con el derecho de uso que también son sinónimos de pastos, por ejemplo *ademprío*, *alera foral*, *facería*.

La cultura ganadera tradicional llevaba bien integrados los ritmos de explotación estacional y ello se refleja en los topónimos de origen vegetal. En efecto, no sólo aluden a características botánicas, ecológicas o culturales del *espacio* que delimitan, sino también al *tiempo* en que se usaban o aprovechaban: *yerbas*, *bajantes*, *aborrales*, *mosqueras*, etc.

## AGRADECIMIENTOS

A María Luisa Cajal, por su gran ayuda en la transcripción de los nombres.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACÍN, J. L., 1994. *Las otras lluvias. Pueblos deshabitados del Alto Aragón*. IberCaja, 120 pp. Zaragoza (España).
- ACÍN, J. L. Ed., 1995. *Pueblos abandonados ¿un mundo perdido?* L'Astral, 314 pp. Zaragoza (España).
- ALVAR, M., 1949. *Toponimia del Alto Valle del Aragón*. CSIC, 112 pp. Zaragoza (España).
- ANDOLZ, R., 1977. *Diccionario aragonés*. Librería General, 422 pp. Zaragoza (España).
- ARAGÜÉS, C., 2002. El aragonés: la lengua histórica de Aragón que persigue su futuro. En *Aragón, un país de montañas*, 222. Co. J. L. ACÍN, F. LAMPRE. Prames. Zaragoza (España).
- BARRIOS, J. C.; FUENTES, M. T.; RUIZ, J. P., 1992. *El saber ecológico de los ganaderos de la Sierra de Madrid*. Agencia de Medio Ambiente, 160 pp. Madrid. (España).
- BASTARDAS, M. R., 1994. *La formació dels col.lectius botànics en la toponímia catalana*. Reial Acadèmia de Bones Lletres, 337 pp. Barcelona. (España).
- BÉROT, M., 2002. *La Toponymie*. Parc National Pyrénées, 389 pp. Toulouse (Francia).
- DIESTE, J. D., 1994. *Refranes ganaderos altoaragoneses*. IEA, 135 pp. Huesca. (España).



- ELCOCK, W. D., 1948. Toponimia menor en el Altoaragón. En *Actas de la Primera Reunión de Toponimia Pirenaica*, 77-118. CSIC. Zaragoza (España).
- FILLAT, F., 1980. *De la trashumancia a las nuevas formas de ganadería extensiva*. Tesis doctoral, 354 pp. Universidad Politécnica de Madrid. (España).
- FILLAT, F., 2008. Bosquejo histórico de la actividad pastoril en el Pirineo. En *Pastos del Pirineo*, 25-35. Ed. FILLAT, F., GÓMEZ, D., REINÉ, R., GARCÍA, R. CSIC. Madrid (España).
- FUERTES, M. P.; ALLUÉ, M. I., 2006. *Nombres para un paisaje*. Zaragoza. (España).
- GÓMEZ, M., 2001. *La vida en el Valle de Tena en el Siglo XV*. IEA, 210 pp. Huesca. (España).
- GUILLÉN, J. J., 1981. *Toponimia del Valle de Tena*. IFC, 214 pp. Zaragoza (España).
- MASCARAY, B., 2002. *De Ribagorza a Tartesos*. E. Mascaray, 502 pp. Pamplona (España).
- MASCARAY, B., 2007-2009. Serie de artículos semanales sobre *Toponimia altoaragonesa*. Suplemento "Domingo". *Diario del Altoaragón*, 1-IV-2007 a 22-II-2009. Huesca. (España).
- MONEVA, J., 2004. *Vocabulario de Aragón*. Xordica, 477 pp. Zaragoza. (España).
- MONTSERRAT, P., 1994. La cultura en el paisaje. *El Campo*, **131**, 235-249.
- MUR, R., 2002-2007. De toponimia jacetana. *El Pirineo Aragonés. Semanario de Jaca*, nº 6097-6221 [artículos desde el 25-I- 2002 al 9-III-2007].
- NAGORE, F., 1999. Dir. *Endize de bocables de l'aragonés seguntes os repertorios lesicos de lugars y redoladas de l'Alto Aragón*. 4 vols. Uesca. (España).
- PALLARUELO, S., 2002. Las huellas del hombre en el paisaje. En *Aragón, un país de montañas*, 213-257 Co. J. L. ACÍN, F. LAMPRE. Prames. Zaragoza (España).
- PARDO J., 1938. *Nuevo Diccionario etimológico aragonés*. IFC, 400 pp. Zaragoza (España).
- RUIZ, J., 1988. Sinfitónimos. En *Homenaje a Pedro Montserrat*, 1027-1031. Ed. L. VILLAR. IEA e IPE. Huesca y Jaca (España).
- SABIO, A., 1997. *Los montes públicos en Huesca (1859-1930). El monte no se improvisa*. IEA, 313 pp. Huesca (España).
- Toponimia de Ribagorza (2001-2007)* Serie de 27 monografías. Ed. Milenio. Lleida (España).
- VÁZQUEZ, J., 2002. *Nombres de lugar de Sobrepuerto. Análisis lingüístico*. Comarca Alto Gállego, 277 pp. Huesca. (España).
- VIDALLER, R., 2004. *Libro de as matas y os animals. Dizionario Aragonés d'Espezies Animals y Bechetals*. CPNA, 395 pp. Zaragoza. (España).
- VILLAR, L., 2005a. Toponimia de origen vegetal en el Alto Aragón. Nombres colectivos de árboles y su significado ecológico. *Alacet*, **17**, 239-263 + 503.
- VILLAR, L., 2005b. Toponimia de origen vegetal en el Alto Aragón II. Sinfitónimos relacionados con arbustos y su sentido ecológico. *Flora Montiberica*, **28**, 43-53.
- VILLAR, L.; GARCÍA RUIZ, J. M., 1978. Explotación del territorio y evolución de pastos en dos valles del Pirineo occidental. *Pub. Cent. pir. Biol. exp*, **8**, 143-163.
- VILLAR, L.; PALACÍN, J. M.; CALVO, C.; GÓMEZ, D.; MONTSERRAT, G., 1987. *Plantas Medicinales del Pirineo Aragonés y demás tierras oscenses*. DPH, 319 pp. Huesca (España).
- VILLAR, L.; SESÉ, J. A.; FERRÁNDEZ, J. V. , 1997-2001. *Atlas de la flora del Pirineo Aragonés*, vols. I y II. IEA y CPNA, 648 y 730 pp. Huesca (España).

## SUMMARY

### **PASTURES AND MEADOWS IN THE HIGH ARAGON PLACE NAMES: AN ECOLOGICAL TRACK WE CAN LOST**

Among thousands of plant place names of the High Aragon, we analysed about 500 related with pastures, meadows and open grazed forests ('synphytotonims'). They came from the old aragonese language, but received several influences of french, spanish, catalan, arab and basque. We comment on the plant species who were on the base of the place name, and on its ecological and cultural meaning as well. The depopulation suffered along the XXth century provocated a cultural lost, and actually, thanks to the place names we recognize ethnoecological data to better understand the traditional shepherd's culture of the Pyrenees. Some of the studied place names offer different meanings, corresponding not only to the plant community itself but also to the area, moment of use and other characteristics.

**Key words:** plant community place names, pastures, ethnoecology, Huesca, Pyrenees.



## CARACTERÍSTICAS DE LA PRODUCCIÓN HERBÁCEA EN LOS PRADOS DE SIEGA DEL PIRINEO DE HUESCA

R. REINÉ<sup>1</sup>, C. CHOCARRO<sup>2</sup>, A. JUÁREZ<sup>2</sup>, O. BARRANTES<sup>3</sup>, A. BROCA<sup>3</sup>, C. FERRER<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Escuela Politécnica Superior. Ctra. Cuarte s/n. 22071-Huesca. <sup>2</sup>Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agraria. Universitat de Lleida. C/Alcalde Rovira Roure, 177. 25198-Lleida.

<sup>3</sup>Departamento de Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Fac. de Veterinaria. Miguel Servet, 177. 50013 Zaragoza. rreine@unizar.es

### RESUMEN

Se estudia la vegetación de 104 prados de siega de distintos valles del Pirineo de Huesca. Para ello, en fechas próximas al primer corte de la hierba (junio-julio) se realizaron inventarios florísticos en los 100 m<sup>2</sup> centrales de cada prado y se tomaron muestras para estimar la producción. Tras distintos procedimientos, se caracterizó la composición florística de la hierba producida, se clasificaron las parcelas en nueve grupos y se efectuó su asignación fitosociológica a nivel de asociación vegetal. El 72% de las parcelas pertenecieron a la alianza *Arrhenatherion elatioris* y el 22% al *Trisetum-Polygonum bistortae*.

Nuestros resultados indican la continuidad en el Pirineo oscense de la explotación de estas comunidades herbáceas, con aceptables producciones medias en el 1<sup>er</sup> corte (4216,1 kg de MS/ha) e importantes valores de riqueza específica (33 especies/parcela) y diversidad ( $H' = 2,55$ ). De hecho, tras el análisis de su vegetación se concluye que prácticamente en su totalidad pueden considerarse como hábitats de interés comunitario.

**Palabras clave:** prados de montaña, hábitat de interés comunitario, vegetación herbácea.

### INTRODUCCIÓN

Los prados del Pirineo aragonés han sido estudiados fundamentalmente por equipos del Departamento de Agricultura y Economía Agraria de la Universidad de Zaragoza (Ferrer *et al.*, 1990; Maestro *et al.*, 1990) y del Instituto Pirenaico de Ecología (Chocarro *et al.*, 1990; Santa María *et al.*, 2003; Fillat *et al.*, 2008). Las primeras investigaciones comenzaron analizando el manejo de los prados, su vegetación, la producción y la calidad forrajera, para posteriormente hacer incidencia en el interés de los prados como comunidades mantenedoras de alta diversidad vegetal.

El trabajo que presentamos ahora, junto con el de Chocarro *et al.* (2009), se enmarca en un proyecto interdisciplinar (PM076/2007 del Gobierno de Aragón) que trata de

identificar las prácticas culturales favorecedoras de la conservación de la biodiversidad vegetal en los prados pirenaicos. En ambos estudios hemos comenzado con un exhaustivo análisis de la vegetación, al que seguirá el de la gestión. La inclusión de estas comunidades vegetales en la directiva europea de conservación de hábitat (Directiva 97/62/CE), como hábitat de interés comunitario (Zamora, 2005), puede abrir nuevas expectativas en su mantenimiento, sobre todo si se consideran como paradigma de gestión agraria ligada a la conservación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

En los meses de junio y julio de 2008, en fechas próximas al primer corte de la hierba, se muestrearon un total de 104 prados repartidos entre los valles de Tena, Broto, Gistaín y Benasque, del Pirineo oscense. Las parcelas se seleccionaron en función de su representatividad tanto florística como de manejo dentro de la pradería de cada valle. El muestreo consistió en un inventario florístico de los 100 m<sup>2</sup> centrales de cada parcela, anotando la altitud, orientación (ambas con GPS), pendiente (clinómetro) y altura máxima y media de la hierba del prado. La producción se estimó mediante corte de una muestra de 0,25 m<sup>2</sup> obteniendo la materia seca en laboratorio. La cobertura de cada especie se estimó transformando (Van der Maarel, 1979) los índices fitosociológicos de abundancia-dominancia a porcentajes (+=0,1%, 1=5%, 2=17,5%, 3=37,5%, 4=62,5 y 5=87,5%), y llevando posteriormente los datos al 100%. A partir de estos valores se calcularon, en cada uno de los 104 inventarios, las coberturas de gramíneas, leguminosas y "otras", la riqueza florística (número de especies por inventario), el índice de diversidad de Shannon-Weaver (H') y el índice de Pielou (J) para estimar la equitabilidad (Magurran, 1988).

Utilizando la base de datos PLANTATT (Hill *et al.*, 2004) se asignó a cada especie su forma biológica según Raunkiaer (fanerófito, caméfito, hemicriptófito, geófito y terófito) y los índices de Ellenberg de luz (L), humedad (H), acidez edáfica (R), nitrógeno (N) y salinidad (S). Mediante el paquete estadístico SPSS se estimaron medias, desviaciones estándar, máximos, mínimos y una matriz de correlaciones de Pearson entre los parámetros descritos.

A partir de los datos de presencia-ausencia de las especies en cada inventario florístico, se realizó un análisis multivariante de dos vías (TWINSPAN) (Leps y Smilauer, 2003), que nos permitió establecer una clasificación de las parcelas en función de su composición florística. Posteriormente, la asignación fitosociológica de cada parcela se realizó con la ayuda del programa VEGANA (*Vegetation edition and Analysis*), desarrollado por miembros de la *Unitat de Botànica del Departament de Biologia Vegetal* de la Universidad de Barcelona (De Cáceres *et al.*, 2003).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El total de especies vegetales inventariadas en las 104 parcelas estudiadas, fue de 182, 29 de ellas pertenecientes a la familia de las gramíneas, 23 a leguminosas y 130 a otras familias botánicas. Comparando los resultados medios de nuestro muestreo expresados en las Tablas 1, 2, 3 y 4, con trabajos anteriores (Chocarro *et al.*, 1990; Ferrer *et al.*, 1990; Maestro *et al.*, 1990; Santa María *et al.*, 2003), constatamos que nuestros valores medios de producción de MS, diversidad, coberturas de los grupos

agronómicos, porcentajes de formas biológicas e índices de Ellenberg no difieren de los apuntados por esos autores. En este trabajo, en todo caso, detectamos valores ligeramente superiores para el parámetro riqueza específica.

**Tabla 1. Valor medio, desviación estándar, mínimo y máximo de algunos parámetros estudiados en el 1<sup>er</sup> corte de prados pirenaicos (n=104 parcelas).**

	Media	Desv. st.	Mín.	Máx.
Producción (kg MS/ha)	4316,1	1311,8	1919,0	8880,0
Riqueza específica (N° Esp.)	32,8	7,6	15,0	51,0
Índice de Shannon-Weaver (H')	2,55	0,28	1,66	3,24
Equitabilidad (J)	0,73	0,05	0,55	0,84
Altura máxima de la hierba (cm)	1,47	0,29	0,70	2,00
Altura media de la hierba (cm) (Alt. hba.)	0,84	0,31	0,30	1,60
Altitud de la parcela (msm) (Alt.)	1329,4	160,1	953,0	1657,0
Pendiente de la parcela (%) (Pend.)	14,8	12,4	0,0	70,0

**Tabla 2. Valor medio, desviación estándar, mínimo y máximo del número de especies y de las coberturas de los grupos gramíneas, leguminosas y otras en el 1er corte de prados pirenaicos (n=104 parcelas).**

	Número de especies (%)				Coberturas (%)			
	Media	Desv. st.	Mín.	Máx.	Media	Desv. st.	Mín.	Máx.
Gramíneas (Gram.)	27,21	6,60	15,79	43,48	44,26	12,57	16,28	80,32
Leguminosas (Leg.)	17,38	4,57	5,71	29,41	18,58	8,39	0,14	44,99
Otras	55,41	8,72	29,41	70,83	37,17	13,70	4,06	68,73

**Tabla 3. Valor medio, desviación estándar, mínimo y máximo de las distintas formas biológicas expresadas como porcentajes de especies en el 1.º corte de prados pirenaicos (n=104 parcelas).**

Formas Biológicas (%)	Media	Desv. st.	Mín.	Máx.
Fanerófitos	0,14	0,64	0,00	3,45
Caméfitos	5,83	2,95	0,00	15,00
Hemicriptófitos	76,52	7,51	53,49	100,00
Geófitos	2,59	2,87	0,00	13,04
Terófitos	14,82	7,03	0,00	39,53
Sin clasificar	0,10	0,49	0,00	2,70

**Tabla 4. Valor medio, desviación estándar, mínimo y máximo de las distintos índices de Ellenberg para las variables Luz (L), Humedad (F) Acidez (R), Nitrógeno (N) y Salinidad (S) en el 1er corte de prados pirenaicos (n=104 parcelas).**

Índices de Ellenberg	Media	Desv. st.	Mín.	Máx.
Luz (L)	6,63	0,33	5,55	7,26
Humedad (F)	4,28	0,36	3,52	5,35
Acidez (R)	6,05	0,34	4,98	6,67
Nitrógeno (N)	4,21	0,46	3,16	5,67
Salinidad (S)	0,14	0,04	0,03	0,26

En la Tabla 5 se muestra la matriz de correlaciones entre los parámetros observados. La producción se correlaciona positivamente con la uniformidad, la cobertura de gramíneas, las especies indicadoras de luminosidad y nitrógeno, y la altura de la hierba; y lo hace negativamente con la riqueza de especies y la pendiente. Por otro lado, la riqueza específica tan sólo presenta correlaciones positivas con la diversidad, la cobertura del grupo “otras” y la pendiente, y está negativamente correlacionada con la cobertura de gramíneas, la altura de la hierba y los índices de Ellenberg de luz, humedad, acidez edáfica y nitrógeno. Algunos de estas relaciones habían sido ya apuntadas en Barrantes *et al.* (2008) y en Reiné *et al.* (2008).

**Tabla 5. Matriz de Correlaciones entre algunos parámetros estudiados. Prueba de Pearson (n=104 parcelas). Sólo se indican con asteriscos las correlaciones significativas (p<0,01 \*\*; p<0,05 \*). Véanse las tablas 1, 2 y 4 para los nombres de las variables.**

	Nº Esp.	H'	J	Gram.	Leg.	Otras	L	F	R	N	S	Alt.	Pend.	Alt.hba.	Prod.
Nº Especies	1	0,75**	0,19	-0,41**	-0,09	0,43**	-0,48**	-0,64**	-0,41**	-0,75**	-0,01	0,19	0,28**	-0,48**	-0,24*
Diversidad (H')	0,75**	1	0,78**	-0,42**	-0,02	0,40**	-0,37**	-0,44**	-0,30**	-0,49**	-0,06	0,10	0,14	-0,35**	0,01
Equitabilidad (J)	0,19	0,78**	1	-0,23*	0,07	0,17	-0,11	-0,05	-0,07	-0,02	-0,08	0,01	-0,06	-0,08	0,23*
Gramíneas	-0,41**	-0,42**	-0,23*	1	-0,19*	-0,80**	0,30**	0,43**	0,17	0,47**	0,08	-0,07	-0,15	0,44**	0,29**
Leguminosas	-0,09	-0,02	0,07	-0,19*	1	-0,43**	0,20*	0,05	0,23*	0,09	0,27**	-0,17	-0,07	-0,09	-0,01
Otras	0,43**	0,40**	0,17	-0,80**	-0,43**	1	-0,40**	-0,42**	-0,30**	-0,49**	-0,24*	0,16	0,18	-0,37**	-0,26*
Luz (L)	-0,48**	-0,37**	-0,11	0,30**	0,20*	-0,40**	1	0,68**	0,89**	0,67**	0,09	-0,26**	-0,20	0,31**	0,18
Humedad (F)	-0,64**	-0,44**	-0,05	0,43**	0,05	-0,42**	0,68**	1	0,50**	0,86**	-0,08	-0,19	-0,33**	0,41**	0,37**
Acidez (R)	-0,41**	-0,30**	-0,07	0,17	0,23*	-0,30**	0,89**	0,50**	1	0,63**	0,01	-0,35**	-0,19	0,31**	0,14
Nitrógeno (N)	-0,75**	-0,49**	-0,02	0,47**	0,09	-0,49**	0,67**	0,86**	0,63**	1	-0,04	-0,33**	-0,31**	0,56**	0,38**
Salinidad (S)	-0,01	-0,06	-0,08	0,08	0,27**	-0,24*	0,09	-0,08	0,01	-0,04	1	-0,01	-0,08	-0,11	-0,09
Altitud	0,19	0,10	0,01	-0,07	-0,17	0,16	-0,26**	-0,19	-0,35**	-0,33**	-0,01	1	0,01	-0,27**	0,08
Pendiente	0,28**	0,14	-0,06	-0,15	-0,07	0,18	-0,20	-0,33**	-0,19	-0,31**	-0,08	0,01	1	-0,16	-0,30**
Altura hierba	-0,48**	-0,35**	-0,08	0,44**	-0,09	-0,37**	0,31**	0,41**	0,31**	0,56**	-0,11	-0,27**	-0,16	1	0,33**
Producción	-0,24*	0,01	0,23*	0,29**	-0,01	-0,26*	0,18	0,37**	0,14	0,38**	-0,09	0,08	-0,30**	0,33**	1



En la Tabla 6 se presentan los resultados de la clasificación fitosociológica de las parcelas, tanto a nivel de alianza vegetal como descendiendo al nivel de asociación. En ambos casos los resultados hacen referencia a los nueve grupos identificados en el análisis del programa TWINSPAN. La descripción detallada de estos grupos es objeto de otro trabajo paralelo (Chocarro *et al.*, 2009).

**Tabla 6. Clasificación fitosociológica a nivel de asociación vegetal y sus porcentajes de presencia en los nueve grupos de prados diferenciados por el programa Twinspan (n=número de parcelas en cada grupo).**

Clasificación Fitosociológica	Grupos TWINSPAN									Total (104)
	G1 (n)	G2 (5)	G3 (9)	G4 (20)	G5 (11)	G6 (5)	G7 (15)	G8 (22)	G9 (12)	
<b><i>Al. Arrhenatherion elatioris</i></b>	100,0	44,4	65,0	81,8	40,0	26,7	100,0	91,7	100,0	72,1
<i>Ophioglosso-Arrhenatheretum elatioris</i>	80,0	11,1	35,0	27,3	0,0	13,3	27,3	58,3	80,0	
<i>Rhinantho mediterranei-Trisetum flavescens</i>	20,0	22,2	15,0	45,4	40,0	6,7	31,8	0,0	0,0	
<i>Gentiano luteae-Trisetum flavescens</i>	0,0	11,1	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Tragopogon-Lolietum multiflori</i>	0,0	0,0	5,0	9,1	0,0	6,7	40,9	33,3	20,0	
<b><i>Al. Trisetum-Polygonion bistortae</i></b>	0,0	44,4	30,0	9,1	0,0	73,3	0,0	8,3	0,0	22,1
<i>Trisetum flavescens-Heracleetum pyrenaici</i>	0,0	44,4	30,0	9,1	0,0	73,3	0,0	8,3	0,0	
<b><i>Al. Cynosurion cristati</i></b>	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
<i>Cynosuro cristati-Trifolietum repentis</i>	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
<b><i>Al. Bromion erecti</i></b>	0,0	0,0	5,0	9,1	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8
<i>Euphrasio Plantaginetum subass. centauretosum</i>	0,0	0,0	0,0	9,1	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Phyteumo orbicularis-Festucetum nigrescentis</i>	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

Cabe destacar que, atendiendo a su vegetación, prácticamente todas las parcelas están consideradas como hábitats de interés comunitario según la Directiva 97/62/CE (Zamora, 2005). La mayoría de ellas, el 72%, pertenecen a la alianza *Arrhenatherion*, y están incluidas en el hábitat 6510. Dentro de esta alianza, la asociación predominante es *Ophioglosso-Arrhenatheretum elatioris*, destacando en los grupos G1 y G9 (80% en ambos). El 22% de los prados se clasificaron dentro de la alianza *Trisetum-Polygonion*, y se incluirían en el hábitat 6520. Con menor porcentaje (5%) se identificaron algunas parcelas de la alianza *Bromion*, del hábitat 6210, comunidades vegetales que pese a ser segadas, podrían considerarse en el Pirineo como de transición hacia los pastos de puerto (Fillat *et al.*, 2008). Únicamente la parcela perteneciente a la alianza *Cynosurion* quedaría excluida de la mencionada Directiva Hábitat.

## CONCLUSIONES

Los ganaderos del Pirineo de Huesca continúan gestionando prados con aceptables producciones de materia seca y que además mantienen una alta riqueza específica y diversidad. A pesar de que entre producción y biodiversidad no existe una correlación positiva, parece que el modo de manejo mantiene ambos parámetros a niveles deseables para la sostenibilidad ecológica. La clasificación fitosociológica de la vegetación estudiada incluye la mayoría de las comunidades dentro de las alianzas *Arrhenatherion* y *Trisetum-Polygonion*, consideradas ambas como hábitats de interés comunitario según la Directiva 97/62/CE. La protección de estas comunidades deberá velar por la continuidad de la gestión ganadera de las mismas.

## AGRADECIMIENTOS

Las investigaciones cuyos resultados se han presentado se realizaron con la subvención del proyecto PM076/2007 financiado por el Gobierno de Aragón. Deseamos agradecer también a M. De Cáceres por su ayuda en la determinación fitosociológica de los inventarios mediante VEGANA.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRANTES, O.; REINÉ, R.; BROCA, A.; FERRER, C., 2008. Relaciones diversidad florística-producción-manejo en prados de siega pirenaicos. En: *Pastos, clave en la gestión de los territorios: Integrando disciplinas*, 355-360. Ed. P. FERNÁNDEZ REBOLLO, A. GÓMEZ CABRERA, J.E. GUERRERO, A. GARRIDO, C. CALZADO, A.M. GARCÍA, M.D. CARBONERO, A. BLÁZQUEZ, S. ESCUÍN, S. CASTILLO. Junta de Andalucía. Córdoba.
- CHOCARRO, C.; FANLO, R.; FILLAT, F., 1990. Composición florística de algunos prados de siega Altoaragoneses. *Lucas Mallada*, **2**, 43-55.
- CHOCARRO, C.; REINÉ, R.; JUÁREZ, A.; BARRANTES, O.; FERRER, C.; BROCA, A., 2009. Clasificación florística de los prados de siega del Pirineo de Huesca. *Actas de la XLVIII Reunión Científica de la SEEP*. Huesca.
- DE CACERES, M.; FONT, X.; GARCÍA, R.; OLIVA, F., 2003. VEGANA, un paquete de programas para la gestión y análisis de datos ecológicos. *VII Congreso Nacional de la Asociación Española de Ecología Terrestre*, 1484-1497. Barcelona.
- FERRER, C.; AMELLA, A.; MAESTRO, M.; BROCA, A.; ASCASO, J., 1990. Praderas naturales de regadío de los fondos de valle del Pirineo central (Huesca): Suelo, manejo, flora, producción y calidad. *Actas XXX Reunión Científica de la SEEP*, 168-175. San Sebastián.
- FILLAT, F.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; GÓMEZ, D.; REINÉ, R. (Eds.), 2008. *Pastos del Pirineo*. CSIC-DPH, 319 pp. Madrid.
- HILL, M.O.; PRESTON, C.D.; ROY, D.B., 2004. *PLANTATT - Attributes of British and Irish Plants: Status, Size, Life History, Geography and Habitats*. Published Centre for Ecology & Hydrology, 148 pp. Cambridge (UK).
- LEPS, J.; SMILAUER, P., 2003. *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO*. Cambridge University Press, 269 pp. Cambridge (UK).
- MAESTRO, M.; FERRER, C.; AMELLA, A.; BROCA, A.; ASCASO, J. 1990. Praderas naturales de secano de los fondos de valle del Pirineo central (Huesca): Suelo, manejo, flora, producción y calidad. En: *Actas XXX Reunión Científica de la SEEP*, 176-183. San Sebastián.
- MAGURRAN, A.E., 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, 179 pp. New Jersey (USA).
- REINÉ, R.; BARRANTES, O.; BROCA, A.; FERRER, C., 2008. Influencia de los factores ambientales en la diversidad florística y en la producción de prados de siega pirenaicos. En: *Pastos, clave en la gestión de los territorios: Integrando disciplinas*, 361-367. Ed. P. FERNÁNDEZ REBOLLO, A. GÓMEZ CABRERA, J.E. GUERRERO, A. GARRIDO, C. CALZADO, A.M. GARCÍA, M.D. CARBONERO, A. BLÁZQUEZ, S. ESCUÍN, S. CASTILLO. Junta de Andalucía, Córdoba.
- SANTA MARÍA, 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*, 593-599. Ed. A. B. ROBLES, E. RAMOS, C. MORALES, E. SIMÓN, J. L. GONZÁLEZ, J. BOZA. Junta de Andalucía. Granada.

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

ZAMORA, J. (Coord.), 2005. *Los tipos de hábitat de interés comunitario de España*. ASPA – Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

## SUMMARY

### GRASS YIELD CHARACTERISTICS OF THE MOWN MEADOWS OF HUESCA PYRENEES

The vegetation of 104 mown meadows of several Pyrenean valleys of Huesca was studied. Floristic inventories were performed and samples for estimating the herbage production were taken in the central 100 m<sup>2</sup> of each meadow, close to the cutting date. The floristic composition was characterized, the sampling plots were classified in several groups, and the phytosociological associations were assessed by means of diverse procedures.

Our results indicate the continuity of the farming exploitation of these herbaceous communities, with acceptable grass yields and outstanding specific richness and diversity. In fact, practically the whole studied meadows can be considered as habitat types of Community interest, as the analysis of their vegetation has shown.

**Key words:** mountain meadows, habitat types of Community interest, herbaceous vegetation.



## CLASIFICACIÓN FLORÍSTICA DE LOS PRADOS DE SIEGA DEL PIRINEO DE HUESCA

C. CHOCARRO<sup>1</sup>, R. REINÉ<sup>2</sup>, A. JUÁREZ<sup>1</sup>, O. BARRANTES<sup>3</sup>, A. BROCA<sup>3</sup>, C. FERRER<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària. Universitat de Lleida. C/ Alcalde Rovira Roure, 177. 25198-Lleida. <sup>2</sup>Departamento de Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Escuela Politécnica Superior. Ctra. Cuarte s/n. 22071-Huesca.

<sup>3</sup>Departamento de Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Fac. de Veterinaria. Miguel Servet, 177. 50013 Zaragoza. rreine@unizar.es

### RESUMEN

Se analiza la composición florística de 104 prados de siega de cuatro valles del Pirineo de Huesca. Para ello, en fechas próximas al primer corte de la hierba se realizaron inventarios florísticos en los 100 m<sup>2</sup> centrales de cada prado, se tomaron muestras y se estimaron diversos parámetros que ayudaron a caracterizar la producción herbácea de las parcelas. Tras aplicar un procedimiento de clasificación automática, se diferenciaron nueve tipos de prados.

Estos grupos florísticos difieren significativamente en la mayoría de los parámetros analizados, pero los de más fácil interpretación fueron: la producción, la riqueza específica, la cobertura de gramíneas y "otras" especies, la altura de la hierba, la altitud y pendiente de la parcela y los índices de luz, humedad y nitrógeno de Ellenberg.

**Palabras clave:** Prados de montaña, producción herbácea, riqueza florística, especies indicadoras.

### INTRODUCCIÓN

El trabajo que presentamos junto con el de Reiné *et al.* (2009) se enmarca en un proyecto interdisciplinar (PM076/2007 del Gobierno de Aragón) que trata de identificar las prácticas culturales favorecedoras de la conservación de la biodiversidad vegetal en los prados pirenaicos. En Reiné *et al.* (2009), tras un detallado análisis de su vegetación, vimos que prácticamente la totalidad de estos prados pueden considerarse como hábitats de interés comunitario según la Directiva 97/62/CE (Zamora, 2005). En esta comunicación pretendemos diferenciar distintos tipos de prados según su composición florística y caracterizar la producción herbácea de esos grupos. En una segunda fase del proyecto tenemos previsto analizar las distintas formas de manejo de estas parcelas para mejorar la interpretación de la clasificación florística que presentamos a continuación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Entre los meses de junio y julio de 2008, en fechas próximas al primer corte de la hierba, se muestrearon un total de 104 prados repartidos entre los valles de Tena, Broto, Gistaín y Benasque, del Pirineo oscense. La metodología utilizada para el muestreo, el procesado en laboratorio de las muestras y el tratamiento de los resultados, se describe en Reiné *et al.* (2009).

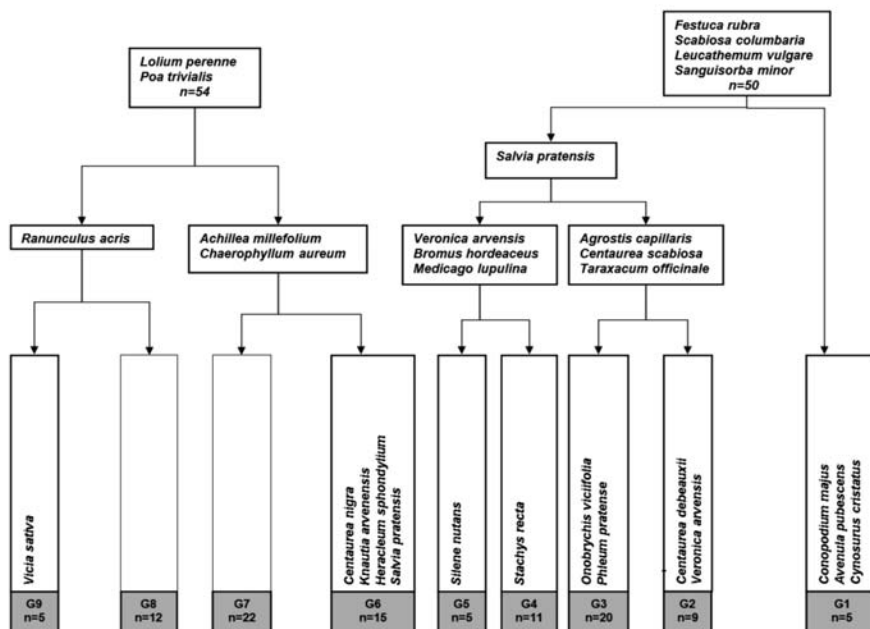
A partir de los datos de presencia-ausencia de las especies en cada inventario florístico, se procedió a la clasificación de las parcelas mediante el programa TWINSpan (Leps y Smilauer, 2003). En los nueve grupos de prados resultado de dicha clasificación se estimaron las medias y desviaciones estándar de los siguientes parámetros: producción, riqueza específica, diversidad de Shannon-Weaver ( $H'$ ), equitabilidad (J), altura de la hierba, porcentajes de cobertura de gramíneas, leguminosas y “otras”, altitud y pendiente de la parcela, porcentajes de especies de hemicriptófitos, fanerófitos, caméfitos geófitos y terófitos, y finalmente los índices de Ellenberg de luz, humedad, acidez, nitrógeno y salinidad. Más información sobre las variables comentadas se puede consultar en Reiné *et al.* (2009). Estos 20 parámetros se compararon mediante ANOVAS. Cuando existían diferencias significativas se realizó un test de separación de medias LSD (Zar, 1984). Las variables que se expresaron en porcentajes se transformaron previamente con el arcoseno de la raíz cuadrada (Van der Maarel, 1979). Para la nomenclatura de las especies se siguió la *Flora Europaea* (Tutin, 1964-1993).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestran los resultados obtenidos de la clasificación de las parcelas en nueve grupos según su composición florística, realizado con la ayuda del TWINSpan. Las gráficas de las Figuras 2 y 3 representan los valores medios para cada grupo de los parámetros de producción, diversidad, familias botánicas, altura de la hierba, pendiente y altitud de la parcela (Figura 2), y de las formas biológicas e índices de Ellenberg (Figura 3). En el primer caso todas las medias mostraron diferencias significativas entre los grupos, salvo para la cobertura de leguminosas. En el segundo, la excepción fue el porcentaje de caméfitos. Los resultados generales obtenidos para la totalidad del muestreo ( $n=104$ ) se describen en Reiné *et al.* (2009).

En la Figura 1 se observan dos grandes tipos de comunidades: por un lado 50 prados que presentan como especies indicadoras *Festuca rubra*, *Scabiosa columbaria*, *Leucanthemum vulgare* y *Sanguisorba minor* (G1, G2, G3, G4, G5) y por otro 54 prados de *Lolium perenne* y *Poa trivialis* (G6, G7, G8 y G9). A continuación se resumen las principales características de ambos tipos:

**Grupos 1-5:** Son los prados de más bajas producciones pero de riqueza específica más elevada. Presentaron las coberturas de gramíneas más bajas y las más altas del grupo “otras”. La altura de la hierba en ellos es significativamente más baja que la del resto de prados y se ubican generalmente a mayores altitudes y pendientes que el resto (Figura 2). En su composición florística abundan especies indicadoras de ambientes poco luminosos, algo secos, y poco exigentes en nitrógeno (Figura 3). *Salvia pratensis* sería una buena especie característica de estas condiciones. Ya en un trabajo anterior de los mismos autores (Reiné *et al.*, 2008) se indicaba, sobre prados del Pirineo, que las situaciones “difíciles” (altitud, pendiente, exposiciones norte) favorecen



**Figura 1. Resultados del análisis TWINSpan: clasificación en nueve grupos de las 104 parcelas estudiadas en prados pirenaicos (1er corte) y especies indicadoras para cada grupo (n=número de parcelas).**

perturbaciones que pueden crear un micromosaico heterogéneo en la vegetación y, consecuentemente, una mayor riqueza específica. De estos cinco grupos destacamos los tres que alcanzan las riquezas específicas más altas: el G1 de *Avenula pubescens* presente sólo en las zonas más altas de Sallent de Gállego (Valle de Tena); el G2 de *Centaurea debeauxii* compuesto sólo por prados localizados en cotas altas de S. Juan de Plan (Valle de Gistaín); y el G4 de *Stachys recta* que agrupa a parcelas localizadas únicamente en el Valle de Benasque. A diferencia de ellos, el G3 está constituido por parcelas ubicadas en los cuatro valles estudiados.

Grupos 6-9: Conjunto de 54 prados con mayores valores de producción pero con riquezas específicas significativamente inferiores. Tienen las mayores coberturas de gramíneas y las más bajas del grupo “otras”. Generalmente la altura de la hierba en ellos es más alta que en el resto y se ubican en altitudes algo inferiores y en menores pendientes (Figura 2). Su composición florística estaría formada por especies más exigentes en luz, humedad y nitrógeno (Figura 3). Además de las mencionadas *L. perenne* y *P. trivialis* caracterizan estas comunidades *Ranunculus acris*, *Achillea millefolium* y *Chaerophyllum aureum*. A diferencia de la tipología anterior, cada uno de estos cuatro grupos (G6-G9), está formado por parcelas procedentes de los cuatro valles, es decir que no podemos hablar de singularidades florísticas localizadas. Son reseñables el G9 de *Vicia sativa* y el G8 de *Agrostis capillaris*, que alcanzan las producciones medias más altas (6576 kgMS/ha y 5192 kgMS/ha respectivamente) y las riquezas específicas medias más bajas (25 y 23,5 especies por parcela).

En un trabajo utilizando la misma metodología de clasificación, Santa María *et al.* (2003) diferenciaron seis grupos de prados tras el análisis de 255 parcelas en el valle de Broto. En su caso, especies clave para el agrupamiento fueron *Arrhenatherum*



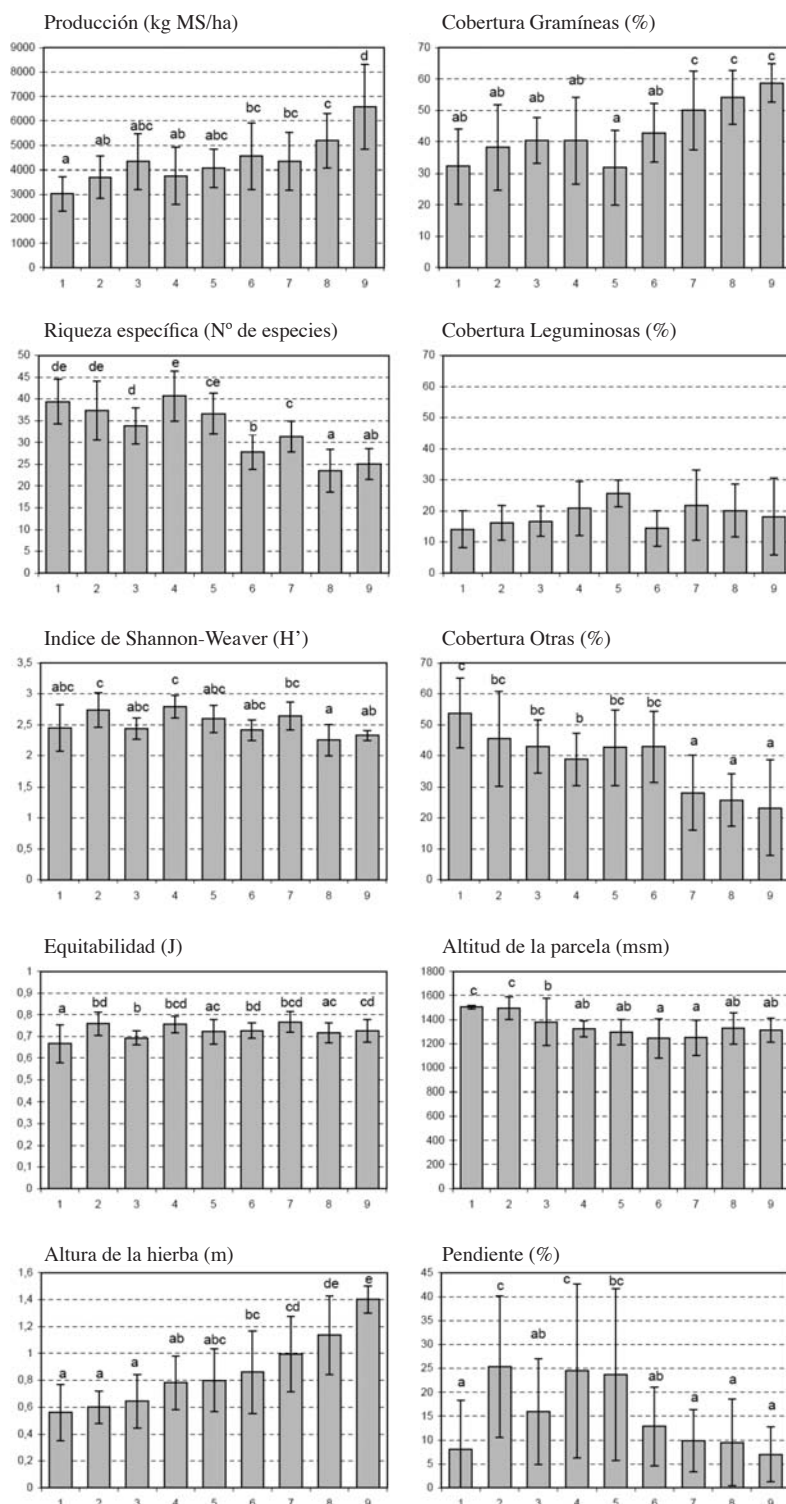


Figura 2. Valor medio y desviación estándar de los distintos parámetros estimados en los nueve grupos de prados, resultantes del análisis TWINSpan (1<sup>er</sup> corte). Columnas con diferentes letras difieren significativamente ( $p < 0,05$ ; Test ANOVA y Test LSD de separación de medias). La cobertura de leguminosas no presentó diferencias significativas.

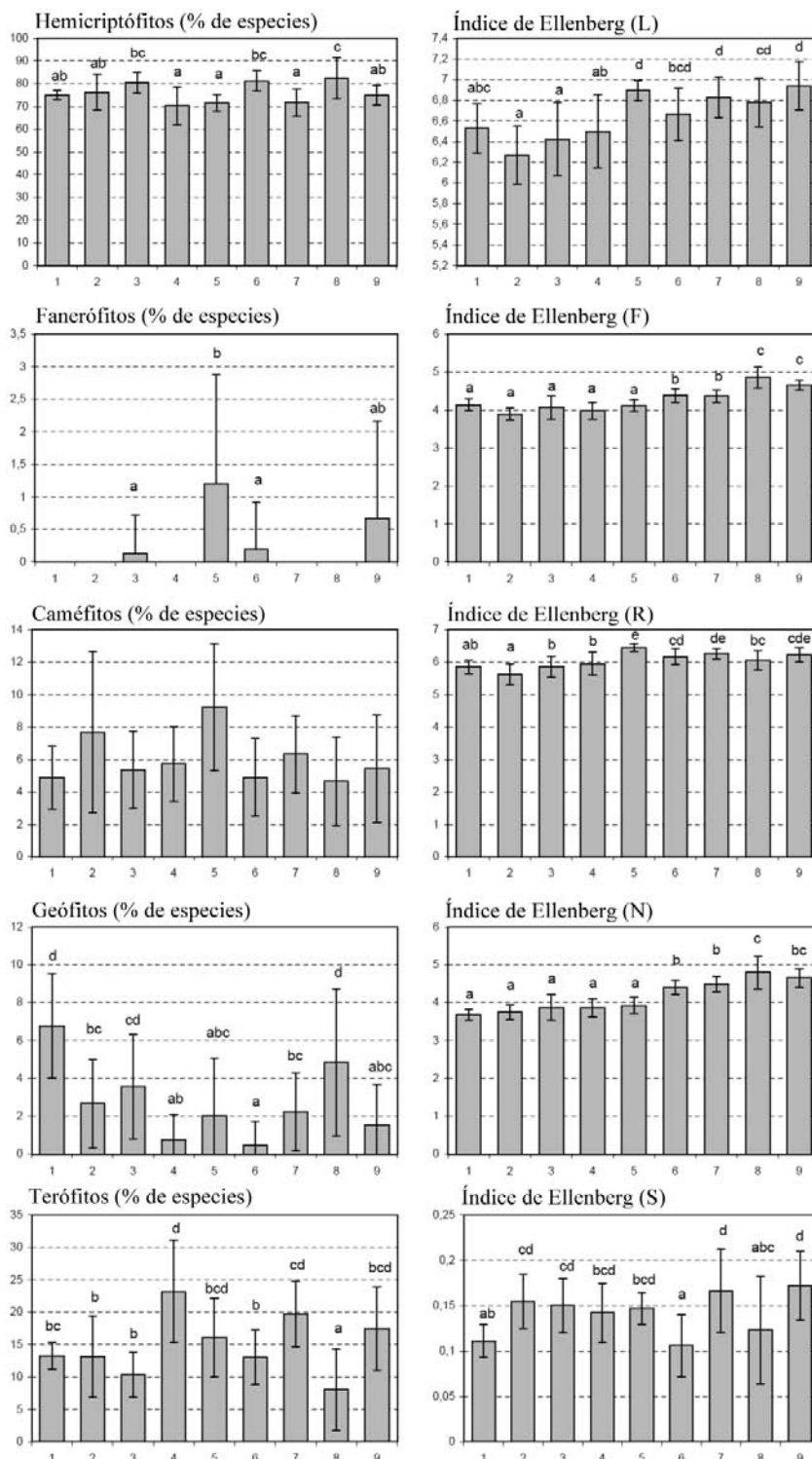


Figura 3. Valor medio y desviación estándar de las formas biológicas y los índices de Ellenberg estimados en los nueve grupos de prados resultantes del análisis TWINSpan (1er corte). Columnas con diferentes letras difieren significativamente ( $p < 0,05$ ; Test ANOVA y Test LSD de separación de medias). Los porcentajes de especies de caméfitos no presentaron diferencias significativas.

*elatius*, *Holcus lanatus*, *P. trivialis*, *L. perenne* y *C. nigra*. Las tres últimas coincidentes con las de los Grupos 6-9 de nuestro estudio, en donde pensamos que se incluirían las clases descritas por ellos. Parece lógico pensar que en nuestro caso existe una mayor amplitud florística al efectuar el muestreo sobre cuatro valles distintos. Sin embargo, en ambos estudios *P. trivialis* y *L. perenne* agrupan parcelas con elevadas producciones asociadas a condiciones de humedad, mientras que *C. nigra* agrupó parcelas con producciones algo inferiores. De todas formas para la correcta interpretación de estas clases no sólo debemos prestar atención a las condiciones del medio productivo, sino que son clave las prácticas de manejo de cada parcela, interaccionen o no con el medio (Jouven *et al.*, 2007; Orth *et al.*, 2008), por lo que será necesario ampliar el estudio incluyendo la información sobre su gestión.

## CONCLUSIONES

Atendiendo a la composición florística de las 104 parcelas estudiadas se han clasificado nueve grupos de prados. Estos grupos florísticos difieren significativamente en la mayoría de los parámetros analizados, pero los más destacables fueron: la producción, la riqueza específica, la cobertura de gramíneas y “otras” especies, la altura de la hierba, la altura y pendiente de la parcela y los índices de luz, humedad y nitrógeno de Ellenberg.

Algunos de estos nueve grupos están formados por prados de un solo valle, mientras que otros están constituidos por parcelas ubicadas en todos los valles estudiados. Cuando crucemos la información sobre la gestión ganadera de estos prados, que está en proceso de elaboración, quizás podamos clarificar más la dependencia de estos grupos florísticos de los factores abióticos y de manejo.

## AGRADECIMIENTOS

Las investigaciones cuyos resultados se han presentado se realizaron con la subvención del proyecto PM076/2007 financiado por el Gobierno de Aragón.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- JOUVEN, M.; LOISEAU, P.; ORTH, D.; FARRUGGIA, A.; BAUMONT, R., 2007. Estimer la diversité floristique des prairies des exploitations herbagères avec un modèle de simulation couplé à un indicateur “Note de la biodiversité”. *Fourrages*, **191**, 359-376.
- LEPS, J.; SMILAUER, P., 2003. *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO*. Cambridge University Press. 269 pp. Cambridge (UK).
- ORTH, D.; BALAY, C.; BONAFOS, A.; DELEGLISE, C.; LOISEAU, P., 2008. Proposition d’une démarche simple pour évaluer la diversité floristique d’une prairie permanente. *Fourrages*, **194**, 233-252.
- REINÉ, R.; BARRANTES, O.; BROCA, A.; FERRER, C., 2008. Influencia de los factores ambientales en la diversidad florística y en la producción de prados de siega pirenaicos. En: *Pastos, clave en la gestión de los territorios: Integrando disciplinas*, 361-367. Ed. P. FERNÁNDEZ REBOLLO, A. GÓMEZ CABRERA, J.E. GUERRERO, A. GARRIDO, C. CALZADO, A.M. GARCÍA, M.D. CARBONERO, A. BLÁZQUEZ, S. ESCUÍN, S. CASTILLO. Junta de Andalucía, Córdoba.

- REINÉ, R.; CHOCARRO, C.; JUÁREZ, A.; BARRANTES, O.; FERRER, C.; BROCA, A., 2009. Características de la producción herbácea en los prados de siega del Pirineo de Huesca. *Actas de la XLVIII Reunión Científica de la SEEP*. Huesca.
- SANTA MARÍA, 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*, 593-599. Ed. A. B. ROBLES, E. RAMOS, C. MORALES, E. SIMÓN, J. L. GONZÁLEZ, J. BOZA. Junta de Andalucía. Granada.
- Van der MAAREL, E., 1979. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio*, **39(2)**, 97-114. TUTIN, T.G. (Eds.), 1964-1993. *Flora Europaea*, Vols 1-5. Cambridge University Press. Cambridge.
- ZAMORA, J. (Coord.), 2005. *Los tipos de hábitat de interés comunitario de España*. ASPA – Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- ZAR, J.H., 1984. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, 718 pp. New Jersey.

## SUMMARY

### FLORISTIC CLASSIFICATION OF THE MOWN MEADOWS OF HUESCA PYRENEES

The floristic composition of 104 mown meadows of four Pyrenean valleys of Huesca was analyzed. Floristic inventories were performed and samples were taken in the central 100 m<sup>2</sup> of each meadow, close to the cutting date, to estimate several variables that helped to characterize the grass yield in the plots. Nine types of meadows were distinguished by means of an automatic classification procedure.

The floristic groups showed significant differences for most of the analyzed variables, but the easiest to interpret were: grass yield, specific richness, grasses and 'other' cover, herbage height, altitude and slope of the plot and Ellenberg light, moisture and nitrogen indexes.

**Key words:** mountain meadows, herbage production, specific richness, indicator species.



## ANÁLISIS PRELIMINAR DE LOS PATRONES FENOLÓGICOS EN UN PRADO MESOHIGRÓFILO GUADARRÁMICO

M.A. MINAYA<sup>1</sup>, C. CEBOLLA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento Agricultura y Economía Agraria. Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Ctra. Cuarte s/n. 22071 Huesca. <sup>2</sup>Edificio de Biología. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. C/ Darwin, 2. 28049 Madrid. miguel.minaya@unizar.es

### RESUMEN

Se ha realizado un seguimiento fenológico de 168 especies de angiospermas a lo largo de un ciclo anual en un prado situado en el fondo de valle del río Lozoya (Madrid, España). Dicho seguimiento se fundamentó en la duración de floración y en la intensidad de floración de cada especie. El análisis de los resultados muestra los pulsos fenológicos y las pautas de sincronía y heterocronía de algunas de las especies propias de estas comunidades herbáceas.

**Palabras clave:** fenología floral, valle del río Lozoya, Madrid.

### INTRODUCCIÓN

Tan conocida es la escasez de información precisa sobre fenología floral, como reconocido es que esta misma resulta ser imprescindible para comprender la estructura y dinámica ecológica de las biocenosis, así como para establecer pautas sobre su posible evolución temporal y manejo. La elección de una parcela en el valle del río Lozoya o valle del Paular (Madrid) para realizar el seguimiento fenológico no fue fortuita.

El estudio florístico de Fernández González (1988) dio a conocer la riqueza florística y también otros aspectos biogeográficos relevantes asociados a la identidad de su flora. De forma generalizada hoy se le reconoce como uno de los espacios naturales más valiosos de la Comunidad Autónoma de Madrid por su todavía buen estado de conservación (Díez Guerrier, 1998). Por otra parte, los trabajos previos dedicados a catalogar la composición florística característica de los pastos herbáceos paularenses han puesto de relieve y comprobado empíricamente la riqueza de especies halladas y el elevado número de táxones eurosiberianos que albergan (Caparrós *et al.*, 2007). La diversidad florística de estas comunidades ha sido mantenida y presumiblemente favorecida por el aprovechamiento de siega y pastoreo de baja intensidad.

Así, continuando con los anteriores trabajos, en este se plantea como objetivo realizar una primera aproximación a la descriptiva de la fenología floral del prado paularense, analizando para ello la duración e intensidad floral de 43 especies y los pulsos de floración, sucesión y reemplazo del total de las especies censadas en la parcela de seguimiento elegida.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio fue realizado en un prado mesohigrófilo de 2800 m<sup>2</sup>, situado en el término municipal de Alameda del Valle, a 1120 metros sobre el nivel del mar, en el piso bioclimático supramediterráneo medio subhúmedo inferior, con una precipitación media anual de 790 mm, y características semicontinentales (Rivas Martínez *et al.*, 1990). Pertenece al orden *Arrhenatheretalia* (Fernández González, 1988), dentro de la serie de vegetación *Fraxino-Quercu pyrenaicae*, en su variante más eutrofa (San Miguel, 1994). No ha sido sometido a siega, pastoreo u otras perturbaciones severas durante al menos 3 años. Su representación leñosa es la propia del ecosistema original, que se ha mantenido en las lindes en forma de bosque lineal matorralizado, árboles aislados y matorrales, situándose la cobertura herbácea en torno al 90%.

La obtención de datos de campo se llevó a cabo entre los meses de febrero y diciembre del año 2006, con una periodicidad semanal, realizándose 40 prospecciones que permitieron detectar y catalogar la presencia de 168 especies angiospérmicas. En cada prospección se controlaron las especies que presentaban individuos en antesis, atendiendo a dos parámetros: duración de floración e intensidad de floración.

La duración de floración es entendida como el periodo de tiempo en el que algún individuo presenta al menos una flor en antesis. Se considera que una especie presenta un corto periodo de floración cuando concentra su antesis en espacios de tiempos iguales o inferiores a cuatro semanas. Por el contrario, una especie presenta un largo periodo de floración cuando se registran individuos con antesis en espacios de tiempo superiores o iguales a nueve semanas.

La intensidad de floración es entendida como el número de estructuras o tallos que portan órganos florales en antesis. Con el fin de estandarizar nuestras observaciones se han establecido cinco clases de intensidad de floración (Tabla 1), bajo la hipótesis de que táxones pertenecientes a un mismo biotipo presentan morfologías estructurales y reproductoras similares. El tipo biológico de cada taxon se obtuvo siguiendo principalmente los criterios establecidos en Bolòs y Vigo (1990).

**Tabla 1. Rangos de las intensidades florales establecidas (+, 1, 2, 3, 4). Hemi. arros.: Hemicriptófito arrosado; Hemi. cesp.: Hemicriptófito cespitoso; Hemi. escap.: hemicriptófito escaposo; Teróf. arros.: terófito arrosado; Teróf. cesp.; terófito cespitoso; Teróf. erect.: terófito erecto; Teróf. escand.: terófito escandente; Teróf. rept.: terófito reptante; st. fl./m<sup>2</sup>: estructuras portadoras de órganos florales maduros por metro cuadrado.**

	+	1	2	3	4
Caméfito	1-10 st. fl./m <sup>2</sup>	11-20 st. fl./m <sup>2</sup>	21-40 st. fl./m <sup>2</sup>	41-60 st. fl./m <sup>2</sup>	> 60 st. fl./m <sup>2</sup>
Geófito	1 - 5 st. fl./m <sup>2</sup>	6 - 10 st. fl./m <sup>2</sup>	11-20 st. fl./m <sup>2</sup>	21-40 st. fl./m <sup>2</sup>	> 40 st. fl./m <sup>2</sup>
Hemi. arros.	1 - 5 st. fl./m <sup>2</sup>	6 - 10 st. fl./m <sup>2</sup>	11-20 st. fl./m <sup>2</sup>	21-40 st. fl./m <sup>2</sup>	> 40 st. fl./m <sup>2</sup>
Hemi. cesp.	1 - 10 st. fl./m <sup>2</sup>	11- 50 st. fl./m <sup>2</sup>	51-100 st. fl./m <sup>2</sup>	101-150 st. fl./m <sup>2</sup>	>150 st. fl./m <sup>2</sup>
Hemi. escap.	1 - 5 st. fl./m <sup>2</sup>	6 - 10 st. fl./m <sup>2</sup>	11-30 st. fl./m <sup>2</sup>	31-100 st. fl./m <sup>2</sup>	>100 st. fl./m <sup>2</sup>
Teróf. arros.	1 - 10 st. fl./m <sup>2</sup>	11-30 st. fl./m <sup>2</sup>	31-80 st. fl./m <sup>2</sup>	81-150 st. fl./m <sup>2</sup>	> 150 st. fl./m <sup>2</sup>
Teróf. cesp.	1 - 20 st. fl./m <sup>2</sup>	21-50 st. fl./m <sup>2</sup>	51-100 st. fl./m <sup>2</sup>	101-150 st. fl./m <sup>2</sup>	> 150 st. fl./m <sup>2</sup>
Teróf. erect.	1 - 10 st. fl./m <sup>2</sup>	11-20 st. fl./m <sup>2</sup>	21-50 st. fl./m <sup>2</sup>	51-100 st. fl./m <sup>2</sup>	> 100 st. fl./m <sup>2</sup>
Teróf. escand.	1 - 10 st. fl./m <sup>2</sup>	11-20 st. fl./m <sup>2</sup>	21-50 st. fl./m <sup>2</sup>	51-100 st. fl./m <sup>2</sup>	> 100 st. fl./m <sup>2</sup>
Teróf. rept.	1 - 15 st. fl./m <sup>2</sup>	16-30 st. fl./m <sup>2</sup>	31-80 st. fl./m <sup>2</sup>	81-150 st. fl./m <sup>2</sup>	> 150 st. fl./m <sup>2</sup>





-Táxones que aparecen preferentemente en las áreas que presentan una mayor influencia del dosel leñoso: *Aristolochia paucinervis*, *Seseli peucedanoides* y *Myrrhoides nodosa*.

-Táxones capaces de desarrollar estructuras que les permiten resistir el progresivo endurecimiento climático estival propio del ambiente mediterráneo: *Chondrilla juncea*, *Jasione montana*, *Tragopogon pratensis* o *Verbascum pulverulentum*.

-Táxones capaces de dilatar la duración de su floración interrumpiendo su antesis en los periodos estivales más desfavorables, volviendo a florecer cuando los parámetros ambientales se suavizan. Aquí únicamente se consideran aquellas especies que interrumpen su floración durante un tiempo igual o superior a cuatro semanas: *Bellis perennis*, *Hieracium gr. pillosela*, *Lactuca serriola* o *Silene vulgaris*. Siendo los táxones hemicriptófitos quienes desarrollan mayoritariamente esta estrategia.

### **Intensidad de floración (Tabla 1 y Figura 1)**

#### *Floración unimodal*

La floración unimodal fue el patrón más común. Lo constituyen especies que comienzan su floración con una baja densidad de flores en antesis, aumentando su cantidad progresivamente hasta experimentar un pico de floración, disminuyendo a partir de entonces el número de órganos reproductores maduros hasta su completa conclusión. En la mayoría de los casos dicho pico se observa justo en mitad del periodo de floración, pudiendo estar desplazado hacia uno de los extremos. Algunos ejemplos ilustrativos serían *Aira caryophyllea*, *A. paucinervis*, *Armeria arenaria* subsp. *segoviensis*, *Arrhenatherum elatius* subsp. *bulbosum*, *Cerastium diffusum*, *Dianthus deltoides*, *Erophila verna*, *Galium aparine*, *Hyacinthoides hispanica*, y *Trifolium campestre*.

#### *Floración con trayectoria ascendente*

Las especies que presentan este patrón inician su floración con unos pocos órganos reproductores maduros, aumentando su número según pasan las semanas, hasta alcanzar su pico de máxima floración, momento a partir del cual su antesis finaliza repentinamente. Este tipo de floración podría asemejarse a una floración unimodal truncada. Algunas de las especies que presentan este patrón son *A. ludonensis*, *Cardaria draba*, *Filago pyramidata*, *Salvia verbenaca* y *Torilis arvensis*. Esta pauta se observó también en táxones cuyo periodo de antesis se interrumpió más rápido de lo esperado en función del desarrollo de sus tallos y botones florales. Probablemente, su periodo de floración menguó debido a la rápida desaparición de las condiciones ambientales idóneas para su desarrollo. Estas especies exhiben su floración al final de la primavera o en la primera mitad del verano. Es el caso de *Dianthus armeria* que presenta en este enclave una de sus poblaciones ibéricas más meridional, o *Sedum amplexicaule* y *Serratula nudicaulis*, con distribuciones de óptimo corológico más septentrional.

#### *Floración con trayectoria descendente*

Las especies que lo presentan iniciaron su floración con un gran número de estructuras reproductoras en antesis, observándose su pico justo tras haberla iniciado. Posteriormente, el número de órganos florales en antesis disminuyó paulatinamente hasta desaparecer. Este fue el caso de *Convolvulus arvensis*, *Parentucellia latifolia* y *Ranunculus acris*.

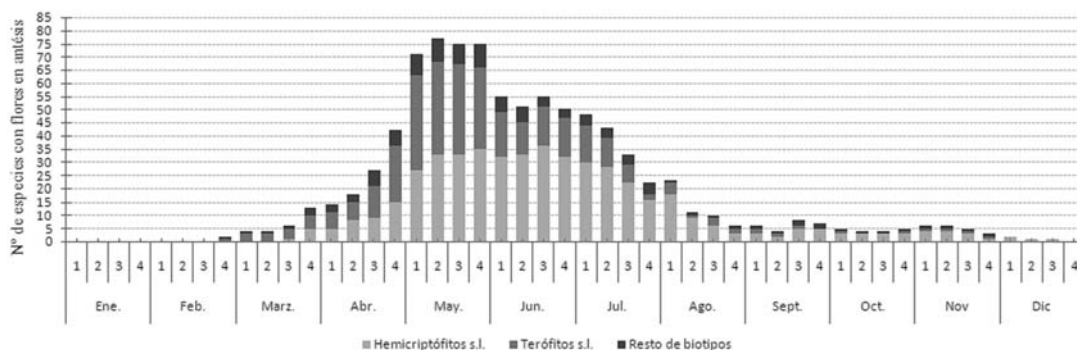
**Pulsos de floración (Figura 1 y Figura 2)**

Los primeros registros de individuos con flores en antesis se produjeron en la cuarta semana de febrero, con especies como *Narcissus graellsii* y *C. diffusum*. Desde ese momento se observó un fuerte y constante aumento hasta la segunda semana de mayo, manteniéndose además una alta sustitución específica. En la primera quincena de mayo se contabilizaron simultáneamente hasta 77 especies en antesis (46% del total).

El primer decrecimiento notable se observó entre la cuarta semana de mayo y la primera de junio, momento en el que concluyeron su floración de forma neta un total de 20 táxones (11% del total), desapareciendo especies como *Potentilla neumanniana* o *Arenaria leptoclados*. En junio, el número de especies en floración simultánea osciló entre 51 y 57 (31,6% del total). Entre la cuarta semana de junio y la primera de agosto la tendencia decreciente se mantiene, siendo el déficit acumulado desde junio de 33 especies (23,3% del total), desapareciendo especies como *Prunella laciniata* o *Centaureum erythraea*. A partir de la segunda semana de agosto se constató un nuevo descenso brusco, suceso que climatológicamente puede hacerse corresponder con el periodo de estiaje, y que se prolonga ya atenuado hasta mediado septiembre. Así, en la segunda semana de septiembre, el déficit desde agosto fue de 19 especies (11% del total), de los cuales casi la mitad concluyeron su floración entre la primera y la segunda semana de agosto. Desapareciendo especies como *A. oleraceum* o *Hypericum perforatum*.

A partir de la tercera semana de septiembre, coincidiendo con las lluvias otoñales, se detectó un repunte de táxones en antesis; especies que ya habían florecido antes de agosto vuelven a hacerlo, uniéndose a las remanentes del periodo estival y a nuevas como *Crocus serotinus*. Esta situación se mantiene con una ligera tendencia a la baja a lo largo de octubre y noviembre, meses en los que se censaron en torno a 6 táxones (3,6% del total). En la última semana de diciembre no se detectó ninguna especie en flor, iniciándose la fase de reposo invernal.

Respecto a la representación de biotipos a lo largo del ciclo anual (Figura 2), se observó que la contribución de los hemicriptófitos a la actividad reproductora es elevada y continua (82 especies; 49% del total). Se manifiestan dos fases de con-



**Figura 2. Número de especies en antesis por semana a lo largo del año 2006, y proporciones de los biotipos hemicriptófitos s.l., terófitos s.l., y resto de biotipos (caméfitos y geófitos).**

tribución estable: desde mayo hasta la primera mitad de julio y desde la segunda mitad de septiembre hasta noviembre, siendo a partir de agosto el biotipo hemicriptófito el que mantiene casi en su totalidad la antesis observada. No obstante, la mayor riqueza de estrategias reproductoras se produjo cuando los terófitos (55 especies; 33% del total) mostraron su óptimo de floración en sincronía con los hemicriptófitos, en el periodo primaveral. Así, de febrero a mayo, la curva de representación terofítica aumentó siguiendo una tendencia de crecimiento similar a la de los hemicriptófitos, para decaer bruscamente a partir de la primera semana de junio, experimentando una nueva contracción a finales de julio, que finalmente condujo a una presencia escasa con breves repuntes, hasta su total desaparición a finales de noviembre.

## CONCLUSIONES

Con la prevención propia de un ensayo preliminar, constatamos que en ausencia de siega, pastoreo u otras perturbaciones severas durante al menos 3 años, la contribución dominante al mantenimiento de recursos florales durante prácticamente todo el ciclo anual ha sido debida al biotipo hemicriptófito, si bien queremos destacar que la nutrida representación terofítica desempeñó un papel relevante, diversificando estrategias reproductoras muy especialmente en los primeros compases primaverales, cuando las estructuras vegetativas de los hemicriptófitos, con quienes compiten por recursos como luz, espacio y nutrientes, aún no se han desarrollado completamente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOLÒS, O.; VIGO, J., 1990. *Flora dels Països Catalans*. Barcino. Barcelona.
- CAPARRÓS CALLEJO, R.; CEBOLLA LOZANO, C.; GARCÍA CARVAJAL, E.; MINAYA SANTA-CRUZ, M. A.; ORGÁZ ÁLVAREZ, J. D., 2007. El prado mesohigrófilo guadarrámico: ejemplo de refugio para táxones pirenaico-cantábricos en el centro de la Península Ibérica. *VIII Coloquio Internacional de Botánica Pirenaico-Cantábrica*. León.
- DÍEZ GUERRIER, A., 1998. La ganadería en Rascafría: Situación actual y futuro. En *Primeros encuentros científicos del Parque Natural de Peñalara y del Valle de El Páular*, 81-83. Ed. L. NAVALÓN BLANCH, D. PRIETO CANA. Consejería de Medio Ambiente. Comunidad de Madrid. Dirección General del Medio Natural.
- FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, F., 1988. *Estudio Florístico y Fitosociológico del Valle del Páular (Madrid)*. Tesis doctoral (inéd.). Universidad Complutense de Madrid. Madrid.
- RIVAS MARTÍNEZ, S.; FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, F.; SÁNCHEZ MATA, D.; PIZARRO J.M., 1990. Vegetación de la Sierra de Guadarrama. *Itinera Geobotánica*, **4**, 3-132.
- SAN MIGUEL AYANZ, A., 1994. *Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos de la Comunidad de Madrid*. Informe final Proyecto INIA OT00-037-C17-02.

## SUMMARY

### **PRELIMINARY ANALYSIS OF THE PHENOLOGICAL PATTERNS IN A DRY MEADOW OF GUADARRAMA MOUNTAIN**

A phenological monitoring study of 168 angiosperm species has been made along an annual cycle in a meadow located in the bottom of Lozoya river Valley (Madrid, Spain). This research was based on the extent of flowering (also named as length of flowering) and the intensity of flowering of every species. Analysis of these results showed, until now only as a single test, the phenological pulses and patterns of synchronic and simultaneity flowering for some of the common species of this herbaceous community.

**Key words:** floral phenology, Lozoya river valley, Madrid.



## EFFECTO DEL HONGO ENDOFÍTICO DE *FESTUCA RUBRA* EN LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE ESPECIES PRATENSES

B.R. VÁZQUEZ DE ALDANA, M. ROMO, A. GARCÍA-CIUDAD, B. GARCÍA-CRIADO

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca – CSIC. Cordel de Merinas 40-52. 37008 Salamanca. [beatriz.dealdana@irnasa.csic.es](mailto:beatriz.dealdana@irnasa.csic.es)

### RESUMEN

Varias especies vegetales producen sustancias químicas que inhiben el crecimiento de otras especies. Este tipo de interacciones se denominan alelopáticas y tienen gran interés por su aplicación como herbicidas naturales. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto que produce el hongo endofítico *Epichloë festucae* en el potencial alelopático de *Festuca rubra*, una gramínea muy apreciada en céspedes. En una serie de bioensayos en placas Petri y en macetas se evaluó la actividad alelopática tanto de extractos como de la misma planta de *F. rubra*, en versión infectada (E+) y no infectada (E-), sobre la germinación y el crecimiento de las especies *Trifolium repens*, *Trifolium pratense* y *Plantago lanceolata*. Los resultados mostraron que los extractos de raíces de *F. rubra* E+ inhiben el crecimiento de radícula de *T. pratense* y *P. lanceolata*. Además, en los ensayos realizados en macetas, en presencia de plantas E+ la longitud y el peso de radícula de las tres especies fue menor que en presencia de plantas E-. Estos resultados sugieren que la presencia de *E. festucae* puede incrementar el potencial alelopático de las raíces de *F. rubra* sobre estas especies.

**Palabras clave:** alelopatía, germinación, endofitos, crecimiento raíz, especies pratenses.

### INTRODUCCIÓN

Los pastos de dehesa están formados por numerosas especies, entre las que destacan una serie de gramíneas valoradas como forrajeras por su calidad nutritiva, así como por su valor ornamental en espacios verdes. La superficie que ocupan los céspedes aumenta en la sociedad actual, tanto para uso particular como para usos sociales u otros (Pastor Sáez *et al.*, 2002). Además de este uso ornamental, las especies cespitosas cumplen funciones como estabilizadoras de terrenos, soporte de actividades deportivas, etc.

*Festuca rubra* es una gramínea perenne que tolera la sombra y la sequía, es resistente al frío y se establece bien en suelos pobres en nutrientes. Se caracteriza por formar un césped fino de alta calidad estética. Muchas mezclas comerciales de semillas de césped contienen entre un 10 y un 60% de semilla de *F. rubra* e incluso algunas mezclas para céspedes de sombra están constituidas exclusivamente por esta especie.



Varias herbáceas apreciadas en pastos como *Trifolium repens*, *T. pratense* y *Plantago lanceolata* son consideradas como invasoras o malas hierbas en céspedes (Semillas Zulueta, 1994). El aumento de la superficie ocupada por céspedes lleva consigo, por tanto, un incremento del uso de herbicidas y fungicidas para su mantenimiento.

Hay especies vegetales que producen sustancias químicas que inhiben el crecimiento de otras especies; este tipo de interacciones, con interés creciente, son denominadas interacciones alelopáticas. Su aplicación como herbicidas naturales tiene gran interés, ya que se presenta como una alternativa más racional, y respetuosa con el medio ambiente. Los microorganismos también juegan un papel importante dentro de las interacciones alelopáticas; la diversidad de hongos es muy amplia y éstos producen una gran cantidad de metabolitos secundarios con actividad biológica. El hongo endofítico *Epichloë festucae* infecta de forma asintomática a *F. rubra*. Esta asociación tiene un gran potencial para uso en céspedes, debido a la ventajas que presentan las plantas infectadas frente a las no infectadas (Zabalgogazcoa *et al.*, 2006; Zabalgogazcoa y Vázquez de Aldana, 2007).

El objetivo de este trabajo es determinar el efecto que produce el hongo endofítico *E. festucae* en el potencial alelopático de *F. rubra*. Para ello, en primer lugar se evalúa en una serie de bioensayos en placas Petri la actividad de extractos de plantas de *F. rubra* infectadas y no infectadas sobre la germinación y crecimiento de las especies *T. repens*, *T. pratense* y *P. lanceolata*; posteriormente se evalúa el efecto de las plantas de *F. rubra* creciendo en macetas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El potencial alelopático de plantas de *F. rubra* infectadas por *E. festucae* y plantas no infectada se evaluó por medio de dos ensayos diferentes: 1) ensayo en placas con extractos de plantas de *F. rubra*; 2) ensayo en macetas con plantas adultas de *F. rubra*. En ambos casos se consideraron plantas de *F. rubra* infectadas por el hongo endofítico *Epichloë festucae* (E+), y plantas no infectadas (E-). Estas plantas fueron obtenidas en pastos de dehesa de la provincia de Salamanca, y los ecotipos no infectados se obtuvieron a partir de los infectados mediante tratamiento con fungicida, según se indica en Zabalgogazcoa *et al.* (2006). El diagnóstico de la infección endofítica se realizó mediante observación microscópica de muestras de médula de tallo (Bacon y White, 1994).

### Ensayo con extractos

A partir de plantas de *F. rubra* E+ y E- creciendo en invernadero durante 6 meses, se obtuvieron extractos acuosos de hojas (H) y de raíces (R) según el procedimiento indicado por Ebana *et al.* (2001). Estos extractos se utilizaron para realizar bioensayos de germinación y crecimiento de radícula (de forma independiente) sobre las especies *T. repens*, *T. pratense* y *P. lanceolata*.

### Ensayos de germinación

En placas Petri de 9 cm y sobre papel de germinación se añadieron 4 ml del extracto correspondiente (H, R) o agua como control (C) y se colocaron 30 semillas (previamente esterilizadas). Se consideraron 5 replicas para cada combinación de in-

fección (E+, E-) y tipo de extracto (H, R, C). Las placas se mantuvieron en cámara de incubación en oscuridad a 25°C, controlando diariamente el número de semillas que germinan.

### Ensayos de crecimiento de radícula

Se realizó el mismo diseño que en el ensayo de germinación. En este caso se consideran 25 semillas pre-germinadas, es decir semillas germinadas con una radícula aproximadamente de 2 mm. Las placas se mantienen en cámara climática con 16h luz a T=24°C y 8h de oscuridad a T=17°C, durante 48 h. Transcurrido ese tiempo las plántulas se escanean para determinar posteriormente la longitud radicular (sobre la imagen escaneada).

### Ensayo en macetas con plantas adultas

Para este ensayo se utilizaron plantas de *F. rubra* que han crecido durante seis meses en invernadero. En total se seleccionaron 30 plantas infectadas (E+) y 30 no infectadas (E-) de tamaños similares que se transplantaron individualmente a macetas en una mezcla de turba, perlita y arena. Se dispusieron en un fitotrón con fotoperíodo de 16 h luz a 25°C y 8 h oscuridad a 20°C, y humedad controlada del 70%. Después de un mes de aclimatación en el fitotrón, se sembraron 10 semillas de cada especie (*T. repens*, *T. pratense* y *P. lanceolata*) en cada una de las macetas con plantas de *F. rubra* E+ o E-. Se consideraron 5 réplicas en cada caso. Se controló diariamente la emergencia de plántulas hasta la tercera semana, momento en el que se estabilizó la emergencia de nuevas plántulas. Tras este período, se retiraron las plántulas de las macetas y se determinó: la longitud radicular y aérea (en imágenes escaneadas) y el peso seco radicular y aéreo.

### Análisis estadístico

Se determinó la velocidad de germinación mediante el índice S según Khandakar y Bradbeer (Ahmed y Wardle, 1994) de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$S = \left[ \frac{N_1}{1} + \frac{N_2}{2} + \frac{N_3}{3} + \dots + \frac{N_n}{n} \right] \cdot 100$$

Donde  $N_1, N_2, N_3 \dots N_n$  es la proporción de semillas que germinan el día 1, 2, 3...n después de iniciar el experimento. El índice S varía desde 100 (si todas las semillas germinan el primer día) hasta 0 (si no germina ninguna semilla al final del experimento).

Se utilizó el análisis de varianza de dos factores (infección y tipo de extracto) para analizar los datos obtenidos en placa Petri y un análisis de varianza de un factor (infección) para analizar los datos obtenidos en maceta. Los análisis se realizaron con el programa estadístico SPSS 15.0.

## RESULTADOS

### Efecto de los extractos de *F. rubra* en la germinación y crecimiento de plántulas

El porcentaje de germinación de las especies *T. repens*, *T. pratense* y *P. lanceolata* no varía entre extractos procedentes de plantas infectadas (E+) y no infectadas (E-). Sin embargo, considerando la velocidad de germinación, se observaron diferencias significativas. En varios casos la velocidad de germinación de las especies ensayadas fue menor en presencia de extractos procedentes de plantas E+ que con extractos de plantas E- (Tabla 1). Por otro lado, en presencia de extractos de hojas los porcentajes de germinación disminuyen hasta un 60% respecto al control (*T. repens*, Tabla 1) respecto al control, mostrando el potencial alelopático de *F. rubra* independientemente de la infección endofítica.

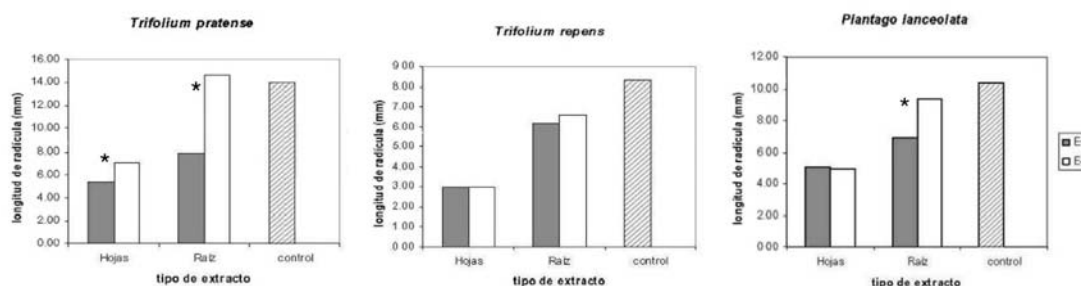
Los extractos de raíz de las plantas E+ producen una mayor inhibición de la longitud de raíz de *T. pratense* y *P. lanceolata* que los extractos de las plantas E-. En el caso de *T. repens* la diferencia no fue significativa ( $p > 0,05$ ) (Figura 1). En cuanto a los extractos de hojas, producen el mismo efecto de inhibición, pero sólo se encontró un efecto significativo en *T. pratense*.

**Tabla 1. Velocidad de germinación de *T. repens*, *T. pratense* y *P. lanceolata* frente a extractos acuosos de hojas y de raíz de plantas de *F. rubra* infectadas (E+) y no infectadas (E-). ns = diferencia no significativa; \*  $p < 0,05$**

	Raíz			Hojas			Control
	E+	E-		E+	E-		
<i>Trifolium repens</i>	67,5	77,2	(*)	22,3	24,3	(ns)	78,1
<i>Trifolium pratense</i>	57,3	63,8	(*)	40,2	42,0	(ns)	61,7
<i>Plantago lanceolata</i>	49,3	51,2	(ns)	24,4	28,1	(ns)	49,8

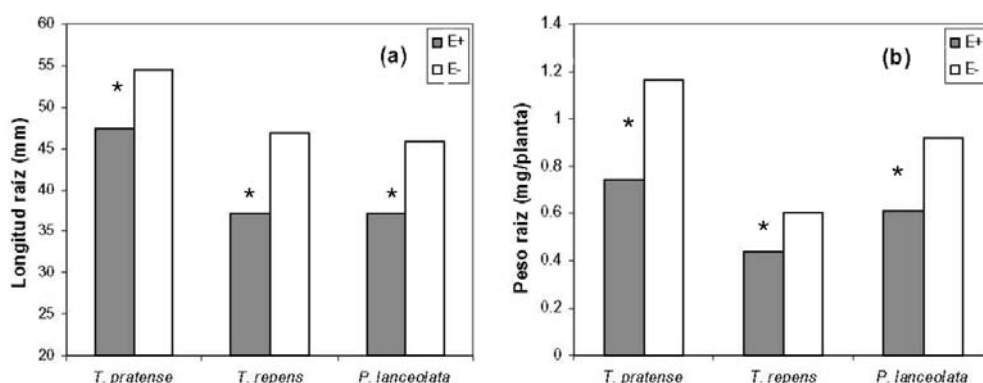
### Efecto de plantas adultas de *F. rubra*: ensayo en macetas

No se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en el efecto que producen plantas E+ y E- en el porcentaje de germinación de *T. pratense*, *T. repens* y *P. lanceolata*. Tampoco se encontraron diferencias en el efecto que producen en el hipocotilo (longitud o peso seco). Sin embargo, se encontraron efectos significativos y muy pro-



**Figura 1. Longitud de radícula de las especies frente a distintos tipos de extractos (raíz y hojas) procedentes de plantas de *F. rubra* infectadas (E+) y no infectadas (E-). Para cada tipo de extracto, pares de valores marcados con \* indican diferencias significativas a  $p < 0,05$ .**

nunciados en la raíz de las tres especies. En presencia de plantas de *F. rubra* E+ la longitud y el peso de la radícula de *T. pratense*, *T. repens* y *P. lanceolata* fue significativamente menor que en presencia de plantas E- (Figura 2).



**Figura 2. Longitud (a) y peso de radícula (b) de las especies *T. pratense*, *T. repens* y *Plantago lanceolata* después de 20 días creciendo en macetas con plantas de *F. rubra* infectadas (E+) y no infectadas (E-) por *Epichloë festucae*. Para cada tipo de extracto, pares de valores marcados con \* indican diferencias significativas a  $p < 0,05$ .**

## DISCUSIÓN

Los resultados de este trabajo muestran que la presencia del hongo endofítico *E. festucae* puede modificar el potencial alelopático de *F. rubra* sobre las tres especies ensayadas (*T. pratense*, *T. repens* y *P. lanceolata*). En general, los extractos de raíces de plantas infectadas de *F. rubra* (ensayos en placa) inhiben el crecimiento radicular de las especies ensayadas a diferencia de los efectos que producen los extractos de plantas no infectadas. Esto sugiere que las raíces de plantas infectadas puedan liberar compuestos que afectan al crecimiento radicular de otras especies con las que entran en contacto. Es decir, que el hongo endofítico *E. festucae* puede incrementar el potencial aleopático de *F. rubra*.

Por otro lado, los mayores efectos alelopáticos parecen ser producidos por extractos de hojas que afectan tanto a la germinación como a la longitud radicular. En este caso el efecto es independiente de la presencia/ausencia de endofito, y muestra el potencial alelopático de *F. rubra*.

Hay trabajos publicados en los que se muestra que en mezclas de leguminosas con gramíneas (*Lolium perenne*) infectadas por *Neotyphodium coenophialum*, el endofito produce un efecto supresor del crecimiento de la leguminosa en relación a las plantas no infectadas (Sutherland *et al.*, 1999), disminución que puede deberse a un efecto alelopático. Bertin *et al.* (2003) han mostrado que *F. rubra* infectada por *E. festucae* produce efectos alelopáticos en dos especies consideradas como malas hierbas, sin embargo, no atribuyen el efecto a la presencia del hongo porque no consideran plantas no infectadas en los experimentos. Sin embargo, en este trabajo se consideran plantas E+ y E- y se pueden atribuir las diferencias a la presencia del hongo.

Los experimentos realizados con plantas adultas muestran que tanto la longitud radicular como el peso seco de las tres especies es menor cuando crecen con plantas

infectadas que con no infectadas. Esta reducción puede deberse a un mayor desarrollo y competencia por recursos de las plantas infectadas. Así, se ha encontrado que plantas de *Festuca pratensis* infectadas por *Neotyphodium* tienen mayor producción de raíces respecto a las plantas no infectadas (Malinowski *et al.*, 1997).

Estos resultados sugieren que es posible utilizar endofitos como precursores de herbicidas naturales para su uso en céspedes y diversas cubiertas vegetales.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia, Proyecto AGL 2005-02839/AGR y fondos FEDER.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED, M.; WARDLE, D. A., 1994. Allelopathic potential of vegetative and flowering ragwort (*Senecio jacobea* L.) plants against associated pasture species. *Plant and Soil*, **164**, 61-68.
- BACON, C. W.; WHITE, J. F., 1994. Stains, media and procedures for analyzing endophytes. En: *Biotechnology of Endophytic Fungi of Grasses*, 47-56. Eds. C.W. BACON, J.F. WHITE. CRC Press. Boca Raton. FL (USA).
- BERTIN, C.; PAUL, R.N.; DUKE, S.O.; WESTON, L.A., 2003. Laboratory assessment of the allelopathic effects of fine leaf fescues. *Journal of Chemical Ecology*, **29**, 1919-1937.
- EBANA, K.; YAN, W.G.; DILDAY, R.H.; NAMAI, H.; OKUNO, K., 2001. Variation in the allelopathic effect of rice with water soluble extracts. *Agronomy Journal*, **93**, 12-16.
- MALINOWSKI, D.; LEUCHTMANN, A.; SCHMIDT, D.; NOSBERGER, J., 1997. Symbiosis with *Neotyphodium uncinatum* endophyte may increase the competitive ability of meadow fescue. *Agronomy Journal*, **89**, 833-839.
- PASTOR SÁEZ, J.N.; BOVET PLA, I.; PASCUAL POCA, M., 2002. El césped en España. Situación actual y perspectivas de futuro. En: *Producción de Pastos, Forrajes y Céspedes*, 31-36. Ed. C. CHOCARRO, F. SANTIVER, R. FANLO, I. BOVET, J. LLOVERAS. Edicions de la Universitat de Lleida. Lleida (España).
- SEMILLAS ZULUETA, 1994. *Céspedes y Cubiertas Vegetales*. Ediciones Mundi Prensa, 133 pp. Madrid (España).
- SUTHERLAND, B.L.; HUME, D.E.; TAPPER, B.A., 1999. Allelopathic effects of endophyte-infected perennial ryegrass extracts on white clover seedlings. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, **42**, 19-26.
- ZABALGOGEAZCOA, I.; GARCÍA CIUDAD, A.; VÁZQUEZ DE ALDANA, B.R.; GARCÍA CRIADO, B., 2006. Effects of the infection by the fungal endophyte *Epichloe festucae* in the growth and nutrient content of *Festuca rubra*. *European Journal of Agronomy*, **24**, 374-384.
- ZABALGOGEAZCOA, I.; VÁZQUEZ DE ALDANA, B.R., 2007. Potencial del hongo endofítico *Epichloë festucae* para la mejora del césped. *Innovación y Tecnología Agroalimentaria*, **2**, 145-157.

## SUMMARY

### **EFFECT OF *FESTUCA RUBRA* FUNGAL ENDOPHYTE ON GERMINATION AND GROWTH OF GRASSLAND SPECIES**

Several plant species produce chemicals altering plant growth and development. This kind of chemical interaction between plants are known as allelopathic interactions and are of interest because of their properties as natural herbicides. The objective of this study was to determine the effect of the fungal endophyte *Epichloë festucae* on the allelopathic potential of *Festuca rubra*. Several bioassays were carried out in Petri plates and in pots in order to evaluate the effect of *F. rubra* plants (infected and non infected) and their extracts on the germination and seedling growth of *Trifolium repens*, *Trifolium pratense* and *Plantago lanceolata*. The results show that root extracts from infected *F. rubra* inhibited radicle growth of *T. pratense* and *P. lanceolata*. Furthermore, the radicle length and radicle weight of the three species was lower when growing with infected plants than with non-infected plants. These results suggest that the presence of *E. festucae* may increase the allelopathic potential of *F. rubra* roots on other grassland species, mainly due to the root activity.

**Key words:** allelopathy, germination, endophytes, radicle growth, grassland species.



## CAMBIOS EN LA VEGETACIÓN PRODUCIDOS POR LOS HORMIGUEROS DE *LASIUS FLAVUS* EN PASTOS SUPRAFORESTALES DEL PIRINEO OCCIDENTAL

R. GARCÍA-GONZÁLEZ<sup>1</sup>, E. GARCÍA-RAMÓN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC), Apdo.64, 22700 Jaca (Huesca). <sup>2</sup>c/ Muntaner 571 2ªA, 08022 Barcelona. rgarciag@ipe.csic.es

### RESUMEN

Para averiguar los cambios en la vegetación debidos a la presencia de montículos de tierra producidos por la hormiga *Lasius flavus*, se llevaron a cabo muestreos dentro y fuera de hormigueros seleccionados al azar. Diez pares de muestras se tomaron en cada una de las comunidades de pasto *Bromion erecti* y *Nardion strictae* en el Pirineo occidental. Se determinó la cobertura de especies, y el N total, pH y temperatura del suelo. En general las especies que colonizan los hormigueros no son diferentes de las que se encuentran en su entorno, pero cambia su abundancia. *Thymus praecox*, *Cerastium arvense* y *Calluna vulgaris* fueron las únicas especies significativamente más abundantes en los hormigueros que en el pasto contiguo. En general aumentan las especies termófilas y disminuyen las calcífugas (p.e. *Nardus stricta*), al presentar los hormigueros una mayor alcalinidad. El número de especies es menor en los hormigueros que fuera de ellos, pero estos contribuyen a aumentar la heterogeneidad ambiental general de la comunidad.

**Palabras clave:** pastos de puerto, *Bromion*, *Nardion*, perturbación biótica.

### INTRODUCCIÓN

La estructura de los pastos de puerto es consecuencia del fondo florístico de las especies que los componen, de las condiciones ambientales en los que se desarrollan (suelo y clima principalmente) y de las perturbaciones a las que frecuentemente están sujetos (Gómez, 2008). Se trata de comunidades muy dinámicas, en las que la biomasa se renueva con rapidez y en donde las perturbaciones, tanto bióticas como abióticas, modelan continuamente este dinamismo (Montserrat, 1980). Una de estas perturbaciones, frecuentes en los pastos de la región eurosiberiana, son los montículos de tierra generados como consecuencia de la actividad de animales subterráneos, ya sean estos mamíferos u hormigas (Canals y Sebastià, 2004). Por medio de la actividad excavadora de los animales se acumula tierra en superficie, asfixiando a la vegetación presente, creando huecos en el pasto y oportunidades para la colonización de



nuevas especies (Gómez-García *et al.*, 1995). Además, los montículos cambian las propiedades del suelo y crean nuevas condiciones microclimáticas (King, 1977a). En ocasiones, la presencia de estos hormigueros puede afectar a una alta proporción de la superficie del pasto, siendo *Lasius flavus* una de las especies más activas e importantes en la formación de los mismos (Doncaster, 1981).

Las consecuencias que este tipo de perturbaciones tiene sobre la vegetación han sido bastante estudiadas en Europa y Norteamérica, pero son poco conocidas en la Península Ibérica. En el presente trabajo realizamos una primera aportación para conocer los cambios que se producen en la vegetación como consecuencia de la actividad de las hormigas, en dos de las comunidades de pastos de puerto más abundantes en los Pirineos (*Bromion erecti* y *Nardion strictae*).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se seleccionaron dos áreas de estudio en el Pirineo occidental aragonés (Monte Oroel y Candanchú) en donde los montículos de hormigueros eran abundantes. Ambas áreas están situadas a una altitud similar (1645 y 1619 m) y separadas entre sí por una distancia de 33 km. El área de Monte Oroel (42°30'36"- 0°29'60") está situada en una zona de pastos asignables a la alianza *Bromion erecti*, aprovechados por ganado equino durante casi todo el año. Algunas de las especies más abundantes son: *Festuca rubra*, *Galium verum*, *Bromus erectus*, *Leontodon hispidus*, *Lotus corniculatus*, *Euphrasia minima*, *Plantago media*, *Carex caryophyllea*, *Cirsium acaule*, *Achillea millefolium*, *Thymus praecox*, *Trifolium pratense*, *Seseli montanum* y *Trifolium montanum*. El área de Candanchú, próxima a la frontera francesa (42°47'22"- 0°32'37") corresponde a un cervunal de *Nardion strictae* en mosaico con el brezal de *Calluna vulgaris* y *Vaccinium myrtillus*. Es pastoreado durante el verano por ovejas de raza bearnesa y las especies más abundantes son: *Nardus stricta*, *Agrostis capillaris*, *Festuca rubra*, *Calluna vulgaris*, *Potentilla erecta*, *Galium verum*, *Trifolium pratense*, *T. thalii* y *Lotus corniculatus*. El área de Candanchú está expuesta a los frentes húmedos y fríos de componente norte habituales en la zona (Tm anual = 7,6°C; Pt = 1674 mm), mientras que el área de Monte Oroel, en una situación geográfica más resguardada, es más seca y cálida (Tm anual = 8,6°C; Pt = 831 mm, Atlas Climático de Aragón: [www.opengis.uab.es/wms/aragon/](http://www.opengis.uab.es/wms/aragon/)). Para la nomenclatura botánica se ha seguido a Gómez *et al.* (2005).

En agosto de 2008 se llevaron a cabo muestreos de vegetación, suelo y temperatura en los hormigueros y en el pasto circundante, para determinar las posibles variaciones ecológicas causadas por la actividad de las hormigas. En ambas áreas se seleccionaron al azar 10 montículos y en cada uno de ellos se tomó una superficie de 25x25 cm, en donde se determinó la cobertura de las especies presentes según la siguiente escala de abundancia: 0: <1%, 1: 1-5%, 2: 5-25%, 3: 25-50%, 4: 50-75% y 5: 75-100%. A continuación se seleccionó una orientación al azar y a 80 cm de la base del montículo se repitió la determinación de la cobertura de especies en el pasto circundante al hormiguero. En los mismos lugares de los muestreos de vegetación (dentro y fuera de los montículos), se tomó una muestra de suelo a 10 cm de profundidad. En laboratorio se determinó el pH en mezcla 1:2,5 suelo:agua y el contenido total de nitrógeno por el método de Kjeldahl. Con un termómetro provisto de sonda de clavo, se tomaron a 10 cm de la superficie del suelo, 8 pares de temperaturas dentro

y fuera de los montículos, siguiendo los octantes de los puntos cardinales. Las medias de estas temperaturas dentro y fuera se compararon mediante test de la t de Student para muestras apareadas. Los datos de vegetación y suelo también fueron comparados mediante test de la t de Student para datos apareados, después de las correcciones necesarias para las condiciones de normalidad y homocedasticidad. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS 14.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se representan las abundancias medias de las especies presentes en los hormigueros y en el pasto contiguo, y la significación de las diferencias entre ellas. Las dos comunidades se han tratado separadamente debido a la gran disimilitud

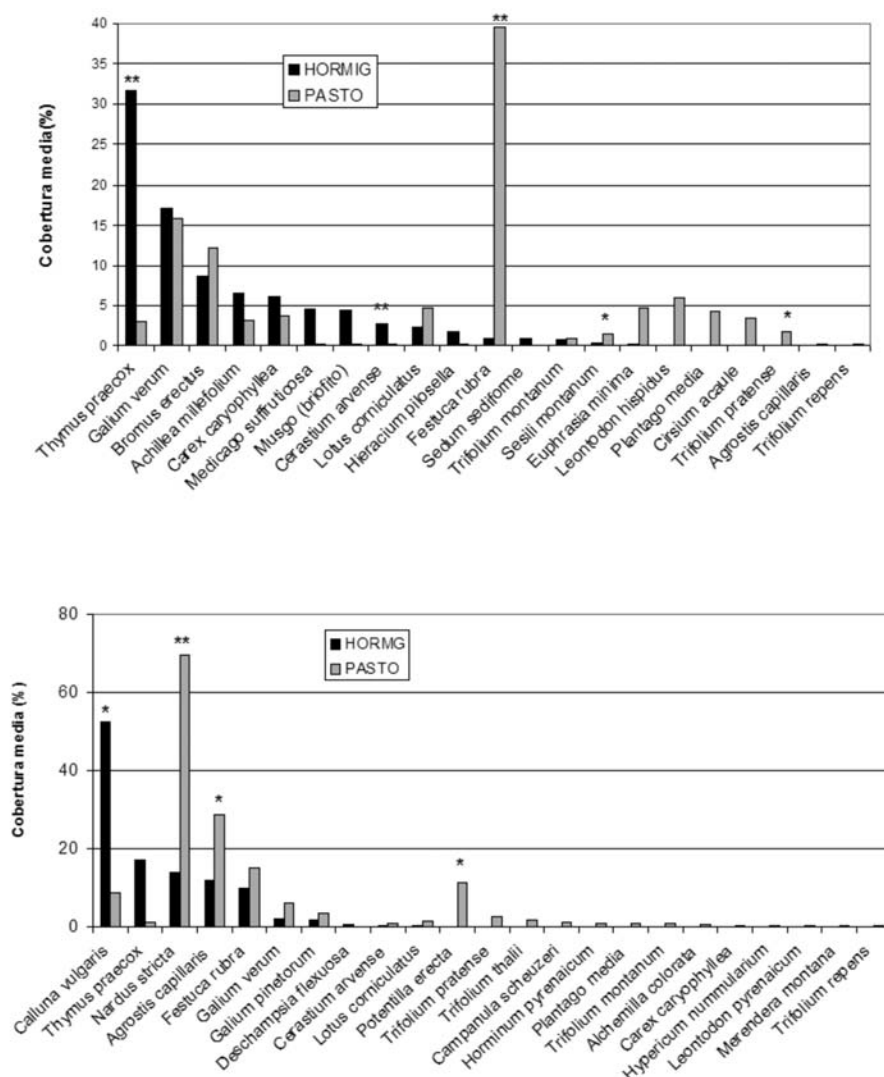


Figura 1. Abundancia media de las especies presentes en los hormigueros y en el pasto adyacente en comunidades de *Bromion* (arriba) y *Nardion* (abajo) en el Pirineo occidental. Los asteriscos indican la significación de las diferencias según pruebas de t de Student para datos apareados (\* p < 0,05; \*\* p < 0,01).

en cuanto a la composición de especies. Las especies presentes en los hormigueros no son cualitativamente distintas de las del pasto circundante, tan solo difieren, en algunos casos, en cuanto a su abundancia media (King 1977b; Dean *et al.* 1997; Canals y Sebastià, 2004). *Sedum sediforme*, en la comunidad de *Bromion*, y *Deschampsia flexuosa* en la de *Nardion*, fueron las únicas especies encontradas en los hormigueros que no se localizaron en el pasto contiguo, ambas con coberturas medias inferiores al 1%. Solo tres especies presentan significativamente mayor abundancia en los hormigueros que en el pasto: *Thymus praecox* y *Cerastium arvense* en la comunidad de *Bromion*, y *Calluna vulgaris* en la comunidad de *Nardion* (Figura 1). Las especies significativamente más abundantes en el pasto que en los hormigueros fueron: *Festuca rubra*, *Seseli montanum* y *Trifolium pratense* en el *Bromion*, y *Nardus stricta*, *Agrostis capillaris* y *Potentilla erecta* en la comunidad de *Nardion*. Los resultados son coincidentes, con los obtenidos en otros estudios europeos (King, 1977a; Dean *et al.*, 1997) (incluso con las mismas especies o sus vicariantes). Según estos autores, las diferencias de abundancia dentro y fuera de los montículos, parecen relacionadas con los cambios en las propiedades del suelo y con las estrategias de crecimiento y reproducción de las plantas.

Según King (1977a) *Thymus drucei* (= *T. serpyllum*, especie afín a *T. praecox*) es más abundante en los hormigueros porque se ramifica rápidamente mediante rizomas, estolones y tallos, lo cual produce estabilidad, afianzando la tierra del hormiguero. En hormigueros y toperas de suelos ácidos es muy frecuente que *Calluna vulgaris* devenga más abundante, hasta colonizar a veces el montículo completamente (Canals y Sebastià, 2002; observ. personal). El suelo en los hormigueros es menos ácido y menos rico en nitrógeno total (Tabla 1), posiblemente relacionado con la actividad de las hormigas que modifican la textura, porosidad, aireación y nutrientes del suelo (King, 1977a; Dean *et al.*, 1997). Según Canals y Sebastià (2004), el N total puede ser más bajo, pero el N inorgánico (el disponible para las plantas,) aumenta en las toperas, facilitando la entrada de especies ruderales y no-micorrízicas, como *Cerastium arvense* y excluyendo a otras micorrízicas como *Festuca rubra* ó *Agrostis capillaris*, en coincidencia con nuestros resultados. La alcalinidad de los hormigueros fue significativamente mayor (Tabla 1), lo cual puede dificultar el desarrollo de especies calcífugas como *Nardus stricta* y *Potentilla erecta*, significativamente más abundantes en el pasto. Es posible que una vez *Calluna vulgaris* ha encontrado condiciones más favorables para desarrollarse en los hormigueros, experimente un mayor crecimiento, excluyendo por desplazamiento competitivo (p.e. privación de luz u ocupación de raíces), a las especies herbáceas (Dean *et al.*, 1997).

Los resultados muestran también que las plantas muy adaptadas al pastoreo de los grandes herbívoros (*Festuca rubra*, *Plantago media*, *Cirsium acaule*) suelen faltar o son escasas dentro de los montículos. Las plantas en roseta suelen ser frecuentes en las toperas pero no en los hormigueros (Gómez- García *et al.*, 1995). Según King (1977b) una de las diferencias importantes entre toperas y hormigueros, además de la mayor longevidad de estos últimos, es que en los hormigueros la actividad continua de extracción de tierra, sepulta y asfixia a este tipo de plantas.

La temperatura media fue significativamente más alta en los hormigueros que en el pasto en la comunidad de *Bromion*, en el área de estudio más favorecida térmicamente. Esto, unido normalmente a una mayor sequedad dentro de los montículos

(King, 1977a; Dean *et al.*, 1977), podría también contribuir a explicar el predominio en ellos de especies más resistentes a la sequía, tales como *Thymus praecox* ó *Sedum sediforme*. En el área de estudio más fría (Candanchú) las temperaturas medias no presentaron diferencias significativas. Sin embargo, la variabilidad de la temperatura dentro de los hormigueros es mucho mayor que en el pasto circundante, como puede observarse por los límites de confianza (Tabla 1). Esta variabilidad depende de la orientación y de la hora del día (datos inéditos), lo cual podría proporcionar a las hormigas mayores oportunidades para encontrar su temperatura optima en diversos momentos del día, mediante ligeros desplazamientos dentro del hormiguero. Las diferencias microclimáticas en los hormigueros producen también variación en la presencia y proporción de especies vegetales en ellos (King, 1977a; observ. personal).

**Tabla 1. Valores medios  $\pm$  lim. conf. 95% del contenido en N total, pH y temperatura media en los hormigueros y en el pasto circundante. Significación estadística mediante test de la t de Student para muestras pareadas (n = 10 en cada comunidad).**

Comunidad de <i>Bromion</i>			
	Hormig	Pasto	Signif.
N total (%)	0,42 $\pm$ 0,01	0,37 $\pm$ 0,02	ns
pH	5,8 $\pm$ 0,1	5,5 $\pm$ 0,1	p < 0,05
T media (°C)	18,1 $\pm$ 0,5	16,8 $\pm$ 0,3	p < 0,01
Comunidad de <i>Nardion</i>			
	Hormig	Pasto	Signif.
N total (%)	0,64 $\pm$ 0,02	0,72 $\pm$ 0,02	p < 0,05
pH	5,0 $\pm$ 0,1	4,6 $\pm$ 0,1	p < 0,01
T media (°C)	13,6 $\pm$ 0,5	13,5 $\pm$ 0,2	ns

La diversidad vegetal en los montículos se reduce significativamente: 7 especies de media frente a 9 especies en el *Bromion* (p < 0,05) y 4 frente a 7,2 especies de media (p < 0,01) en el *Nardion*, en coincidencia con Dean *et al.* (1997). Sin embargo, la consecuencia sobre la comunidad en general, es que los hormigueros, al modificar las condiciones del suelo, crean una heterogeneidad espacial que fomenta la diversidad a escala de parcela (Canals y Sebastià, 2000), y ofrece más oportunidades para el desarrollo de plantas y animales. Las especies dominantes en los hormigueros (*Thymus praecox*, *Calluna vulgaris*) florecen antes que en el pasto circundante, quizás debido a una más alta temperatura en general. Esto crea un mosaico espacial y temporal de floración en el territorio, que puede favorecer a los polinizadores.

## CONCLUSIONES

Las modificaciones de temperatura y las características del suelo en los hormigueros permiten el desarrollo de una vegetación particular. Las especies vegetales no son diferentes de las que se encuentran fuera de los hormigueros, pero suele haber una mayor colonización de plantas termófilas (*Thymus praecox*, *Sedum sediforme*) y las especies calcífugas (*Nardus strica*, *Potentilla erecta*) suelen faltar en los montículos o son raras. También las plantas muy adaptadas al pastoreo (*Festuca rubra*, *Plantago*

*media*, *Cirsium acaule*) son escasas dentro de los montículos. El número de especies es menor en los hormigueros que fuera de ellos. Sin embargo, la heterogeneidad ambiental creada por la presencia de los montículos incrementa la diversidad general de la comunidad. Posiblemente las plantas que encuentran allí buenas condiciones para su desarrollo (*Calluna vulgaris*, *Thymus praecox*), presentan una mayor velocidad de colonización, ya sea por expansión vegetativa o por el banco de semillas, y una mayor capacidad competitiva, que les permite hacerse dominantes, al menos mientras perdura la dinámica de perturbación asociada a estos hormigueros.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a Daniel García y M<sup>a</sup> Ángeles Ortas por la ayuda prestada en los trabajos de campo, y a Ramón Galindo y Jesús Revilla por su colaboración en los trabajos de laboratorio. También damos las gracias a Daniel Gómez y Xavier Espadaler por su ayuda con las determinaciones taxonómicas y asesoramiento bibliográfico. Este trabajo ha contado con la financiación de los proyectos INIA RTA2005-00160-C02-00 y PN CGL2008-00655/BOS.

## BIBLIOGRAFÍA

- CANALS, R.M.; SEBASTIÀ, M.T., 2000. Soil nutrient fluxes and vegetation changes on mole-hills. *Journal of Vegetation Science*, **11**, 23-30.
- CANALS, R.M.; SEBASTIÀ, M.T., 2002. Heathland dynamics in biotically disturbed areas: on the role of some features enhancing heath success. *Acta Oecologica*, **23**, 303-312.
- CANALS, R.M.; SEBASTIÀ, M.T., 2004. Papel de las perturbaciones de pequeños mamíferos en pastos de montaña. *Pastos*, **34**, 47-60.
- DEAN, W.R.; MILTON, S.J.; KLOTZ, S., 1997. The role of ant nest-mounds in maintaining small-scale patchiness in dry grasslands in Germany. *Biodiversity & Conserv.*, **6**, 1293-1307.
- DONCASTER, C.P., 1981. The Spatial Distribution of Ants' Nests on Ramsey Island, South Wales. *Journal of Animal Ecology*, **50**, 195-218.
- GÓMEZ-GARCÍA, D.; BORGHI, C.E.; GIANNONI, S.M., 1995. Vegetation differences caused by pine vole mound building in subalpine plant communities in the Spanish Pyrenees. *Vegetatio*, **117**, 61-67.
- GÓMEZ GARCÍA, D.; MATEO, G.; MERCADAL, N.; MONTSERRAT, P.; SESÉ, J.A., 2005. *Atlas de la flora de Aragón*. IPE (CSIC) - GA. (<http://www.ipe.csic.es/floragon>)
- GÓMEZ, D., 2008. Métodos para el estudio de los pastos, su caracterización ecológica y valoración. En: *Pastos del Pirineo*, 75-110. Ed. F. FILLAT *et al.* CSIC - DPH. Madrid.
- KING, T.J., 1977a. The Plant Ecology of Ant-Hills in Calcareous Grasslands: I. Patterns of Species in Relation to Ant-Hills in Southern England. *The Journal of Ecology*, **65**, 235-256.
- KING, T.J., 1977b. The Plant Ecology of Ant-Hills in Calcareous Grasslands: II. Sucesion on the mounds. *The Journal of Ecology*, **65**, 257-278.
- MONTSERRAT, P., 1980. El césped y su dinamismo. *Studia Oecologica*, **1**, 13-24.

## SUMMARY

### SPECIES CHANGES AS A CONSEQUENCE OF MOUNDS OF *LASIUS FLAVUS* ANTS IN TWO PYRENEAN GRASSLANDS COMMUNITIES

In order to assess changes in the vegetation produced by the presence of mounds of *Lasius flavus* ants', samplings were carried out in and outside of mounds randomly selected in *Bromion* and *Nardion* grassland communities in Western Pyrenees. Ten pairs of samplings including plant cover, soil pH, soil total N and temperature at 10 cm depth, were taken in each community. Commonly, the species that colonize ant-mounds were not different from which they were found in their surroundings, but changes their abundance. *Thymus praecox*, *Cerastium arvense* and *Calluna vulgaris* were the only species significantly more abundant in the mounds than in the contiguous pasture. In general we found an increase of the drought-resistant species (*Thymus praecox*, *Sedum* sp.) and a decrease of calcifugous ones (i.e. *Nardus stricta*, *Potentilla erecta*). The number of species is significantly smaller in the anthills than outside them, but they contribute to increase the environmental heterogeneity of the community at landscape level.

**Key words:** anthills, summer pastureland, *Bromion*, *Nardion*, biotic disturbance.



## EFFECTO DEL PASTOREO DE CAPRINO Y VACUNO EN PASTOS OLIGOTROFOS DEL ESPACIO NATURAL DE DOÑANA

M.J. LEIVA, R. AYESA, J.M. MANCILLA

*Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Sevilla. Apartado de Correos 1095, 41080 Sevilla. leiva@us.es*

### RESUMEN

Se estudia el efecto del pastoreo sobre la composición del pasto, la frecuencia de plantas y suelo (descubierto y/o cubierto de acículas de pino), la producción, la biomasa acumulada y el tamaño del banco de semillas, en tres tipos de vegetación (alcornocal adehesado, pinar adehesado y pinar con sotobosque de matorral y claros herbáceos) en una formación forestal representativa de la provincia de Huelva. Los resultados indican un aumento significativo de suelo descubierto, por efecto del pastoreo, tanto en el pinar adehesado como en los claros de pinar pero no en el alcornocal adehesado. El pastoreo también redujo significativamente la frecuencia de herbáceas en todas las unidades de vegetación y produjo una tendencia a la reducción de acículas de pino. La composición del pasto varió considerablemente entre el alcornocal adehesado, mucho más productivo ( $327 \pm 20 \text{ gMS} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{año}^{-1}$ ) y las otras unidades, mucho menos productivas (43 a  $97 \text{ gMS} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{año}^{-1}$ ) pero no hubo diferencias en composición entre el pinar adehesado y los claros de pinar. El banco de semillas se redujo significativamente por pastoreo en el alcornocal y en el pinar adehesado, pero no en los claros del pinar.

**Palabras clave:** producción del pasto, composición, banco de semillas.

### INTRODUCCIÓN

En los arenales cercanos a la costa de la provincia de Huelva son frecuentes las formaciones de *Pinus pinea* L. y *Quercus suber* L., resultado de antiguas plantaciones de pino en zonas originalmente ocupadas por cupulíferas. La ganadería, la madera de pino y el corcho son los principales aprovechamientos en estas formaciones que albergan retazos del bosque originario coexistiendo con pinar que a su vez tiene un sotobosque variable. El presente estudio ha sido realizado en una propiedad particular en el Espacio Natural de Doñana (antiguo Parque Natural de Doñana) de gran valor ecológico por albergar especies emblemáticas de nuestra fauna y flora. En ella se explota el ganado vacuno (raza retinta) y el caprino (raza payoya) en régimen extensivo. Ambos tipos de ganado han pastado desde antiguo en el alcornocal y el pinar adehesados pero han estado excluido durante un lustro en el bosque de pinos. Al comienzo de este estudio el caprino se ha reintroducido en el pinar.

El presente estudio, que forma parte de una investigación más amplia sobre el efecto del caprino en los distintos tipos de vegetación, tiene como principal objetivo



analizar los cambios en la vegetación herbácea por la reintroducción del caprino en el pinar. No obstante el estudio se ha hecho extensivo a las zonas adehesadas de pinar y alcornocal.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Descripción del área de estudio**

El estudio ha sido realizado en una explotación situada en el término Municipal de Villamanrique de la Condesa (37° 14' 46" Norte, 2° 37' 7" Oeste). 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. La finca se encuentra atravesada por un arroyo estacional que lleva grandes cantidades de agua en invierno y sufre desbordamientos ocasionales que inundan una superficie de aproximadamente 96,5 ha. Los principales tipos de vegetación son: alcornocal adehesado, en la zona de influencia del arroyo, y pinar de repoblación, en el resto de la finca. A su vez una parte del pinar se encuentra adehesado (menor densidad de pinos y ausencia de sotobosque leñoso) mientras que el resto, presenta un sotobosque de matorral y claros herbáceos. Las zonas adehesadas (350 ha) son pastadas por vacuno (110 hembras adultas) y caprino (300 hembras adultas). La zona estudiada del bosque de pinos (110 ha) ha soportado una carga de 250 hembras adultas 5 horas .dia<sup>-1</sup> durante el desarrollo de este estudio.

### **Diseño experimental**

Para la realización del estudio se han seleccionado parcelas de 0,25 ha en seis sitios de la explotación, que cubren las distintas unidades de vegetación. Dos de las parcelas se establecieron respectivamente en el alcornocal y en el pinar adehesado. Las cuatro restantes se establecieron en claros herbáceos del pinar. En octubre de 2007, antes de las lluvias otoñales, se establecieron cinco exclusiones de ganado (1,20 x 1,20 m de superficie y altura de 1,50 m) dentro de cada parcela (30 exclusiones en total).

### **Muestreo de la vegetación**

En abril de 2008 se midió la composición y frecuencia del pasto mediante intercepción puntual, estableciendo líneas de 170 cm de longitud en el interior de cada exclusión (diagonal de la parcela) y en el exterior (60 líneas en total). Se anotó la presencia de las especies herbáceas interceptadas cada 5 cm o la existencia, en su caso, de una capa de acículas de pino o de suelo descubierto. Para cada línea se obtuvo la frecuencia relativa de plantas, de suelo descubierto y de acículas de pino (número de intercepciones de cada componente / número total de intercepciones). Las diferencias entre tratamientos se analizaron mediante comparación de medias para muestras relacionadas (SPSS14.0). También se analizaron los cambios potenciales de composición del pasto mediante análisis de clasificación (conglomerados jerárquicos. SPSS 14.0).

## Producción y Biomasa

A mediados de mayo se cosechó la biomasa aérea del pasto en subparcelas de 50 x 50 cm, cuatro de ellas dentro de las exclusiones y otras cuatro fuera. En bolsa independiente, se recogieron las acículas de pino remanentes en el suelo. Ambas fracciones se secaron en estufa a 80°C durante 48 h y se pesaron. Las variaciones entre zonas se analizaron mediante análisis de la varianza y test de comparaciones a posteriori (Bonferroni). También se analizaron las diferencias en biomasa herbácea y de acículas de pino entre el interior y el exterior de las exclusiones mediante comparación de medias de muestras relacionadas (SPSS 14.0).

## Banco de semillas

En septiembre de 2008, antes de las lluvias otoñales, se recogieron muestras de suelo en tres sitios: el alcornocal adhesionado, el pinar adhesionado y uno de los sitios en claro de pinar (sitio 3). En cada sitio se extrajeron cinco muestras de suelo (10 x 10 cm de lado y 7 cm de profundidad) dentro de exclusión y otras cinco de fuera. En el laboratorio se procedió al cribado de las muestras, extracción manual de las semillas y posterior identificación a la lupa binocular. Los resultados se analizaron mediante ANOVA (SPSS 14.0).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Composición del pasto y frecuencia de herbáceas, suelo descubierto y cubierto de acículas de pino

La composición del pasto no mostró diferencias claras entre sitios. Solo el grupo de líneas del alcornocal adhesionado presentó una composición florística más homogénea y diferenciada de los demás sitios. Tampoco se encontraron diferencias en la composición dentro-fuera de exclusión en ninguno de los sitios. Las especies más frecuentes en el alcornocal adhesionado fueron: *Bromus hordeaceus*, *Chamaemelum mixtum*, *Leontodom tuberosum*, *Plantago lagopus* y *Tolpis umbellata*. En el conjunto de los sitios restantes las especies más frecuentes fueron: *Brachipodium phoenicoides*, *Anthoxantum aristatum*, *Erodium aethiopicum*, *Tuberaria guttata* y *Chaetopogon fasciculatus*

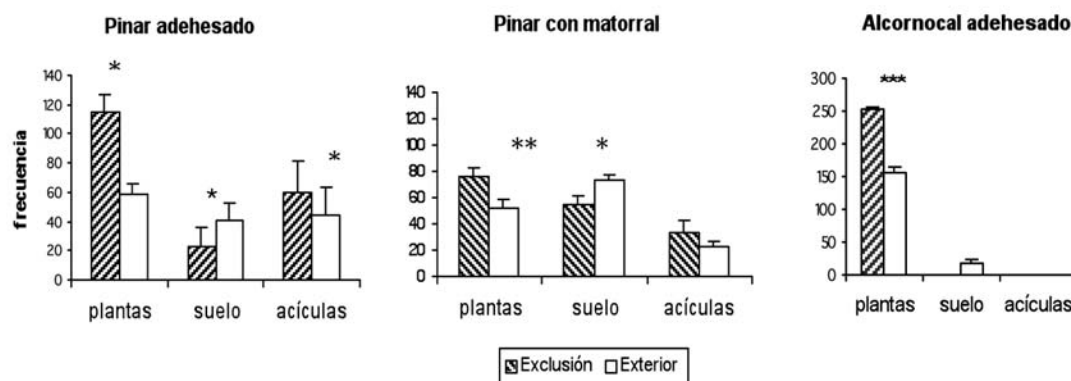


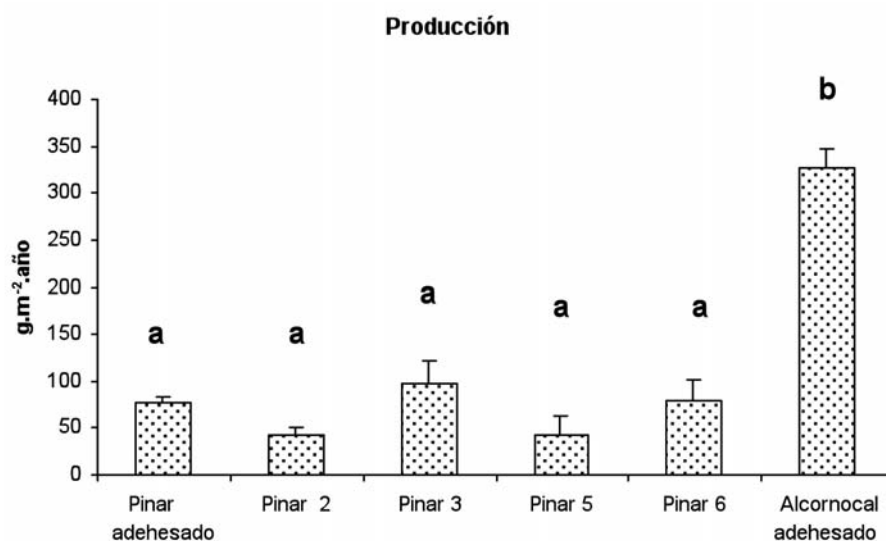
Figura 1. Frecuencia de plantas herbáceas, suelo descubierto y suelo cubierto de acículas de pino (medias y barras de error) en los distintos tipos de vegetación.

La frecuencia relativa de plantas, suelo descubierto y suelo cubierto de acículas varió entre tratamientos y zonas (Figura 1). En el pinar adehesado la frecuencia de plantas y la de acículas de pino fueron significativamente más altas ( $t = 4,21$ ;  $P = 0,014$  y  $t = 3,96$ ;  $P = 0,017$  respectivamente) y la de suelo descubierto significativamente más baja ( $t = -9,91$ ;  $P = 0,01$ ) en el tratamiento de exclusión que en el exterior. Un patrón muy similar se encontró en el análisis conjunto de todos los sitios en pinar ( $t = 3,93$ ;  $P = 0,001$  para frecuencia de plantas y  $t = -2,72$ ;  $P = 0,014$  para suelo descubierto) aunque en este caso las diferencias en acículas de pino dentro-fuera de exclusión no fueron significativas ( $t = 1,62$ ;  $P = 0,122$ ). En el alcornocal adehesado solo se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $t = 11,73$ ;  $P = 0,001$ ) en la frecuencia relativa de plantas, mayor en la exclusión que en el exterior.

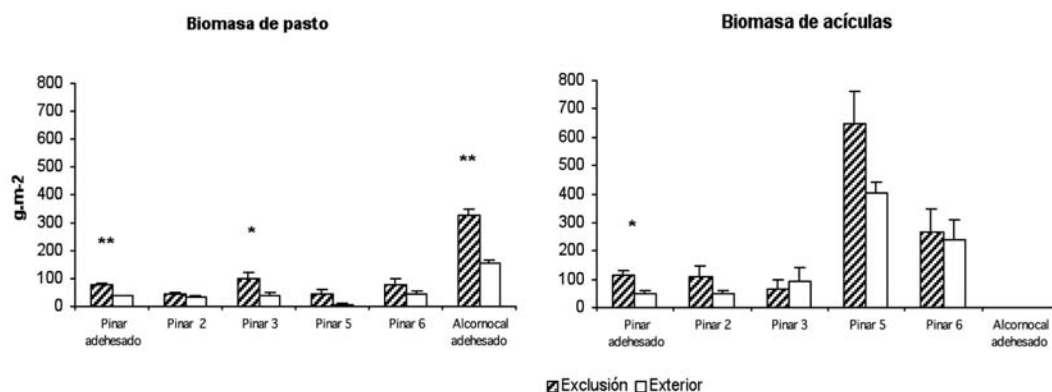
El incremento en suelo descubierto en el exterior de las exclusiones que observamos en los todos los sitios de pinar (adehesado y claros) se relaciona posiblemente con el gran contenido en arenas del suelo en estas zonas que lo hace muy vulnerable al pisoteo. En el alcornocal adehesado, con suelos de influencia aluvial, el efecto es mucho menos notable. El efecto perturbador del pisoteo por el ganado en general, y el caprino en particular, ha sido puesto de manifiesto en diferentes estudios (Gangoso *et al.* 2006, Vavra *et al.*, 2007) aunque este también puede favorecer el establecimiento de algunas especies que tienen dificultad para hacerlo en la comunidad sin perturbar (Martin y Wilsey 2006).

### Producción y biomasa del pasto

La producción del pasto varió entre 327 y 42 gMS.m<sup>2</sup>.año<sup>-1</sup> (Figura 2). Se encontraron diferencias significativas entre sitios ( $F = 34,8$ ;  $P < 0,001$ ) debido a la mayor producción del alcornocal adehesado. Los valores de producción del pasto encontrados en el alcornocal adehesado son similares a los que se encuentran habitualmente en los pastos mediterráneos de las dehesas de Sierra Morena (103 a 538 gMS.m<sup>2</sup>.año<sup>-1</sup> Fer-



**Figura 2. Producción anual del pasto (medias y barras de error) en las exclusiones. Letras distintas indican diferencias significativas según Bonferroni ( $P < 0,001$ ).**



**Figura 3. Biomasa de pasto y de acículas de pino en exclusiones y en exterior (media y barras de error). Se comparan ambos tratamientos en cada sitio estudiado (\* =  $P < 0.05$ ; \*\* =  $P < 0,01$ ; \*\*\* =  $P < 0,001$ ).**

nández Alés *et al.*, 1997), mientras que los valores de producción en el pinar adhesado y en los claros del pinar son comparables a los de pastizales anuales en la Reserva Biológica de Doñana (83,9 a 359 gMS .m<sup>-2</sup>.año<sup>-1</sup> Fernández Alés *et al.*, 1997).

La biomasa del pasto en primavera, en el exterior de las exclusiones, fue entre 1,3 y 6 veces menor que la producción en el interior (Figura 3). No obstante las diferencias de biomasa dentro-fuera de exclusión solo fueron altamente significativas ( $P < 0,001$ ) en el alcornocal adhesado y en el pinar adhesado. Solo uno de los sitios del pinar (pinar 3) mostró un efecto significativo del pastoreo al mínimo nivel ( $P = 0,045$ ). Las diferencias en biomasa dentro-fuera de exclusión se han de deber en parte al consumo por el ganado, sobre todo en el alcornocal y en el pinar adhesado. Sin embargo en los claros del pinar, donde la biomasa es más variable internamente, el pisoteo también ha podido ser importante, aunque el caprino también consume pasto como parte de su dieta (Lu, 1989; Merchant 2006).

La biomasa de acículas de pino varió entre 47 y 646 gMS.m<sup>-2</sup> (Figura 3) alcanzando valores muy superiores a la biomasa de pasto en primavera en casi todo los sitios. Entre sitios, se encontraron diferencias significativas ( $F = 12,84$ ;  $P < 0,001$ ) en la biomasa de acículas debido a que el sitio 5 presentó mayor acumulación, no existiendo diferencias entre los restantes sitios. Aunque la cantidad de acículas presentó en general medias superiores en el interior que en el exterior de las exclusiones, las diferencias entre tratamientos no fueron significativas en ningún caso. No obstante la similitud con el patrón de distribución de la biomasa del pasto dentro-fuera de exclusión hace pensar en un posible efecto del pisoteo por el ganado fraccionando las acículas y acelerando su descomposición en el exterior. Este supuesto requeriría una mayor comprobación experimental.

### Banco de semilla

El banco de semillas en el suelo varió notablemente entre sitios (Tabla 1) siendo un orden de magnitud mayor en el alcornocal adhesado que en los otros dos sitios. El pastoreo redujo significativamente el banco de semillas en el alcornocal y en el pinar adhesado pero su efecto no fue significativo en el claro del pinar estudiado (pinar

3) donde el banco de semillas dentro de la exclusión presentó el valor más bajo del conjunto.

**Tabla 1. Banco de semilla en superficie a comienzos del otoño**

	Semillas .m <sup>-2</sup>		Análisis de la varianza	
	Exclusión	Exterior	F	P
Alcornocal adhesionado	31777,8	4592,6	32,34	0,0001
Pinar adhesionado	4617,3	2024,7	18,49	0,003
Pinar 3	2024,7	2395,1	0,64	0,45

## CONCLUSIONES

El pastoreo produjo un efecto muy escaso sobre la composición florística del pasto en los suelos arenosos del pinar aunque sí redujo de manera notable la frecuencia de herbáceas y aumentó la de suelo descubierto. Se encontró una tendencia, no siempre significativa, de reducción de la cantidad de acículas en suelo por pastoreo. En las zonas adhesionadas el banco de semillas se redujo por pastoreo.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Agradecemos a Ángel Martín Vicente su activa colaboración en la planificación y puesta a punto del dispositivo experimental, a José su amable acogida en las visitas al campo y a los niños Manuel Ojedo y Javier Bas por su ayuda en la recogida de plantas en el campo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FERNÁNDEZ ALÉS, R.; LEIVA, M.J.; GARCÍA GORDO, J., 1997. Producción y Consumo de pastos en las dehesas de Andalucía Occidental. *Actas XXXVII Reunión Científica de la SEEP. Los pastos extensivos, producir conservando*, 215-221.
- GANGOSO, L.; DONAZAR, J.A.; SCHOLZ, S.; PALACIOS, C.J.; HIRALDO, F., 2006. Contradiction in conservation of island ecosystems: Plants, introduced herbivores and avian scavengers in the Canary Islands. *Biodiversity and Conservation*, **15 (7)**, 2231-2248.
- LU, C.D., 1989. Grazing behavior and diet selection of goats. *Small Ruminant Research*, **1**, 205-216.
- 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.
- MERCHANT, M., 2006. The intake of grass and rush (*Juncus effusus* L.) by goats grazing rush-infested grass pasture. *Grass and Forage Science*, **51**, 81-87.
- VAVRA, M.; PARKS, C.G.; WISDOM, M.J., 2007. Biodiversity, exotic plant species, and herbivory: The good, the bad, and the ungulate. *Forest Ecology and Management*, **246 (1)**, 66-72.

## SUMMARY

### **EFFECT OF GOATS AND CATTLE GRAZING IN OLIGOTROPHIC GRASSLANDS IN DOÑANA NATURAL AREA**

We have studied grazing effect on grasslands composition, frequency of plants, bare soil and pine needles, grasslands production, biomass and soil seed bank. We have conducted the study in a representative rangeland in Huelva province on three vegetation types: cork-oak park grassland, pine park grassland and pine forest. Results indicate a significant increase in bare soil by livestock trampling in the pine park grassland and in the pine forest, but not in the cork-oak park grassland. Grazing significantly decreased the frequency of herbaceous plants in the three vegetation types and tended to decrease the frequency of pine needles on the soil. Grassland composition changed among the cork-oak park grassland and the other sites which didn't differ in species composition among them. In addition grassland production was much higher in the cork-oak park grasslands ( $327 \pm 20 \text{ gDM} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{year}^{-1}$ ) than in the other vegetation types ( $43 \text{ a } 97 \text{ gDM} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{year}^{-1}$ ). Soil seed bank decreased significantly in the grazed treatment in the cork-oak and pine park grasslands but not in the pine forest.

**Keywords:** grassland production, grassland composition, seed bank.



## EFFECTO DEL PASTOREO SOBRE *BITUMINARIA BITUMINOSA* (L). STIRTON Y OTRAS LEGUMINOSAS ARBUSTIVAS, EN ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS (ENPs) DE CANARIAS

A. PEÑA<sup>1</sup>, J. MATA<sup>1</sup>, L. BERMEJO<sup>1</sup>, L. DE NASCIMENTO<sup>2</sup>, S. FERNÁNDEZ-LUGO<sup>2</sup>, A. CAMACHO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería, Producción y Economía Agraria, Universidad de La Laguna, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria, 38201 La Laguna. <sup>2</sup>Departamento de Ecología, Universidad de La Laguna, Facultad de Biología, 38206 La Laguna. Tenerife. [jmata@ull.es](mailto:jmata@ull.es)

### RESUMEN

*Bituminaria bituminosa* y otras perennes leguminosas con interés forrajero, se citan en la bibliografía como plantas que se ven poco afectadas por la acción del ganado, debido a la presencia de metabolitos secundarios en sus partes aéreas, resultando poco palatables. Asimismo, están muy adaptadas a los regímenes de clima mediterráneo, no variando su presencia demasiado por el volumen de las precipitaciones anuales.

En nuestras regiones de estudio, comparando zonas de pastoreo, con zonas no pastoreadas, sí se observó un efecto directo del ganado caprino hacia estas especies, representadas en su mayoría por *Bituminaria bituminosa*, disminuyendo la presencia de las mismas en las zonas apacentadas. Por otro lado, durante los cinco años de estudio, no se registraron diferencias significativas en la presencia de estas plantas entre lo distintos años.

**Palabras clave:** forrajeras leguminosas, metabolitos secundarios, tederá.

### INTRODUCCIÓN

De manera general, la bibliografía describe a muchos arbustos leguminosos y en especial a *Bituminaria bituminosa*, como plantas adaptadas a los regímenes de clima mediterráneo, y que debido a la presencia en sus hojas de metabolitos secundarios, como cumarinas, ligninas y fenoles, son poco palatables, lo que les permite defenderse de la acción excesiva del ganado (Sternberg *et al.*, 2000, Méndez *et al.*, 2000).

Según autores como Sternberg *et al.* (2006) sólo en los casos en los que la carga animal es elevada, o en medios donde no existen otros recursos, los animales se alimentan de estas plantas. Asimismo, la presencia de estos metabolitos depende mucho de las variedades y de la zona donde crecen, siendo las variedades canarias de menor contenido en cumarinas (Méndez *et al.*, 2001) no pudiendo clasificarse a todas las variedades como de poco interés forrajero, más cuando tiene una composi-



ción en nutrientes nitrogenados similares a forrajes tan importantes como la alfalfa (Ventura *et al.*, 2004). Tradicionalmente en las Islas Canarias la tедера es considerada una planta que el ganado utiliza frecuentemente para su alimentación (Méndez, 2000) y se ha demostrado que es frecuentemente ramoneada por el ganado caprino (Mata *et al.*, 2008). El objetivo de este trabajo es analizar el grado con que el ganado caprino modifica la presencia de la tедера, como representante mayoritario las leguminosas perennes (más del 90%), en relación a las distintas condiciones que se dan en los ENPs de Canarias.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las zonas donde se desarrollaron los estudio fueron el Parque Rural de Valle Gran Rey (1992,8 ha) situado en el sector suroccidental de la isla de La Gomera, el Monumento Natural del Lomo del Carretón (244 ha) en la regiones de mediana altitud y occidentales de la misma isla, el Parque Rural de Teno (8063,6 ha) en el extremo Noroeste de Tenerife y el Parque Rural de Anaga (14 418,7 ha) localizado en extremo nororiental tinerfeño.

Las condiciones climáticas de las zonas de estudio son bastante cambiantes a pesar de la pequeña escala del territorio. Las principales variables de las que depende son la orientación, por la influencia de los vientos alisios de componente noreste, y la altitud resultando el norte más frescos y húmedos frente al sur más seco y las costas más soleadas y áridas que las cumbres (Fernández-Palacios y de Nicolás, 1995) como se indica en la Tabla 1.

**Tabla 1. Zonas climáticas según altitud: Temperatura y precipitaciones medias.**

Altitud (m snm)	0-200	200-600	>600
Valle Gran Rey	<155 mm., 21°C	250-450 mm., 17°C	>650 mm., 15°C
Lomo del Carretón	X	300-500mm., 17°C	>800mm., 15°C
Teno	<200 mm., 21°C	300-450 mm., 18°C	>800 mm., 15°C
Anaga	<300 mm., 20°C	300-700 mm., 18°C	>900 mm., 16°C

Las lluvias tienen una distribución de tipo mediterráneo, produciéndose en su mayoría entre los meses de octubre y marzo, siendo la época estival bastante seca (García *et al.*, 2003). Estas condiciones provocan que en la mayoría de los meses exista un déficit hídrico.

En los espacios donde se desarrolló el estudio, se distribuyeron de manera aleatoria unos puntos de muestreo, repartidos entre zonas de pastoreo tradicional y zonas donde esta actividad no tiene presencia. Las cargas ganaderas medias de las zonas pastoreadas son bajas en todos los casos ( $0.21 \pm 0.18$  AU ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>), siendo ligeramente superiores en la isla de Tenerife, encontrándonos en ambos casos con pastoreo continuo. Los años de estudio fueron 5 y el número de puntos de control 41 para Valle Gran Rey, 12 para Lomo del Carretón, 48 en Teno y 102 en Anaga.

La toma de muestras se realizó según la metodología descrita por Daget y Poissonet (1971), en la que se realizan transectos de manera lineal de 30 metros de longitud, anotando el número de especies que aparecen cada 30 cm, y que tocan una varilla de sección cuadrada en alguna de sus tres caras. Los datos se expresan en función de la contribución específica, definida como la cantidad de veces que aparece una especie

en un punto, respecto al total de las veces en las que aparece alguna especie o también como la relación entre la frecuencia relativa de una especie respecto al total.

Se realizó un análisis de varianza con el programa informático SSPS 14., comparando la igualdad entre las zonas de pastoreo y no pastoreo, mediante el Modelo Lineal General Univariante, optando por un modelo personalizado sin interacciones entre el año de estudio y el uso. Se comprobó la distribución normal de los datos mediante la prueba de de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, así como la homogeneidad de la varianza, por el método estadístico de Levene. Para asegurarnos de que los cambios que se producen en la vegetación no son fruto de componentes geoclimáticas, como altitud y distancia hasta la costa, se corrigió el modelo estadístico con estas covariables.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al margen de lo apuntado por algunos autores, en nuestro estudio las leguminosas arbustivas y perennes, en especial *Bituminaria bituminosa*, sí se ve afectada por la acción del ganado. Para todos los espacios estudiados, excepto Valle Gran Rey donde las diferencias no son significativas, la contribución específica de este grupo de plantas es menor, en las zonas pastoreadas frente a las no pastoreadas (Figura 1 y Tabla 2), sin embargo los aspectos abióticos, representados por el factor año no provocaron diferencias significativas en ningún caso.

La mayor parte de los autores consultados, exponen que las perennes leguminosas a las que representan al igual que nosotros con *Bituminaria bituminosa*, son vegetales que no suelen disminuir la proporción con la que ocupa el terreno, por efecto del pastoreo. Trabajos que apoyan este suceso, son los de Gutman y Seligman (1979), bajo las condiciones mediterráneas de Israel, al igual que Sternberg *et al.* (2000) que concluye su experiencia diciendo que si los regímenes de pastoreo son moderados, hay una estabilidad en la presencia de esta especie. Resultados similares son los encontrados en zonas semiáridas de Nigeria por Hiernaux (1998).

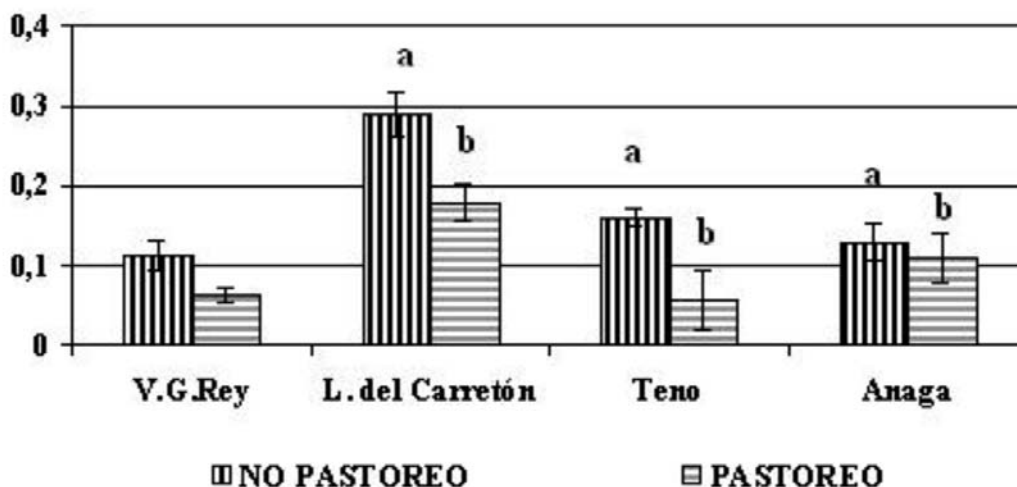


Figura 1. Contribución específica de las leguminosas en función del manejo.

**Tabla 2. Resultados del ANOVA para las especies leguminosas perennes.**

	Factores	g.l.	F	p
<b>Valle Gran Rey</b>	Año	4	1,148	0,339
R <sup>2</sup> = 0,330 (R <sup>2</sup> corregida = 0,253)	Uso	1	2,579	0,114
<b>Lomo del carretón</b>	Año	4	1,475	0,225
R <sup>2</sup> = 0,477 (R <sup>2</sup> corregida = 0,346)	Uso	1	13,696	0,001**
<b>Teno</b>	Año	4	0,654	0,585
R <sup>2</sup> = 0,183 (R <sup>2</sup> corregida = 0,072)	Uso	1	4,883	0,032*
<b>Anaga</b>	Año	4	0,732	0,570
R <sup>2</sup> = 0,065 (R <sup>2</sup> corregida = 0,047)	Uso	1	6,853	0,009**

\*\*\*p<0,001, \*\*p<0,01, \*p<0,05, n.s. p>0,05

Gutman *et al.* (2000) estudiando el comportamiento de *B. bituminosa* durante 16 años (1974-1990), obtuvieron de manera general que la tederera es una planta que no se ve afectada gravemente por la acción del ganado vacuno, aunque cabe decir que en algunas fases de su experimento, se dio un decaimiento de esta especie, bajo pastoreo intenso. Además señala que puede verse influenciada por las precipitaciones anuales, mientras que en nuestros espacios no se reflejan variaciones, aunque la duración de su estudio es mayor.

Un artículo muy específico para *Bituminaria bituminosa* es el elaborado por Sternberg *et al.* (2006) en Israel, donde evaluaron parámetros de la planta como su peso, índice de área foliar y número de semillas. Empleó cargas ganaderas de 0,55 y 1,1 vacas-ha<sup>-1</sup>, encontrando que la masa total de las plantas, el número de flores y semillas, se vieron reducidas por efecto del pastoreo, aunque estos autores establecen que si los regímenes son moderados, ésta es una planta que permanece relativamente estable en las zonas pastoreadas.

El hecho de que en nuestros espacios disminuya la presencia tederera y otras perennes leguminosas, puede deberse a causas como las que apuntan los estudios de Osem *et al.* (2004) y Sternberg *et al.* (2006), que describen como el ganado reduce la masa vegetal, elimina las flores y las semillas. Lo anotado por los anteriores investigadores está un tanto supeditado a las variedades de *Bituminaria* del mediterráneo israelí, que poseen una alta concentración de metabolitos secundarios, pero dado que las variedades canarias tienen menor presencia de estos, son más accesibles al paladar del ganado (Méndez *et al.*, 2001), y resultarían en principio consumidas en mayor grado.

Asimismo, dado que el pastoreo en nuestras zonas es de régimen continuo, las leguminosas perennes estarían expuestas a ser tomadas, tanto en la época desfavorable (según el régimen de lluvias) donde soportarían una presión mayor al ser la única masa verde, como favorable donde existen otros vegetales de los que alimentarse. En cualquier caso los estudios de Mata *et al.* (2008) han comprobado que el ganado ataca a la tederera aunque existan otras especies en el medio. Por otro lado, no es extraño, que los animales se alimenten de este vegetal, ya que como indican los trabajos de Ventura *et al.* (2004). tiene una concentración de proteínas similar a forrajes tan utilizados y valorados como la alfalfa.

La poca variabilidad en la contribución específica en los 5 años de estudio, podría estar derivada a su condición perenne, vegetales con una marcada estrategia competitiva de tipo K. Los organismos con esta estrategia competitiva, son menos dependientes de las variaciones en las condiciones del medio (Kimball, 1996), al contrario que las anuales, más dependientes de recursos del medio como las lluvias. En cualquier caso, Gutman *et al.*, 2000 y Sternberg *et al.*, 2006, describen a la tедера, como un vegetal sincronizado y adaptado al régimen climático mediterráneo, muy fluctuante en precipitaciones tanto estacional como interanualmente.

## CONCLUSIONES

La tедера juega un importante papel como alimento para el pastoreo directo en los ENPs de Canarias especialmente en épocas secas, siendo su presencia estable a lo largo de los años. En general disminuye la presencia en las zonas pastoreadas respecto a las no pastoreadas, posiblemente debido a su alta calidad nutritiva, su bajo nivel de metabolitos secundarios y a que el pastoreo de caprino en Canarias no suele hacer rotaciones, por lo que la presión de pastoreo sobre esa especie es intensa y continua.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAMWELL, D.; BRAMWELL, Z., 1994. *Flores Silvestres de las islas Canarias* (3ª ed.) Editorial Rueda S.L., 376 pp. Madrid.
- DAGET, P.H.; POISSONET, J., 1971. Une méthode d'analyse philologique des prairies. Critères d'application, *Ann. Agron.*, **22** (1), 5-41.
- FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M.; DE NICOLÁS, J.P., 1995. Altitudinal pattern of vegetation variation on Tenerife. *Journal of Vegetation Science*, **6**, 183-190.
- FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M.; VERA, A.; BRITO, A., 2002. Los ecosistemas. En: *Naturaleza de las Islas Canarias. Ecología y conservación*, 157-164. Ed. J.M FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.L MARTÍN ESQUIVEL. Turquesa Ediciones. Santa Cruz de Tenerife.
- GARCÍA, R.; MACIAS, A.; GALLEGRO, D.; HERNÁNDEZ, E.; GIMENO, L.; RIBERA, P., 2003. Reconstruction of the Precipitation in the Canary Islands for the Period 1595–1836. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **84**, 1037-1039.
- GUTMAN, M.; PEREVOLOTSKY, A.; STERNBERG, M., 2000. Grazing effects on a perennial legume, *Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton, in a Mediterranean rangeland. En: *Legumes for Mediterranean forage crops, pastures and alternative uses*, 299-303. Ed. L. SULAS. CIHEAM-IAMZ, **45**. Zaragoza.
- GUTMAN, M.; SELIGMAN, N.G., 1979. Grazing management of Mediterranean foothill range in the Upper Jordan River Valley. *Journal of Range Management*, **32**, 86-92.
- HIERNAUX, P., 1998. Effects of grazing on plant species composition and spatial distribution in rangelands of the Sahel. *Plant Ecology*, **138**, 191-202.
- KIMBALL, B.A., 1996. *Evolutionary plant defense strategies: life histories and contributions to future generations*. Libro informático. [www.colostate.edu/Depts/Entomology/courses/en570/papers\\_1996/kimball.html](http://www.colostate.edu/Depts/Entomology/courses/en570/papers_1996/kimball.html).
- MATA, J.; BERMEJO, L.A.; CAMACHO, A.; HARDISSON, L.; DE NASCIMENTO, L., 2008. Aproximación al interés de la tasa de consumo como indicador de presión de pastoreo en la Islas canarias. En: *Pastos clave en la gestión de los territorios. Integrando disciplinas*, 547-550. Ed. Junta de Andalucía.

- MÉNDEZ, P., 2000. El heno de tедера (*Bituminaria bituminosa*): un forraje apetecible para el caprino. *III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes*, 411-414.
- MÉNDEZ, P.; DÍAZ, E.; RIVERO, R., 2001. Contenido en cumarinas del forraje verde de tедера (*Bituminaria bituminosa*) *XLI Reunión Científica SEEP. I Foro Iberoamericano de Pastos*, 335-339.
- MÉNDEZ, P.; SANTOS, A.; CORREAL, E.; RÍOS, S., 2006. Agronomic traits as forage crops of nineteen populations of *Bituminaria bituminosa*. *Grassland science in Europe*, **11**, 300-302.
- OSEM, Y.; PEREVOLOTSKY, A.; KIGEL, J., 2004. Site productivity and plant size explain the response of annual species to grazing exclusion in a Mediterranean semi-arid rangeland. *Journal of Ecology*, **92(2)**, 297-309.
- STERNBERG, M.; GISHRI, N.; MABJEESH, S. J., 2006. Effects of Grazing on *Bituminaria bituminosa* (L) Stirton: A Potential Forage Crop in Mediterranean Grasslands. *Journal of Agronomy and Crop Science*, **192 (6)**, 399-407.
- STERNBERG, M.; GUTMAN, M.; PEREVOLOTSKY, A.; UNGAR, E.U.; KIGEL, J., 2000. Vegetation response to grazing management in a Mediterranean herbaceous community: a functional group approach. *Journal of Applied Ecology*, **37(2)**, 224-237.
- VENTURA M. R., CASTANON J.I.R.; PIELTAIN M.C.; FLORES M.P., 2004. Nutritive value of forage shrubs: *Bituminaria bituminosa*, *Rumex lunaria*, *Acacia salicina*, *Cassia sturtii* and *Adenocarpus foliosus*. *Small Ruminant Research*, **52**, 13-8.

## SUMMARY

*Bituminaria bituminosa* and other perennial leguminous with forage interest, are usually cited as plants which are scarcely affected by grazing action of livestock, due to the presence of secondary metabolites which make it few palatable. These species are very well adapted to Mediterranean climate, with not important variability of abundance related to the quantity of annual rainfall.

Comparing grazed and non grazed zones in our study sites, a decrease of the vegetal cover of these species, mostly represented by *Bituminaria bituminosa*, was observed in the grazed zones. On the other hand, during the 5 studied years, their presence did not change significantly.

**Key words:** Leguminous forage, secondary metabolites, tедера.

## EFFECTOS DE LA EXCLUSIÓN DEL PASTOREO EN LA DIVERSIDAD, RIQUEZA, COMPOSICIÓN DE ESPECIES Y PRODUCTIVIDAD DE DOS PASTIZALES CANARIOS

S. FERNÁNDEZ-LUGO<sup>1</sup>, L. DE NASCIMENTO<sup>1</sup>, I. SARO<sup>1</sup>, L. BERMEJO<sup>2</sup>, J.R. ARÉVALO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ecología, Universidad de La Laguna, Facultad de Biología, La Laguna 38206. <sup>2</sup>Departamento de Ingeniería, Producción y Economía Agrarias, Universidad de La Laguna, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria, 38201 La Laguna. [Ibermejo@ull.es](mailto:Ibermejo@ull.es)

### RESUMEN

Los estudios de exclusión del pastoreo son una herramienta de gran utilidad para determinar cuál será la respuesta de los de los ecosistemas pastorales frente al abandono de los sistemas ganaderos tradicionales y poder adoptar las medidas más adecuadas para su conservación. Con este objetivo hemos analizado los cambios en la diversidad, riqueza, composición de especies y productividad primaria ( $\text{g/m}^2$ ) de dos pastizales canarios tras un año de exclusión de pastoreo. Los resultados muestran un aumento significativo de la productividad de las parcelas excluidas al ganado en uno de los pastizales estudiados, indicando la posible sobreutilización del mismo. Frente a la rápida respuesta de la productividad primaria, los cambios de la composición específica parecen requerir de un mayor lapso temporal para manifestarse.

**Palabras clave:** abandono del pastoreo; ecología de pastizales; Islas Canarias.

### INTRODUCCIÓN

Las actividades ganaderas llevadas a cabo por las poblaciones locales a lo largo de la historia han desempeñado, y desempeñan, un importante papel en la configuración de la estructura y composición específica de los ecosistemas pastorales (Milchunas *et al.*, 1988), por lo que la correcta gestión del pastoreo tradicional es una herramienta fundamental para la conservación de estas comunidades vegetales, así como para la maximización de la producción y de los retornos económicos del sistema (Díaz *et al.*, 2001; Arévalo *et al.*, 2007).

Aunque el efecto del pastoreo en los ecosistemas ha sido ampliamente estudiado, los resultados obtenidos han sido contradictorios en numerosas ocasiones (Olf y Ritchie, 1998). En consecuencia, podemos encontrar trabajos que concluyen que esta actividad puede aumentar, no afectar o tener efectos negativos en la diversidad y riqueza de especies (Milchunas *et al.*, 1988; Osem *et al.*, 2004), o bien provocar un aumento, una disminución o no tener efectos en la biomasa de las plantas (McNaughton,

1985; Terradas, 2001; Gillen y Sims, 2004). Esta ambigüedad de resultados ha sido atribuida a factores como la evolución histórica de esta actividad, los gradientes de productividad o la intensidad de pastoreo (Milchunas y Lauenroth, 1993). Esta alta dependencia tanto de las variables ambientales como del sistema de pastoreo, pone de manifiesto la necesidad de desarrollar estudios específicos que permitan comprender la dinámica propia de cada zona y desarrollar medidas de gestión adecuadas.

Los pastizales de las Islas Canarias tienen un origen antropogénico relativamente reciente, pero cuentan con una alta riqueza específica, así como con importantes valores socioeconómicos y paisajísticos (Arévalo *et al.*, 2007). Los pastizales mejor conservados junto con la mayor parte de la ganadería extensiva del archipiélago se encuentran en Parques Rurales (Bermejo, 2003), figura de protección recogida en la Ley Canaria de Espacios Protegidos que tiene por objetivo conservar y promover el desarrollo sostenible de espacios naturales donde coexisten actividades agrícolas y ganaderas, con otras de especial interés natural y ecológico (Ley 12/1994 de Espacios Naturales de Canarias). Al igual que ha sucedido en el resto de países industrializados, los sistemas productivos tradicionales de Canarias han evolucionado de sistemas extensivos a intensivos, con el consecuente abandono de las áreas de pastoreo tradicionales (Marrero y Capote, 2001). Estos cambios de uso han dado lugar a numerosos interrogantes sobre la tendencia evolutiva que seguirán estos ecosistemas y las medidas necesarias para garantizar su conservación.

Con el objetivo de predecir las consecuencias del abandono de la ganadería extensiva en estos singulares ecosistemas emprendimos hace un año un estudio de exclusión del pastoreo en dos Parques Rurales del archipiélago. La principal hipótesis que planteamos en este trabajo es que la eliminación del pastoreo implica cambios en la diversidad, riqueza, composición de especies y productividad de los pastizales.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Zona de estudio

Este estudio se ha llevado a cabo en el Parque Rural de Valle Gran Rey (La Gomera) y en el Parque Rural de Anaga (Tenerife). Espacios que cuentan con características geomorfológicas, climatológicas y socioeconómicas similares, así como con una notable presencia de ganado caprino en sistemas extensivos derivado de los sistemas tradicionales de la zona (Mata *et al.*, 2000).

El Parque Rural de Valle Gran Rey (PRVGR), situado en la región suroccidental de la isla de La Gomera, abarca una superficie 1954 ha y un rango altitudinal que oscila desde el nivel del mar a los 975 m s.n.m, cuenta con una precipitación media de 767,25 mm y una temperatura media anual es de 20,6°C. La carga ganadera promedio de este espacio protegido es de 0,1 UA/ha. Los pastizales objeto de nuestro estudio se encuentran situados en una meseta a 800 m s.n.m. y están fundamentalmente asociados a terrenos de cultivo abandonados, sometidos posteriormente a aprovechamiento ganadero, actualmente se encuentran bajo pastoreo continuo.

El Parque Rural de Anaga (PRA) se ubica en la región nordeste de la isla de Tenerife, cuenta con una superficie de 14 224 ha y un rango altitudinal que supera los 900 m s.n.m. Este espacio está dividido por una cadena montañosa orientada de este a oeste en dos vertientes con características bien diferenciadas, la norte con unas



precipitaciones medias anuales de 556,46 mm/año y la vertiente sur con una media de 293,35 mm/año, la temperatura media anual es de 19,35°C. La carga ganadera promedio del parque se cifra en 0,14 UA/ha. Al igual que en el caso anterior los pastizales estudiados se encuentran en antiguas zonas agrícolas, pero en esta ocasión el sistema de pastoreo es rotacional.

### Diseño experimental

En Septiembre de 2007 se establecieron en cada Parque Rural ocho parcelas de exclusión de ganado, cuatro de ellas destinadas al estudio de la composición de especies y otras cuatro al análisis de la productividad primaria, junto con otras ocho parcelas abiertas al pastoreo que actuaron como sus respectivos controles. Cada parcela cuenta con unas dimensiones de 100 m<sup>2</sup>.

En cada parcela destinada al estudio de la composición específica se establecieron cuatro subparcelas de 10 m<sup>2</sup> en las cuales se anotaron todas las especies presentes. El estudio de la productividad primaria (g/m<sup>2</sup>) se centró en las especies herbáceas, debido a la escasa representación de las especies arbustivas con utilidad forrajera en estos pastizales. Para su estimación se realizaron dos cortes aleatorios de un m<sup>2</sup> en cada parcela de 100 m<sup>2</sup>, en el momento de máxima productividad (Bermejo, 2003), que estimamos corresponde a la estación primaveral.

### Análisis estadísticos

Aplicamos un análisis de correspondencias corregido (Detrended Correspondence Analysis; DCA) (Hill y Gauch, 1980) para evaluar la composición específica de las parcelas en busca de algún patrón de variación relacionado con la exclusión del pastoreo. El análisis se realizó con la matriz de datos de presencia de las especies, mediante el programa estadístico CANOCO (Ter Braak y Šmilauer, 1998).

Para detectar diferencias en la riqueza específica, índice de diversidad de Brillouin (Magurran, 2004) y productividad (g/m<sup>2</sup>) entre los diferentes tratamientos, utilizamos el test U de Mann-Whitney con un nivel de significación  $P < 0.05$ . Este análisis se realizó mediante el paquete estadística SPSS 14.1 (SPSS®, 1986). El índice de diversidad de Brillouin se calculó mediante el paquete estadístico Species Diversity and Richness III (Henderson y Seaby, 2004).

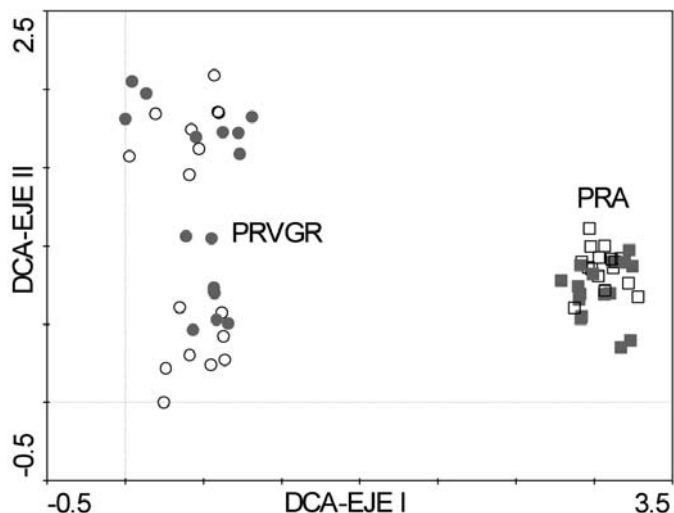
## RESULTADOS

Se encontraron un total de 77 especies en el PRVGR y 103 especies en el PRA. Ambos pastizales comparten 39 especies, entre las que destacan *Anagallis arvensis*, *Medicago polymorpha*, *Asphodelus ramosus*, *Hyparrhenia hirta*, *Medicago minima*, *Hedypnois rhagadioloides*, *Stachys arvensis*, *Avena sp.* y *Bromus sp.* La forma de vida dominante son los terófitos que representan el 74% de las especies encontradas en el PRVGR y el 67% en el PRA. En ambos casos las especies introducidas no superan el 15% de las especies encontradas. La productividad primaria media de ambos pastizales es inferior a los 200 g/m<sup>2</sup>.

El DCA no reflejó ningún patrón de variación de la composición específica de los pastizales estudiados en respuesta a la exclusión del pastoreo, pero sí un claro gradiente de variación entre parques y una mayor heterogeneidad entre la composición

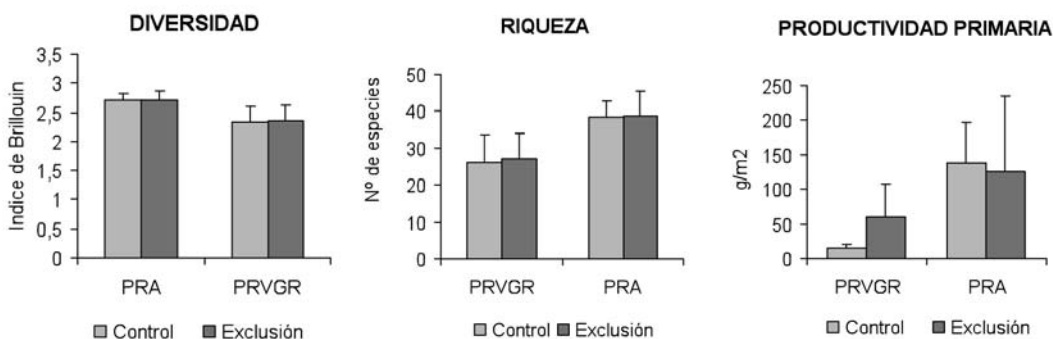


específica de las parcelas del PRVGR (Fig.1). El test de la U de Mann-Whitney indicó que no existen diferencias significativas en los valores de diversidad y riqueza de especies entre tratamientos en ninguna de las zonas estudiadas (Fig. 2-a y 2-b). Tampoco



**Figura 1. DCA de las parcelas basado en la presencia de especies. Autovalor para el eje I: 0,638; autovalor para el eje II: 0,204; porcentaje acumulado de la varianza para el eje I y II: 27,2. ● PRVGR exclusión; ○ PRVGR control; ■ PRA exclusión; □ PRA control.**

encontramos diferencias significativas entre la productividad primaria de las parcelas control y exclusión del PRA, pero sí encontramos diferencias en el PRVGR ( $n = 16$ ;  $Z = -3,36$ ;  $P < 0,01$ ), siendo la productividad significativamente menor en las parcelas control (Fig. 2-c).



**Figura 2. a) valores medios por tratamiento de la diversidad (Índice de Brillouin); b) valores medios de la riqueza de especies; c) valores medios de la productividad primaria.**

## DISCUSIÓN

Los pastizales estudiados están dominados por vegetación herbácea, principalmente especies anuales, estrechamente relacionadas con el mundo mediterráneo (Santos, 1984), y presentan altos valores de diversidad y riqueza, características que

también comparten con los pastizales mediterráneos (Pineda *et al.*, 1981). Aunque los pastizales canarios tienen un origen mucho más reciente, los rasgos y especies en común nos conducen a pensar que al igual que en los ecosistemas pastorales mediterráneos el mantenimiento de la ganadería extensiva es fundamental para su conservación (Perevolotsky y Seligman, 1998).

La ausencia de cambios significativos en la composición específica puede atribuirse al corto período de investigación, puesto que los cambios derivados de la exclusión del pastoreo pueden requerir de un mayor lapso temporal para manifestarse (Milchunas *et al.*, 1988). Además, el proceso de cambio de estos ecosistemas puede ser difícil de detectar debido a que las bajas presiones ganaderas a las que están sometidos pueden tener débiles o incluso nulos efectos sobre la riqueza de especies (Milchunas y Lauenroth, 1993), y a que estos efectos pueden ser poco evidentes en áreas con productividades inferiores a 200 g/m<sup>2</sup> (Osem *et al.*, 2002).

En el PRA la productividad primaria no presentó diferencias significativas entre las parcelas pastoreadas y las excluidas al ganado, resultados que indican que las cargas ganaderas a las que están sometidos estos pastizales, combinadas con el sistema de pastoreo rotacional, consiguen el pretendido equilibrio entre la explotación y la conservación del medio, objetivo de estas figuras de protección. En el caso el PRVGR los resultados nos sugieren una carga excesiva para estos pastizales, resultante en una disminución de la productividad primaria de estas comunidades vegetales (Terradas, 2001). Esta disminución de la productividad puede ocasionar efectos negativos en el ecosistema, como el aumento de la erosión, disminución de refugios para la fauna, reducción de los beneficios económicos del sistema (Gillen y Sims, 2004) y derivar en una disminución de la diversidad si aceptamos el modelo más extendido de la relación diversidad-productividad, el unimodal (Huston, 1994). Debido a ello consideramos que sería beneficiosa para estos pastizales una modificación del actual sistema de pastoreo continuo.

## CONCLUSIONES

Al igual que ocurre en muchos agroecosistemas mediterráneos la tendencia al abandono y cambios de uso de los sistemas ganaderos tradicionales pone en peligro la conservación de los elevados valores ecológicos, paisajísticos y socioeconómicos de los pastizales canarios. Por lo que consideramos preciso llamar la atención sobre la necesidad de llevar a cabo estudios que como éste permitan, en un mayor o menor lapso temporal, conocer cuáles serán las tendencias de evolución de estos ecosistemas ante los actuales cambios de uso y permitan tomar las medidas más adecuadas para su conservación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARÉVALO, J.R.;CHINEA, E.; BARQUÍN, E., 2007. Pasture management under goat grazing on Canary Islands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **128**, 291-296.
- BERMEJO, L.A., 2003. *Conservación de los recursos genéticos caprinos en los espacios protegidos de Canarias: impacto social y ambiental*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba.
- DÍAZ, S.; NOY-MEIR, I.; CABIDO, S., 2001. Can grazing response of herbaceous plants be predicted from simple vegetative traits? *Ecology*, **38**, 497-508.

- GILLEN, R.L.; SIMS, P.L., 2004. Stocking rate, precipitation and herbage production on sand sagebrush-grassland. *Journal of Range Management*, **55**, 148-152.
- GOBIERNO DE CANARIAS. *Ley 12/1994, de 19 de diciembre, de Espacios Naturales de Canarias*. Boletín Oficial de Canarias nº157 de 24 de diciembre.
- HENDERSON P.A.; SEABY R.M.H., 2004. Species Diversity and Richness, version 3.03. Pisces Conservation Ltd., 85 pp. Lymington (UK).
- HILL, M.O.; GAUCH, H.G., 1980. Detrended Correspondence Analysis, an improved ordination technique. *Vegetatio*, **42**, 47-58.
- HUSTON, M.A., 1994. *Biological Diversity: The Coexistence of Species on Changing Landscape*. Cambridge University Press, 708 pp. Cambridge (UK).
- MAGURRAN, A.E., 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publication, 256 pp. Oxford (UK).
- MARRERO, A.; CAPOTE, J., 2001. La agricultura. En: *Naturaleza de las Islas Canarias. Ecología y Conservación*, 263-268. Ed. J.M. FERNÁNDEZ-PALACIOS; J.L. MARTÍN. Publicaciones Turquesa S.L. Santa Cruz de Tenerife (España).
- MATA, J.; BERMEJO, L.A.; DELGADO, J.V.; CAMACHO, A.; FLORES, M.P., 2000. Estudio del uso ganadero en espacios protegidos de Canarias. Metodología. *Archivos de Zootecnia*, **49**, 275-284.
- MCNAUGHTON, S. J., 1985. Ecology of a grazing ecosystem: the Serengeti. *Ecological Monographs*, **55**, 259-294.
- MILCHUNAS, D.G.; LAUENROTH, W.K., 1993. Quantitative effects of grazing on vegetation and soil over a global range of environments. *Ecological Monographs*, **63**, 327-366.
- MILCHUNAS, D.G.; SALA, O.E.; LAUENROTH, W.K., 1988. A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grasslands community structure. *The American Naturalist*, **132**, 87-106.
- OLFF, H.; RITCHIE, M.E., 1998. Effects of herbivores on grassland plant diversity. *Trends in Ecology and Evolution*, **13**, 261-265.
- OSEM, Y.; PEREVOLOTSKY, A.; KIGEL, J., 2004. Site productivity and plant size explain the response of annual species to grazing exclusion in a Mediterranean semi-arid rangeland. *Journal of Ecology*, **92**, 297-309.
- PEREVOLOTSKY, A.; SELIGMAN, N.G., 1998. Role of Grazing in Mediterranean Rangeland Ecosystems. Inversion of a paradigme. *Bioscience*, **48**, 1007-1017.
- PINEDA, F.D.; NICOLÁS, J.P.; RUIZ, M.; PECO, B.; BERNÁLDEZ, F.C., 1981. Succession, diversité et amplitude de niche dans les pâturages du centre de la péninsule ibérique. *Vegetatio*, **47**, 267-277.
- SANTOS, A., 1984. Flora y Vegetación. En: *Geografía de Canarias Tomo 1*, 258-294. Ed. L. AFONSO. Editorial Interinsular Canaria. Santa Cruz de Tenerife (España)
- SPSS, 1986. SPSS/PC+ V.6.0. *Base manual*. SPSS Inc., Chicago, IL (USA).
- TER BRAAK, C.J.F.; ŠMILAUER, P., 1998. *CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4)*. Microcomputer Power., 352 pp. Ithaca, NY (USA).
- TERRADAS, J., 2001. *Ecología de la vegetación: de la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes*. Ed. Omega, 703 pp. Barcelona (España).

## SUMMARY

### **EXCLUSION EFFECTS ON DIVERSITY, RICHNESS, SPECIES COMPOSITION AND PRIMARY PRODUCTIVITY IN TWO CANARY ISLANDS PASTURES**

Due to the abandonment tendency in the traditional management of the area, the study of grazing exclusion effects in pastures ecosystems has become a key element to understand the evolution of changes in the plant communities in order to take the correct conservation measures. With that aim we analysed changes in floristic composition, species richness, diversity and primary productivity of two canary pastures after one year of goat grazing exclusion. The results revealed a significant increase in the productivity in enclosed plots in one of the studied pastures, indicating their possible overgrazing. In opposition to the fast response in primary productivity, the species composition seems to require more time to reveal significant differences.

**Key words:** Canary Islands; pastures ecology; grazing abandonment.



## EMISIONES DE ÓXIDO NITROSO EN PASTOREO ROTACIONAL

D. BÁEZ, A. LOURO, A. ROCA, J. CASTRO, M.I. GARCÍA

Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (CIAM) INGACAL. Xunta de Galicia, Apartado 10, 15080 La Coruña. dolores.baez.bernal@xunta.es

### RESUMEN

Galicia por sus condiciones climáticas posee una gran capacidad para producir pastos que pueden ser aprovechados directamente por el ganado en pastoreo o conservados en forma de silo, reduciendo costes de producción y entradas de nutrientes en exceso propios de sistemas intensivos. En sistemas de pastoreo la carga ganadera constituye un factor clave en la gestión de las praderas. Un incremento favorece el aprovechamiento y calidad del pasto pero también puede incrementar la emisión de gases de efecto invernadero como el óxido nitroso ( $N_2O$ ). El objetivo del trabajo es cuantificar las emisiones de  $N_2O$  producidas en un sistema de vacuno de leche en pastoreo rotacional y evaluar el efecto que la presión de pastoreo tiene en la emisión. Para ello, entre los meses de abril y noviembre del 2007 se llevaron a cabo determinaciones de  $N_2O$ , utilizando cámaras cerradas, en praderas de raigrás italiano y trébol blanco con diferente presión de pastoreo. Se observó que la presión de pastoreo en las parcelas condicionó la emisión de  $N_2O$  produciéndose un aumento del 9,6% en las emisiones de  $N_2O$  cuando la intensidad de pastoreo se incrementó un 12%. La primavera y el otoño fueron los periodos que contribuyeron en mayor proporción a la emisión total de  $N_2O$ .

**Palabras clave:** praderas, vacuno de leche, carga ganadera,  $N_2O$ .

### INTRODUCCIÓN

El manejo de sistemas sostenibles de producción de leche debe basarse en un aprovechamiento de los recursos de la explotación y de esta forma disminuir el consumo de concentrados y fertilizantes propios de sistemas intensivos. Galicia por sus condiciones climáticas posee una gran capacidad para producir pastos ya que representan el 12% de la superficie total y el 44% de su superficie agraria útil, con un 37% de esta superficie dedicada a praderas. Con pastoreo se pueden conseguir altas producciones de leche con mínimos consumos de concentrados en momentos críticos de lactación (González *et al.*, 2007). Según trabajos anteriores desarrollados en el CIAM, es recomendable incrementar la carga ganadera para conseguir una mejor utilización del pasto y mejorar la calidad de la biomasa producida (Roca *et al.*, 2008).

Por otra parte el incremento de carga ganadera puede provocar un incremento en la emisión de  $N_2O$ . El  $N_2O$  es uno de los llamados gases invernadero, con un potencial

de calentamiento aproximadamente 300 veces superior al del dióxido de carbono y que contribuye a la disminución de la capa de ozono. El uso de fertilizantes nitrogenados y excretas animales son las principales causas antropogénicas responsables de su incremento en la atmósfera (IPCC, 2001).

Hasta la fecha en la España Húmeda se han desarrollado trabajos que han estudiado el efecto del tipo de abono, el laboreo, la utilización de inhibidores de la nitrificación, aditivos, etc (Merino *et al.*, 2002; Del Prado *et al.*, 2006), en la emisión de N<sub>2</sub>O, no obstante, se detecta una falta de información en lo que respecta a la influencia del pastoreo.

El objetivo del trabajo es en primer lugar cuantificar las emisiones de N<sub>2</sub>O producidas en un sistema de vacuno de leche en pastoreo y, en segundo lugar, evaluar el efecto que la presión de pastoreo puede tener en las emisiones del gas. En el trabajo se establecen relaciones entre las tasas de emisión y las condiciones edafo-climáticas: humedad del suelo, N mineral y temperatura.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la finca experimental del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo situada en la localidad de Abegondo (A Coruña), zona costera atlántica de Galicia) a una altitud de 100 m sobre el nivel del mar con suelo de textura franco-limosa (capa de 0-30 cm: 27% arena, 56% limo, 17% arcilla,) y un clima templado-húmedo caracterizado por una temperatura media de 13,4°C y precipitación de 1086 mm (media de 10 años anteriores 1996-2006). Las principales características del suelo, clasificado como Cambisol Húmico son (capa 0-30 cm): 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 entre los meses de abril y noviembre del 2007 en praderas de raigrás italiano (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.) pastadas por rebaños diferentes en lactación (partos mitad de febrero) con dos cargas ganaderas: baja (B) y alta (A), de 4,3 y 5,8 vacas/ha respectivamente entre los meses de marzo a agosto. En el resto de meses otros grupos de vacas (novillas, vacas no productoras) aprovecharon el pasto disponible. El manejo agronómico de las parcelas se basó en aportes de fertilizantes minerales en primavera y otoño (Tabla 1), aproximadamente un mes antes de la entrada de los animales a la parcela. La superficie de pastoreo se adaptaba al número de animales en cada grupo para que los dos grupos pastaran cada bloque casi al mismo tiempo (pastoreo rotacional en bandas) según es descrito por Roca *et al.* (2008). Como indicador de la presión de pastoreo en las parcelas se utilizó el número de vacas-días/ha de pastoreo normalizados a 24 horas (JPP). Para cada entrada del ganado en las parcelas este valor viene dado por la expresión:  $JPP_i = (N^\circ \text{ animales} * \text{Coeficiente UGM}) * (N^\circ \text{ días de pastoreo} * N^\circ \text{ de horas por día} / 24 \text{ horas})$  y la presión total viene determinada por la suma de todos los JPPi en el periodo considerado.

**Tabla 1. Fertilizaciones de N, P y K (kg N/ha, kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, kg K<sub>2</sub>O/ha) efectuadas en las parcelas de estudio y valores totales anuales.**

Carga	Rep	Fertilizaciones(kg/ha)					Total kg N/ha	Total kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	Total kg K <sub>2</sub> O /ha
		15/02	14/03	23/03	24/09	05/10			
Baja	1		45-84-84 <sup>1</sup>	39 <sup>2</sup>	46 <sup>3</sup>		130	84	84
	2	45-84-84 <sup>1</sup>		39 <sup>2</sup>	46 <sup>3</sup>		130	84	84
	3	45-84-84 <sup>1</sup>		39 <sup>2</sup>	46 <sup>3</sup>	39 <sup>2</sup>	130	84	84
Alta	1		45-84-84 <sup>1</sup>	39 <sup>2</sup>	46 <sup>3</sup>		130	84	84
	2	45-84-84 <sup>1</sup>		39 <sup>2</sup>	46 <sup>3</sup>		130	84	84
	3	45-84-84 <sup>1</sup>		39 <sup>2</sup>	46 <sup>3</sup>	39 <sup>2</sup>	130	84	84

<sup>1</sup> 8-15-15 (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) <sup>2</sup> Nitrato amónico Cálxico 27% <sup>3</sup> Urea

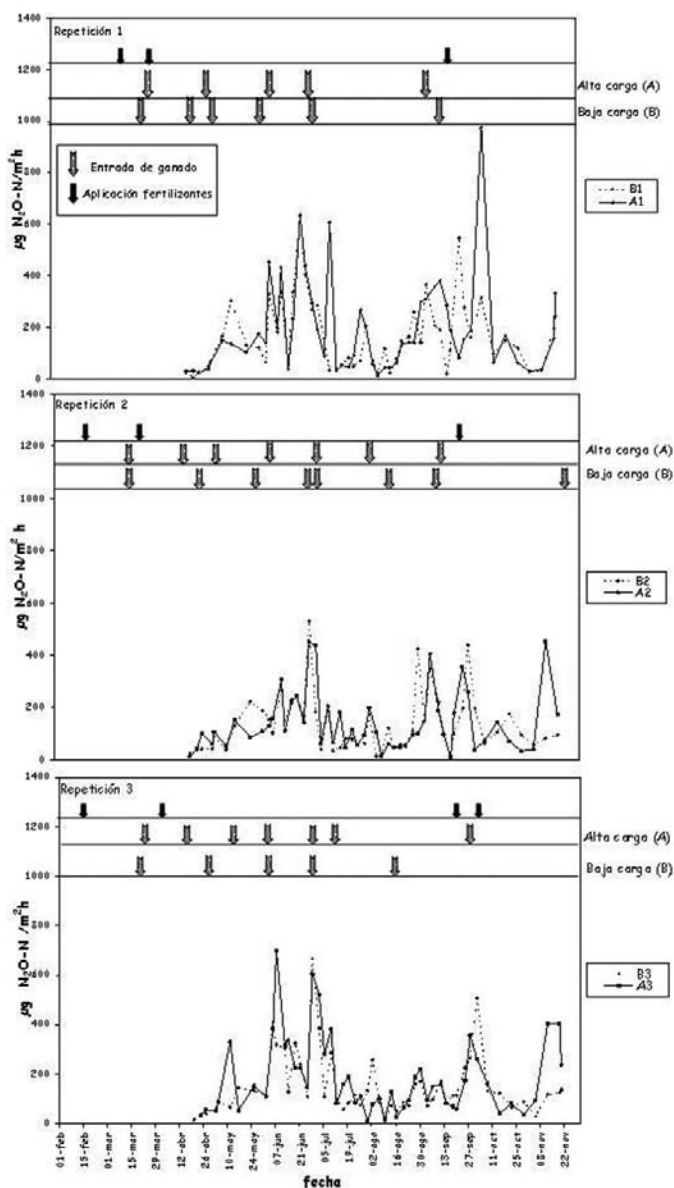
Los muestreos se realizaron en seis parcelas de 0,5 ha (tres de baja y tres de alta carga) que se encontraban dentro de la superficie utilizada por cada rebaño (5,3 y 4,1 ha). El método utilizado fue el de la cámara cerrada descrito por Ryden y Rolston (1983). En cada muestreo cuatro cámaras de PVC por parcela se mantenían cerradas por un periodo de 45 a 90 min, tras el cual se recogía una muestra gaseosa de 10 ml que era almacenada en *vacutainers*. La concentración de N<sub>2</sub>O fue determinada utilizando un cromatógrafo gaseoso provisto de detector <sup>63</sup>Ni ECD. 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. Las pérdidas de N<sub>2</sub>O acumuladas para un determinado periodo se obtuvieron asumiendo un valor medio de emisión entre dos fechas de muestreo consecutivas.

Una vez recogidas las muestras de N<sub>2</sub>O se tomaron muestras de suelo en la capa superficial de 10 cm dentro de cada cámara, se mezclaron y se procesó una única muestra por parcela. Los contenidos de nitratos y amonios fueron determinados en el extracto 1:2 (suelo: 1N KCl) por métodos colorimétricos utilizando un autoanalizador de flujo segmentado (MT7, Bran+Luebbe). El resto de la muestra de suelo se utilizó para determinar el porcentaje de humedad en base al peso seco del suelo introduciendo para ello la muestra en estufa a 105 °C hasta peso constante. Utilizando este valor y la densidad aparente para la capa de 0-10 cm se expresó el valor de humedad en porcentaje de volumen de poros del suelo llenos de agua (% WFPS=((H<sub>2</sub>O)<sub>ps</sub> x d<sub>aparente</sub>)/Porosidad\*100, Porosidad=(1-d<sub>aparente</sub>)/2,65, siendo 2,65 la densidad de partícula del suelo (mg/m<sup>3</sup>), factor mejor correlacionado con las emisiones de N<sub>2</sub>O que el contenido gravimétrico de humedad en suelo (Granli y Bockman, 1994). En cada muestreo se registró también la temperatura exterior de la cámara.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se representan las tasas de emisión obtenidas en las parcelas de baja y alta carga ganadera en los muestreos de gases efectuados desde el 20 de abril hasta el 20 noviembre de 2007. Los valores oscilaron en el rango 8-974 µg N<sub>2</sub>O-N/m<sup>2</sup>h en parcelas de alta carga y entre 5-530 µg N<sub>2</sub>O-N/m<sup>2</sup>h en parcelas de baja carga. Las emisiones de N<sub>2</sub>O fueron determinadas con cámaras cerradas que eran traslada-

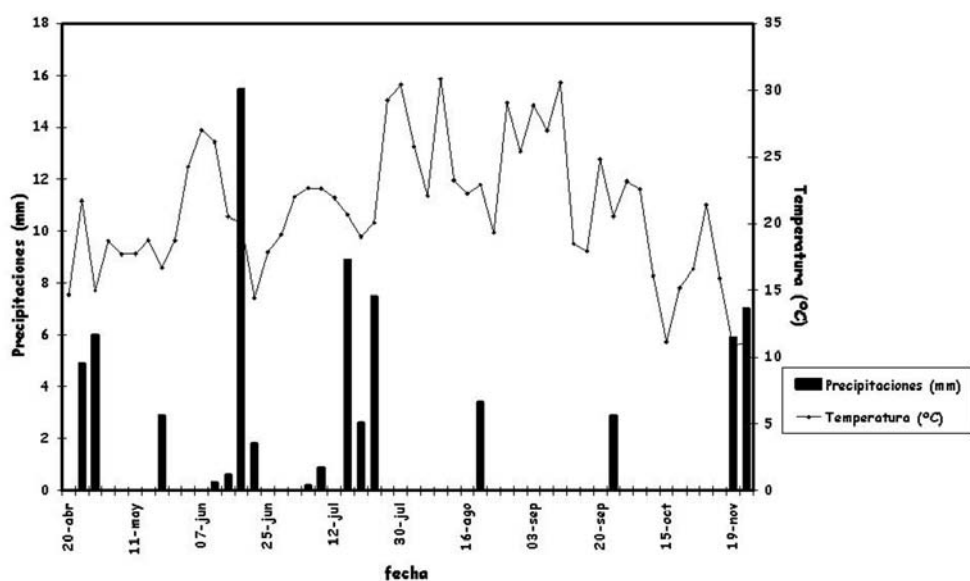




**Figura 1. Evolución de las tasas de emisión de N<sub>2</sub>O en parcelas de baja y alta carga en cada repetición. Las flechas indican aporte de fertilizante y entrada del ganado.**

das de lugar entre muestreos consecutivos, consiguiendo de esta forma abarcar una zona mayor de muestreo e integrar la variabilidad espacial de la emisión de N<sub>2</sub>O que resulta de la deposición irregular de orina y heces debidas al pastoreo de los animales. Los valores más bajos de N<sub>2</sub>O se obtuvieron entre el 15 de julio y el 15 de septiembre, en los periodos anterior y posterior se registraron picos de emisión en general más frecuentes y de mayor dimensión. Se aprecia que estos picos son consecuencia directa de la entrada de ganado en las parcelas o del aporte de fertilizantes (finales de septiembre) siempre y cuando la humedad en suelo no fuese un factor limitante. Aunque la lluvia favorece la emisión de N<sub>2</sub>O, en los primeros muestreos (abril, finales

de mayo) un exceso de humedad probablemente provocó condiciones anaeróbicas en el suelo y en consecuencia una disminución de la relación  $N_2O/N_2$ , ambos productos finales en el proceso de desnitrificación. En estos primeros muestreos, excepto en la tercera repetición, la fracción del volumen de poros del suelo ocupada por el agua (WFPS) fue superior al 70 %, valor que corresponde a capacidad de campo según el tipo de suelo (textura franco-limosa) que nos ocupa. En la Figura 2 se observa la distribución de las precipitaciones y la evolución del valor medio del WFPS durante el estudio. Los valores disminuyeron del 65 % para el periodo del 20 abril al 15 julio, al 39 % en el periodo del 16 julio al 15 de septiembre, y las primeras lluvias otoñales en el mes de noviembre provocaron de nuevo el incremento de valores.



**Figura 2.** Evolución de las tasas de emisión de  $N_2O$  en parcelas de baja y alta carga en cada repetición. Las flechas indican aporte de fertilizante y entrada del ganado.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, en la Tabla 2 se presentan los valores acumulados de  $N_2O$  durante tres periodos: inicio de muestreos hasta el 15 de julio, del 16 de julio al 15 de septiembre y del 16 de septiembre al 20 de noviembre.

**Tabla 2.** Valores acumulados de  $N_2O$  (kg N/ha) en diferentes periodos.

Carga	Repetición	Periodo			Total
		20 abr-15 jul	16 jul-15 sep	16 sep-20 nov	
Baja	1	3,9 ± 0,2	1,9 ± 0,1	2,6 ± 0,3	8,3 ± 0,4
	2	3,1 ± 0,3	1,6 ± 0,1	2,3 ± 0,1	7,0 ± 0,3
	3	3,5 ± 0,2	1,5 ± 0,1	2,3 ± 0,2	7,3 ± 0,3
Alta	1	4,1 ± 0,3	2,1 ± 0,2	3,2 ± 0,3	9,4 ± 0,5
	2	3,1 ± 0,2	1,6 ± 0,1	2,3 ± 0,7	7,1 ± 0,9
	3	4,4 ± 0,6	1,4 ± 0,2	2,6 ± 0,2	8,4 ± 0,9

Se obtuvo un valor medio de 7,5 kg N/ha en parcelas de baja carga y de 8,3 kg N/ha en parcelas de alta carga. Para cada una de las repeticiones se observa que el intervalo de tiempo comprendido entre el 20 de abril y el 15 de julio contribuyó mayoritariamente al valor total de  $N_2O$  producido en el periodo muestreado. Los valores acumulados totales cuantificados son semejantes a los obtenidos por otros autores en la Cornisa Cantábrica con fertilizaciones minerales de 140 kg N/ha en pradera pastada durante un mes en el otoño y con varios cortes de silo (Merino *et al.*, 2001), pero muy inferiores a los obtenidos (18,4 kg N/ha) en sistemas más intensivos en fertilización orgánica y mineral (Del Prado, 2007).

Así mismo, se observa que un incremento medio en la intensidad de pastoreo en las parcelas del 12% (Tabla 3), de 538 a 610 vacas-día/ha, produce un incremento del 9,6% en la emisión de  $N_2O$ . Puesto que las fertilizaciones nitrogenadas en cada repetición fueron iguales las diferencias son debidas a la presión del pastoreo que recibieron las parcelas. Un incremento en la presión de pastoreo produce compactación del suelo (Thomas *et al.*, 2008) y un mayor aporte de N procedente de las excretas de los animales. En relación a este punto, se observó un incremento de N mineral en suelo en parcelas de alta carga respecto a las de baja, especialmente en el periodo comprendido entre el 16 de septiembre y 20 de noviembre, con valores medios de amonio de 25 y 35 kg N/ha, y de nitrato de 18 y 25 kg N/ha, en parcelas de baja y alta carga respectivamente. Así mismo, hay que tener en cuenta que los depósitos de heces y orina son focos emisores de  $N_2O$ , ya que en estas zonas se concentran elevadas cantidades de N mineral y C y N orgánico soluble fácilmente mineralizable. En extensivo el área afectada por los parches de orina y heces es pequeña pero a medida que la intensificación aumenta también el área y en consecuencia aumentan las emisiones de  $N_2O$ .

**Tabla 3. Presión de pastoreo (JPP, días con vacas normalizados a 24 h) en diferentes periodos en cada una de las repeticiones muestreadas.**

Carga	Repetición	Inicio-15 jul	16 jul-20 nov	Total	Medio
Baja	1	358	66	423	
	2	471	80	551	538
	3	525	115	640	
Alta	1	408	69	477	
	2	522	169	691	610
	3	558	64	662	

## CONCLUSIONES

Las emisiones de  $N_2O$  determinadas durante siete meses en praderas mixtas pastoreadas de forma rotacional con vacuno de leche y fertilizadas de forma racional, fueron inferiores a las obtenidas en sistemas de pastoreo más intensivos en fertilización. No obstante, se observó que la presión de pastoreo en las parcelas condicionó la emisión de  $N_2O$ , y la producción del gas aumentó en 9,6% cuando la intensidad de pastoreo se incrementó el 12%. La primavera y el otoño fueron los periodos que más contribuyeron a la emisión total y este hecho estuvo íntimamente relacionado con los contenidos de humedad en suelo, favorables para la producción de  $N_2O$ .

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido financiado por el proyecto INIA "SUM2006-00017-C03-03".

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DEL PRADO, A., 2007. *Modelling approaches and measurements to study the effect of nutrient management on the sustainability of a dairy farm*. Tesis doctoral Universidad del País Vasco.
- DEL PRADO, A.; MERINO, P.; ESTAVILLO, J.M.; PINTO, M.; GONZÁLEZ-MURUA, C., 2006. N<sub>2</sub>O and NO emissions from different N sources and under a range of soil water contents. *Nutrient cycling in agroecosystems*, **74**, 229-243.
- GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A.; VAZQUEZ-YAÑEZ, O.P.; LÓPEZ-DÍAZ, J., 2007. Presión de pastoreo y concentrado en producción eficiente de leche en zonas húmedas. En: *Los sistemas forrajeros: Entre la producción y el paisaje*. Ed. M. PINTO, A. ALDEZABAL, A. AIZPURUA, I. ALBIZU, A. BARREDO, S. MENDARTE, R. RUIZ. NEIKER. Vitoria-Gasteiz.
- GRANLI, T.; BOCKMAN, O.C., 1994. Nitrous oxide from agriculture. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences*. Supplement N° 12.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2001. *Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. IPCC/OECD/IEA. UK Meteorological office, Bracknell, UK.
- MERINO, P.; ESTAVILLO, J.M.; GRACIOLLI, L.A.; PINTO, M.; LACUESTA, M.; MUÑOZ-RIEDA, A.; GONZÁLEZ-MURUA, C., 2002. Mitigation of N<sub>2</sub>O emissions from grassland by nitrification inhibitor and Actilith F2 applied with fertilizer and cattle slurry. *Soil use and management*, **18**, 135-141.
- MERINO, P.; ESTAVILLO, J.M.; PINTO, M.; RODRÍGUEZ, M.; DUÑABEITIA, M.K.; GONZÁLEZ-MURUA, C., 2001. Nitrous oxide emissions from grassland in an intensive dairy farm in the Basque Country of Spain. *Soil use and management*, **17**, 121-127.
- ROCA-FERNÁNDEZ, A.I.; GONZÁLEZ-RODRIGUEZ, A.; VÁZQUEZ-YAÑEZ, O.P., 2008. Efecto de la carga ganadera y de la suplementación en pastoreo sobre la producción sostenible de leche. En: *Pastos, clave en la gestión de los territorios: integrando disciplinas.*, 469-475. Ed. FERNÁNDEZ REBOLLO *et al.* Junta de Andalucía. Córdoba.
- RYDEN, J.C.; ROLSTON, D.E., 1983. The measurement of denitrification. En: *Gaseous loss of nitrogen from plant soil systems*. Ed. FRENEY, SIMPSON. Martinus Nijhoff and W Junk Publisher. The Hague, Netherlands.
- THOMAS, S.M.; BEARE, M.H.; FRANCIS, G.S.; BARLOW, H.E.; HEDDERLEY, D.I., 2008. Effects of tillage, simulated cattle grazing and soil moisture on N<sub>2</sub>O emissions from a winter forage crop. *Plant and Soil*, **309**, 131-145.

## SUMMARY

### NITROUS OXIDE EMISSIONS IN ROTATIONAL GRAZING

In Galicia (NW Spain) grasslands are commonly used to provide ruminants fodder, either directly in the field during grazing season, or as hay and silage. In grazing systems stocking rate is known to be a key factor in order to increase herbage productivity and quality. Nevertheless,

when the stocking rate is increased  $N_2O$  emissions could be enhanced. The aim of this work was to determine  $N_2O$  rates in a rotational grazing system with dairy cows and to study the effect of stocking rate in  $N_2O$  production. Between April and November 2007 measurements of  $N_2O$  were made using closed chambers in ryegrass and white clover grassland with low and high stocking rates.  $N_2O$  production increased in a percentage of 9,6 % when stocking rate increased 12 %. Spring and autumn were the seasons which most contributed to total emissions.

**Key words:** grassland, dairy cattle, stocking rate,  $N_2O$ .

## CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LA COLECCIÓN ACTIVA DE *HEDYSARUM CORONARIUM* DEL IFAPA

E.M. CÓRDOBA<sup>1</sup>, F. PEREA<sup>2</sup>, C.I. GONZÁLEZ-VERDEJO<sup>1</sup>, B. ROMÁN<sup>1</sup>, S. NADAL<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Área de Mejora y Biotecnología Vegetal. IFAPA Centro "Alameda del Obispo" Avda. Menéndez Pidal s/n. Apdo. 14004 Córdoba. <sup>2</sup>Área de Producción Agraria. IFAPA Centro "Las Torres-Tomejil" Ctra. Sevilla-Cazalla km 12,2 Apdo. 41200 Alcalá del Río, Sevilla. <sup>3</sup>Área de Producción Agraria. IFAPA Centro "Alameda del Obispo" Avda. Menéndez Pidal s/n. Apdo. 14004 Córdoba. [eva.cordoba.ext@juntadeandalucia.es](mailto:eva.cordoba.ext@juntadeandalucia.es)

### RESUMEN

Con el fin de determinar la variabilidad cuantitativa y cualitativa existente en la colección activa de *Hedysarum coronarium* L., se caracterizaron morfológicamente 30 accesiones a través de 9 descriptores cuantitativos y 1 cualitativo. Se llevó a cabo el análisis de la varianza, la correlación entre los diferentes caracteres morfológicos y por último un análisis de los componentes principales (ACP) para variables cuantitativas. Los resultados mostraron que existe una amplia variabilidad entre las poblaciones. El mayor aporte a la variabilidad fue dado por nº de entrenudos, longitud del tallo principal y grosor del tallo principal.

**Palabras clave:** recursos fitogenéticos, zulla, caracterización.

### INTRODUCCIÓN

*Hedysarum coronarium*, la zulla, ha sido cultivada desde antiguo en toda la cuenca Mediterránea, distribuyéndose principalmente por el Norte de África, Italia, Cerdeña, Malta, Portugal y España. Su interés y principal aprovechamiento radica en su gran potencial tanto como planta forrajera como pratense en sistemas agrícolas de secano (de bajos insumos), con una excelente adaptabilidad a suelos pobres; como forrajera, su rendimiento puede alcanzar los 70 000 kg/ha de forraje verde y 10 000 kg/ha de heno (Sarno y Stringi, 1982). Además su rusticidad y capacidad de rebrote la hacen idónea para ser usada como pratense, especialmente en una agricultura orgánica.

Dado el retroceso que ha sufrido su cultivo y a la pobre situación varietal existente, la semilla comercial utilizada es en su mayoría importada desde Italia (gran productor europeo de semilla de zulla). Todo esto ha provocado una homogenización del cultivo, pérdida de variabilidad en el campo, así como una gran erosión de los materiales autóctonos españoles.

En 2008 se constituye la colección activa de zulla (*Hedysarum coronarium* L.) del Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera de la Junta de Andalucía,

con la misión de contribuir a la conservación y utilización de la diversidad existente en la especie. Se forma a partir de la colección de trabajo reunida gracias al proyecto RF2004-00029, en el que se realizaron varias prospecciones principalmente por la provincia de Cádiz.

A partir de aquí se inician los trabajos de caracterización. El propósito es bien simple, es de difícil aprovechamiento lo que no se conoce bien.

Se entiende por caracterización la descripción de la variación que existe en una colección de germoplasma, en términos de características morfológicas y fenológicas de alta heredabilidad, es decir características cuya expresión está poco influenciada por el ambiente (Hinthum, 1995). La caracterización debe permitir diferenciar a las accesiones de una especie.

Los principales tipos de datos de caracterización son: características de plantas, hojas, flores, frutos, semillas y partes subterráneas (Paterniani y Goodman, 1976; Spagnoletti y Qualset, 1987; Abadie *et al.*, 1997; Furman *et al.*, 1997)

La descripción morfológica de órganos vegetativos y reproductivos y rasgos agronómicos clásicos han sido de gran utilidad para la caracterización de recursos genéticos.

El objetivo de este trabajo es la descripción de la colección de *H. coronarium* del IFAPA, así como el estudio inicial de su variabilidad a través de caracteres morfoagronómicos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La caracterización de la colección de *H. coronarium* se llevó a cabo durante la campaña 2007-08, en la finca experimental del Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera Centro "Alameda del Obispo". El estudio se realizó sobre 30 entradas de zulla, procedentes de la colección activa del IFAPA.

Esta caracterización se realizó siguiendo descriptores de elaboración propia ya que, aunque la caracterización de colecciones de recursos genéticos se realiza habitualmente siguiendo descriptores recomendados internacionalmente (IBPGR/IPGRI), en el caso de la zulla no existe ninguna lista publicada.

Se estudiaron 10 descriptores, de los cuales 9 eran cuantitativos y 1 cualitativo. Las mediciones fueron realizadas en el campo en las 30 entradas seleccionadas y se utilizaron 5 plantas por entrada. Los descriptores cuantitativos utilizados fueron: inicio fecha de la floración (IF) y fin fecha de la floración (FF) medido como número de días, ambos datos se tomaron desde su trasplante al campo, y los demás descriptores fueron medidos al inicio de la floración: altura de la planta en cm (A), longitud del tallo principal en cm (LTP), nº de entrenudos (E), área foliar de un foliolo ubicado en la mitad de la hoja, situada en el centro del tallo principal, medido en cm<sup>2</sup> (longitud por anchura del foliolo) (AF), nº de foliolos de la hoja situada en el centro del tallo principal (F), grosor del tallo principal en cm (GTP) y nº de inflorescencias (I). El descriptor cualitativo fue el porte medido como frecuencia de plantas con un determinado porte (roseta, postrado o erecto/erguido).

Para analizar los datos generados en la caracterización se usó la estadística descriptiva, análisis de la varianza (ANOVA), para la comparación de medias se utilizó el test de Tukey ( $\alpha=0,05$ ), la correlación de Pearson y para determinar la aportación de cada uno de los caracteres estudiados a la variabilidad total de la colección, se hizo un

análisis de componentes principales (ACP), basado en la matriz de correlación de las variables. En los análisis se uso el software Statistic versión 8.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los valores medios obtenidos para los siete descriptores morfológicos estudiados y para el inicio y fin de floración. Diferencias significativas entre poblaciones han resultado para todas las variables analizadas. Presentan coeficientes de variación que van desde 13,1% hasta 35,21%. Las variables que presentaron menor coeficiente de variación fueron inicio, fin de floración y n° de foliolos con un 13,1%; 3,8% y 13,62% respectivamente. La que presentó el coeficiente de variación más alto fue el área foliar con 35,21%.

**Tabla 1. Valores medios±es para inicio, fin de floración (días), altura (cm), longitud del tallo principal (cm), n° de entrenudos, de las entradas de la colección activa de *Hedysarum coronarium*.**

Poblac.	Inic. Florac.	Fin Florac.	Altura	Long. Tallo Princ.	N° Entren.	Área fol.	N° Fol.	Grosor Tallo Princ.	N° Infl.
Hc-1	78,2±1,7 <sup>ab</sup>	122±0 <sup>a</sup>	52±6,5 <sup>ab</sup>	89,2±5,6 <sup>ab</sup>	16,2±0,6 <sup>a</sup>	6,7±0,9 <sup>abc</sup>	9,7±0,2 <sup>abcd</sup>	2,4±0,1 <sup>ab</sup>	46,2±3,3 <sup>ab</sup>
Hc-3	53,5±1,4 <sup>cde</sup>	108±0 <sup>ab</sup>	32,7±2,6 <sup>bcdefg</sup>	43,2±5,3 <sup>b</sup>	6±0 <sup>e</sup>	5±0,9 <sup>abc</sup>	8±0,4 <sup>bcd</sup>	1,7±0,1 <sup>abc</sup>	25,2±2,5 <sup>abc</sup>
Hc-4	61,2±5,2 <sup>abcde</sup>	108±0 <sup>b</sup>	22,5±1,5 <sup>defg</sup>	41,5±3,8 <sup>b</sup>	6,7±0,4 <sup>de</sup>	3,2±0,4 <sup>c</sup>	8,2±1 <sup>bcd</sup>	1,6±0,1 <sup>bc</sup>	15,7±6,7 <sup>c</sup>
Hc-5	61,2±5,2 <sup>abcde</sup>	116,2±3,4 <sup>ab</sup>	29,7±2 <sup>cdefg</sup>	56,7±8,4 <sup>ab</sup>	7,5±0,5 <sup>cde</sup>	5,3±1 <sup>abc</sup>	8,2±0,6 <sup>bcd</sup>	2±0,2 <sup>abc</sup>	23,7±2,3 <sup>abc</sup>
Hc-6	72,5±2,5 <sup>abcd</sup>	122±0 <sup>a</sup>	28,2±4,2 <sup>cdefg</sup>	63,7±4,8 <sup>ab</sup>	9±0,4 <sup>bcde</sup>	4,7±1,1 <sup>abc</sup>	9,5±0,5 <sup>abcd</sup>	1,8±0,1 <sup>abc</sup>	25,7±2,1 <sup>abc</sup>
Hc-7	66,7±9,4 <sup>abcde</sup>	144±2,9 <sup>ab</sup>	24±4 <sup>defg</sup>	64,2±16,5 <sup>ab</sup>	9,2±2 <sup>bcde</sup>	5,1±1,1 <sup>abc</sup>	8,2±0,6 <sup>bcd</sup>	1,7±0,1 <sup>abc</sup>	17,5±4,6 <sup>bc</sup>
Hc-8	69,7±4,2 <sup>abcde</sup>	122±0 <sup>a</sup>	31,5±4 <sup>cdefg</sup>	79,5±4,7 <sup>ab</sup>	10,5±0,6 <sup>abcde</sup>	4,4±0,5 <sup>abc</sup>	8,5±0,5 <sup>abcd</sup>	2±0,1 <sup>abc</sup>	38,7±6,5 <sup>abc</sup>
Hc-9	66,5±3,5 <sup>abcde</sup>	188,5±3,5 <sup>ab</sup>	21±0,7 <sup>efg</sup>	45,2±7,7 <sup>b</sup>	7,5±0,8 <sup>cde</sup>	3,2±0,4 <sup>c</sup>	7,7±0,2 <sup>cd</sup>	1,5±0 <sup>c</sup>	29,6±4,3 <sup>abc</sup>
Hc-10	54,7±4,2 <sup>bcde</sup>	122±0 <sup>a</sup>	23±6,1 <sup>defg</sup>	43,7±2,3 <sup>b</sup>	6,7±0,4 <sup>de</sup>	4,4±0,9 <sup>abc</sup>	8,7±0,4 <sup>abcd</sup>	1,9±0,1 <sup>abc</sup>	22,5±1,5 <sup>abc</sup>
Hc-12	46±2,3 <sup>e</sup>	115±4 <sup>ab</sup>	14,2±1,4 <sup>g</sup>	42,7±2,6 <sup>b</sup>	5,7±0,7 <sup>e</sup>	3,2±0,6 <sup>c</sup>	8,5±0,5 <sup>abcd</sup>	1,7±0,1 <sup>abc</sup>	30,2±3,6 <sup>abc</sup>
Hc-13	70±0 <sup>abcde</sup>	119,7±2,2 <sup>ab</sup>	26±2,9 <sup>cdefg</sup>	77±9,9 <sup>ab</sup>	9±0,8 <sup>bcde</sup>	5,5±0,7 <sup>abc</sup>	8,5±0,5 <sup>abcd</sup>	2±0,1 <sup>abc</sup>	32,5±2,3 <sup>abc</sup>
Hc-14	63,7±6,9 <sup>abcde</sup>	116,2±3,4 <sup>ab</sup>	28,5±4,3 <sup>cdefg</sup>	76,5±19,9 <sup>ab</sup>	9,5±2,3 <sup>bcde</sup>	4±0,9 <sup>bc</sup>	9,2±0,4 <sup>abcd</sup>	1,9±0,1 <sup>abc</sup>	34,6±5,8 <sup>abc</sup>
Hc-15	66,2±5,4 <sup>abcde</sup>	117,5±2,5 <sup>ab</sup>	21,2±2,1 <sup>defg</sup>	56±7,3 <sup>ab</sup>	8,5±1,1 <sup>bcde</sup>	3,5±0,4 <sup>c</sup>	9,5±0,5 <sup>abcd</sup>	1,7±0 <sup>abc</sup>	35,5±3,3 <sup>abc</sup>
Hc-16	65±7,2 <sup>abcde</sup>	115±4 <sup>ab</sup>	29,7±3 <sup>cdefg</sup>	76,7±10,1 <sup>ab</sup>	10±1,7 <sup>abcde</sup>	4,2±0,5 <sup>abc</sup>	9,2±0,7 <sup>abcd</sup>	2±0,2 <sup>abc</sup>	33,3±10,2 <sup>abc</sup>
Hc-17	72,5±2,5 <sup>abcd</sup>	112,7±3,3 <sup>ab</sup>	27,2±2,2 <sup>defg</sup>	56,2±7 <sup>ab</sup>	9,7±0,7 <sup>abcde</sup>	4,8±0,7 <sup>abc</sup>	7,2±0,4 <sup>d</sup>	1,7±0,1 <sup>abc</sup>	36,7±8,7 <sup>abc</sup>
Hc-18	61,2±5,2 <sup>abcde</sup>	122±0 <sup>a</sup>	17,5±1,8 <sup>fg</sup>	48,2±8,4 <sup>b</sup>	7,7±0,9 <sup>bcde</sup>	3±0,6 <sup>c</sup>	7,7±0,2 <sup>cd</sup>	1,6±0,1 <sup>bc</sup>	28±4,8 <sup>abc</sup>
Hc-23	69±4,9 <sup>abcde</sup>	119,7±2,2 <sup>ab</sup>	24,5±2,7 <sup>defg</sup>	63,5±9,3 <sup>ab</sup>	9,2±0,7 <sup>bcde</sup>	3±0,4 <sup>c</sup>	8,5±0,9 <sup>abcd</sup>	1,7±0,1 <sup>abc</sup>	29±3,6 <sup>abc</sup>
Hc-24	79,7±5,1 <sup>a</sup>	108±0 <sup>b</sup>	34,7±2 <sup>abcdef</sup>	67,2±5,4 <sup>ab</sup>	10,5±1 <sup>abcde</sup>	7,5±1,6 <sup>abc</sup>	9±1,2 <sup>abcd</sup>	2,1±0,2 <sup>abc</sup>	25±8 <sup>abc</sup>
Hc-25	76,7±4,1 <sup>abc</sup>	114±2,9 <sup>ab</sup>	35±7,4 <sup>abcdef</sup>	84,5±10,9 <sup>ab</sup>	13±1,5 <sup>abcd</sup>	5,4±0,5 <sup>abc</sup>	10,7±0,4 <sup>abc</sup>	2,5±0,1 <sup>a</sup>	43±11,8 <sup>abc</sup>
Hc-26	78,2±2,8 <sup>ab</sup>	122±0 <sup>a</sup>	46,7±5,4 <sup>abc</sup>	73,5±10,9 <sup>ab</sup>	11,7±2,2 <sup>abcde</sup>	8,5±1,4 <sup>ab</sup>	11,2±0,4 <sup>ab</sup>	2,2±0,1 <sup>abc</sup>	-
Hc-27	67±5 <sup>abcde</sup>	110,5±1,4 <sup>ab</sup>	25±3,3 <sup>cdefg</sup>	39,7±5 <sup>b</sup>	6,2±1,3 <sup>a</sup>	4,5±0,7 <sup>abc</sup>	7,7±0,6 <sup>cd</sup>	1,6±0,1 <sup>bc</sup>	18,6±1,4 <sup>abc</sup>
Hc-29	65,6±2,6 <sup>abcde</sup>	113,8±2,2 <sup>ab</sup>	18,8±1,2 <sup>fg</sup>	63,2±11,4 <sup>ab</sup>	9,6±1,2 <sup>bcde</sup>	3,5±0,5 <sup>c</sup>	10,2±0,6 <sup>abcd</sup>	1,8±0 <sup>abc</sup>	34,7±7 <sup>abc</sup>
Hc-30	67,7±6 <sup>abcde</sup>	108±0 <sup>b</sup>	40,5±3 <sup>abcd</sup>	41,5±5,9 <sup>b</sup>	9,5±0,6 <sup>bcde</sup>	4,9±0,3 <sup>abc</sup>	9±0,5 <sup>abcd</sup>	1,9±0,1 <sup>abc</sup>	23,5±8,5 <sup>abc</sup>
Hc-31	59,5±3,5 <sup>abcde</sup>	112,7±3,3 <sup>ab</sup>	24,5±2,4 <sup>defg</sup>	73,2±10,4 <sup>ab</sup>	9±0,7 <sup>bcde</sup>	3,7±0,3 <sup>bc</sup>	8,7±0,7 <sup>abcd</sup>	1,8±0,1 <sup>abc</sup>	31,7±5 <sup>abc</sup>
Hc-32	52±2,3 <sup>de</sup>	111,5±3,5 <sup>ab</sup>	17,2±2,1 <sup>fg</sup>	40,2±3,1 <sup>b</sup>	7±1 <sup>de</sup>	3,5±0,4 <sup>c</sup>	8,7±0,7 <sup>abcd</sup>	1,8±0,1 <sup>abc</sup>	11,3±1,8 <sup>c</sup>
Hc-33	63,7±3,6 <sup>abcde</sup>	113±0 <sup>ab</sup>	24,2±2,1 <sup>defg</sup>	66±8,3 <sup>ab</sup>	8,5±0,2 <sup>bcde</sup>	5±0,7 <sup>abc</sup>	9,7±0,2 <sup>abcd</sup>	1,9±0,1 <sup>abc</sup>	24,6±12,6 <sup>abc</sup>
Hc-34	74,7±4,1 <sup>abcd</sup>	122±0 <sup>a</sup>	35±2,6 <sup>abcdef</sup>	68,7±9,7 <sup>ab</sup>	11,5±1 <sup>abcde</sup>	7,3±1,1 <sup>abc</sup>	10,5±0,2 <sup>abcd</sup>	2,3±0,1 <sup>abc</sup>	35,5±2,8 <sup>abc</sup>
Hc-35	78,2±2,8 <sup>ab</sup>	122±0 <sup>a</sup>	52,7±0,8 <sup>a</sup>	100,7±14,5 <sup>a</sup>	14,2±2,1 <sup>ab</sup>	8,9±1,6 <sup>a</sup>	11,7±0,8 <sup>a</sup>	2,5±0,3 <sup>a</sup>	42±6,1 <sup>abc</sup>
Hc-36	77,5±2,5 <sup>abc</sup>	122±0 <sup>a</sup>	39,7±5 <sup>abcde</sup>	76,5±8,5 <sup>ab</sup>	11,7±1,3 <sup>abcde</sup>	6,4±0,1 <sup>abc</sup>	10,5±0,5 <sup>abcd</sup>	2,3±0,1 <sup>abc</sup>	47±1 <sup>ab</sup>
Hc-37	78,2±2,8 <sup>ab</sup>	122±0 <sup>a</sup>	47,2±2,9 <sup>abc</sup>	99,2±7,5 <sup>a</sup>	14±1,3 <sup>abc</sup>	6,3±1,1 <sup>abc</sup>	9,7±0,6 <sup>abcd</sup>	2,4±0,2 <sup>ab</sup>	48,5±4,4 <sup>a</sup>
CV	13,1	3,8	23,67	28,82	25,28	35,21	13,62	15,76	34,51
Media±es	67,2±1	116,5±0,5	29,7±1	63,9±2,1	9,5±0,2	4,9±0,2	9,1±0,1	1,9±0	31,2±1,2



En la Tabla 2 se exponen las correlaciones entre los diferentes caracteres morfológicos cuantitativos. Se observa una alta correlación entre longitud del tallo principal y nº de entrenudos con un valor de 0,8183, seguido de grosor del tallo principal y área foliar e inicio de floración y nº de entrenudos con valores de 0,7290 y 0,7173 respectivamente.

**Tabla 2. Correlaciones entre los diferentes caracteres morfológicos cuantitativos, fin de floración (FF), inicio de floración (IF), altura (A), longitud del tallo principal (LTP), nº de entrenudos (E), nº de foliolos (F), grosor del tallo principal (GTP) y nº de inflorescencias (I).**

	IF	FF	A	LTP	E	F	GTP	I
<b>FF</b>	0,2614***							
<b>A</b>	0,4832***	0,2920***						
<b>LTP</b>	0,5606***	0,3106***	0,4991***					
<b>E</b>	<b>0,7173***</b>	0,3280***	<b>0,6576***</b>	<b>0,8183***</b>				
<b>F</b>	0,3792***	0,2661***	0,3885***	0,5311***	0,5384***			
<b>GTP</b>	0,4276***	0,2833***	0,5511***	<b>0,6768***</b>	<b>0,6600***</b>	0,5820***		
<b>I</b>	0,4352***	0,2357***	0,3756***	0,4998***	0,4911***	0,2766***	0,4308***	
<b>AF</b>	0,4393***	0,1993***	<b>0,6169***</b>	0,5047***	0,5458***	0,4020***	<b>0,7290***</b>	0,2722***

\*\*\* Valores estadísticamente significativos (P<0.001)

El carácter morfológico cualitativo estudiado es el que se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3. Frecuencia del tipo de porte (%) que presentan las distintas poblaciones de zulla**

Población	Porte		
	Roseta	Postrado	Erecto /Erguido
HC-1	0	40	60
Hc-3	20	60	20
Hc-4	60	20	20
Hc-5	20	60	20
Hc-6	20	80	0
Hc-7	80	20	0
Hc-8	40	40	20
Hc-9	20	20	60
Hc-10	40	60	0
Hc-12	100	0	0
Hc-13	0	100	0
Hc-14	0	100	0
Hc-15	100	0	0
Hc-16	20	60	20
Hc-17	40	40	20
Hc-18	80	20	0
Hc-23	80	0	20
Hc-24	0	80	20
Hc-25	0	100	0
Hc-26	0	60	20
Hc-27	0	100	0
Hc-29	100	0	0
Hc-30	0	20	80
Hc-31	80	20	0
Hc-32	100	0	0
Hc-33	20	80	0
Hc-34	0	40	60
Hc-35	0	0	100
Hc-36	0	80	20
Hc-37	0	60	40

El análisis de componentes principales realizado para el total de las entradas de la colección de estudio, nos muestra (Tabla 4) que con las dos primeras componentes se explica el 64% de la variabilidad. Al examinar los vectores propios se puede observar que las variables de mayor importancia fueron nº de entrenudos, longitud del tallo principal y área foliar para el primer componente y fin de floración, grosor del tallo principal y nº de inflorescencias en el segundo componente.

**Tabla 4. Vectores propios de la matriz de correlación basados en los caracteres morfológicos de *H. coronarium*.**

Nombre	1	2
Inicio Floración	0.3300	0.1924
Fin Floración	0.1974	<b>0.6580</b>
Altura (cm)	0.3417	0.1569
Longitud Tallo Principal (cm)	<b>0.3836</b>	0.0691
Nº Entrenudos	<b>0.3782</b>	0.2845
Área foliar (cm)	<b>0.4087</b>	0.0652
Nº Foliolos	0.3031	0.1139
Grosor Tallo Principal (cm)	0.2731	<b>0.4083</b>
Nº Inflorescencias	0.3343	<b>0.4855</b>

Resultados similares fueron obtenidos por Flores *et al.*, (1997), quienes también con sólo dos componentes logran explicar hasta el 67% de la variación existente. El primer componente explicaba el 42% de la varianza y estaba asociado positivamente con altura del tallo principal, grosor del tallo principal y decreciendo en importancia con nº de entrenudos del tallo principal, área foliar y longitud de la rama del tallo principal. El segundo componente estaba fuertemente asociado sólo con longitud del tallo principal y explicaba el 25% del total de la variación.

A la vista de los resultados obtenidos en ambos estudios, para la caracterización de los recursos fitogenéticos de zulla, es necesario incluir como descriptores el grosor del tallo principal y la longitud de este, alcanzando con sólo estos dos descriptores más del 50% de la variabilidad existente.

## CONCLUSIONES

El comportamiento de las poblaciones estudiadas respecto a una serie de caracteres muestra la existencia de una amplia variabilidad. Se ha observado la existencia de correlaciones positivas entre la longitud del tallo principal y el número de entrenudos, el grosor del tallo principal y el área foliar e inicio de floración y el número de entrenudos.

A la vista de los resultados obtenidos, esta variabilidad presente en la especie puede ser aprovechada en distintos programas de mejora en función de los objetivos perseguidos.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Proyecto INIA RF2004-00029-00-00 “Prospección, recolección, multiplicación, caracterización y documentación de poblaciones autóctonas de zulla (*Hedysarum coronarium* L.) para su puesta en valor en una agricultura multifuncional”, la financiación necesaria para la realización de este trabajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABADIE, T.; CERETTA, S., 1997. Exploring crop adaptation through the study of multi environment trials (METs). En: *Third South American Oats Congress*, 35-40. Ed. M. REBUFFO, T. ABADIE. INIA Uruguay. The Quaker Oats Company.
- FURMAN, BJ.; QUALSET, CO.; SKOVMAND, B.; HEATON, JH. AND WESENBERG, DM., 1997. Characterization and analysis of North America Triticale genetic resources. *Crop Sci.*, **37**, 1951-1959.
- SPAGNOLETTI ZEULI, P.L.; QUALSET, C.O., 1987. Geographical diversity for quantitative spike characters in a world collection of durum wheat. *Crop Sci.*, **27**, 235-241.

## SUMMARY

### **MORPHOLOGIC CHARACTERIZATION OF THE ACTIVE COLLECTION OF *HEDYSARUM CORONARIUM* FROM IFAPA**

Thirty accessions of sulla (*H. coronarium* L.) from IFAPA were characterized to study quantitative and qualitative variability. Ten morphologic descriptors were used. Three different analyses were made, ANOVA, correlation between different morphologic characters and the principal component analysis (ACP) for quantitative variables. The results showed a lot of variability among populations. Besides, the highest variability was supported by different characteristics such as internode number, length and diameter of principal stem.

**Key words:** plant genetic resources, sulla and characterization.

# VARIABILIDAD CIANOGÉNICA Y AGRONÓMICA EN POBLACIONES NATURALES DE TRÉBOL BLANCO RECOLECTADAS EN LA CORDILLERA CANTÁBRICA

J.E. LÓPEZ-DÍAZ<sup>1</sup>, E. GONZÁLEZ-ARRÁEZ<sup>1</sup>, J.A. OLIVEIRA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CIAM (Centro de Investigación Agrarias de Mabegondo) – INGACAL (Instituto Galego de Calidade Alimentaria). Apartado 10. 15080 A Coruña. <sup>2</sup>Dpto. Biología de Organismos y Sistemas. Universidad de Oviedo. Campus de Mieres. 33600 Asturias. juliolopezdiaz@yahoo.es

## RESUMEN

Durante dos años se caracterizaron 15 poblaciones naturales de trébol blanco, recolectadas en el norte de España, y dos variedades comerciales. El estudio comprendió caracteres agromorfológicos y de cianogénesis en plantas aisladas. Las poblaciones resultaron ser significativamente distintas para todos los descriptores utilizados y mostraron una gran diversidad agronómica. Algunas poblaciones mostraron mejores crecimientos durante el segundo año y en general fueron más resistentes a enfermedades. La expresión cianogénica media fue de moderada a alta. Los ecotipos recolectados en zonas de montaña reflejaron una menor actividad cianogénica que los de zonas más basales. El germoplasma estudiado resulta de gran interés para su posible consideración en programas de mejora.

**Palabras clave:** cianogénesis, *Trifolium repens*, linamarina, linamarasa, recursos fitogenéticos.

## INTRODUCCIÓN

El polimorfismo cianogénico del trébol blanco (*Trifolium repens* L.) interesa a los mejoradores porque, según las primeras investigaciones, el rendimiento y la persistencia de la planta están asociados a niveles moderados de cianogénesis (Caradus y Williams, 1989). Sin embargo la toxicidad que pueden ocasionar algunos compuestos cianogénicos preocupa a los mejoradores y es, además, uno de los descriptores sugeridos por el IBPGR (1992) para el trébol blanco. La herencia de la cianogénesis en *T. repens* es diploide (Corkill, 1942). La producción del enzima linamarasa está controlada por el locus *Li*, dando lugar a dos fenotipos: uno dominante que produce el enzima y otro recesivo. La síntesis de los glucósidos *linamarina* y *lotoaustralina* dependen del locus *Ac* en su forma dominante. La presencia de ambos genes en estado de dominancia (*Ac-Li*) da lugar a un fenotipo cianogénico. Hay tres clases de fenotipos acianogénicos: a) ausencia de cianoglucósidos (*ac-Li*); b) ausencia de linamarasa (*Ac-li*); y c) ausencia

de ambos (ac-li). La susceptibilidad a estos compuestos es mayor en los rumiantes, ya que en su rumen se encuentra la enzima  $\beta$ -glucosidasa capaz de hidrolizar el glucósido y producir ácido cianídrico (HCN) en ausencia del enzima linamarasa, necesario para producir la reacción en la propia planta. Por tanto, aunque el enzima no esté presente, la reacción puede producirse en el animal si éste ha ingerido plantas con contenido en glucósidos cianogénicos.

Si bien los rumiantes disponen de mecanismos que permiten transformar el HCN, cuando la cantidad de glucósido ingerido es muy alta, el mecanismo de desintoxicación se satura y el riesgo de intoxicación es mucho mayor (Lehmann *et al.*, 1991). Tanto el enzima como el glucósido están separados físicamente en la célula: la linamarasa está localizada en las paredes de las células epidérmicas de las hojas, mientras que los glucósidos están contenidos en vacuolas (Boersma *et al.*, 1983; Kakes, 1985). Para que la reacción química se produzca y por tanto se libere HCN han de ponerse en contacto enzima y sustrato, esto ocurre en condiciones naturales cuando la planta sufre algún tipo de daño físico, que puede ser causado por factores bióticos (herbívoros, parásitos, etc.) o abióticos, tales como heladas, roturas, etc. (Till, 1987). La detección del fenotipo acianogénico Ac/li es interesante ya que puede producirse liberación de HCN en los rumiantes al poseer éstos la enzima  $\beta$ -glucosidasa.

En este trabajo se muestra un estudio de la variabilidad cianogénica y morfológica en 15 poblaciones naturales de *Trifolium repens* L. recolectadas en la Cordillera Cantábrica.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Durante el verano de 2003 se recolectaron 15 poblaciones de trébol blanco (*Trifolium repens* L.) dentro de una expedición que se centró también en la recogida de otras especies de leguminosas. La recolección se realizó preferentemente en prados.

Las semillas recolectadas se sembraron en bandejas de alvéolos a principios de febrero de 2007, y se trasladaron al terreno experimental a finales de marzo. El ensayo de campo se estableció en Mabegondo (A Coruña) a 100 m.snm. Se trasplantaron 50 plantas en dos líneas por cada población y campo de caracterización. Previamente los campos habían sido fertilizados con 45 kg/ha de N, 75 kg/ha de  $P_2O_5$  y 75 kg/ha de  $K_2O$ . Para evitar malas hierbas se instaló una malla protectora terrestre. Como testigo se utilizaron dos cultivares comerciales: "Huia" y "California".

Durante los años 2007 y 2008 se tomaron en campo las variables agronómicas utilizadas como descriptores según el IBPGR (1992), detalladas en la Tabla 1.

Para el estudio cianogénico en cada población se seleccionaron 30 plantas y se analizaron 3-4 hojas, incluidos los dos cultivares. Se realizaron dos determinaciones estacionales: una en verano de 2008 y otra en invierno de 2008-2009. La detección de HCN se realizó siguiendo el método del picrato de sodio propuesto por Corkill (1940). En cada tubo de ensayo se añadieron al tejido fresco 750  $\mu$ l de agua destilada y 200  $\mu$ l de tolueno para destruir las membranas y así poner en contacto enzima y sustrato. La expresión de la cianogénesis en el trébol blanco tiene una variación cuantitativa debido a la condición homocigota o heterocigota de los genes (Hughes, 1991); por tanto, la intensidad de la coloración del papel de picrato se anotó siguiendo una

**Tabla 1. Variables utilizadas en la caracterización agronómica (p.o. alfabético).**

CÓDIGO	DESCRIPTOR
AFC	Anchura del foliolo central (mm)
AIN	Abundancia de inflorescencias año 2008 (valores 1 a 5)
AL	Altitud de muestreo de la población (m)
ALT	Altura total de la planta (cm)
ANC	Anchura máxima de la planta (cm)
CRO7	Crecimiento de otoño año 2007 (valores 1 a 5)
CRP7	Crecimiento de primavera año 2007 (valores 1 a 5)
CRP8	Crecimiento de primavera año 2008 (valores 1 a 5)
CRI9	Crecimiento de invierno año 2008-2009 (valores 1 a 5)
ENF	Sensibilidad a enfermedades (valores 1-mínimo a 5-máximo)
FLO	Fecha de floración (numero de días desde 1/01/2008)
GRE	Grosor del estolón (mm)
GRP	Grosor del pecíolo (mm)
LFC	Longitud del foliolo central (mm)
LOP	Longitud del peciolo (cm)
PC	Poder cianogénico
SUP	Supervivencia (nº días que permanece viva la planta desde transplante hasta 2009)

escala cuantitativa con valores desde 0 (amarillo: sin cambio de color) hasta 3 (marrón oscuro: coloración muy intensa). Los tubos se incubaron durante dos horas a 37 °C y se anotó el resultado para la detección de los cianotipos Ac/Li. A las 24 horas se realizó otra anotación con objeto de detectar los cianotipos Ac/li, ya que el glucósido se hidroliza espontáneamente en ausencia del enzima en una reacción química más lenta. Por último, para distinguir los cianotipos ac/li y ac/Li se autoclavaron 100 hojas de plantas previamente determinadas como Ac/Li para destruir el enzima, pero no el glucósido, y se utilizó el extracto resultante como reactivo en las plantas con resultado negativo. Como testigo de reacción positiva se utilizaron pepitas de manzana, altamente cianogénicas, para contrastar el valor máximo. El poder cianogénico (Pc) de cada planta se determinó como el sumatorio en cada población de los valores a las 2 y a las 24 horas en porcentaje sobre el posible valor máximo, según la expresión:

$$Pc = \frac{\sum (c_{2i} + c_{24j})}{n}$$

Donde Pc es el poder cianogénico,  $c_{2i}$  es el valor de la intensidad de coloración a las dos horas,  $c_{24j}$  es el valor de la intensidad de coloración a las 24 horas y n es el número de plantas analizadas para las dos determinaciones estacionales.

Las variables agronómicas cuantitativas se analizaron mediante ANOVA siguiendo un modelo de efectos fijos. Las variables significativas se emplearon en un análisis de correlación bivariada utilizando el coeficiente de correlación de Pearson. Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 1999).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las poblaciones mostraron una gran variabilidad agromorfológica en comparación con los cultivares comerciales. Los valores medios se muestran en la Tabla 2. Todas las variables estudiadas resultaron ser estadísticamente significativas. Todos los ecotipos estudiados mostraron actividad cianogénica y no hubo diferencias significativas entre las dos determinaciones estacionales. Durante el primer año de evaluación, las variedades

**Tabla 2. Datos medios de los descriptores utilizados en el estudio agronómico. (1) cultivar ‘Huia’, (2): cultivar ‘California’, POB: código de población.**

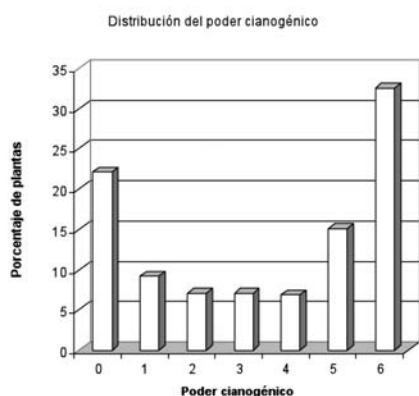
POB	AFC	AIN	ALT	ANC	CR07	CRP7	CRP8	CR19	ENF7	ENF8	FLO	GRE	GRP	LFC	LOP	PC	SUP	AL
TB1	1,5	3,4	10,8	60,3	2,6	3,4	2,2	2,5	3,9	1,2	130	2,5	1,2	1,9	7,4	63,8	694	347
TB11	2,2	2,7	15,9	61,3	3,1	3,8	3,3	2,3	4,2	1,3	114	3,2	1,7	2,7	13,3	77,5	727	877
TB14	2,9	4,0	20,2	69,9	3,2	3,7	3,6	2,3	3,5	1,2	98	3,8	2,2	3,6	23,5	85,8	666	1229
TB15	1,8	2,9	13,4	70,3	2,6	3,2	2,6	1,7	3,7	1,0	124	2,5	1,3	2,2	12,0	64,9	686	1228
TB17	2,1	4,5	12,4	68,4	3,2	4,0	3,2	2,7	4,1	1,0	112	2,9	1,5	2,5	12,2	73,5	748	90
TB19	1,6	4,1	9,2	58,5	3,1	3,6	2,9	1,9	4,0	1,1	122	2,5	1,2	2,0	9,4	75,6	706	132
TB22	2,3	3,4	10,6	61,0	2,8	3,3	2,8	2,9	3,7	1,1	105	3,3	1,7	2,8	15,6	90,8	736	186
TB23	1,2	3,4	7,9	50,7	2,3	2,8	2,0	2,9	3,4	1,0	123	2,1	1,0	1,6	6,1	67,0	718	332
TB24	1,6	2,0	10,3	55,4	3,0	3,3	2,9	2,8	4,0	1,2	108	3,1	1,3	1,9	8,4	42,0	733	853
TB29	1,6	3,7	18,2	60,0	2,9	4,3	3,2	2,5	4,4	3,4	102	2,9	1,3	2,2	9,9	69,5	717	
TB3	0,6	1,4	5,2	30,2	2,0	2,8	1,5	1,8	3,1	1,2	157	1,5	0,6	0,7	2,0	13,0	660	1701
TB30	3,3	3,3	30,8	78,9	3,1	3,8	4,2	2,6	3,7	3,5	58	4,4	2,8	3,9	17,9	79,8	731	
TB5	1,1	1,9	9,3	40,2	2,8	2,7	2,0	2,7	3,4	1,7	105	2,2	1,0	1,4	4,3	33,0	631	1500
TB6	0,7	2,2	5,6	38,5	2,2	2,6	1,6	2,8	2,7	1,2	104	1,5	0,7	0,8	2,4	24,3	625	1373
TB7	0,9	1,9	4,8	33,5	2,6	2,9	1,9	2,2	3,1	1,0	141	2,0	0,9	1,1	2,9	10,6	662	1568
TB8	0,8	1,4	6,2	37,2	2,1	3,6	1,6	2,5	3,3	1,0	111	1,8	0,8	0,9	2,6	35,6	605	667
TB9	2,1	3,3	11,5	47,2	2,3	3,2	2,3	2,1	3,4	1,2	120	3,0	1,5	2,5	11,6	34,8	665	1205

comerciales mostraron mayores crecimientos que las poblaciones, sin embargo en el segundo año se vieron superadas por algunas poblaciones. La sensibilidad a enfermedades resultó ser en general mayor en el año de establecimiento, pero durante el segundo año las poblaciones fueron más resistentes que las variedades. La distribución de la cianogénesis en las poblaciones se muestra en la Figura 1, indicando un patrón muy parecido al descrito por Pederson *et al.* (1996) y por Pagano y Rosso (2000). La Tabla 3 muestra los coeficientes  $r^2$  de las correlaciones de Pearson entre las variables estudiadas y cianogénesis. Se observó una correlación negativa con la altitud, y positiva con todas las variables morfológicas, excepto con la fecha de floración (FLO) que fue negativa. No hubo correlación en el segundo año con la sensibilidad a enfermedades. Según la intensidad de coloración del papel de picrato y el tiempo de reacción, se hizo una valoración cuantitativa de la presencia del enzima linamarasa y del glucósido. La Figura 2 muestra la distribución por clases de altitud de la actividad cianogénica, expresando una tendencia a la disminución en las poblaciones de montaña, siendo ésta más acusada en la presencia del enzima linamarasa. Mediante un análisis de correlación de Pearson se comparó la producción de HCN con variables climáticas de pluviometría y temperatura de las localidades originales de muestreo (datos no mostrados); para ello, se tomaron como referencia los modelos climáticos de Sánchez *et al.* (1999). Se observaron correlaciones positivas con todas las

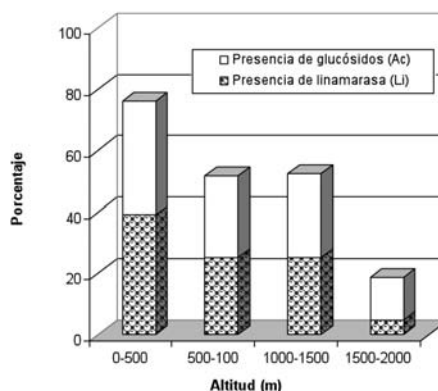
**Tabla 3. Coeficientes de correlación entre las variables morfológicas y cianogénesis ( $r^2$ : coeficiente de correlación de Pearson, p: probabilidad).**

Variable	$r^2$	p
AFC	0,763(**)	0,000
AIN	0,793(**)	0,000
ALT	0,647(**)	0,005
ALTITUD	-0,731(**)	0,001
ANC	0,886(**)	0,000
CRO7	0,702(**)	0,002
CRP7	0,627(**)	0,007
CRP8	0,771(**)	0,000
ENF7	0,684(**)	0,002
ENF8	0,257 (ns)	0,319
FLO	-0,506(*)	0,038
GRE	0,731(**)	0,001
GRP	0,711(**)	0,001
LFC	0,796(**)	0,000
LOP	0,806(**)	0,000
SUPERV	0,718(**)	0,001

temperaturas medias mensuales y anual ( $r^2$  medio = 0,72) y negativas con las pluviometrías medias mensuales y anual ( $r^2$  medio = 0,72). Ello concuerda con lo expresado por muchos autores que coinciden en que la frecuencia de los genotipos cianogénicos disminuye con la altitud y las temperaturas (Noitsakis y Jacquard, 1992; Pederson *et al.*, 1996), y sugieren una mayor adaptabilidad a las condiciones de montaña de los genotipos acianogénicos debido a una mejor economía energética y a la no generación de HCN ante daños provocados por frío o sequía. En cuanto a la relación de la cianogénesis con caracteres morfológicos, Caradus y Williams (1989) también observaron una tendencia a la floración más temprana en genotipos cianogénicos. Los primeros trabajos de Foy y Hyde (1937) con poblaciones de Nueva Zelanda, de características climáticas similares a Galicia, indicaron una relación entre el tamaño del foliolo y cianogénesis; sin embargo en germoplasma recolectado en Norte y Sudamérica no se encontró tal relación (Crush y Caradus, 1995; Pederson *et al.*, 1996; Pagano y Rosso, 2000).



**Figura 1. Distribución por clases de la actividad cianogénica.**



**Figura 2. Distribución por altitud de muestreo de la actividad cianogénica.**



## CONCLUSIONES

Las poblaciones estudiadas mostraron una gran variabilidad agromorfológica y plasticidad fenotípica en comparación con los cultivares comerciales, mostrando, además, una mayor resistencia a enfermedades sobre todo en el segundo año de evaluación. Algunas poblaciones también mostraron mejores crecimientos durante el segundo año. Este material, por tanto, tiene un gran interés para posibles usos en praderas y céspedes.

Todos los ecotipos mostraron una actividad cianogénica de moderada a alta, siendo menos acusada en las poblaciones recolectadas en zonas altas de montaña.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado mediante la financiación aportada por el proyecto INIA RF2006-00012-C02-00: “Multiplicación y caracterización primaria de leguminosas *pratenses perennes* recogidas en la Cordillera Cantábrica” (coordinado).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOERSMA, P.; KAKES, P.; SCRAM, A.W., 1983. Linamarase and  $\beta$ -glucosidase activity in natural populations of *Trifolium repens* L. *Acta Botanica Neerlandica*, **32**, 39-47.
- CARADUS, J.R.; FORDE, M.B., 1996. Characterisation of white clover populations collected from the Caucasus and high altitude regions of eastern Turkey. *Gen. Res. and Crop Evol.*, **43**, 143-155.
- CARADUS, J.R.; WILLIAMS, W., 1989. Breeding for legume persistence in New Zealand. En: *Proceedings of a Trilateral Workshop, Hawai. American Society of Agronomy*, 529-530. Madison. Wisconsin (EEUU).
- CORKILL, L., 1940. Cyanogenesis in white clover (*Trifolium repens* L.). I. Cyanogenesis in single plants. *NZ J. Sci. Technol.*, **22**, 71-83.
- CORKILL, L., 1942. Cyanogenesis in white clover (*Trifolium repens* L.): The inheritance of cyanogenesis. *NZ J. Sci. Technol.*, **8(23)**, 178-193.
- CRUSH, J.; CARADUS, J., 1995. Cyanogenesis potential and iodine concentration in white clover (*Trifolium repens* L.) cultivars. *NZ J. Agric. Res.*, **38**, 309-316.
- FOY, N; HYDE, E., 1937. Investigation of the reliability of the “picric acid test” for distinguishing strains of white clover in New Zealand. *NZ J. Agric.*, **55**, 219-224.
- HUGHES, M.A., 1991. The cyanogenic polymorphism in *Trifolium repens* L. (white clover). *Heredity*, **66**, 105-115.
- IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources), 1992. *Descriptors for white clover (Trifolium repens L.)*. IBPGR. Roma (Italia).
- KAKES, P., 1985. Linamarase and other  $\beta$ -glucosidases are present in the cell walls of *Trifolium repens* leaves. *Planta*, **166**, 156-160.
- LEHMANN, J.; MEISTER, A.; GUTZWILLER, F.; JANS, J.; CHARLES, J.; BLUM, J., 1991. Peut-on utiliser des variétés de trèfle blanc (*Trifolium repens* L.) a forte teneur en acide cyanhydrique?. *Revue Suisse Agricole*, **23(2)**, 107-112.
- NOITSAKIS, B.; P. JACQUARD., 1992. Competition between cyanogenic and acyanogenic

morphs of *Trifolium repens*. *Theor. Appl. Genet.*, **83**, 443-450.

PAGANO, E.; ROSSO, B., 2000. Caracterización por cianogénesis de una colección de trébol blanco (*Trifolium repens* L.) en Pergamino, Argentina. *Plant Gen. Res. Newsl.*, **123**, 41-45.

PEDERSON, G.; FAIRBROTHER, T.; GREENE, S., 1996. Cyanogenesis and climatic relationships in US white clover germplasm collection and core subset. *Crop Sci.*, **36**, 427-433.

SÁNCHEZ, O.; SÁNCHEZ, S.; CARRETERO, M.P., 1999. *Modelos y cartografía de estimaciones climáticas termopluviométricas para la España Peninsular*. INIA. Minis. Agric, Pesca y Alim., 192 pp. Madrid (España).

SAS INSTITUTE, 1999. SAS/STAT User's Guide, Version 8. SAS Technical Report. SAS Institute Inc, Carry, NC. (EE.UU.).

TILL, I., 1987. Variability of expresión of cyanogénesis in white clover (*Trifolium repens* L.). *Heredity*, **59**, 265-271.

## SUMMARY

### CYANOGENIC AND AGRONOMIC VARIABILITY IN WILD POPULATIONS OF WHITE CLOVER COLLECTED AT THE CANTABRIAN RANGE (N. SPAIN)

Fifteen wild populations of white clover collected in northern Spain, and two commercial varieties, were characterised for two years. The study included agromorphologic characters and cyanogenesis in isolated plants. Populations were significantly different for all the descriptors considered and showed a great agronomic diversity. Some populations showed highest growth during the second year and were generally more resistant to diseases. The expression of cyanogenesis was from moderate to high. Populations collected at mountain areas showed less cyanogenic activity than those collected in lower lands. It is concluded that the studied germplasm is of interest for white clover breeding programs.

**Key words:** cyanogenesis, *Trifolium repens*, linamarine, linamarase, phylogenetic resources.



**PARTE SEGUNDA**

# **PRODUCCIÓN VEGETAL DE PASTOS**





## CAPÍTULO INTRODUCTORIO

### BASE DE DATOS “PASTOS ESPAÑOLES (SEEP)”. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN Y DISPONIBILIDAD EN INTERNET

F. MAROTO<sup>2</sup>, A. GÓMEZ-CABRERA<sup>1</sup>, J.E. GUERRERO<sup>1</sup>, A. GARRIDO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dpto. Producción Animal y <sup>2</sup>Servicio de Información sobre Alimentos (SIA-SCAI). Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales. Ctra. Nacional IV, Km 396, 14014 Córdoba. g02mamof@uco.es

#### RESUMEN

Se ha llevado a cabo un proceso de agrupación e informatización de los datos recogidos por los 19 grupos de investigadores del Área de dinámica productiva y evaluación nutritiva de pastos, correspondientes al proyecto de “Tipificación, Cartografía y Evaluación de Pastos Españoles” (INIA-CCAA N° OT00-037.C17).

En la homogenización de los datos se ha seguido un proceso de metadatación para facilitar la generalización del sistema y el análisis de los datos.

El resultado supone una base de datos que contiene 21 215 muestras y 143 201 valores analíticos, con 3 287 nombres diferentes de muestra, 219 determinaciones, 33 unidades de expresión y 342 referencias bibliográficas. Dicha base de datos de “Pastos Españoles (SEEP)” puede ser consultada a través de la página web del SIA ([www.uco.es/sia](http://www.uco.es/sia)).

**Palabras clave:** composición nutritiva, metadatos, alimentos, alimentación animal.

#### INTRODUCCIÓN

La idea de recopilar la información disponible en España sobre sus pastos surgió a finales del siglo pasado, en el seno de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP). En sus orígenes el proyecto pretendía recopilar, revisar, elaborar y sintetizar la información más relevante sobre los pastos españoles, con la idea de preparar uno o varios documentos que pudieran servir de obra de consulta para los interesados en el tema. Ya en los primeros documentos relativos a la organización del proyecto se contemplaba la posibilidad de elaborar una monografía por unidad territorial y un documento de síntesis global. Igualmente se destacaba que, aunque el esfuerzo de recopilación iba a ser muy importante, debía serlo aún más el de síntesis, pues el objetivo principal del proyecto era “hacer algo útil y manejable”.

Para organizar el trabajo se dividió el territorio nacional en 19 unidades, correspondientes a las distintas Comunidades Autónomas, estando divididas en dos las de Andalucía y Castilla y León (oriental y occidental). En este proyecto participaron más de 200 científicos de las universidades y organismos públicos de investigación de España.

Por otro lado, se organizó el trabajo de cada unidad territorial en 7 unidades temáticas: “Tipología y ecología de pastos”, “Pastos naturales”, “Pastos de origen agrícola”, “Dinámica productiva y evaluación nutritiva de pastos”, “Producción animal”, “Cartografía” y “Aspectos económicos y sociales de los pastos”.

El proyecto fue financiado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) (70%) junto con las comunidades autónomas (30%) por valor de 140 millones de pesetas. La duración prevista del proyecto era de 3 años (2001-2003) siendo prorrogado un año más.

Se ha realizado una búsqueda bibliográfica en la red con el fin de detectar los resultados que el proyecto ha generado hasta el momento. Para ello se han utilizado las bases de datos de fuentes bibliográficas “SCOPUS” y “Google académico”. Las palabras clave utilizadas han sido: “tipificación”, “cartografía”, “evaluación” y “pastos españoles”. Los documentos localizados se enmarcan fundamentalmente en los campos temáticos de cartografía y/o tipología y ecología de pastos, sobresaliendo las comunicaciones a Congresos (Alfaro *et al.*, 2004; Barrantes *et al.*, 2005 y 2005b; Erena *et al.*, 2003, 2004a y 2004b; Fanlo *et al.*, 2005; García *et al.*, 2005; Gulías *et al.*, 2005; Méndez *et al.*, 2005; Reiné *et al.*, 2005 y 2005b; Robledo *et al.*, 2004; etc) y, en menor medida, los artículos (Manent *et al.*, 2006; Robles y González-Rebollar, 2006), así como monografías, que en el área de “Dinámica productiva...” han sido editadas solamente por algunos grupos territoriales, como Cantabria, Baleares y Murcia. También se ha localizado un capítulo dedicado a los resultados del proyecto en el libro “Pastos del Pirineo” (Ferrer *et al.*, 2008). Posteriormente, mediante consulta a responsables del proyecto, se ha confirmado la existencia de múltiples publicaciones procedentes de éste que no han sido detectadas en la red con el sistema descrito. Esto supone que, si bien la labor de síntesis ha sido muy importante, los resultados obtenidos en el proyecto siguen siendo publicaciones dispersas (aunque en menor medida) y difícilmente localizables en muchos casos.

En relación con los resultados del área de “Dinámica productiva y evaluación nutritiva de pastos”, casi todos los grupos territoriales disponían de almacenes estáticos de datos en forma de hojas de MS Excel o formatos similares, cuando surge la posibilidad de colaboración entre la SEEP y el Servicio de Información sobre Alimentos (SIA) para la creación de una base de datos que incluya la información recogida por estos grupos de trabajo.

El SIA es un Servicio Centralizado de la Universidad de Córdoba. Sus orígenes se encuentran a principios de los 90, con el desarrollo en dicha Universidad de un “Banco de Materiales Biológicos”, uno de cuyos componentes era el “Banco de Muestras de Alimentos Valorados” (Gómez *et al.*, 1993). Pronto surgió la idea de adjuntar un Banco de Datos al Banco de Muestras, de forma que toda la información asociada a las muestras conservadas fuera almacenada y se encontrara accesible a los potenciales usuarios. Con este fin se desarrolló un programa informático de gestión de la información, que se bautizó como CALIFA (Gómez *et al.*, 1995).

El objetivo que se persigue con la creación de esta base de datos de los “Pastos Españoles” es el que se señaló en los orígenes del proyecto: “hacer algo útil y manejable con la información rescatada en el proyecto de los pastos españoles”. Esto dio lugar a una serie de actuaciones que, de forma resumida, se describen a continuación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Construcción de la base de datos

Para la construcción de la base de datos se ha seguido un proceso de metadatación para facilitar la generalización del sistema de registro y el análisis de la información. Los metadatos constituyen información sobre datos numéricos, organizados de forma que los analistas, los que toman las decisiones, los que resuelven problemas y los gestores de los sistemas, conozcan lo suficiente sobre los datos numéricos para deducir sobre la probabilidad de realizar un uso válido y apropiado de los mismos (Liston y Dolby, 1982).

En la comunicación presentada en la XLVII Reunión de la SEEP (Gómez *et al.*, 2008) se hacía referencia a gran parte de los problemas encontrados durante el proceso de importación de datos. En general, todos los problemas se pueden englobar en dos grandes grupos: aquellos debidos al aporte de una información deficiente y los provocados por la diversidad de formas de expresión de un mismo concepto.

A modo de ejemplo, del primer grupo de problemas se puede decir que una muestra descrita simplemente como “maíz”, no queda suficientemente definida, ya que ni siquiera se puede saber a qué parte del cultivo se refiere. Además, en caso de conocerlas, se deberían añadir otras muchas características definitorias de la muestra, como puede ser el estado fenológico, en el caso de los forrajes. Lo mismo ocurre con un análisis que se describe únicamente como “digestibilidad *in vitro*”, debido a la diversidad de métodos susceptibles de ser utilizados dentro de esta técnica y a la heterogeneidad de sus resultados. Más grave es el caso en el que la información no es incompleta, sino inexistente; por ejemplo, ha sido muy habitual que los datos recogidos no se acompañasen de las unidades de expresión, ni de las referencias bibliográficas donde aclarar estas dudas.

El segundo grupo de problemas, o sea, la diversidad de formas de expresión, afecta a todos los conceptos asociados a una muestra. Así, se pueden encontrar términos distintos para un mismo nombre común (cebadilla = bromo, referido a *Bromus willdenowii*), algo que puede deberse al uso de términos locales, pero y ello es menos conocido, también se produce en el caso del nombre latino (*Oryzopsis miliacea* = *Piptatherum miliaceum*). Lo mismo ocurre con las partes utilizadas (corona = cabeza), los estados vegetativos (gemación = abotonamiento), las determinaciones analíticas (grasa bruta = extracto etéreo), etc.

Un caso particularmente complejo se produjo en relación con los valores productivos, en los que la variabilidad encontrada ha sido mucho mayor a la esperada. Así, la base de datos incluye: producciones anuales (en el caso de los cultivos plurianuales desde el año de establecimiento hasta el sexto ciclo, así como valores medios de todos los años de duración del cultivo), producciones mensuales (enero a diciembre), producciones estacionales (primavera, verano, otoño e invierno), producciones de cada corte (desde el primero al décimo) así como de un conjunto de cortes (por ejemplo,



producción conjunta de los tres primeros cortes), producciones individuales (de una planta, en el caso de arbustos) y producciones de poda (con distinto intervalo entre podas).

A pesar del gran número de parámetros que se han definido, existe una cantidad relativamente importante de valores en la base de datos que no se han podido catalogar bajo ninguno de los conceptos anteriores, debido fundamentalmente a que no se aportaba la información necesaria en las tablas originales de los grupos de trabajo. Ha sido muy común que los valores productivos se describieran simplemente como “producción”. En gran parte de los casos, este concepto se correspondía con “producción anual” y así quedaba de manifiesto al consultar los valores numéricos. Sin embargo, en otros muchos casos las cifras no parecían corresponder con la producción anual que se podría esperar del cultivo en cuestión. En estos casos se intentó localizar más información mediante consultas bibliográficas o directas a los autores y en bastantes ocasiones se encontró una respuesta. Finalmente, los valores que no fue posible explicar se recogieron en la base de datos bajo la denominación “producción indefinida”.

Otro caso interesante es el de la digestibilidad. Este concepto incluye tantos parámetros distintos que ha sido necesario establecer una sistemática de nomenclatura para este tipo de análisis, la cual, antes de su adopción, se ha sometido a la consideración de distintos especialistas. Así, se acordó seguir el esquema secuencial: 1º Tipo de digestibilidad. 2º Parámetro analítico afectado y, en su caso, 3º Particularidades del método utilizado.

### **Los tipos de digestibilidad y sus siglas propuestas han sido los siguientes:**

Digestibilidad “in vivo”: D (aparente). Dr (real). Dst (estandarizada). Di (ileal). Digestibilidad/Degradabilidad “in situ” (equivale a digestibilidad “in sacco” o degradabilidad ruminal): Dsitu, seguida del número de horas de permanencia en el rumen o del término T (Teórica/Efectiva) como, por ejemplo: D(situ)48 (degradabilidad in situ a las 48 horas). Se complementa con los conceptos de la parte de la materia analizada: a (soluble); b (degradable); ab (potencialmente degradable); u (indegradable) o de las características del proceso: c (velocidad de degradación de la materia degradable); k (velocidad de tránsito del alimento).

Digestibilidad “in vitro”: D(vit) (para el método de Tilley & Terry y derivados), D(fer) (para fermentadores) o D(gas) (para medidas de producción de gas) seguidas del componente valorado, por ejemplo, D(gas)bMS = Digestibilidad medida por producción de gas de la fracción degradable de la MS.

Digestibilidad “enzimática”: D(enz), seguida del componente valorado y, en su caso, de las características diferenciales de la técnica, por ejemplo, D(enz)MS ppc = Digestibilidad enzimática de la materia seca con pepsina, pancreatina y celulasa.

Digestibilidad “in vivo” “estimada” con patrones: Cuando en series analíticas “in situ”, “in vitro” o “enzimáticas” se utilicen patrones de digestibilidad “in vivo” conocida para la estima de ésta mediante ecuaciones de regresión, se obtendrá la digestibilidad in vivo estimada. DMS(e) = Digestibilidad de la MS estimada. El método analítico utilizado se colocará, en su caso, a continuación, mediante las siglas situ (“in situ”), vit (“in vitro”) o enz (técnicas enzimáticas). Así, quedaría como DMS(e)situ, DMS(e) vit, etc.

Digestibilidad “estimada” mediante Espectroscopía del Infrarrojo Cercano (NIRS): la medida se realiza mediante estimación directa de uno de los valores de digestibilidad anteriores, utilizando ecuaciones de calibración con la tecnología NIRS.  $D(\text{vit}) \text{ MO}(\text{nir}) = \text{Digestibilidad “in vitro” de la MO estimada mediante técnicas NIR.}$

Digestibilidad “estimada” a partir de ecuaciones de regresión en función de la composición nutritiva.  $\text{DMS}(\text{cnu}) = \text{Digestibilidad “in vivo” de la MS estimada a partir de la composición nutritiva.}$  La fórmula utilizada debería incluirse también en el campo de referencias.

En relación con las referencias bibliográficas, el programa Califa no dispone de un campo específico para su almacenamiento, ya que se trata de un software diseñado para recoger la información directa producida en los laboratorios de análisis. Sin embargo, sí dispone de un campo para la inclusión de la referencia metodológica utilizada en el cálculo de un determinado valor analítico. Este campo se ha reciclado en el caso de la base de datos “Pastos Españoles (SEEP)”, utilizándose para recoger las referencias bibliográficas, de forma que éstas incluyen un “título” (referencia abreviada) y un campo de texto que almacena la referencia completa.

### **Depuración de los datos**

Una vez completados los procesos de homogeneización e incorporados todos los datos del proyecto a Califa, se detectó la necesidad de realizar un proceso de depuración sobre los mismos. En este sentido se llevaron a cabo las siguientes actuaciones (en orden cronológico):

#### *Asignación de referencias bibliográficas*

Durante el proceso de importación de datos se habían localizado algunas muestras que no parecían coincidir con su referencia bibliográfica.

Utilizando la opción de búsqueda del programa Califa, cada referencia bibliográfica se relacionó con los nombres de las muestras que la contenían. Analizando visualmente los resultados se detectó qué referencias tenían asignadas muestras que no parecían corresponder a su título, procediéndose a las correspondientes búsquedas bibliográficas y consultas a los autores para solucionar las disconformidades.

#### *Corrección de valores anómalos*

El siguiente paso fue la depuración de los valores imposibles. Así, utilizando de nuevo el módulo de “Búsquedas y modificaciones múltiples”, se hicieron dos tipos de selecciones:

- Valores menores o iguales a cero: aunque pueda parecer extraño se localizaron dos análisis con valores negativos y bastantes con valor cero. El caso de los ceros era en cierto modo previsible, ya que en las tablas originales en muchas ocasiones se utilizaba “0” para indicar ausencia (bien ausencia del componente en la muestra o no realización del análisis). Sin embargo, estos valores provocan distorsión de los estadísticos en la base de datos, por lo que se procedió a su eliminación.
- Valores no concordantes con la unidad de expresión: en este caso se buscaron análisis expresados en % con un valor superior a 100, en g/kg y con valores mayores de 1 000, etc. Los valores detectados con esta técnica se rastrearán por

los medios habituales y, en el caso de no encontrar explicación, se eliminaron de la base de datos. Un fallo muy común de las tablas originales que provocaba este tipo de problemas fue el movimiento de la coma de separación de decimales (por ejemplo 234,5 en lugar de 23,45).

### *Repaso de estadísticas*

Para eliminar los valores que, aunque fueran posibles, fuesen anómalos, se procedió a analizar individualmente las estadísticas de cada grupo homogéneo de alimentos, es decir, cada conjunto de muestras con unas características similares (por ejemplo todas las muestras de “alfalfa forraje henificado” constituyeron un grupo, sin tener en cuenta el número de corte, la variedad y otras características diferenciales). La gran diversidad de muestras incluida en la base de datos “Pastos Españoles (SEEP)” provocó que el número de grupos diferenciados fuera muy numeroso, lo que se tradujo en el análisis de las estadísticas de unos 1 000 grupos de alimentos, que se correspondían originalmente con más de 3 500 nombres de muestra.

El estudio de las estadísticas se basó en el registro de los valores medio, máximo y mínimo de cada valor analítico. Estos valores estadísticos se compararon con los que cabía esperar para cada conjunto de muestras, en función de los valores señalados en otras fuentes de información sobre alimentos

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La base de datos “Pastos Españoles (SEEP)” incluye los resultados de todos los grupos de trabajo del proyecto “Pastos Españoles” en el área de “Dinámica productiva y evaluación nutritiva de pastos”.

Una vez completados todos los procesos descritos en los apartados anteriores el resultado es la base de datos actual, que contiene 21 215 muestras y 143 201 valores analíticos. En cuanto a la variabilidad recogida cabe destacar que los datos incluidos suponen 3 287 nombres de muestra, 219 determinaciones, 33 unidades de expresión y 342 referencias bibliográficas.

Los pastos catalogados son muy variados, pudiendo ser clasificados en los siguientes grupos:

- Especies herbáceas de crecimiento espontáneo, tanto a nivel individual (por ejemplo *Taraxacum officinale*) como colectivo (prado, pasto de puerto, etc).
- Especies herbáceas cultivadas, también individuales (trigo, altramuz, etc) y colectivas (pradera, mezclas, etc).
- Especies arbustivas y arbóreas silvestres. En el caso de considerarse individualmente se ha utilizado el nombre como tal (retama, cornicabra, encina, etc), mientras que cuando se trataba de comunidades complejas se han utilizado los términos “pasto arbustivo” y “pasto con arbolado (denso o ralo)”.
- Especies arbustivas y arbóreas cultivadas (olivo, encina, etc).
- Otros (orujo de aceituna, pulpa de remolacha, melaza de caña, etc).

La base de datos “Pastos Españoles (SEEP)” puede ser consultada a través de la página web del SIA ([www.uco.es/sia](http://www.uco.es/sia)). Las condiciones de acceso son: “Entrada libre”,

en la que sólo podrá consultar, para cada materia incluida en la base de datos, el número de datos incluido para cada uno de los parámetros analizados, y “Usuario registrado”, entre los que estarán todos los socios de la SEEP, que dispondrá de los valores estadísticos (media, máximo, mínimo y desviación típica) correspondientes a cada uno de los parámetros anteriores y aquellos otros grupos o personas que han colaborado y colaboran con el SIA en la construcción de estas bases de datos.

En la base de datos es posible encontrar muestras con una gran cantidad de información, tanto por los parámetros analíticos valorados, como por la gran diversidad de características diferenciales de la propia muestra (variedades, años de cultivo, número de corte,...). Por otra parte, existe información de especies y productos cuya composición no es fácil encontrar en otras bases de datos, como la que se recoge en la siguiente tabla, referida a la flor del brezo:

**Tabla 1. Datos analíticos de la flor de brezo (*Erica* spp) incluidos en la base de datos “Pastos Españoles (SEEP)”.**

Análisis	Unidades	Nº	Media	Mínimo	Máximo	Dv. Típica
Compuestos Fenólicos	%MS	2	13,00	12,70	13,30	0,42
Digestibilidad MS	%	1	39,60	39,60	39,60	
Digestibilidad Vitro MS (Gas)	ml/g MS	4	170,50	162,00	184,00	9,98
Digestibilidad Vitro MS (T&T Y Modificaciones)	%	2	40,60	39,60	41,60	1,41
Digestibilidad Vivo MS estimada por Composición	%	4	54,73	53,60	57,30	1,73
Digestibilidad/Degrad Situ MS Potencial	%	4	44,50	42,70	45,40	1,24
Digestibilidad/Degrad Situ MS Teórica/Efectiva	%	4	28,90	27,50	30,10	1,17
Digestibilidad/Degrad Situ MS Velocidad Degrad	tanto x uno/h	4	0,03	0,00	0,06	0,03
Digestibilidad/Degrad Vitro MS Líquido Ruminal	%	2	37,10	35,60	38,60	2,12
Extracto Etéreo	%MS	2	2,50	2,00	3,00	0,71
Fenoles No Precipitables	eq tánico	1	0,85	0,85	0,85	
Fenoles Totales	eq tánico	1	7,25	7,25	7,25	
Fibra Ácido Detergente	%MS	5	25,59	13,00	34,00	8,61
Fibra Neutro Detergente	%MS	5	32,77	22,80	40,70	7,64
Lignina Ácido Detergente	%MS	5	16,62	6,00	24,90	8,01
Materia Orgánica	%MS	2	97,65	97,40	97,90	0,35
Proteína Bruta	%MS	5	9,43	6,01	17,70	4,77
Taninos	eq tánico	1	6,40	6,40	6,40	
Taninos Condensados	eq quebracho	1	64,82	64,82	64,82	
Taninos Condensados Libres	eq catequina	1	8,08	8,08	8,08	
Taninos Condensados Libres	eq quebracho	1	58,78	58,78	58,78	
Taninos Condensados Ligados	eq quebracho	1	6,04	6,04	6,04	

## CONCLUSIONES

Se considera que la base de datos puede estar ya disponible para su consulta, aunque se mantiene abierto el proceso de metadatación y de análisis de los contenidos a través del SIA, dentro de un estudio de explotación de datos que forma parte del trabajo de Tesis Doctoral de uno de los autores. Ello puede dar lugar a futuras modificaciones parciales, que creemos no afectarán al contenido, sino, en todo caso, a las formas de expresión.

## AGRADECIMIENTOS

A los participantes en el área de dinámica productiva y evaluación nutritiva de pastos del proyecto “Tipificación, cartografía y evaluación de pastos españoles”, financiado por el INIA (INIA-CCAA N° OT00-037.C17), por el suministro de la información que ha servido para la construcción de esta base de datos. A Alejandro Argamentería, José Aguilera y Carlos Ferrer por su ayuda en los procesos de metadatación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFARO, A.; CHÁVARRI, J. B.; GARCÍA-MORRÁS, J. A., 2004. Evaluación de los recursos pascícolas de origen agrícola en La Rioja. En: *Pastos y ganadería extensiva*, 577-583. Ed. B. GARCÍA-CRIADO, A. GARCÍA-CIUDAD, B. R. VÁZQUEZ DE ALDANA, I. ZALBAGOGEAZCOA. IRNA-CSIC, Salamanca.
- BARRANTES, O.; REINÉ, R.; BROCA, A.; GONZALO, S.; ASCASO, J.; FERRER, C., 2005. Pastos arbustivos de coscojar y de espinar caducifolio en la cordillera ibérica de Aragón. Tipificación, cartografía y valoración. En: *Producciones agroganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural*, 747-753. Ed. B. DE LA ROZA, A. MARTÍNEZ, A. CARBALLAL. SERIDA, Asturias.
- BARRANTES, O.; REINÉ, R.; BROCA, A.; GONZALO, S.; ASCASO, J.; FERRER, C., 2005b. Tipificación de los pastos de monte en Aragón. En: *Producciones agroganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural*, 771-775. Ed. B. DE LA ROZA, A. MARTÍNEZ, A. CARBALLAL. SERIDA, Asturias.
- ERENA, M.; ROBLEDO, A.; GARCÍA, P.; CORREAL, E.; VICENTE, M.; ALCARÁZ, F., 2003. Cartografía de recursos pascícolas en la región de Murcia. En: *Pastos, desarrollo y conservación*, 763-769. Ed. A. B. ROBLES, M. E. RAMOS, M. C. MORALES, E. DE SIMÓN, J. L. GONZÁLEZ, J. BOZA. Conserjería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
- ERENA, M.; ROBLEDO, A.; GARCÍA, P.; CORREAL, E.; VICENTE, M.; ALCARÁZ, F., 2004a. Cartography of pasture resources of Murcia region (Spain): calculation of stocking rates. *20th General Meeting European Grassland Federation: Land use systems in grassland dominated regions*. CD-ROM EGF2004. Luzern (Switzerland).
- ERENA, M.; GARCÍA, P.; ROBLEDO, A.; VICENTE, M.; ALCARÁZ, F.; CORREAL, E., 2004b. Gestión de recursos pascícolas en la región de Murcia: delimitación de distritos ganaderos en el término de Totana. *XI Congreso de Métodos Cuantitativos, SIG y Teledetección*. Murcia (España). [http://sigma.imida.es/documents/Congresos/2004/poster\\_mcsigt2004.pdf](http://sigma.imida.es/documents/Congresos/2004/poster_mcsigt2004.pdf)
- FANLO, R.; CHOCARRO, C.; MASIP, G.; LLOVERAS, J., 2005. Cartografía de los recursos pascícolas de Cataluña. En: *Producciones agroganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural* (2), 739-746. Ed. B. DE LA ROZA, A. MARTÍNEZ, A. CARBALLAL. SERIDA, Asturias.

- FERRER, C.; BARRANTES, O.; BROCA, A.; MAESTRO, M., 2008. El proyecto "Tipificación, cartografía y evaluación de los pastos españoles". En: *Pastos del Pirineo*, 255-272. Ed. F. FILLAT, R. GARCÍA, D. GÓMEZ, R. REINÉ. IPE-CSIC, Huesca.
- GARCÍA, P.; VALDERRÁBANO, J.; ÁLVAREZ, A., 2005. Cartografía y tipificación de pastos en Asturias. En: *Producciones agroganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural (2)*, 731-737. Ed. B. DE LA ROZA, A. MARTÍNEZ, A. CARBALLAL. SERIDA, Asturias.
- GÓMEZ, A.; GUERRERO, J. E.; GARRIDO-VARO, A., 1993. Banco de Alimentos Valorados. En: *Nuevas fuentes de alimentos para la producción animal IV*, 341-353. Ed. A. GÓMEZ CABRERA, E. J. DE PEDRO SANZ. Conserjería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
- GÓMEZ, A.; GUERRERO, J. E.; FERNÁNDEZ, V. M.; ISAC, M. D., 1995. Banco de Muestras Valoradas. *ITEA Producción Animal*, **16(2)**, 60-62.
- GÓMEZ, A.; MAROTO, F.; GUERRERO, J. E.; GARRIDO, A.; GRUPOS DE TRABAJO DEL ÁREA, 2008. Proyecto "Tipificación, cartografía y evaluación de los pastos españoles". Base de datos del área de dinámica productiva y valoración nutritiva de pastos. En: *Pastos, clave en la gestión de los territorios: integrando disciplinas*, 499-505. Ed. P. FERNÁNDEZ REBOLLO, A. GÓMEZ CABRERA, J. E. GUERRERO, A. GARRIDO, C. CALZADO, A. M. GARCÍA MORENO, M. D. CARBONERO, A. BLÁZQUEZ, S. ESCUIN, S. CASTILLO. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
- GULÍAS, J.; MUS, M.; RAMÓN, J.; RUÍZ, M.; CIFRE, J., 2005. Tipificación y evaluación de los recursos pascícolas de la isla de Mallorca: pastos de explotación extensiva. En: *Producciones agroganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural (2)*, 777-783. Ed. B. DE LA ROZA, A. MARTÍNEZ, A. CARBALLAL. SERIDA, Asturias.
- LISTON, M. D.; DOLBY, J. L., 1982. Metadata system for integrated access to numeric data file. *Drexel Library Quarterly*, **18**, 147-160.
- MANENT, J.; CHOCARRO, C.; FANLO, R.; LLOVERAS, J.; SEBASTIÀ, M. T., 2006. Publicacions sobre farratges i pastures a Catalunya. *Quaderns Agraris*, **30**, 37-81.
- MÉNDEZ, P.; DE NASCIMENTO, L.; SANTOS, A., 2005. Caracterización fitocenológica y cartografía de los pastos de Tenerife (I. Canarias). En: *Producciones agroganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural (2)*, 785-792. Ed. B. DE LA ROZA, A. MARTÍNEZ, A. CARBALLAL. SERIDA, Asturias.
- REINÉ, R.; BARRANTES, O.; BROCA, A.; GONZALO, S.; ASCASO, J.; FERRER, C., 2005. Pastos arbustivos de erizal y de jaral en la cordillera ibérica de Aragón. Tipificación, cartografía y valoración. En: *Producciones agroganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural*, 763-770. Ed. B. DE LA ROZA, A. MARTÍNEZ, A. CARBALLAL. SERIDA, Asturias.
- REINÉ, R.; BARRANTES, O.; BROCA, A.; GONZALO, S.; ASCASO, J.; FERRER, C., 2005b. Pastos arbustivos de aliagar y de romeral en la cordillera ibérica de Aragón. Tipificación, cartografía y valoración. En: *Producciones agroganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural*, 755-761. Ed. B. DE LA ROZA, A. MARTÍNEZ, A. CARBALLAL. SERIDA, Asturias.
- ROBLEDO, A.; ALCARÁZ, F.; CORREAL, E.; ERENA, M.; GARCÍA, P., 2004. Tipología de los pastos naturales de la región de Murcia. *Congreso Nacional Asociación de Naturalistas del Sureste (ANSE)*. Murcia. <http://sigma.imida.es/documents/Congresos/2004/ANSE-murcia-2004.pdf>.
- ROBLES, A. B.; GONZÁLEZ-REBOLLAR, J. L., 2006. Pastos áridos y ganado del sudeste de España. *Science et changements planétaires*, **17(1)**, 309-313.

## SUMMARY

### **“SPANISH PASTURES (SEEP)” DATABASE. CONSTRUCTION PROCESS AND AVAILABILITY IN INTERNET**

It has been carried out a process of grouping and computerization of the data gathered by the 19 groups of researchers in the area of productive dynamics and nutritious evaluation of pastures, corresponding to the project of “Categorization, Cartography and Evaluation of Spanish Pastures” (INIA-CCAA N° OT00-037.C17).

In the data homogenization a metadatation process has been carried out to facilitate the system generalization and the data analysis.

The result supposes a database containing 21 215 samples and 143 201 analytical values, with 3 287 different names for samples, 219 determinations, 33 units of expression and 342 bibliographical references. “Spanish Pastures (SEEP)” database can be consulted at web page [www.uco.es/sia](http://www.uco.es/sia).

**Key words:** nutritive composition, metadata, feed, animal feeding.



## EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOSFÓRICA SOBRE LA PRESENCIA DE ESPECIES EN EL FORRAJE DE PRADOS DE MONTAÑA

R. GARCÍA-NAVARRO, J. ALVARENGA, A. CALLEJA

Departamento de Producción Animal. Universidad de León. 24071 León. ricardo.gnavarro@unileon.es

### RESUMEN

El fósforo, como elemento fertilizante, se ha mostrado muy útil para incrementar la producción y, sobre todo, para lograr cambios en la vegetación y en el valor nutritivo del forraje.

Se tienen resultados de la respuesta de distintas especies de leguminosas frente a la fertilización fosfórica. En este trabajo se completa esta información y se aportan nuevos datos del comportamiento de gramíneas y de “otras plantas” pratenses; para ello se utilizan datos de % MS de las especies (del primer corte y de la media anual) obtenidos en parcelas con diferentes niveles de fósforo (0, 80, 160, 240 kg de  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y 240 kg de  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> acompañado de nitrógeno y/o potasio).

Las especies que responden favorablemente a cualquier aporte de fósforo son: *Trifolium repens*, *Arrhenatherum elatius*, *Rumex acetosa* y *Rumex crispus* y tienen una mayor presencia con las dosis mayores: *Holcus lanatus*, *Lolium perenne* y *Poa trivialis*; no muestran variaciones significativas con abonado fosfórico: *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Ranunculus acris* y *Taraxacum officinale* y se reducen con las dosis más altas: *Trifolium pratense*, *Plantago lanceolata*, *Anthoxanthum odoratum* y *Cynosurus cristatus*.

**Palabras clave:** gramíneas, leguminosas, otras plantas, fertilizantes.

### INTRODUCCIÓN

La fertilización mineral permite obtener diferentes niveles de producción en los prados, según el fertilizante y dosis usada, y provoca cambios en la composición botánica y química de los mismos, que alteran su valor nutritivo (García *et al.*, 2004; Rodríguez *et al.*, 2003, 2006).

En la Montaña de León la presencia de suelos con deficiencia en fósforo ha demostrado la importancia de este elemento en la fertilización (Rodríguez *et al.*, 1996); sin embargo su aplicación reiterada durante años puede provocar un aumento sustancial del fósforo en el suelo que impida el desarrollo correcto de algunas especies o que se alteren los procesos de competencia entre ellas.

En trabajos anteriores (García *et al.*, 2005, 2006) se ha descrito el desigual comportamiento de los tréboles blanco y violeta frente al aporte de fósforo; en este trabajo,



además de comprobar los resultados para ambas leguminosas, se describe la conducta (variación cuantitativa o porcentaje de participación en el forraje) de las gramíneas y otras plantas forrajeras que forman el “fondo o base del forraje del prado”. Esta información puede permitir, en la medida de lo posible, un mayor control de la vegetación con una herramienta sencilla como es la fertilización.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El material vegetal procede de un prado de regadío de la Montaña de León (Orden *Arrhenatheretalia*) sometido a una fertilización NPK desde el año 1978 hasta 2007.

La toma de muestras vegetal es la clásica en este tipo de trabajos (García *et al.*, 2004) y en esencia consiste en la separación manual de una muestra representativa de material vegetal, hasta alcanzar el nivel de especie, y un secado posterior para obtener la humedad y calcular los porcentajes de materia seca.

Para este trabajo se utilizan una serie de parcelas de los años 1987 (dos cortes), 1996 y 2006 (tres cortes), agrupadas de la siguiente forma:

Parcelas sin fósforo.

Parcelas únicamente con fósforo:

P80: parcela con aporte de 80 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

P160: parcela con aporte de 160 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

P240: parcela con aporte de 240 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Parcelas con fósforo y otros elementos fertilizantes:

P240+N/K: parcelas con 240 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y diferentes dosis de nitrógeno y/o de potasio. Los datos que se corresponden con este nivel de fertilizante corresponden a los valores medios de 15 parcelas que contienen todas las combinaciones de (0, 60, 120 y 180 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) de nitrógeno y de potasio.

Para el estudio estadístico se ha utilizado el paquete GLM (SAS, 2008). El factor principal es el fertilizante fosfórico con 5 niveles (P0, P80, P160, P240 y P240+N/K) y las variables son los porcentajes de las distintas especies al primer corte (última decena de Junio en el caso de dos aprovechamientos y primera decena del mismo mes con tres cortes) y media anual. Las anovas se han realizado sobre datos transformados [ln (%variable+1)] para lograr una distribución normal de los datos después de efectuar los contrastes de normalidad (test de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (test de Levene); cuando hay diferencias significativas se realiza el contraste de medias (LSD).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las especies que se estudian en este trabajo son típicas de prados y están muy adaptadas a vivir en un medio en el que la acción del hombre puede llegar a ser muy intensa (siega, riego, fertilización, etc.); por lo que sus características morfológicas y fisiológicas (fases de multiplicación y reproducción) pueden tener diferente grado de adaptación como consecuencia del manejo recibido.

En las Tablas 1 y 2 se presentan los porcentajes de las especies en las parcelas con diferente nivel de fertilización, tanto en el primer corte como la media anual de todos los cortes. Los contrastes y las mínimas diferencias significativas se han realizado en base a las transformaciones logarítmicas expuestas en el apartado anterior.

**Tabla 1. Porcentajes de gramíneas con distintas dosis de fósforo (contrastes y mds sobre datos transformados).**

	ANT	ARR	CYN	DAC	FES	HOL	LOL	PTR	TRI
<b>Primer corte</b>									
<b>P0</b>	5,4 a	1,0 b	11,1 a	12,2	8,1	14,3ab	6,8 b	1,3 b	0,6
<b>P80</b>	4,2 a	1,3 b	11,4ab	8,5	7,8	18,1ab	8,2ab	4,2ab	0,3
<b>P160</b>	2,5ab	9,0 a	7,3ab	8,1	5,7	11,7 b	10,0ab	6,3 a	1,6
<b>P240</b>	3,8 a	5,6 a	4,6 c	8,0	5,9	27,6 a	10,7ab	3,2ab	0,8
<b>P240+N/K</b>	0,8 b	5,8 a	2,6 c	6,1	14,0	19,2ab	15,2 a	9,6 a	4,2
<b>mds</b>	0,77	1,22	1,34	-	-	0,80	0,70	0,98	-
<b>Media anual</b>									
<b>P0</b>	2,0 A	0,4 B	4,5 A	13,7	5,3	11,3 B	6,3	0,6 C	0,3
<b>P80</b>	1,9 A	0,8 B	4,7 A	11,3	6,2	17,2AB	8,1	1,8ABC	0,2
<b>P160</b>	1,0AB	4,3 A	3,1AB	13,1	4,4	13,7AB	10,0	2,4AB	1,0
<b>P240</b>	1,6 A	2,9 A	2,2AB	15,0	3,8	21,9 A	9,8	1,1BC	0,4
<b>P240+N/K</b>	0,4 B	3,6 A	0,5 B	22,5	4,4	16,9AB	10,3	3,2 A	0,6
<b>mds</b>	0,39	0,63	1,19	-	-	0,54	-	0,69	-

ANT (*Anthoxanthum odoratum*); ARR (*Arrhenatherum elatius*); CYN (*Cynosurus cristatus*); DAC (*Dactylis glomerata*); FES (*Festuca pratensis*); HOL (*Holcus lanatus*); LOL (*Lolium perenne*); PTR (*Poa trivialis*); TRI (*Trisetum flavescens*). 0, 80, 160, 240: kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>; mds: mínima diferencia significativa. Letras distintas entre filas marcan diferencias significativas al 0,05.

**Tabla 2. Porcentajes de leguminosas y de “otras” con distintos niveles de fósforo (contrastes y mds sobre datos transformados).**

	TPR	TRE	PLA	RAC	RACE	RCR	TAR
<b>Primer corte</b>							
<b>P0</b>	5,6 a	3,8 c	13,0 a	4,0	0,7	1,9ab	4,0
<b>P80</b>	2,5ab	5,1abc	8,6ab	5,7	0,7	1,0 b	3,2
<b>P160</b>	3,1ab	8,9 a	6,9 b	2,5	1,6	1,8ab	4,9
<b>P240</b>	1,3ab	7,5ab	2,4 c	0,4	2,5	2,9ab	3,2
<b>P240+N/K</b>	0,3b	3,3bc	2,4 c	2,2	2,1	3,0 a	3,1
<b>mds</b>	1,71	0,53	0,57	-	-	0,66	-
<b>Media anual</b>							
<b>P0</b>	6,1 A	7,2 B	21,5 A	4,1	0,3 C	0,9 b	10,1
<b>P80</b>	3,1AB	11,2 A	17,4 A	3,2	0,5 C	0,7 B	7,2
<b>P160</b>	2,6AB	11,4 A	12,5AB	4,2	0,9BC	1,9AB	10,1
<b>P240</b>	1,0AB	13,1 A	7,6BC	1,5	1,7AB	1,7AB	10,8
<b>P240+N/K</b>	0,5 B	10,0 A	4,7 C	2,1	2,6 A	4,1 A	11,0
<b>mds</b>	1,41	0,38	0,56	-	0,53	0,78	-

TPR (*Trifolium pratense*); TRE (*Trifolium repens*); PLA (*Plantago lanceolata*); RAC (*Ranunculus acris*); RACE (*Rumex acetosa*); RCR (*Rumex crispus*); TAR (*Taraxacum officinale*). 0, 80, 160, 240: kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>; mds: mínima diferencia significativa. Letras distintas entre filas marcan diferencias significativas al 0,05.

El fósforo favorece el desarrollo de cuatro gramíneas: *Lolium perenne* (ballico inglés), *Holcus lanatus* (holco), *Poa trivialis* subsp. *trivialis* (poa), *Arrhenaterum elatius* (formental); una leguminosa: *Trifolium repens* (trébol blanco) y dos del grupo de “otras”: *Rumex acetosa* subsp. *acetosa* (acedera) y *Rumex crispus* (carbaza).

El ballico, el holco (cespitosas) y la poa (con estolones pequeños), están perfectamente adaptadas a suelos fértiles (Delpech, 1982; Pérez, 1989) y en este trabajo se observa su gran desarrollo con las dosis más altas de fósforo; así mismo, ballico y poa incrementan su porcentaje cuando la fertilización se acompaña de nitrógeno/potasio, si bien para *L. perenne* sólo es significativo su incremento en el corte de junio. Holco, con el sistema de aprovechamiento de tres siegas, no puede formar semillas (corte temprano) pero su gran capacidad de rebrote hace que sobrepase en importancia al ballico en los cortes más tardíos.

*P. trivialis* manifiesta, en esta experiencia, su carácter extremadamente competitivo, a pesar de que sus estolones son de menor tamaño y de que su desarrollo óptimo se corresponde con suelos menos fértiles (Delpech, 1982; Pérez, 1989; Vivier 1971); no encontramos ninguna razón por la que pueda competir de forma tan favorable, a pesar de su limitada capacidad de rebrote con especies como holco y ballico, ya que, nuestra experiencia nos dice que su desarrollo es similar hasta la fase de inicio de espigado con ballico, dactilo y festuca y menor que holco y formental. El formental es considerado normalmente propio de terrenos pobres y con escasa capacidad de rebrote (Vivier, 1971), sin embargo en nuestro caso, encontramos a esta especie perfectamente adaptada a niveles altos de fertilizante, posiblemente su estructura radicular profunda y con gran capacidad de exploración le aporta posibilidades de persistencia de la que carecen otras especies.

La respuesta favorable de trébol blanco confirma los datos ya publicados (García *et al.*, 2005, 2006); sin embargo, las diferencias no son significativas cuando el abonado incluye nitrógeno/potasio, debido al efecto negativo del nitrógeno en esta leguminosa.

En cuanto a las “otras”, se puede inferir que el fósforo con el NK favorece el desarrollo de la carbaza (media anual), frente a las dudas expresadas con respecto a este fertilizante por Pérez *et al.*, (1990) y encontramos que la acedera se desarrolla perfectamente en suelos con un nivel de fertilidad mayor que la citada en la bibliografía (Ferrer *et al.*, 1981; Pérez *et al.*, 1990).

Disminuyen con la fertilización fosfórica: *Anthoxanthum odoratum* (grama olorosa), *Trifolium pratense* (trébol violeta), *Cynosurus cristatus* (cinosuro) y *Plantago lanceolata* (llantén). Las dos primeras (en el corte de junio y en la media anual) únicamente lo hacen con la dosis de 240 kg de P unida a N/K; mientras que las dos últimas presentan descensos con esta dosis, esté o no acompañada de otros fertilizantes.

Las cuatro especies tienen requerimientos nutritivos menores siendo muy persistentes a pesar de que las condiciones en las que se desenvuelven son más adecuadas para otras plantas (Pérez, 1989; Vivier, 1971), ya que su sistema de propagación está basado, en gran medida, en la formación de semillas (Delpech, 1982). La grama olorosa y el cinosuro tienen un desarrollo muy rápido, especialmente la primera, y una escasa capacidad de rebrote (García y Calleja, 2003). El trébol violeta se muestra peor adaptado a la fertilización, sus flores ya están abiertas cuando las gramíneas más cespitosas han iniciado el espigado y han cubierto totalmente la superficie del suelo

dificultando su resiembra. Al llantén, a pesar de disponer de un rizoma corto y vertical, parece ser que su desarrollo no es lo suficientemente rápido siendo su crecimiento sofocado por otras especies, especialmente en el primer corte y, aunque se considera una especie de suelos con bajo contenido en fósforo (Pérez *et al.*, 1990), es capaz de rebrotar de forma considerable.

No han mostrado diferencias frente al abonado fosfórico: *Dactylis glomerata* (dactilo), *Festuca pratensis* (festuca de los prados), *Trisetum flavescens* (avena dorada), *Ranunculus acris* subsp. *despectus* (botón de oro) y *Taraxacum officinale* (diente de león).

En general se consideran al dactilo, botón de oro y diente de león como propias de suelos ricos y fértiles y buenas indicadoras de contenidos elevados e intermedios de fósforo (Ferrer *et al.*, 1981; Pérez, 1989; Vivier, 1971) y siempre importantes en cortes tardíos y rebrotes (Pérez *et al.*, 1990).

La festuca se desarrolla bien independientemente del nivel de abonado, siempre con porcentajes elevados, posiblemente su competencia con el ballico (Delpech, 1982; Vivier, 1971) impida una mayor presencia en forrajes de parcelas con elevadas dosis de fósforo.

La avena dorada nunca está en proporciones altas y su rebrote es muy escaso (Pérez *et al.*, 1990), acompaña y muestra un comportamiento semejante al dactilo (Vivier, 1971), pero se ha considerado más propia de suelos de menor fertilidad (Klapp, 1987) que los de nuestro estudio.

## CONCLUSIONES

La fertilización fosfatada favorece la presencia de *Trifolium repens* y *Arrhenatherum elatius* y en menor medida *Rumex acetosa* y *Rumex crispus*; las dosis mayores incrementan *Holcus lanatus* y cuando se acompañan de nitrógeno y/o de potasio de *Poa trivialis*. *Lolium perenne* solo aumenta de forma significativa en el corte de primavera (junio).

El aporte de fósforo reduce la proporción en el forraje de *Trifolium pratense*, especialmente las dosis altas, y de *Plantago lanceolata*, *Anthoxanthum odoratum* y *Cynosurus cristatus* cuando se acompaña de otros fertilizantes.

No muestran variaciones significativas *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Ranunculus acris* y *Taraxacum officinale*.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se llevó a cabo con la financiación de la Junta de Castilla y León dentro del programa de ayudas a la actividad investigadora al grupo de excelencia GR158.

## BIBLIOGRAFÍA

- 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.
- FERRER, C.; AMELLA, A.; FERRÁNDIZ, J.M.; FLORIA, J.M., 1981. Aplicación de la proyección estereográfica a la representación. Interpretación del Análisis Factorial de corresponden-

- cias. Un ejemplo sobre pastos pirenaicos. *Actas de la XXI Reunión Científica de la S.E.E.P.* León.
- GARCÍA, R.; ANDRÉS, S.; ALVARENGA, J.; CALLEJA, A., 2005. Efecto de la fertilización NPK y del fraccionamiento del nitrógeno en la producción de tréboles. En: *Producciones agro-ganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural (vol II)*, 549-556. Ed. B. DE LA ROZA, A. MARTÍNEZ, A. CARBALLAL. SERIDA. Gijón (España).
- GARCÍA, R.; CALLEJA, A., 2003. Capacidad de rebrote otoñal de especies de prados de la montaña de León. Efecto del modo de aprovechamiento y de la fertilización mineral. En: *Pastos, desarrollo y conservación*, 173-179. Ed. A.B. ROBLES, M.E. RAMOS, M.C. MORALES, E. DE SIMÓN, J.L. GONZÁLEZ, J. BOZA. Junta de Andalucía. Sevilla (España).
- 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.
- GARCÍA, R.; ANDRÉS, S.; VALDÉS, C.; CALLEJA, A., 2006. *Trifolium repens* L. and *Trifolium pratense* L. under PK fertilization in meadows. *Grassland Science in Europe*, **XI**, 399-401.
- KLAPP, E., 1987. *Manual de gramíneas*. Ed. Omega. 278 pp. Barcelona (España).
- PÉREZ, J. E., 1989. *Estudio botánico y mineral de prados permanentes de la cuenca del Bernesga*. Tesis doctoral. Facultad de Biología. Universidad de León.
- PÉREZ, J.E.; PÉREZ, M.T.; GARCÍA, R.; MORO, A.; CALLEJA, A., 1990. Aspectos ecológicos de especies de prados permanentes. 4. Plantaginaceas y Polygonaceas. *Actas de la XXX Reunión Científica de la S.E.E.P.*, San Sebastián, 109-116.
- RODRÍGUEZ, M.; GARCÍA, R.; MORO, A.; CALLEJA, A., 1996. Los prados permanentes en la economía de la montaña leonesa. *Pastos*, **26(1)**, 25-37.
- RODRÍGUEZ, M.; GARCÍA, R.; ANDRÉS, S.; CALLEJA, A., 2003. Cuarenta años de fertilización en prados de la Montaña de León. I Influencia sobre la producción. *Pastos*, **33(1)**, 103-153.
- 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.
- S.A.S., 2008. *SAS/STAT User's Guide*. Ed. Statistical Analysis System Institute Inc. Cary, Carolina del Norte, Estados Unidos.
- VIVIER, M., 1971. Le prairies permanentes du Bessin et du Pays D'Auge. *Technique et économie agricole du Calvados*, **17**, 1-395.

## SUMMARY

### EFFECT OF PHOSPHORIC FERTILIZATION ON THE PRESENCE OF SPECIES IN THE FORAGE OF MOUNTAIN MEADOWS

Phosphorus as fertilizer has been shown very useful to increase the production and, mainly, to induce changes in the vegetation and in the nutritive value of the forage.

Results on the response of leguminous species to phosphoric fertilization have been already reported of the response of leguminous species to phosphoric fertilization. In this study this information is completed providing new data regarding the response of grasses and weeds; based on measurements of %DM of these species (either for the first harvest and for the an-

nual mean) obtained in plots with different phosphorus fertilization rates (0, 80, 160, 240 kg of  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> and 240 kg of  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> combined with nitrogen and/or potassium fertilizers).

Species that responded favourably to any contribution of phosphorus were: *Trifolium repens*, *Arrhenatherum elatius*, *Rumex acetosa* and *Rumex crispus*, whereas the following species showed an increased proportion only in plots receiving the highest P fertilization doses: *Holcus lanatus*, *Lolium perenne* and *Poa trivialis*. The contribution of the species *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Ranunculus acris* and *Taraxacum officinale* did not show significant variations with phosphoric fertilization, and there was also a group of species which tended to decrease in response to the highest rate of P fertilization: *Trifolium pratense*, *Plantago lanceolata*, *Anthoxanthum odoratum* and *Cynosurus cristatus*.

**Key words:** grasses, legumes, weeds, fertilizers.



## EFICIENCIA Y EFECTO RESIDUAL DEL NITRÓGENO CONTENIDO EN EL PURÍN DE VACUNO DE LECHE APORTADO SOBRE PRADOS EN AMBIENTE ATLÁNTICO

J.M. MANGADO, J. OIARBIDE, A. BARBERÍA, A. GRANADA

*ITG Ganadero. Avda. Serapio Huici, 22 Edif. Peritos. 31610 Villava (Navarra). jmangado@itgganadero.com*

### RESUMEN

La utilización como fertilizante de los residuos orgánicos generados por la actividad ganadera constituye una oportunidad para transitar hacia la sostenibilidad ambiental y económica de las explotaciones. En esta comunicación se presentan los resultados de eficiencia y efecto residual del nitrógeno contenido en aportaciones de purín de vacuno de leche sobre prados de ambiente atlántico frente a fertilización con nitrógeno de origen químico. En aportaciones de final de invierno (precozes) la eficiencia es el 82% de la del nitrógeno mineral si se mide en producción vegetal y del 68% si se mide como extracciones de nitrógeno. En aportaciones de mediados de primavera (tardías) la eficiencia desciende a 35 y 21% respectivamente. En aportaciones conjuntas de nitrógeno de ambos orígenes sus eficiencias se suman con independencia de la época de aplicación. No se encuentran efectos residuales de las aportaciones precozes de purín sobre los cortes tardíos en cada año ni de las aportaciones tardías de un año sobre las producciones precozes del año siguiente.

**Palabras clave:** purín, vacuno de leche, prados atlánticos, nitrógeno, eficiencia.

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha producido un incremento notable de la generación de purín en las explotaciones de vacuno de leche de la cornisa cantábrica. Por diferentes motivos puede llegar a constituir un problema su correcta gestión. Por otra parte el precio de adquisición de los fertilizantes químicos ha sufrido en los dos últimos años un fortísimo incremento, paralelo al del petróleo, aunque en la actualidad está retornando a la situación anterior. La dependencia de inputs externos y la inestabilidad de sus precios inciden negativamente sobre la planificación de la actividad productiva y sobre la cuenta de resultados de las explotaciones de vacuno leche y, dado que los márgenes de la actividad son estrechos, puede cuestionar su viabilidad económica en algunas situaciones. Los resultados que se presentan en esta comunicación se obtienen en el marco de un proyecto de investigación que tiene por objeto, entre otros, el conocer la incidencia que tiene sobre la producción de las praderas atlánticas la sustitución



de aportes fertilizantes de nitrógeno de síntesis química por el purín generado en las explotaciones de vacuno de leche. Con los resultados obtenidos se tendrá el conocimiento suficiente para ajustar las recomendaciones de uso del purín como fertilizante, incidiendo sobre el resultado económico y sobre el respeto ambiental y pasando a ser considerado como un recurso estratégico en vez de un residuo de la actividad ganadera.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Las características de clima, suelo y vegetación de la ubicación del ensayo de campo se describen en una comunicación presentada en la XLVI Reunión Científica de la SEEP (Mangado *et al.*, 2007). El planteamiento del trabajo comprende cuatro tratamientos con purín de vacuno de leche como eje principal en calles de 12 m de anchura y, transversalmente, tres tratamientos con nitrógeno mineral con tres repeticiones y cuatro metros de anchura cada tratamiento, siendo la parcela individual de 48 m<sup>2</sup>. Los tratamientos se presentan en la Tabla 1, la matriz de variantes experimentales en la Tabla 2 y el esquema de manejo en la Figura 1. El ensayo se desarrolló en los años 2005, 2006 y 2007. La aportación de purín fue con cisterna de distribución en abanico sin enterrado posterior. En la Tabla 3 se recoge la composición y la dosificación del purín de vacuno de leche utilizado en la experiencia y en la Tabla 4 las aportaciones de nitrógeno en cada época y año de ensayo. Los controles de producción se hicieron por corte con motosegadora de 1,4 m de anchura, sobre los seis m. centrales del eje mayor de cada subparcela. La producción se pesó en verde y una muestra de cada subparcela se envió a laboratorio para la determinación de materia seca, cenizas, proteína bruta, fibra bruta y fibra ácido detergente. La eficiencia del N aplicado (kg MS/kg N aportado) se calcula como el cociente de la diferencia de producción de cada variante con respecto al testigo (PONO) entre el N total aportado en cada caso. La extracción de N de las producciones vegetales obtenidas se calcula por su contenido en proteína bruta reducido al contenido en nitrógeno (kg MS\*PB/100\*6,25). Se actúa de la misma forma que en el caso anterior y se refiere únicamente al N exportado por la biomasa retirada por siega. La analítica de suelos y forrajes se llevó a cabo en el Laboratorio Agrario NASERSA y la de purines en Agrolab Analítica de Navarra. Para el tratamiento de datos se utilizó el paquete estadístico SPSS 8.0.

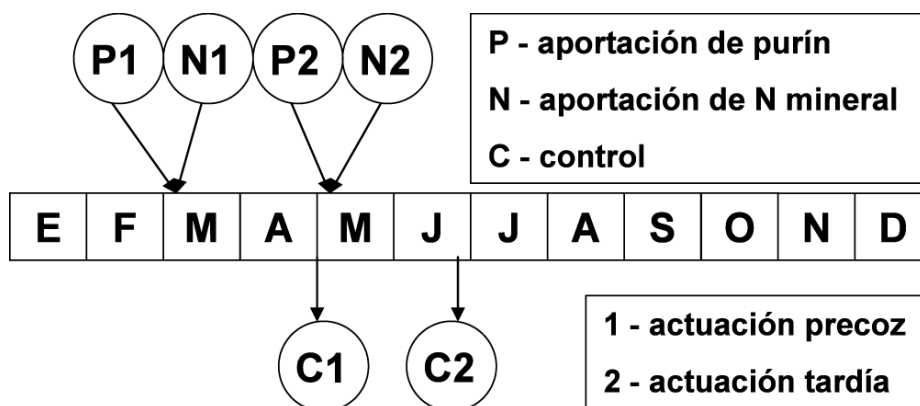


Figura 1. Manejo del prado.

**Tabla 1. Variantes de ensayo.**

Purín de vacuno de leche	Nitrógeno mineral (NAC 27%)
P0 testigo	N0 testigo
P1 aportación precoz	N1 aportación precoz
P2 aportación tardía	N2 aportación tardía
P1+P2 ambas	

**Tabla 2. Matriz de variantes de ensayo.**

	P0	P1	P2	P1+P2
N0	X	X	X	X
N1	X	X	X	X
N2	X	X	X	X

**Tabla 3. Composición del purín de vacuno leche (kg/m<sup>3</sup> Materia fresca).**

	2005		2006		2007		media ± error st.
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	
Densidad	1012	1018	1020	1017	1037	1018	<b>1020 ± 3,51</b>
pH	6,7	6,7	6,65	6,54	6,63	6,24	<b>6,6 ± 0,07</b>
C.E. (dS/m)	13,89	16,58	13,21	13,18	16,63	8,85	<b>13,7 ± 1,17</b>
M. seca	24,18	62,15	65,43	52,99	99,5	93,5	<b>66,3 ± 11,27</b>
M. orgánica	18,96	45,08	44,4	40,81	71,6	81,9	<b>50,5 ± 9,29</b>
N total	2,18	2,29	2,68	2,68	3,12	2,47	<b>2,57 ± 0,14</b>
N orgánico	0,99	1,08	1,38	1,65	1,41	1,19	<b>1,28 ± 0,10</b>
N-NH <sub>4</sub>	1,19	1,21	1,3	1,03	1,71	1,29	<b>1,29 ± 0,09</b>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,51	1,78	0,79	0,72	1,12	0,98	<b>0,98 ± 0,18</b>
K <sub>2</sub> O	0,65	2,24	2,02	1,66	2,42	2,43	<b>1,9 ± 0,28</b>
m <sup>3</sup> /ha	34	34	43,2	43,2	43,2	53,9	<b>41,9 ± 3,02</b>

**Tabla 4. Aportaciones anuales de nitrógeno (kg N/ha).**

	2005		2006		2007	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2
N mineral (NAC 27 %)	60	60	40,5	40,5	60	60
N orgánico	33,7	36,7	59,6	71,3	61	64
Purín N amoniacal	40,5	41,1	56,2	44,5	74	69
N total	74,2	77,8	115,8	115,8	135	133

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Respuesta productiva al nitrógeno total aportado por el purín

En los cálculos se otorga una eficiencia del 100% al N de origen mineral (NAC 27%). En las variantes de aportes de un sólo origen (NO<sub>Pi</sub>, NiPO) la respuesta al N se hace sobre la diferencia de producción entre la variante considerada y el testigo; en las variantes en las que se dan aportaciones de ambos orígenes se aplica al N mineral

la eficiencia obtenida en la aportación exclusiva de este y se calcula la eficiencia del N total aportado por el purín sobre el resto de la producción habiendo restado la del testigo y la imputada al N mineral.

En la Tabla 5 se resumen las eficiencias productivas obtenidas en cada corte y situación para cada año de ensayo. Destaca la alta dispersión de los resultados probablemente debidos a las diferencias climáticas interanuales. Contemplando solo los valores medios se observa que en las aportaciones precoces se da una respuesta productiva al N total contenido en el purín similar a la del N mineral y que esta respuesta se mantiene aún en el caso en el que acompañe una aportación de N mineral a la aportación de purín dándose entonces un efecto acumulativo de ambas aportaciones. En el caso de aportaciones tardías, tras el primer corte, la respuesta al N total del purín aportado en solitario supera ligeramente el 20% de la obtenida con aportaciones de N mineral en exclusiva. En el caso de asociar ambas aportaciones la respuesta es todavía menor aunque sin considerar la nula respuesta del año 2005, se obtiene una respuesta similar a la de la aportación exclusiva de purín. Calculando las medias interanuales por corte de los porcentajes que suponen las respuestas productivas del N total del purín respecto a las del N mineral se obtiene que la equivalencia fertilizante sobre prado atlántico del nitrógeno total contenido en el purín de vacuno leche es el 82% de la del N mineral en las aportaciones precoces y desciende al 35% en aportaciones tardías.

**Tabla 5. Producción (kg MS obtenidos/kg N aportado).**

	Corte precoz			Corte tardío		
	N1P0	N0P1	N1P1	N2P0	N0P2	N2P2
<b>2005</b>	11,03	8,7	5,4	39,7	4,4	0
<b>2006</b>	3,23	15,2	20,1	23,9	5,1	4,0
<b>2007</b>	12,6	8,4	3,8	8,0	5,8	7,1
<b>promedio</b>	<b>8,95</b>	<b>10,8</b>	<b>9,8</b>	<b>23,9</b>	<b>5,1</b>	<b>3,7</b>

### Extracciones de nitrógeno

Procediendo de igual forma que en el apartado anterior en la Tabla 6 se presentan los resultados obtenidos. Estos son similares a los anteriores en cuanto a la similitud de la eficiencia del N del purín y del N mineral en aportación precoz y el descenso de casi un 80% de la eficiencia del N del purín frente al mineral en aportación tardía. Calculando las medias interanuales y por corte de los porcentajes que suponen las respuestas en extracciones del N total del purín respecto a las del N mineral obtenemos que la equivalencia entre ambos es el 68% en las aportaciones precoces y desciende al 21% en aportaciones tardías. Las pérdidas de nitrógeno del purín aportado sobre el prado se deben a: lixiviación, volatilización de  $\text{NH}_3$  y desnitrificación. Vetter y Steffens, citados por Labrador (1996) evalúan estas pérdidas en 25, 5 y 26% respectivamente en aportaciones copiosas en climas atlánticos fríos. Sutton, citado por el mismo autor, cifra las pérdidas de N por volatilización entre el 10 y 25% del N total aportado en el caso de aplicaciones de purín sin enterrar. Las pérdidas por volatilización pueden representar entre el 3 y el 85% del N amoniacal aportado, aunque pueden evitarse casi totalmente con el laboreo inmediatamente posterior a la aplicación de purín y reducirse entre el 35 y 70% con una labor superficial (cultivador) (Morvan *et al.*, 1997).

La temperatura y la velocidad del viento tienen un efecto directo sobre la tasa de volatilización del amoníaco, mientras que la precipitación tiene efecto inverso (Batlló, 1993). La desnitrificación es un proceso enzimático anaerobio de reducción de formas nítricas hacia  $N_2O$  y  $N_2$  que se difunden en forma gaseosa. Su intensidad en los suelos depende del grado de anaerobiosis, del contenido en materia orgánica y de la temperatura, asociada a la precipitación (Cellier *et al.*, 1997). Por otra parte Virgel *et al.* (1995) concluyen que los suelos de pastos de textura fina presentan las mayores tasas de desnitrificación potencial. La temperatura media de la primera decena de marzo (1ª aportación) en los tres años de ensayo fue de -0,2, 6,0, 8,6°C y en la primera quincena de mayo (2ª aportación) 13,1, 13,1, 11,7°C respectivamente y las precipitaciones excesivas en el primer período y suficientes en el segundo. En la aportación precoz de purín no se dan las condiciones que favorezcan ni la volatilización (baja temperatura, alta pluviometría) ni la desnitrificación, ocurriendo al contrario en la aportación tardía. La disminución de eficiencia del nitrógeno total entre 1ª y 2ª aportación de purín es de 47 puntos porcentuales, igual para ambos métodos de estimación.

**Tabla 6. Extracción (kg N extraídos/kg N aportado).**

	Corte precoz			Corte tardío		
	N1P0	N0P1	N1P1	N2P0	N0P2	N2P2
<b>2005</b>	0,36	0,19	0,16	0,79	0,15	0
<b>2006</b>	0,05	0,34	0,51	0,47	0,12	0,08
<b>2007</b>	0,29	0,15	0,02	0,17	0,03	0,11
<b>promedio</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,48</b>	<b>0,1</b>	<b>0,06</b>

### Efecto residual de las aportaciones de purín

Se pretende conocer si existen efectos residuales de las aportaciones de purín sobre las producciones del prado en cortes posteriores al inmediatamente siguiente a la aportación. Se utilizan los mismos criterios que los de estimación de eficiencia (producción y extracciones de N) estudiando el efecto de P1 sobre C2 en el mismo año y de P2 sobre C1 del año siguiente al de la aportación.

#### *Aportaciones precoces (P1) sobre cortes tardíos (C2)*

Se estudia la producción y las extracciones de N de la pradera en el corte tardío (C2) en dos situaciones:

- Grupo de variantes [(P1+P2)N0+(P1+P2)N1] vs (P2N0+P2N1) y (P1N0+P1N1) vs (P0N0+P0N1) en los casos de no acompañamiento de aportaciones de N mineral.
- (P1+P2)N2 vs P2N2 y P1N2 vs P0N2, con aportaciones de N mineral.

No se encuentran diferencias significativas entre los resultados obtenidos midiendo la posible incidencia sobre la producción vegetal ni sobre las extracciones de nitrógeno, tanto acompañada con aportación de N mineral como si no es así (Tablas 7 y 8). Solamente en el caso de la extracción de N en el segundo año de ensayo en la comparación P1 vs P0 en segundo corte sin acompañar de aportación de N mineral encontramos diferencias significativas, siendo mayores en el caso de la aportación precoz de purín (P1).

**Tabla 7. Efecto de P1 s/ C2 sin aportación de N mineral (N0, N1).**

kg MS/ha	P1+P2	P2	p-valor	P1	P0	p-valor
1º año	2687	2961	0,377	2325	2619	0,153
2º año	1820	2014	0,656	1928	1425	0,054
3º año	3048	3214	0,756	2753	2439	0,265
kg N extraídos/ha	P1+P2	P2	p-valor	P1	P0	p-valor
1º año	41,7	45,9	0,277	36,1	34,5	0,413
2º año	44,2	36,2	0,240	31,2	22,6	<b>0,008</b>
3º año	85,6	74,9	0,143	68,6	70,5	0,734

t-Student

**Tabla 8. Efecto de P1 s/ C2 con aportación de N mineral (N2).**

kg MS/ha	P1+P2	P2	p-valor	P1	P0	p-valor
1º año	4067	4034	0,952	4249	5002	0,303
2º año	2269	2863	0,411	2646	2395	0,328
3º año	3145	3858	0,235	3499	2920	0,095
kg N extraídos/ha	P1+P2	P2	p-valor	P1	P0	p-valor
1º año	76,5	60,5	0,051	16,8	8,6	0,237
2º año	56,7	50,7	0,289	48,8	41,5	0,328
3º año	99,7	94,9	0,522	74,2	80,5	0,359

t-Student

*Aportaciones tardías (P2) sobre cortes precoces del año siguiente (C1)*

Se estudia la producción y las extracciones de N de la pradera en el corte precoz (C1) diferenciando las situaciones en las que hubo o no una aportación tardía de purín en el año anterior. Por ello solo se consideran los datos del segundo y tercer año de ensayo. Los grupos de variantes que se comparan son:

- Grupo de variantes [(P1+P2)N0+(P1+P2)N2] vs (P1N0+P1N2) y (P2N0+P2N2) vs (P0N0+P0N2) en los casos de no acompañamiento de aportaciones de N mineral.
- (P1+P2)N1 vs P1N1 y P2N1 vs P0N1, con aportaciones de N mineral.

No se encuentran diferencias significativas entre los resultados obtenidos ni midiendo la posible incidencia sobre la producción vegetal ni sobre las extracciones de nitrógeno, tanto acompañada con aportación de nitrógeno mineral como si no es así (Tablas 9 y 10).

**Tabla 9. Efecto de P2 s/ C1 sin aportación de N mineral (N0, N2).**

kg MS/ha	P1+P2	P1	p-valor	P2	P0	p-valor
2º año	3397	4037	0,285	2729	2598	0,821
3º año	4362	4484	0,440	3557	3218	0,242
kg N extraídos/ha	P1+P2	P1	p-valor	P2	P0	p-valor
2º año	76,3	90	0,409	58,2	58,1	0,996
3º año	107,9	103,3	0,375	78,4	79,7	0,872

t-Student

**Tabla 10. Efecto de P2 s/ C1 con aportación de N mineral (N1).**

kg MS/ha	P1+P2	P1	p-valor	P2	P0	p-valor
<b>2º año</b>	4515	5056	0,568	3726	2729	0,309
<b>3º año</b>	4725	4489	0,595	4100	3977	0,778
kg N extraídos/ha	P1+P2	P1	p-valor	P2	P0	p-valor
<b>2º año</b>	103,3	119,1	0,559	84,9	60,3	0,353
<b>3º año</b>	118,3	100,2	0,053	91,8	97,2	0,558

t-Student

## CONCLUSIONES

La eficiencia fertilizante del nitrógeno total aportado por el purín de vacuno de leche sobre prados en ambiente atlántico, medido como producción (kg MS/ha), alcanza el 82% de la del nitrógeno mineral en aportaciones de finales de invierno y el 35% en aportaciones de mediados de primavera. Desciende al 68 y 21% respectivamente si la medimos por las extracciones de N de la producción del prado. En la misma situación, no se encuentran efectos residuales de las aportaciones de purín de vacuno de leche ni de las aportaciones precoces sobre los cortes tardíos de cada año ni de las aportaciones tardías de un año sobre las producciones precoces del año siguiente.

## AGRADECIMIENTOS

A INIA y Gobierno de Navarra por la cofinanciación del Proyecto “Mejora de la utilización de purines y estiércoles en la cuenca del Ebro”, RTA04-114 subproyecto 3.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATLLÓ, M., 1993. La problemática atmosférica de los residuos ganaderos. En *Residuos ganaderos*, 59-73. Ed. Fundación “La Caixa”. Barcelona (España).
- CELLIER, P.; GERMON, J.M.; HENAULT, C.; GENERMONT, S., 1997. Les émissions d’ammoniac et d’oxydes d’azote par les sols cultivés: mécanismes de production et quantification des flux. En: *Maîtrise de l’azote dans les agrosystèmes*, 25-37. INRA Editions. Versailles (France).
- LABRADOR, J., 1996. *La materia orgánica en los agrosistemas*. Ed. Mundi-Prensa, 174 pp. Madrid (España).
- MANGADO, J.M.; BARBERÍA, A.; GRANADA, A., 2007. Valoración agronómica de los purines de vacuno leche en el área atlántica. Resultados preliminares. *Actas de la XLVI Reunión Científica de la SEEP*, 207-213. Ed. Neiker. Vitoria-Gazteiz (España).
- MORVAN, T.; LE HOUÉROU, B.; MARTÍNEZ, J.; HACALA, S., 1997. La valorisation des effluents d’élevage. En: *Maîtrise de l’azote dans les agrosystèmes*, 233-254. INRA Editions. Versailles (France).
- VIRGEL, S.; ESTAVILLO J.M.; RODRIGUEZ M., 1995. Estudio de la desnitrificación potencial en diferentes suelos del País Vasco. *Actas de la XXXV Reunión Científica de la SEEP*, 259-262. Ed. Universidad de La Laguna. Tenerife (España).

## SUMMARY

### **EFFICIENCY AND RESIDUAL EFFECT OF NITROGEN FROM DAIRY SLURRY ON ATLANTIC PASTURES**

The use of organic waste from livestock breeding as fertilizer is an opportunity to evolve towards environmentally and economically sustainable farms. In this communication a comparison of efficiency and residual effect of nitrogen from dairy slurry and nitrogen of chemical origin on Atlantic pastures is presented. At end winter (early) applications, the efficiency is 82% that of mineral nitrogen, measured in biomass production and 68% measured as nitrogen extractions. At mid spring applications of nitrogen from both origins, the efficiencies are added, regardless the period of application. No residual effects are found of both early slurry applications on late harvests and late applications on early harvests the following year

**Key words:** slurry, dairy cows, Atlantic pastures, nitrogen, efficiency.

# APROVECHAMIENTO DEL PURÍN DE VACUNO LECHERO EN FORRAJERAS DE INVIERNO: EFECTOS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA Y LA EFICIENCIA DE UTILIZACIÓN DEL NITRÓGENO Y FÓSFORO

L. MARTÍNEZ-SULLER<sup>1</sup>, G. SALCEDO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dpto. de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente. E.T.S. de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos, Santander. <sup>2</sup>Dpto. Tecnología Agraria del I.E.S. "La Granja". 39792, Heras (Cantabria). martinezsl@uncan.es

## RESUMEN

En el presente trabajo se valora agrónomicamente la reutilización de los purines de vacuno lechero en producción de forrajes de invierno. El diseño experimental de campo fue de parcelas divididas: 2 tipos de purín según el sistema de alimentación (intensivo y semiintensivo) y 4 dosis (0, 20, 40 y 60 t ha<sup>-1</sup>) sobre dos especies leguminosas forrajeras (habines, *Vicia faba* L. cv "Lucy"; guisantes, *Pisum sativum* L. cv "Gracia"). Los resultados mostraron una mayor producción de materia seca y nitrógeno (kg ha<sup>-1</sup>) en los habines fertilizados con 60 t ha<sup>-1</sup> del purín intensivo (P<0,001), con rendimientos medios de 5182 kgMS ha<sup>-1</sup> y 190 kgN ha<sup>-1</sup>. Por el contrario, la producción de fósforo fue superior en los guisantes a la dosis de 40 t ha<sup>-1</sup> de purín intensivo, con 14,8 kg ha<sup>-1</sup>. La eficiencia de utilización del N entre forrajeras difiere según la dosis (P<0,001) y tipo de purín (P<0,05), mientras no se verificaron diferencias entre dosis para la eficiencia del P. Se concluye que la dosis de purín más viable en nuestras condiciones es la aplicación de 40 t ha<sup>-1</sup> para los guisantes y 60 t para los habines, sin diferencias significativas según el tipo de purín para la producción de materia seca.

**Palabras clave:** deyecciones vacuno, utilización agronómica, leguminosas.

## INTRODUCCIÓN

Los purines ganaderos constituyen una fuente de elementos nutritivos para las plantas (NPK, aunque también Ca, Mg, S, Cr, Zn, Mn o Fe) económicamente relevante y que tradicionalmente se han utilizado en agricultura (Irañeta *et al.*, 1999). Ha sido el vertiginoso paso hacia la intensificación del sector ganadero (incremento del número de cabezas estabuladas sin aumento de SAU, o lo que es lo mismo, mayor producción de purín con menor superficie cultivable), de forma generalizada en toda Europa, lo que ha ocasionado que este subproducto con cierto valor haya pasado a considerarse un residuo incomodo de tratar y/o eliminar.



La utilización de los purines como fertilizantes debe adecuarse a las características del suelo y de los cultivos practicados, con la finalidad de evitar la aplicación de excesos de nutrientes que puedan ocasionar problemas de contaminación sobre suelo, atmosfera y cursos de agua (Sangiorgi *et al.*, 1996). El aspecto ambiental ligado a la utilización de deyecciones de explotaciones zootécnicas ha ido tomando cada vez más importancia y ha sido afrontado en términos legislativos, limitando la cantidad máxima de purín aplicada (Provolo, 2005).

El objetivo del presente trabajo consiste en evaluar la viabilidad agronómica de la utilización de las deyecciones de las explotaciones intensivas y semiintensivas de vacuno lechero en Cantabria, a través del análisis de la eficiencia de producción de materia seca (MS) y de utilización de los nutrientes (N y P) en el cultivo de guisantes y habines para forraje.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Situación geográfica y fertilidad del suelo

El ensayo se realizó en una parcela experimental de una hectárea del I.E.S. “La Granja” de Heras (latitud N43°24', longitud W3°45', altitud 44 m) previamente sembrada de maíz para ensilado. El tipo climático de la zona de ensayo según la clasificación de Köppen (1948) es el Cfb, mientras que el suelo presenta una textura franco-arcillo-limosa, con un pH de 5,62 y unos contenidos de materia orgánica total (MOT) y oxidable del 2,04 y 1,57%, respectivamente. Además el suelo contiene una concentración media de TKN de 0,093%; 8 ppm de fósforo asimilable y una relación C/N de 9,82.

### Procedimiento experimental

El experimento se desarrollo entre octubre del 2006 y abril del 2008 en rotación con maíz para ensilado. El diseño experimental de campo fue de parcelas divididas, donde la *parcela mayor* fue el tipo de purín (intensivo y semiintensivo) y la *menor* la dosis (0, 20, 40 y 60 t ha<sup>-1</sup>) sobre dos leguminosas de invierno (habines y guisantes).

El tipo de purín quedo definido en función de la alimentación suministrada en las explotaciones lecheras: el purín *intensivo* tuvo como origen una explotación con carro mezclador (forraje y concentrado al 50%), mientras que el *semiintensivo* procedió de una explotación con alimentación disociada (65% con ensilados y 35% de concentrado). La distribución del purín se realizó con cisterna y plato de distribución de 16,5 m de anchura de trabajo, seguida de un pase de fresadora para minimizar la perdida de amoníaco por emisiones.

La siembra se realizó el 18 y 21 de octubre del 2006 y 2007, respectivamente, y la dosis de siembra fue de 200 kg ha<sup>-1</sup>, tanto para los guisantes (máquina sembradora a chorrillo), como para los habines (siembra a mano). La recolección se realizó el 17 y 23 de abril en el estado de grano pastoso y floración para los guisantes y habines, respectivamente. Todo el forraje fue ensilado en la modalidad de rotopacas.

En el laboratorio, aproximadamente 100 g de purín fueron introducidos durante 24 horas en estufa a 80 °C para calcular el contenido en materia seca. El pH fue deter-

minado sobre la muestra fresca con pHmetro Crison BasiC20. El nitrógeno total (TKN) se determinó mediante el método Kjeldhal y el amoniacal (TAN) mediante destilación directa con el Kjeltec™ 2300, ambos sobre muestra fresca. El N orgánico (N-org) se calculó por diferencia del TKN menos el TAN. Para la determinación del fósforo se utilizó el método colorimétrico del nitro-molibdo-vanadato con el analizador FIAstar 5000. Además, se calculó la relación C/N.

Para estimar la biomasa de cada cultivo se tomaron tres muestras al azar (0,5 x 0,5 m cada una), segando todo el material vegetal a una altura de 2,5 cm con segadora manual. Una alícuota de 400 g fue secada en estufa a 80°C durante 24 h para determinar el porcentaje de materia seca. Posteriormente, los forrajes secos fueron molidos con un molino de cuchillas provisto de una malla de 2 mm. Los análisis practicados consistieron en la determinación de cenizas en horno mufla a 550°C, de N Kjeldhal con el Kjeltec™ 2300 y P sobre las cenizas por el método colorimétrico del nitro-molibdo-vanadato con el analizador FIAstar 5000. Los coeficientes de utilización del N y P se estimaron como:

$$CUM_{\text{materia Seca}} \text{ (kg kg}^{-1}\text{)} = (\text{kgMS ha}^{-1}_{\text{purín}} - \text{kgMS ha}^{-1}_{\text{sin f purín}}) / \text{kgN ha}^{-1}_{\text{purín}}$$

$$CUN_{\text{itrógeno}} \text{ (kg kg}^{-1}\text{)} = (\text{kgN ha}^{-1}_{\text{purín}} - \text{kgN ha}^{-1}_{\text{sin purín}}) / \text{kgN ha}^{-1}_{\text{purín}}$$

$$CUF_{\text{ósforo}} \text{ (kg kg}^{-1}\text{)} = (\text{kgP ha}^{-1}_{\text{purín}} - \text{kgP ha}^{-1}_{\text{sin purín}}) / \text{kgP ha}^{-1}_{\text{purín}}$$

### Análisis estadístico

El diseño experimental de campo fue de parcelas divididas: la *mayor* corresponde al tipo de purín y la *menor* la dosis. Los resultados fueron analizados como un arreglo factorial 2 x 2 x 4: con 2 forrajes (guisantes y habines), 2 tipos de purín (intensivo y semiintensivo) y 4 dosis (0, 20, 40, y 60 t ha<sup>-1</sup>). Los efectos lineales o cuadráticos según la dosis de purín y forraje fueron realizados mediante el test de contrastes ortogonales, separándose las medias con el test de Duncan en el paquete estadístico SSPS 11.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización del purín

Los valores de pH se situaron en el rango 6,65 – 7,96, coincidentes con Villar *et al.* (1979). El contenido de materia seca (MS) esta tan fuertemente ligado al tipo de animal estabulado, como a la gestión de la explotación (dieta y forma de distribución, sistema de limpieza, tipo de fosa, etc.), al periodo del año y a la climatología (Martinez-Suller, 2007). La concentración de MS de los purines utilizados no difiere de valores obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en otros países de Europa (Provolo y Martínez-Suller, 2007; Scotford *et al.*, 1998). Estadísticamente, ninguno de los parámetros analizados, a excepción del N-org y la relación C/N, ha evidenciado diferencias significativas entre los cuatro purines utilizados (Tabla 1).

**Tabla 1. Composición química del purín.**

Año/Tipo purín	MS %	pH	TKN kg m <sup>-3</sup>	TAN kg m <sup>-3</sup>	TAN/ TKN %	N-org kg m <sup>-3</sup>	C/N	P kg m <sup>-3</sup>
2006 <sub>i</sub>	6,57	7,40	4,15	1,95	46,9	2,20	7,33	0,68
2006 <sub>s</sub>	7,75	7,96	6,50	4,70	72,3	1,80	4,86	0,88
2007 <sub>i</sub>	10,5	7,26	3,87	1,47	37,9	2,40	11,3	2,49
2007 <sub>s</sub>	6,68	6,65	1,90	0,18	9,47	1,72	16,4	1,18
media	7,88	7,32	4,13	2,07	41,3	2,02	9,97	1,31
d.s.	1,83	0,54	1,88	1,90	25,8	0,33	5,04	0,81
P	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	n.s.

I: purín intensivo; S: purín semiintensivo; d.s.: desviación estándar; \* P<0,05; n.s.: no significativo.

Respecto al contenido en elementos fertilizantes, la concentración media observada para la fracción nitrogenada fue de 4,13, 2,07 y 2,02 kg m<sup>-3</sup>, para el TKN, TAN y N-org, respectivamente. El porcentaje medio de TAN sobre el contenido de TKN (estado de madurez del purín) observado fue de 41,3%, aunque fueron observadas grandes variaciones entre los cuatro purines utilizados (rango: 9,47-72,3%). El contenido medio del P en los purines estudiados ha sido de 1,31 ± 0,81 kg m<sup>-3</sup>, valor similar al observado por otros autores en distintos ensayos con deyecciones de ganado vacuno lechero (Scotford *et al.*, 1998).

### Producción y eficiencias de los cultivos estudiados

La producción media de materia seca por hectárea de los cultivos estudiados fue 4694 y 3145 kg en los habines y guisantes, respectivamente, sin diferencias entre tipo de purín. En los guisantes, según la dosis y tipo de purín, la mayor producción se registró con el intensivo a dosis de 40 y 60 t ha<sup>-1</sup>, sin diferencias entre ambas (Tabla 2) y, 60 t ha<sup>-1</sup> en los habines, tanto en el intensivo como en el semiintensivo (P<0,05), sin diferencias para las dosis de 20 ó 40 t ha<sup>-1</sup>. La producción aquí obtenida para los guisantes resultó ligeramente mayor a 2540 kg de materia seca obtenida por Jermyn *et al.* (1996) en Nueva Zelanda tras recolección a 166 días, y ligeramente inferior a 3560 kg MS a los 198 días. En el presente experimento los días de cultivo de cada año fueron 143 y 188, respectivamente.

La concentración de N en ambos forrajes no se vio afectada por el aumento creciente de la dosis de purín. Sin embargo, el menor porcentaje en los guisantes se registró en la dosis cero (P<0,05) y la mayor (P<0,05) en los habines, también a la dosis cero (Tabla 2). En cualquier caso, las concentraciones medias de N y P en ambos forrajes e independientemente del tipo y dosis de purín aquí obtenidas fueron de 3,88 y 0,40% para los guisantes y 3,68 y 0,25% para los habines, respectivamente.

**Tabla 2. Producción y eficiencia de MS, N y P según el tipo de purín y la dosis.**

Forraje	Tipo purín	Dosis $t\ ha^{-1}$	MS $kg\ ha^{-1}$	N %	CUM $kg\ kg\ N^{-1}$	N $kg\ ha^{-1}$	CUN $kg\ kg^{-1}$	P $kg\ ha^{-1}$	P %	CUP $kg\ kg^{-1}$
G	I	20	3071ab	4,22b	2,44	128b	0,09	14,4	0,46a	0,014
	I	40	3388b	3,96ab	3,18	135b	0,13	14,8	0,43a	0,014
	I	60	3219b	3,99ab	1,47	131b	0,06	12,3	0,43a	0,0048
	L		**	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	**
	C		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	S	20	3181ab	4,14b	4,23	118ab	0,17	12,7	0,38a	0,015
	S	40	3194b	4,04ab	3,25	132b	0,14	12,1	0,38a	0,011
	S	60	3109ab	4,05ab	1,25	125b	0,06	11,7	0,37a	0,006
	L		n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	C		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
H	T	0	2851a	2,78a	-	79a	-	10,9	0,385a	-
	Et		39	0,16	0,45	5,13	1,90	0,80	0,02	2,0
	I	20	4792ab	3,53b	4,24c	177b	0,16c	9,1ab	0,24c	0,008c
	I	40	4961ab	3,75c	3,58c	180b	0,13d	12,1b	0,20c	0,009c
	I	60	5182b	3,80c	3,32c	190b	0,12c	11,6b	0,28b	0,006c
	L		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***	n.s.
	C		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	S	20	4227a	3,54b	-4,30a	161b	-0,16a	7,50a	0,20d	-0,008a
	S	40	4336a	3,73c	-0,77b	163b	-0,03b	7,56a	0,26b	-0,001b
	S	60	4669ab	3,38d	2,37c	176b	0,09c	8,4ab	0,24c	0,004bc
L		n.s.	n.s.	***	n.s.	*	n.s.	***	n.s.	
C		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	***	n.s.	
T	0	4410ab	4,07a	-	83a	-	9,9ab	0,33b	-	
Et		83	0,088	0,36	3,10	0,07	0,4	0,01	0,1	
Cultivo forrajero (F)			***	***	***	***	***	***	***	**
Tipo purín (P)			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	***
Dosis (D)			n.s.	n.s.	***	*	***	n.s.	***	n.s.
F * P			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
F * D			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
P * D			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
F * P * D			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

G: guisantes; H: habines; I: purín intensivo; S: purín semiintensivo; T: testigo; CUM: eficiencia de producción de la materia seca; CUN: eficiencia de utilización del nitrógeno; CUF: eficiencia de utilización del fósforo; et: error típico de la diferencia de medias; a, b, c, d dentro de cada columna y forraje difieren  $P < 0,05$ ; \*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$ ; n.s.: no significativo; L: efecto lineal; C: efecto cuadrático.

La eficiencia del purín expresada como la producción de materia seca por kg de N aplicado no difieren entre dosis y tipo de purín, con valores medios de 2,68 kg en los guisantes y 0,82 kg los habines. En estos últimos, se observaron incrementos lineales al aumento gradual de purín ( $P < 0,001$ ), sin aumentos significativos en los guisantes. Los kg de N cosechados en el forraje por kg de N aplicado en el purín fue mayor en los guisantes ( $P < 0,001$ ), con eficiencias medias de 0,10 y 0,03  $kg\ kg^{-1}$  para los guisantes

y habines, respectivamente. En los guisantes, la mayor eficiencia numérica se registró con purín semiintensivo a la dosis de 20 t ha<sup>-1</sup>, mientras que en los habines fue con el purín intensivo a la misma dosis de 20 t ha<sup>-1</sup>.

La mayor producción de kg N ha<sup>-1</sup> en los guisantes se registró en el purín semiintensivo a la dosis de 40 y 60 t ha<sup>-1</sup>, sin diferencias entre dosis para el intensivo (Tabla 2). Por el contrario, en los habines los kg N ha<sup>-1</sup> no difirieron en función del tipo de purín y dosis, lo que hace pensar en un mayor poder de fijación de N atmosférico. Por lo que al fósforo se refiere, se observaron numéricamente mayores producciones (kg P ha<sup>-1</sup>) con el empleo de purín intensivo.

La Figura 1 muestra la relación entre la concentración de nitrógeno y de fósforo (kg N-P en el forraje por ha) contenida en los cultivos utilizados por hectárea con la producción de materia seca (kg ha<sup>-1</sup>).

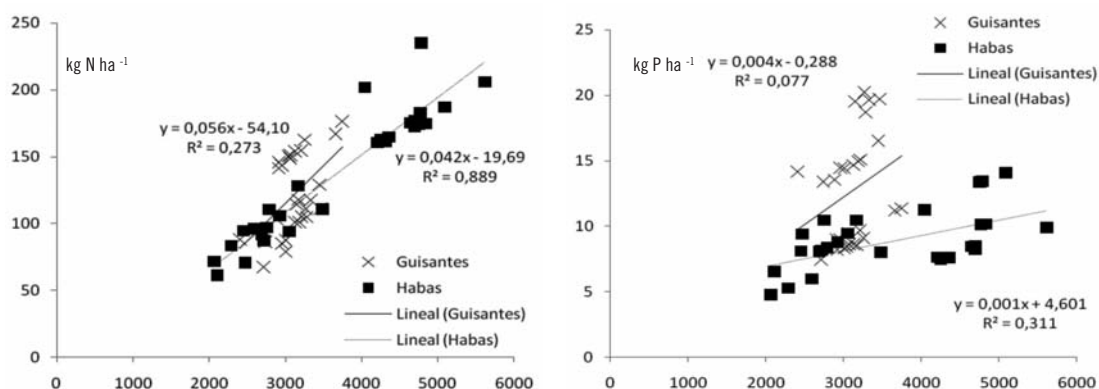


Figura 1. Relación entre kg ha<sup>-1</sup> de N (izquierda) y P (derecha) y kg MS ha<sup>-1</sup>, según forraje.

### Valoración económica de la composición del purín

El purín utilizado se ha valorado económicamente en función de su contenido en nitrógeno total (TKN). Para ello se ha tenido en cuenta el precio de mercado del nitrógeno mineral (nitrato amónico del 27%), que en julio de 2008 era de 336,60 €/t o, lo que es lo mismo, el kg N puro se situaba en 1,25 €. Por otro lado, se ha tomado el valor medio de TKN de los purines utilizados en el experimento (4,13 kgN por cada m<sup>3</sup> de purín) como un valor extrapolable al purín tipo producido en las explotaciones de ganado vacuno lechero de la cornisa cantábrica. Suponiendo una eficiencia media del N contenido en el purín del 30% (el resto se pierde por emisiones atmosféricas, acumulación, transformación, etc.), contamos con 1,24 kgN a disposición de los cultivos contenidos en cada m<sup>3</sup> de purín. De esta manera, se estima que el precio del purín utilizado como fertilizante es de 1,55 €/m<sup>3</sup>.

### CONCLUSIONES

Este trabajo no manifestó mejoras relevantes en la producción de materia seca, aunque sí de forma numérica. Las eficiencias de utilización del N (kgMS/kg N aplicado; kgN/kgN y kgP/kgP) disminuyeron al aumento gradual de purín. No obstante,

entre tipo de purín y dosis, las respuestas mejores para las eficiencias corresponden al intensivo y 40 t ha<sup>-1</sup> en ambos forrajes, y de 20 t ha<sup>-1</sup> para la concentración en la materia seca de N y P, sin respuestas en los habines.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Consejería de Medioambiente del Gobierno de Cantabria (proyecto 05-640.02-2174) y por el proyecto CONSOLIDER.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- IRAÑETA I.; PÉREZ DE CIRIZA J.J.; SANTOS A.; AMÉZQUETA J.; CARRO P.; IÑIGO J.A.; ABALGAR A., 1999. Purines de porcino: (I) Valor agronómico. *Navarra Agraria*. Julio-Agosto-Septiembre, 14-25. Navarra (España).
- JERMYN, W.A.; ARMSTRONG, S.; RUSSELL, A., 1996. Cultivar release 'Mega' field pea (*Pisum sativum* L.). *New Zealand Journal of Agricultural Research*, **39**, 117-11.
- MARTÍNEZ-SULLER, L., 2007. *Sviluppo di un'apparecchiatura di campo per la stima del contenuto in nutrienti degli effluenti d'allevamento*. Tesis de doctorado. Istituto d'Ingegneria Agraria, Facultad de Agraria de Milán (Italia).
- PROVOLO, G.; MARTÍNEZ-SULLER, L., 2007. In situ determination of slurry nutrient content by electrical conductivity. *Bioresource Technology*, **98**, 3235-3242.
- PROVOLO, G., 2005. Manure management practices in Lombardy (Italy). *Bioresource Technology*, **96**, 145-152.
- SANGIORGI F.; PROVOLO G.; CARTON O.T.; COMBY T.R.; LORENZ F.; HUIJSMANS J.F.M.; EFTICHIDIS G.; MCGECHAN M.B.; MAGETTE W.L., 1996. Optimal use of animal slurries for input reduction and protection of the environment in sustainable agricultural systems (SWAMP). *Proceedings of the International Scientific Conference "Faculty of Agronomy and Agricultural Development of Slovakia"*, 101-105. Nitra, Slovakia.
- SCOTFORD, I.M.; CUMBY, T.R.; WHITE, R.P.; CARTON, O.T.; LORENZ, F.; HATTERMAN, U.; PROVOLO, G., 1998. Estimation of the nutrient value of agricultural slurries by measurement of physical and chemical properties. *Journal of Agricultural Engineering Research*, **71**, 291-305.
- VILLAR, M.C.; DÍAZ-FIERROS, F.; CABANEIRO, A.; LEIROS, M.C.; GIL SOSTRES, F.; CARBALLAS, M.; CARBALLAS, T., 1979. Caracterización de la fracción orgánica del purín de vacuno. En: *Aprovechamiento de materiales orgánicos residuales como fertilizantes en la agricultura gallega*. Proyecto nº 3365-79 (España).
- KÖPPEN, W., 1948. *Climatología*. Fondo de Cultura Económica. México.

## SUMMARY

### DAIRY COW MANURE IMPROVEMENT ON WINTER FORAGES: EFFECTS ON DRY MATTER YIELD AND N AND P UTILIZATION EFFICIENCY

The aim of this research is to study effects of dairy cow manure, use as fertilizer, on winter forages yield. Two leguminous forage, *Vicia faba* L. (cv "Lucy"; H) and *Pisum sativum* L. (cv "Gracia"; G), were cultivated after a fertilization with two kind of dairy cow manure (intensive manure and semiintensive manure) at four different dose (0, 20, 40 y 60 t ha<sup>-1</sup>) on a factorial experiment design. Results showed a high dry matter (DM) and N production (kg ha<sup>-1</sup>) for *Vicia*

*faba* when 60 t ha<sup>-1</sup> of intensive manure was used (P<0,001): 5182 kgMS ha<sup>-1</sup> y 190 kgN ha<sup>-1</sup>. On the other hand, P production was higher for *Pisum sativum* when 40 t ha<sup>-1</sup> of intensive manure was used (14,8 kg ha<sup>-1</sup>). N utilization efficiency was significantly different regarding dose (P<0,001) and manure (P<0,05), while no differences were observed for P utilization efficiency. As conclusion, better dose for manure studied in Cantabria conditions was 40 t ha<sup>-1</sup> for *Pisum sativum* and 60 t ha<sup>-1</sup> for *Vicia faba*, without significant differences for DM yield regarding manure.

**Key words:** dairy cow manure, fertilizer, leguminous.

## PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE MAÍZ FORRAJERO ABONADO CON ESTIÉRCOL DESHIDRATADO DE POLLO

M.J. BANDE<sup>1,2</sup>, M.E. LÓPEZ-MOSQUERA<sup>1</sup>, M.J. SAINZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Producción Vegetal. Universidad de Santiago de Compostela. Campus Universitario s/n. E-27002 Lugo. <sup>2</sup>Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. Instituto Gallego de Calidad Alimentaria. Apartado 10. E-15080. A Coruña. mariabande@ciam.es

### RESUMEN

Se estudió el potencial fertilizante del abono deshidratado y granulado de pollo BIOF-1 en la producción y calidad del maíz (*Zea mays* L.) cortado para ensilado, en comparación con el abonado convencional (mineral y/o purín), en tres explotaciones ganaderas del noroeste de España. Los rendimientos, la calidad nutritiva y la digestibilidad del forraje de planta entera obtenidos con el abono BIOF-1 fueron similares a los de las parcelas de fertilización convencional, indicando una buena disponibilidad a corto plazo de los nutrientes de este abono orgánico, lo que demuestra su viabilidad e interés como fertilizante frente a los fertilizantes minerales y orgánicos utilizados habitualmente en el cultivo de maíz forrajero en Galicia.

**Palabras clave:** *Zea mays*, abonado orgánico, rendimiento del cultivo, proteína bruta, digestibilidad.

### INTRODUCCIÓN

El estiércol de pollos de engorde, conocido comúnmente como gallinaza (Beloso, 1991), es el producto de la fermentación de los excrementos de pollo con una cama, que suele ser un material ligno-celulósico. Aunque en las naves de pollos en producción suele usarse como cama principalmente serrín o paja (Meijide, 1996), diversas explotaciones gallegas llevan varios años empleando cascarilla de arroz, debido a que la mejora en las condiciones de manejo, compactación y formación de pacas de este subproducto de la industria arrocera facilitó y redujo los costes de transporte desde las zonas productoras de arroz de Levante hasta Galicia.

El estiércol de pollo fresco es difícil de manipular y almacenar, pudiendo causar problemas ambientales debido a la fácil lixiviación y volatilización de N, provocando malos olores. La deshidratación y granulado de este estiércol es una alternativa en su utilización que puede minimizar la pérdida de nutrientes y los riesgos ambientales de su almacenamiento en fresco, al tiempo que un aprovechamiento de sus cualidades, sin que esto suponga un aumento de elementos potencialmente tóxicos y/o microorganismos patógenos en los suelos donde se aplique.



El objetivo de este trabajo fue estudiar el potencial fertilizante del abono deshidratado y granulado de pollo BIOF-1, producido por una empresa gallega, en la producción y calidad del maíz forrajero en comparación con el abonado habitualmente empleado en tres explotaciones ganaderas del noroeste de España.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevaron a cabo ensayos en fincas de dos explotaciones gallegas, denominadas Icos y Frades, y una asturiana, Irmandiños, de vacuno de leche, ubicadas en Carballido (Chantada, Lugo), lugar de A Figueira (Frades, A Coruña) y El Tarel (Castropol, Asturias), respectivamente.

La superficie de la finca de Icos fue de 3,2 ha, la de Frades de 4,5 ha, y la de Irmandiños de 1,0 ha. En la primavera de 2002, dentro de cada finca, tras el corte del cultivo anterior, raigrás italiano (*Lolium multiflorum* Lam.) en todos los casos, se delimitó una parcela de 600 m<sup>2</sup>, sin pendiente ni sombra, tomándose una muestra representativa de suelo para conocer las características físico-químicas y químicas, que se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1. Características principales de los suelos de ensayo.**

Parámetros	pH	pH	C.E.	C	M.O.	N	C/N	P Olsen	K	Ca	Mg	Na	Al	Sat. Al
	H <sub>2</sub> O	KCl												
ICOS	6,01	4,48	0,047	1,60	2,76	0,26	6,15	3,87	0,24	1,50	0,56	0,32	1,10	29,49
FRADES	5,63	4,79	0,137	4,10	7,08	0,30	13,67	54,95	0,46	4,86	1,18	0,36	0,65	8,70
IRMANDIÑOS	5,49	4,91	0,081	2,06	3,55	0,25	8,24	30,46	0,61	4,69	0,74	0,43	0,73	10,19

El suelo de Icos era franco-arenoso, el de Frades franco y el de Irmandiños franco-arcillo-arenoso. Los tres suelos eran moderadamente ácidos y con porcentajes de saturación de aluminio bajos, sobre todo en Frades e Irmandiños. Los de Frades e Irmandiños tenían un alto nivel de P disponible, mientras que el suelo de Icos era muy pobre en este nutriente. La capacidad de intercambio catiónico de los tres suelos era baja.

Se hizo un diseño en parcela dividida, donde la parcela principal fue la finca y las parcelas secundarias los tratamientos. Para ello, cada finca se dividió en 8 parcelas secundarias, cada una con unas dimensiones de 9 filas de maíz de 10 m de largo, para comparar dos tratamientos de fertilización (denominados convencional y BIOF-1), que se aplicaron al azar (4 parcelas por tratamiento) antes de la siembra. El abono BIOF-1 es producido y comercializado por la empresa Aviporto S.L. (Portomarín, Lugo), y presenta unas características nutritivas más estables que el estiércol fresco de pollo (López-Mosquera *et al.*, 2008). En el tratamiento convencional se realizó la misma fertilización que el propietario hacía en sus fincas de maíz forrajero, que era la recomendada por la cooperativa de la zona. En la Tabla 2, se detallan los abonados realizados en cada tratamiento en cada finca.

**Tabla 2. Resumen de los abonados realizados en las tres fincas.**

Tratamientos	ICOS	FRADES	IRMANDIÑOS
Convencional	600 kg ha <sup>-1</sup> 15-15-15 40 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> purín 200 kg ha <sup>-1</sup> urea (46 %N)	57 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> purín 350 kg ha <sup>-1</sup> urea (46 %N)	400 kg ha <sup>-1</sup> 15-15-15 200 kg ha <sup>-1</sup> nitrato amónico cálcico (27,5 %N)
BIOF-1	10 000 kg ha <sup>-1</sup> BIOF-1	57 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> purín 8 889 kg ha <sup>-1</sup> BIOF-1	6 429 kg ha <sup>-1</sup> BIOF-1

En el tratamiento BIOF-1, la dosis de BIOF-1 se seleccionó tratando de igualar la aplicación de N que hacía el agricultor en las parcelas con el abonado habitual, suponiendo que un 60% de los nutrientes del abono BIOF-1 estarían disponibles para el cultivo como indican los trabajos de Gordillo y Cabrera (1997) y Sistani *et al.* (2008). Las características de las partidas de abono orgánico BIOF-1 usado en las tres fincas se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3. Principales características físico-químicas y químicas de las partidas de estiércol deshidratado y granulado de pollo (BIOF-1) aplicado en las fincas.**

	Humedad	M.O.	N	P	K	Mg	Ca	Na	Cr	Cu	Cd	Pb	Zn	Ni
	(%)								(mg kg <sup>-1</sup> )					
ICOS	16,3	73,9	3,59	1,36	3,97	0,89	1,56	0,70	13,45	31,80	n.d.*	n.d.	129,75	9,87
FRADES	14,7	70,6	3,24	1,39	4,01	0,99	1,64	0,68	14,78	57,61	0,86	n.d.	203,23	15,19
IRMANDIÑOS	13,0	71,8	3,38	1,24	3,97	0,82	1,43	0,66	14,27	29,37	0,23	n.d.	148,76	15,79
<b>Límites*</b>									270	450	3	150	1100	120

\*Límites de metales establecidos para fertilizantes orgánicos según la legislación española de Fertilizantes e Afines, (B.O.E. 2/6/98). \*n.d.: no detectado, por debajo de los límites de detección del equipo de absorción atómica.

Para el control de malas hierbas, se aplicó un herbicida a base de alacloro (35%) y atracina (20%) a una dosis de seis L ha<sup>-1</sup>, y para prevenir ataques de gusanos grises y blancos, un insecticida a base de clorpirifos (48%) a una dosis de 1,5 L ha<sup>-1</sup>.

En todas las explotaciones, el cultivo de maíz forrajero se implantó mediante laboreo convencional, sembrándose las siguientes variedades de maíz de ciclo corto, recomendadas por la cooperativa correspondiente, a las siguientes dosis también recomendadas: 'Benicia' con una densidad final de plantación de 90 000 plantas ha<sup>-1</sup> en Icos (siembra el 20 de mayo), 'Abondance' con 110 000 plantas ha<sup>-1</sup> en Frades (siembra el 3 de junio) y '35P12' con 62 000 plantas ha<sup>-1</sup> en Irmandiños (siembra el 12 de junio).

Se realizó un corte para ensilado cosechando en cada parcela las plantas de los seis m centrales de las tres líneas centrales, el 17 de octubre de 2002 en Icos, el 22 en Irmandiños y el 28 en Frades. Las fechas de cosecha dependieron del momento de maduración del grano de maíz y también de la disponibilidad de maquinaria de la cooperativa. Antes de recolectar las líneas centrales, se eligieron al azar 10 plantas

de esas líneas, que se cortaron a mano, con hoz, a 15 cm sobre la superficie del suelo (Darby y Lauer, 2002), y se pesaron en campo mediante dinamómetro, llevándose posteriormente a laboratorio para estimación del peso seco y de parámetros nutritivos del forraje, así como para el cálculo de índices de cosecha grano y mazorca. Tras recolectar las 10 plantas seleccionadas, se efectuó el corte del resto de las plantas de la parcela, que se pesaron en campo con un dinamómetro para estimar el rendimiento de la cosecha.

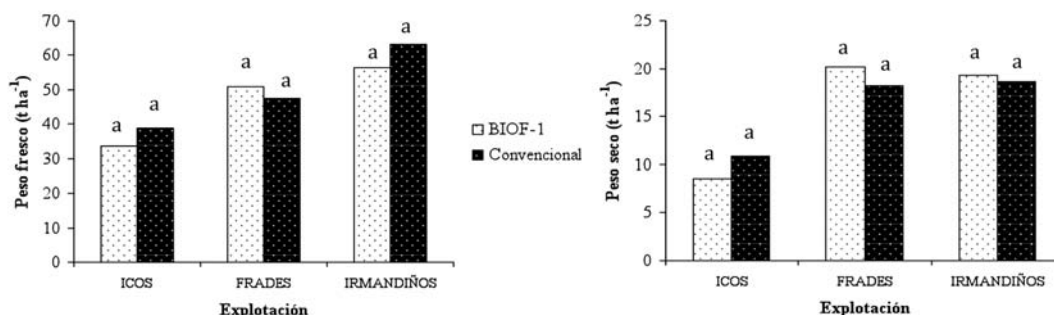
El peso seco se determinó tras separar en laboratorio cada planta en forraje y mazorca y secar hasta peso constante en estufa a 80 °C. Las mazorcas de cinco de las plantas secas se desgranaron para el cálculo del índice de cosecha grano. El índice de cosecha grano se calculó como la relación entre kg de grano seco y kg de planta entera seca (Cox y Cherney, 2001), y el índice de cosecha mazorca como la relación entre la producción de materia seca de la mazorca y la del forraje (Widdicombe y Thelen, 2002).

Otras cinco plantas secas de cada parcela se molieron (forraje y mazorca por separado) en un molino de martillos, haciendo pasar el material resultante por un tamiz de un mm (Lauer *et al.*, 2001; Suarez *et al.*, 2001; Darby y Lauer, 2002). Estas muestras secas y molidas se usaron para analizar mediante NIRS el contenido en proteína bruta (PB), fibra ácido detergente (FAD) y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DMO).

El análisis estadístico de los datos consistió en una comparación de medias a través de un análisis de varianza con un solo factor, ANOVA I, comprobando previamente si los datos eran normales (prueba de Kolmogorov-Smirnov) y realizando la prueba de homogeneidad de la varianza de Levene.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No hubo diferencias en la producción de forraje de maíz forrajero entre los tratamientos convencional y BIOF-1 en ninguna de las tres explotaciones (Figura 1), lo que indica que el abono deshidratado y granulado de estiércol de pollo puede proporcionar a corto plazo los nutrientes necesarios para obtener rendimientos de maíz forrajero comparables a los proporcionados por la fertilización realizada por los propietarios.



Para cada explotación, barras encabezadas por la misma letra indican que no existen diferencias significativas para  $p \leq 0,05$ .

**Figura 1. Producción de forraje de maíz, en peso fresco y peso seco, (kg ha<sup>-1</sup>), en los tratamientos convencional y BIOF-1 en las tres explotaciones.**

La producción en Icos fue muy inferior a la de Frades e Irmandiños debido a varios factores. Uno fue que el forraje no estaba en el momento óptimo de corte. Flores *et al.* (2004) señalan que la recolección del maíz forrajero en Galicia debe hacerse cuando la planta presenta un contenido de materia seca (MS) del 33,5-35,9% y el estado de madurez del grano está entre 1/3 y 3/4 de la línea de leche. A pesar de cortarse a mediados de octubre, el forraje de Icos tenía sólo un 25-28% de MS y el estado de madurez del grano se encontraba escasamente a 1/2 de la línea de leche, mientras que en Irmandiños el forraje tenía un 29-34%MS y la línea de leche estaba a 1/2-1/3 del ápice del grano y en Frades, un 38-40%MS y línea de leche superior a 1/3. Este retraso en el estado de madurez de la planta para recolección en Icos pudo estar relacionado con las peores condiciones iniciales de fertilidad del suelo y también, de forma importante, con la sequía sufrida en la finca desde finales de julio hasta principios de septiembre y las bajas temperaturas registradas durante los meses de cultivo.

Las producciones obtenidas en Frades e Irmandiños fueron muy altas, si tenemos en cuenta que fueron similares o superaron el límite superior del intervalo de las obtenidas para diferentes variedades de maíz forrajero en distintas zonas de Galicia desde el año 1999 hasta la actualidad (CMR, 2009). En Frades, esta mayor producción probablemente se debió a realizar el corte del forraje en un estado de madurez tardío; en la finca de Irmandiños, situada en la costa lucense, las buenas condiciones climáticas y la alta fertilidad del suelo pudieron favorecer el alto rendimiento del cultivo.

El índice de cosecha mazorca fue más alto en el tratamiento BIOF que en el abonado convencional en las tres fincas, y el índice de cosecha grano en Frades e Irmandiños (Tabla 4), indicando una mayor palatabilidad, nivel energético y digestibilidad del forraje de maíz en el tratamiento de fertilización con estiércol de pollo (Woody *et al.*, 1983).

**Tabla 4. Valores medios y desviaciones típicas de los índices de cosecha grano (lc grano) y mazorca (lc mazorca).**

	ICOS		FRADES		IRMANDIÑOS	
	Convencional	BIOF-1	Convencional	BIOF-1	Convencional	BIOF-1
lc gran	48,29± 4,91 a	47,78±2,60 a	49,00± 2,05 b	50,25±2,46 a	44,26 ± 3,15 b	46,81±3,04 a
lc mazorca	61,93±5,43 b	63,93±2,95 a	63,99±1,87 b	65,01±2,05 a	60,48±3,26 b	63,52±3,70 a

Dentro de cada explotación y para cada índice de cosecha, tratamientos seguidos por la misma letra no se diferencian entre sí para una probabilidad  $p \leq 0,05$ .

Las características nutritivas del forraje fueron similares con ambos tratamientos en las tres explotaciones (Tabla 5), indicando de nuevo la aptitud del abono deshidratado y granulado de estiércol de pollo para la fertilización del maíz forrajero en Galicia.

**Tabla 5. Proteína bruta, fibra ácido detergente y digestibilidad de la materia orgánica en la planta entera de maíz forrajero cosechado en las tres fincas de ensayo.**

	ICOS		FRADES		IRMANDIÑOS	
	Convencional	BIOF-1	Convencional	BIOF-1	Convencional	BIOF-1
PB	6,95 ± 0,73 a	6,04 ± 0,44 a	8,88 ± 0,29 a	8,72 ± 0,82 a	7,63 ± 0,21 a	7,13 ± 0,16 b
FAD	19,95 ± 1,19 a	21,44 ± 0,37 a	21,59 ± 0,31 a	21,49 ± 0,40 a	22,10 ± 0,49 a	21,50 ± 0,66 a
DMO	72,46 ± 1,51 a	71,07 ± 0,39 a	69,66 ± 0,46 a	69,83 ± 0,52 a	70,58 ± 0,79 a	70,69 ± 1,04 a

\*Dentro de cada explotación y para cada parámetro, tratamientos seguidos por la misma letra no se diferencian entre sí para una probabilidad  $p \leq 0,05$ .

## CONCLUSIONES

En todas las explotaciones, los resultados obtenidos muestran que es posible obtener los mismos niveles de producción, calidad nutritiva y digestibilidad de maíz forrajero para ensilado con el empleo de abono deshidratado y granulado de pollos de engorde (BIOF-1) que con los abonados de síntesis y orgánicos empleados habitualmente, indicando una buena disponibilidad de los nutrientes de este abono orgánico a corto plazo.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (proyecto AGL200307385). Nuestro agradecimiento a Juan Carlos Serrano, gerente de la empresa Aviporto, S.L., por facilitar el abono necesario para la realización de los ensayos, así como a los propietarios de las fincas de ensayo por permitirnos utilizar sus terrenos y por su interés y ayuda en todas las labores del cultivo. También agradecemos a Isabel Rivas, Cristina Vázquez y Susana Dopico su asistencia técnica en el procesado de muestras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELOSO, M.C.S., 1991. *Estudio de la gallinaza como fertilizante agrícola*. Tesis Doctoral. pp. 313.
- B.O.E., 1998. B.O.E. Nº 131 (2/6/98). *Orden de 28 de mayo de 1998, sobre fertilizantes y afines*.
- CMR (Consellería do Medio Rural), 2009. *Valor agronómico das variedades comerciais de millo forraxeiro en Galicia (Período 1999-2008). Actualización 2009*. Díptico. Consellería do Medio Rural. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela (España).
- COX, W.J.; CHERNEY, D.J.R., 2001. Influence of brown midrib, leafy, and transgenic hybrids on corn forage production. *Agronomy Journal*, **93**, 790-796.
- DARBY, H. M.; LAUER, J.G., 2002. Harvest date and hybrid influence on corn forage yield, quality, and preservation. *Agronomy Journal*, **94**, 559-566.
- FLORES, G.; GONZÁLEZ-ARRAEZ, A.; CASTRO, P.; VALLADARES, J.; CARDELLE, M.; FERNÁNDEZ-LORENZO, B.; DÍAZ-VILLAMIL, L., 2004. Efecto de la fecha de recolección sobre

- la calidad y rendimiento de la planta de maíz forrajero en Galicia. En: *Pastos y Ganadería Extensiva*, 297-302. Ed. B. García Criado; A. García Ciudad; B. Vázquez de Aldana; I. Zabalgoeazcoa. Salamanca (España).
- GORDILLO, R.M.; CABRERA, M.L., 1997. Mineralizable nitrogen in broilerlitter: I. Effect of selected litter chemical characteristics. *Journal of Environmental Quality*, **26**, 1672–1679.
- LAUER, J.G.; COORS, J.G.; FLANNERY, P.J., 2001. Forage yield and quality of corn cultivars developed in different eras. *Crop Science*, **41**, 1449-1455.
- LÓPEZ-MOSQUERA, M.E.; CABALEIRO, F.; SAINZ, M.J.; LÓPEZ-FABAL, A.; CARRAL, E., 2008. Fertilizing value of broiler litter: effects of drying and pelletizing. *Bioresource Technology*, **99**, 5626-5633.
- MEIJIDE, J.A.F., 1996. Posibilidades de manexo eficiente dos residuos gandeiros en Galicia. En: *Residuos ganaderos y medio ambiente*. Ed. Fundación Semana Verde de Galicia. Silleda, Pontevedra (España).
- SISTANI, K.R.; ADELI, A.; MC GOWEN, S.L.; TEWOLDE, H.; BRINK, G.E., 2008. Laboratory and field evaluation of broiler litter nitrogen mineralization. *Bioresource Technology*, **99**, 2603–2611.
- SUÁREZ VÁZQUEZ, R.; ANDRÉS ARES, J.L.; PIÑEIRO ANDIÓN, J., 2001. Producción y calidad del maíz forrajero en Galicia. En: *Biodiversidad en Pastos*, 547-553. Ed. M.B. Crespo Villalba; S. Ríos Ruiz. CIBIO. Alicante (España).
- WIDDICOMBE, W.D.; THELEN, K.D., 2002. Row width and plant density effect on corn forage hybrids. *Agronomy Journal*, **93** (2), 326-330.
- WOODY, H.D.; FOX, D.G.; BLACK, J.R., 1983. Predicting net energy value of corn silage varying in grain content. *Journal of Dairy Science*, **57**, 710-716.

## SUMMARY

### YIELD AND NUTRITIONAL QUALITY OF FORAGE MAIZE FERTILIZED WITH DRY PELLETIZED BROILER LITTER

The fertilizing effect of the commercial dried pelletized broiler litter BIOF-1 on yield and quality of forage maize (*Zea mays* L.) cut for silage was studied in comparison with the conventional fertilization (application of mineral fertilizers and/or cattle slurry) carried out in three farms in NW Spain. Forage yield and nutritive quality in plots fertilized with BIOF-1 were similar as those in the conventionally-fertilized plots, showing a good availability of BIOF-1 nutrients in the short term, what shows its viability and interest as fertilizer against mineral and organic fertilizers commonly used for forage maize production in Galicia (NW Spain).

**Key words:** *Zea mays*, organic fertilizer, yield performance, crude protein, digestibility.



# EFFECTO DEL ABONADO INVERNAL Y DE LA APLICACIÓN DE HERBICIDA EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA ALFALFA EN REGADÍO

R. FANLO, J. LLOVERAS, C. CHOCARRO

Centre UdL-IRTA. Rovira Roure 191. 25198. Lleida. fanlo@pvcf.udl.cat

## RESUMEN

La utilización de herbicida, en los cultivos de alfalfa en regadío del Valle del Ebro, es una práctica muy frecuente ya que al controlar las adventicias, mejora la calidad del forraje.

A pesar de ser la alfalfa una leguminosa, también se suele aplicar dosis reducidas de abonado nitrogenado al final del invierno, con la finalidad de facilitar el rebrote después de la parada invernal. En este trabajo se estudió el efecto conjunto de la aplicación de herbicida y abonado nitrogenado; en los dos primeros aprovechamientos primaverales (abril y junio), durante los años 2007 y 2008, en un sistema de regadío y con un régimen de pluviosidad muy contrastado; sobre la producción en materia seca (MS) y su contenido en proteína bruta (PB), en dos variedades de alfalfa ("Ampurdán" y "Aragón"). Los resultados muestran que el herbicida sólo afecta significativamente al contenido en proteína bruta, y no a la producción en materia seca, mientras que la aplicación de nitrógeno produce un pequeño aumento en la producción del primer aprovechamiento, pero no es significativo. La distribución y cantidad de lluvia, tan diferente en cada uno de los años de muestreo (2007 y 2008), así como los grados día acumulados, muestran una influencia sobre la producción y proteína de ambos años. No se observaron diferencias significativas entre variedades en ninguno de los ensayos.

**Palabras clave:** *Medicago sativa*, biomasa, valor forrajero, herbicida, abonado nitrogenado.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una práctica habitual en los regadíos del Valle del Ebro, que con una climatología favorable, permite obtener hasta seis-siete aprovechamientos por año. Este forraje se utilizaba, tradicionalmente, para la producción de heno, sin embargo, en los últimos 20 años, debido a las ayudas comunitarias se destina principalmente a la deshidratación (Ollé, 2002), para su posterior venta y, en raras ocasiones, es aprovechada mediante pastoreo directo (Chocarro *et al.*, 2005). La transformación en heno deshidratado industrialmente, cuyo valor se incrementa en función del contenido en proteína bruta en la materia seca, favorece la utilización de herbicida por parte de los agricultores ante el hecho constatado de la disminución del contenido de malas hierbas de menor calidad que la alfalfa (Fanlo *et al.*, 1999).



Este estudio se llevó a cabo con el objetivo de evaluar el efecto del herbicida y del abonado nitrogenado a final de invierno en la producción y calidad de los primeros cortes de alfalfa.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en campos experimentales del Centro UdL-IRTA en la localidad de Gimennells (Lleida) (41° 39' N, 0° 51 'E) a 254 m de altitud sobre suelos de tipo Calcixerollic Xerochrepts. El clima corresponde, según la clasificación de Papadakis, a un invierno “cebada fresco” y verano “algodón menos cálido”, que permite el cultivo de alfalfa bajo regadío. La alfalfa se sembró en el otoño de 2005, por lo que los datos corresponden al segundo y tercer año de cultivo.

El diseño experimental fue una parcela subdividida con tres factores (variedad, abonado y herbicida) con cuatro repeticiones. El abonado fue la subparcela donde se aleatorizaron las variedades (Ampurdán y Aragón) y los tratamientos de herbicidas (sin y con), obteniéndose un total de 32 muestras. Las subparcelas y los tratamientos se aleatorizaron el primer año, de manera que los tratamientos del segundo año se repitieron en las mismas subparcelas del primero. Las muestras de biomasa (cortes de 0,5 x 0,5 m) se recolectaron, ambos años, a finales de abril y primera semana de junio. Durante el invierno anterior (enero 2007) se aplicó Velpar (HEXAZINONA 90%. SP) en dosis de 1 l ha<sup>-1</sup>; y en enero del 2008 se utilizó PULSAR 40 (IMAZAMOX 4% p/v. SL) a 1,25 l ha<sup>-1</sup> (ya que Velpar estaba prohibido y no se encontró ningún sustituto mejor). El abonado consistió en una aplicación de 30 kg ha<sup>-1</sup> de nitrato amónico; realizado durante la primera semana de febrero de cada año.

La climatología, durante ambos periodos de crecimiento fue muy contrastada, sobre todo en la cantidad y distribución de la lluvia, y en los grados día acumulados durante el segundo crecimiento (de abril a junio) (Tabla 1).

**Tabla 1. Valores medios de las temperaturas máximas y mínimas, integral térmica y pluviosidad de la estación meteorológica de Gimennells durante el periodo de muestreo.**

Aprovechamientos	TM (temperatura media de las máximas)	Tm (temperatura media de las mínimas)	Integral Térmica (IT)	Precipitación acumulada (mm)
1° corte 2007	14,52	2,38	588,80	117,90
2° corte 2007	24,43	11,56	704,40	63,60
1° corte 2008	14,77	3,48	556,60	85,00
2° corte 2008	22,06	11,63	454,30	116,30

Los valores para el 1° corte corresponden al periodo: 1 de enero finales de abril, y los del 2° corte a: finales de abril a la primera semana de junio. IT= Suma de los grados-día (GD) calculados por la fórmula  $GD = (T_{\text{máxima}} + T_{\text{mínima}}) / 2 - T_{\text{umbral}}$ , en donde T máxima toma el valor de 40 en el caso de que los valores superen esta cifra y T mínima toma el valor de T umbral cuando es inferior a ella. T umbral =5 °C.

Una vez cortada la biomasa, se secó en estufa de aire forzado a 65°C durante 48 horas, para su pesaje posterior y análisis de contenido en proteína bruta (PB) mediante tecnología NIRS (Bran + Luebbe InfraAlyzer 500, Hamburg, Germany). Los valores

obtenidos, de producción en materia seca (MS) y contenido en proteína bruta (PB), fueron tratados estadísticamente mediante el programa STATISTICA (Statsoft, 1995). El análisis estadístico consistió en una ANOVA de factores fijos para cada una de las variables y del test LSD (mínima diferencia significativa) para la separación de medias.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Un estudio detallado de las posibles interacciones entre año, abonado, herbicida y variedad no mostró diferencias significativas sobre el porcentaje de alfalfa en MS, contenido en PB y biomasa, por ello se decidió presentar los resultados en función de las fechas de corte.

Los resultados muestran que no hubo diferencias significativas, ni entre bloques ni entre variedades, en lo que respecta a la producción la MS, al contenido de PB y a la proporción de alfalfa. (Tabla 2), aunque la variedad Ampurdán dio producciones algo mayores en los primeros cortes de primavera. Este tipo de resultados se obtuvieron también en distintos ensayos de variedades (Lloveras *et al.*, 1998).

**Tabla 2. Valores medios del primer y segundo aprovechamiento de producción de materia seca (MS), contenido en proteína bruta (PB) y alfalfa, en las dos variedades estudiadas.**

Variedad	Producción de MS (kg ha <sup>-1</sup> )	PB en la MS (%)	Alfalfa en la MS (%)
Ampurdán	2328,0 a	19,96 a	83,68 a
Aragón	2156,5 a	19,77 a	78,43 a

Valores seguidos de la misma letra, en la misma columna, no difieren significativamente para  $p < 0,05$ , según el test LSD (mínima diferencia significativa).

En cuanto al estudio de los otros factores (herbicida y abonado nitrogenado) se detectó una respuesta positiva del contenido en PB a la aplicación del herbicida, debido a la eliminación de malas hierbas de baja calidad (Tabla 3). Este efecto ya ha sido sugerido anteriormente por otros autores (Fanlo *et al.*, 1999). Sin embargo, otros estudios (Lloveras *et al.*, 2006) encontraron un efecto positivo sobre la producción en MS mediante la aplicación del abonado nitrogenado al final del invierno, ya que aumentaba la proporción de malas hierbas.

**Tabla 3. Producción de materia seca (MS), contenido de proteína bruta (PB) y proporción de alfalfa, en el primer corte de primavera. Valores medios, ANOVA de las variables y sus interacciones.**

Tratamiento		Producción de MS (kg ha <sup>-1</sup> )	PB en la MS (%)	Alfalfa en la MS (%)
Herbicida	con	2047,9	20,84	79,30
	sin	2124	18,84	60,66
Abonado	con	2085,9	19,89	69,18
	sin	2086,1	19,79	70,77
Año	2007	1218,3	17,06	56,69
	2008	2953,7	22,63	83,27
Año		***	***	***
Herbicida		NS	**	**
Abonado		NS	NS	NS
Año x Herbicida		**	**	**
Año x Abonado		NS	NS	NS
Herbicida x Abonado		NS	NS	NS
Año x Herbicida x Abonado		NS	NS	NS

\* p < 0,05; \*\* p < 0,01; \*\*\* p < 0,001; NS, no significativo.

En el caso del segundo aprovechamiento (principios de junio) siguen manteniéndose, en parte, los resultados de primer corte: mayor contenido de PB y de alfalfa en el forraje cosechado en las parcelas tratadas con herbicida; mientras que la producción muestra una tendencia a aumentar en las parcelas sin herbicida, aunque las diferencias no sean significativas (Tabla 4).

**Tabla 4. Producción de materia seca (MS), contenido de proteína bruta (PB) y proporción de alfalfa, en el segundo corte de primavera. Valores medios, ANOVA de las variables y sus interacciones.**

Tratamiento		Producción de MS (kg ha <sup>-1</sup> )	PB en la MS (%)	Alfalfa en la MS (%)
Herbicida	con	2 288,2	20,73	94,50
	sin	2 508,9	19,06	89,75
Abonado	con	1 430,2	19,97	92,27
	sin	2 367,1	19,82	91,98
Año	2007	1 348,1	17,15	90,31
	2008	3 449,0	22,64	93,93
Año		***	***	NS
Herbicida		NS	**	*
Abonado		NS	NS	NS
Año x Herbicida		**	*	*
Año x Abonado		NS	NS	NS
Herbicida x Abonado		NS	NS	NS
Año x Herbicida x Abonado		*	*	*

\* p < 0,05; \*\* p < 0,01; \*\*\* p < 0,001; NS, no significativo.

Sin embargo, las características meteorológicas de cada año, sí actuaron sobre la producción y calidad en ambos aprovechamientos. Durante el comienzo del periodo

de crecimiento del cultivo (finales de invierno a finales de primavera), la distribución de las precipitaciones juega un papel primordial en el funcionamiento del cultivo. En invierno, con las plantas en latencia y bajas temperaturas, la intensidad respiratoria es mínima y el crecimiento vegetativo escaso; por lo que a pesar de la presencia de agua en el suelo, esta no es aprovechada por el cultivo. En primavera, al salir las plantas del reposo invernal, el mayor número de horas de luz, aumenta la tasa fotosintética y la evapotranspiración, como consecuencia de un incremento de temperaturas, por lo que las necesidades hídricas se hacen más importantes (Brown *et al.*, 2005).

Como puede observarse en la Tabla 1, durante el año 2007 la cantidad de lluvia, en el período de crecimiento del primer corte, fue superior a la del 2008 (117,90 mm vs. 85 mm), pero este hecho no se vio reflejado ni en un aumento de la producción, ni del contenido en PB en el 2007. Por el contrario, la lluvia de finales de primavera en ambos años (63,60 mm y 116,30 mm respectivamente), que afectó al crecimiento del segundo corte, favoreció un aumento de producción y contenido en PB durante el año 2008. Hay que tener presente que en muchas de nuestras zonas, y en nuestro campo de ensayo en particular, se riega por turnos y el primer turno no se suele dar hasta finales de abril.

Este efecto no está aislado si se tienen en cuenta la integral térmica durante el mismo periodo. A finales de primavera del año 2007 se acumulan más grados-día y menos lluvia, mientras que en el mismo periodo del 2008 los valores son inversos: menos grados-día y mas pluviosidad (Tabla 1) lo que permite unas condiciones más óptimas para el crecimiento de la alfalfa.

Todo lo anterior explicaría, en nuestro caso, los mejores valores del año 2008, independientemente de la aplicación o no de herbicida, como contrariamente demuestran otros autores en los que la aplicación de herbicida produce un aumento de la producción (Moline y Robinson, 1971; Arregui *et al.*, 2001)

En la Tabla 5 se muestran los valores medios de producción, proporción de alfalfa y PB en el forraje del conjunto de ambos años. Como puede observarse, la producción de alfalfa es mayor en el segundo corte, y el forraje de mayor calidad es aquel cosechado en las parcelas tratadas con herbicida. Hay que tener presente que las parcelas solo se aleatorizaron el primer año y que por ello, los efectos de los tratamientos herbicidas pueden considerarse acumulativos, debido a esto, en el segundo año las parcelas pudieron estar más limpias de adventicias.

**Tabla 5. Producción de materia seca (MS), contenido de proteína bruta (PB) y proporción de alfalfa, en los corte de primavera según los tratamientos. Media 2007-2008.**

Tratamiento	Tratamiento	corte	Producción de MS (kg ha <sup>-1</sup> )	PB en la MS (%)	Alfalfa en la MS (%)
Con herbicida	con abonado	1º	2 024,8 b	20,53 a	80,25 b
		2º	2 410,4 a	20,65 a	93,67a
	sin abonado	1º	2 071,1 b	21,15 a	78,35 b
		2º	2 167,0 b	20,81 a	95,33 a
Sin herbicida	con abonado	1º	2 147,0 b	19,24 b	58,12 c
		2º	2 449,5 a	19,29 b	90,86 a
	sin abonado	1º	2 101,2 b	18,44 b	63,20 c
		2º	2 568,2 a	18,83 b	88,64 a

Valores de la misma columna, seguidos de diferente letra son significativamente diferentes para  $p < 0,05$  según test LSD (mínima diferencia significativa).

Estos resultados son similares a los obtenidos en campañas anteriores (Fanlo *et al.*, 2006) y están comprendidos en el rango de valores presentados por Andueza *et al.* (2001) en condiciones similares del valle del Ebro. La aplicación del abonado no ha influido en la producción de estos primeros cortes, contrariamente a lo observado por Delgado *et al.*, (2001) en el cuarto y quinto aprovechamientos.

Cabría preguntarse, en este tipo de gestión, la conveniencia del gasto económico en la aplicación de herbicida, frente al uso del pastoreo invernal (Chocarro *et al.*, 2005) como herramienta para la disminución de las malas hierbas.

## CONCLUSIONES

En años con climatología favorable al cultivo, el efecto del herbicida sobre la producción en MS y el contenido en PB del forraje, es positivo. La fertilización nitrogenada a final de invierno produjo un aumento de la producción, aunque este no fuera significativo; pero que sí puede ser interesante para el agricultor, si la venta del forraje se hace en función del binomio producción-calidad y esta última no está suficientemente remunerada.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado dentro del marco del proyecto INIA-RTA2005-00105-C02-00.

## 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 45*, 73-76.
- ARREGUI, M.C.; SANCHEZ, D.; SCOTTA, R., 2001. Weed control in established alfalfa (*Medicago sativa*) with postemergence herbicides. *Weed Technology*, **15(3)**, 424-428.
- BROWN, H. E.; MOOT, D.J.; TEIXEIRA, E.I., 2005. The components of Lucerne (*Medicago sativa*) leaf area index respond to temperature and photoperiod in a temperate environment. *European Journal Agronomy*, **23**, 348-358.
- 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.; ANDUEZA, D.; MUÑOZ, F.; MARTINEZ, N., 2001. Effect of nitrogen fertilisation on alfalfa (*Medicago sativa* L.) regrowth and production. *Options méditerranéennes, Serie A 45*, 141-144.
- FANLO, R.; CHOCARRO, C.; INTINI, M.; LLOVERAS, J., 1999. Efecto del pastoreo invernal sobre la producción y calidad de alfalfas de regadío (Gimenells, Lleida). *Actas de la XXXIX Reunión Científica de la SEEP*, 203-207. Almería (España).
- FANLO, R.; CHOCARRO, C.; LLOVERAS, J.; FERRAN, X.; SERRA, J.; MUÑOZ, F.; ANDUEZA, J.; DELGADO, I., 2006. Alfalfa production and quality in Northeast Spain. *Grassland Science in Europe*, **11**, 261-263.
- 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.

- LLOVERAS, J.; BORRÀS, G.; CHOCARRO, C.; SANTIVERI, F., 2006. Nitrogen fertilization of alfalfa (*Medicago sativa* L.) in late winter in Mediterranean environments. *Pastos*, **36**, 35-44 (Publicado abril 2008).
- MOLINE, W.J.; ROBINSON, L. R., 1971. Effects of Herbicides and Seeding Rates on the Production of Alfalfa. *Agronomy Journal*, **63**, 614-616.
- OLLÉ, F., 2002. La evolución de la deshidratación de forrajes en España: perspectivas de futuro. En: *Producción de pastos, forrajes y céspedes*, 227-234. Ed. C. CHOCARRO, F. SANTIVERI, R. FANLO, I. BOVET, J. LLOVERAS. Edicions de la Universitat de Lleida. Lleida (España).
- STATSOFT., 1995. *Statistica*. CD + 3 Volumes. 2618 pp. StatSoft, Inc. 2325 East 13th Street, Tulsa Oklahoma (USA).

## SUMMARY

### **EFFECT OF THE WINTER FERTILIZATION AND HERBICIDE USE IN THE PRODUCTION AND QUALITY OF THE ALFALFA IN IRRIGATION.**

This study shows the effect of the herbicide and late winter nitrogen fertilization on the dry matter production, proportion of alfalfa and of crude protein (CP) contents, in the firsts two harvests on the year (April and June), during 2007 and 2008; with a very different springs. Two alfalfa's varieties were utilised: Ampurdán and Aragón. Herbicide effect was significantly positive in quality aspect of forage, CP contents. Nitrogen fertilization didn't show significant influence. Nevertheless, the climatic characteristics of both springs had a big influence in production.

**Key words:** *Medicago sativa*, DM production, forage quality, herbicide, N fertilization.



## EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA AÉREA Y CONCENTRACIONES DE NITRÓGENO Y FÓSFORO EN PLANTAS DE COLZA

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

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca (IRNASA, CSIC), Apdo. 257; 37071, Salamanca. [antonia.gciudad@irnasa.csic.es](mailto:antonia.gciudad@irnasa.csic.es)

### RESUMEN

Se estudia el efecto de diversos fertilizantes en la producción de biomasa aérea de colza (*Brassica napus* L. var. ES Hydromel), en la fase de inicio de la floración, así como en las concentraciones de N y P en la planta. El ensayo se realizó en secano (siembra otoñal) en una zona semiárida de la provincia de Salamanca. Se consideraron 8 tratamientos de fertilizante y un tratamiento testigo sin aporte alguno. Los resultados obtenidos mostraron que tanto la producción de biomasa aérea, como las concentraciones de N y P en la planta, pueden incrementarse significativamente ( $p < 0,05$ ) con un aporte adecuado de fertilización; concretamente, la producción de biomasa puede llegar a cuadruplicarse. Con dosis de N iguales, una mayor aportación de P no induce variación en la producción de biomasa ni en las concentraciones de N y P de la planta. Las concentraciones de ambos elementos están correlacionadas de forma positiva y significativa ( $p < 0,001$ ) entre sí y con la producción de biomasa.

**Palabras clave:** *Brassica napus*, composición química, fertilización.

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe una tendencia creciente hacia la producción de cultivos energéticos. La colza (*Brassica napus* L.) es la oleaginosa más cultivada en Europa, destinada fundamentalmente a usos alimentarios. El incremento de la demanda de aceite de colza por la industria del biodiésel está influyendo en los últimos años, en el mercado de las semillas oleaginosas (Camps y Marcos, 2002; López Bellido, 2002). Asimismo, la aparición de variedades de colza con un gran potencial productivo y la mejora que supone la introducción de la colza en la rotación cerealista, hacen que este cultivo tenga unas expectativas interesantes para el agricultor (Provedo Pisano y Díez Antolinez, 2006; Junta de Castilla y León, 2006).

Las concentraciones de algunos constituyentes en la planta en distintas fases del desarrollo, pueden ser un indicador del estado nutricional que permitirá ajustar las



tasas de fertilizante para la consecución de las producciones óptimas de biomasa aérea o de grano. Es de sobra conocido que el aporte de nutrientes minerales a los cultivos da lugar a un aumento en las producciones y que es más patente cuando el cultivo se desarrolla en suelos pobres (Marschner, 1995). Concretamente, en un trabajo anterior que incluía 4 variedades de *Brassica* ya se observó cómo la fertilización potencia notablemente la producción de semilla de colza (García Ciudad *et al.*, 2008).

El objetivo de este trabajo es estudiar el efecto de la fertilización en la producción de biomasa aérea y en las concentraciones de N y P de la planta, de una variedad de colza (*Brassica napus* var. ES Hydromel) en la fase de inicio de floración.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización y descripción del experimento

El ensayo se realizó en una parcela de secano de zona semiárida, sobre un campo de rastrojo de cereal (finca Experimental del IRNASA-CSIC, Barbadillo, Salamanca). El suelo, clasificado como Cambisol eútrico-crómico posee una textura areno-arcillosa, pH ácido (6,08), un contenido bajo en materia orgánica (0,80%) y un contenido alto en P asimilable (25,3 ppm).

El ensayo se realizó con *Brassica napus* L. var. ES Hydromel, según un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y nueve tratamientos de fertilizantes (que incluyen un testigo sin aporte alguno), sugeridos por una Empresa de este sector, en parcelas elementales de 6x15 m<sup>2</sup>. La siembra se realizó en otoño de 2007, empleando aproximadamente seis kg de semilla ha<sup>-1</sup>, en líneas separadas entre sí 27 cm. Las dosis de fertilizante y época de aporte, se muestran en la Tabla 1.

### Muestreo de planta y análisis químico

En la primavera de 2008 se tomaron muestras de la parte aérea de la planta (fase de inicio de floración) y en julio se efectuó la recolección de la semilla. En la muestra de planta se determinó, entre otros parámetros, la producción de biomasa aérea, expresándose los resultados en base a materia seca.

Las muestras de planta se secaron en estufa de aire forzado a 60 °C y se molieron para efectuar el análisis químico. En la muestras secas y molidas, se determinaron los contenidos de N y P (ambos elementos fueron analizados en los laboratorios de FERTIBERIA S.A. de Huelva).

### Análisis estadístico de los resultados

Se utilizó el programa SPSS, aplicándose un análisis de la varianza (ANOVA) para determinar efecto del tratamiento de fertilizante sobre los contenidos de N y P de las muestras de planta. Se utilizó el contraste de mínimas diferencias significativas (DMS) para la comparación múltiple de medias. Se realizó un análisis de correlación múltiple entre los contenidos de N y P en la planta y la producción de biomasa aérea.

**Tabla 1. Tratamientos de fertilización: formulación, cantidad y época de aplicación.**

Tratamiento	Aplicación de fondo			Aplicación de cobertera			Aportación total		
	kg ha <sup>-1</sup>	Formulación	Nutrientes kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	Formulación	Nutrientes ha <sup>-1</sup>	kg	kg ha <sup>-1</sup>	Nutrientes kg ha <sup>-1</sup>
T0	0		0	0		0	0	0	
T1	200	8-24-16	16 N 48 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 32 K <sub>2</sub> O	131	26-0-0; 37 (NSA) <sup>1</sup>	34 N  48 SO <sub>3</sub>	331		50 N 48 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 32 K <sub>2</sub> O 48 SO <sub>3</sub>
T2	300	8-24-16	24 N 72 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 48 K <sub>2</sub> O	292	26-0-0; 37 (NSA) <sup>1</sup>	76 N  108 SO <sub>3</sub>	592		100 N 72 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 48 K <sub>2</sub> O 108 SO <sub>3</sub>
T3	400	8-24-16	32 N 96 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 64 K <sub>2</sub> O	454	26-0-0; 37 (NSA) <sup>1</sup>	118 N  168 SO <sub>3</sub>	854		150 N 96 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 64 K <sub>2</sub> O 168 SO <sub>3</sub>
T4	500	8-24-16	40 N 120 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 80 K <sub>2</sub> O	423	26-0-0; 37 (NSA)	110 N  157 SO <sub>3</sub>	923		150 N 120 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 80 K <sub>2</sub> O 157 SO <sub>3</sub>
T5	200	8-15-15	16 N 30 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 30 K <sub>2</sub> O	131	26-0-0; 37 (NSA) <sup>1</sup>	34 N  48 SO <sub>3</sub>	331		50 N 30 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 30 K <sub>2</sub> O 48 SO <sub>3</sub>
T6	300	8-15-15	24 N 45 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 45 K <sub>2</sub> O	292	26-0-0; 37 (NSA) <sup>1</sup>	76 N  108 SO <sub>3</sub>	592		100 N 45 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 45 K <sub>2</sub> O 108 SO <sub>3</sub>
T7	400	8-15-15	32 N 60 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 60 K <sub>2</sub> O	454	26-0-0; 37 (NSA) <sup>1</sup>	118 N  168 SO <sub>3</sub>	854		150 N 60 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 60 K <sub>2</sub> O 168 SO <sub>3</sub>
T8	500	8-15-15	40 N 75 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 75 K <sub>2</sub> O	423	26-0-0; 37 (NSA) <sup>1</sup>	110 N  157 SO <sub>3</sub>	923		150 N 75 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 75 K <sub>2</sub> O 157 SO <sub>3</sub>

<sup>1</sup>(NSA): nitrosulfato amónico

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se expone un resumen de los resultados obtenidos en la producción de biomasa aérea de la variedad colza estudiada, en la fase de inicio de floración y de las concentraciones de N y P en la planta, según los distintos tratamientos de fertilización. En las Tablas 3, 4 y 5 se exponen los resultados de las comparaciones múltiples entre tratamientos.

La fertilización influye significativamente en la producción de biomasa (Tablas 1, 2 y 3). Así, mientras que con T0 (no aporte de fertilizante) se obtiene una producción media de 100 g m<sup>-2</sup>, con los tratamientos que aportan las dosis más altas de N y otros nutrientes (150 kg de N ha<sup>-1</sup>: T3, T4, T7 y T8), se obtienen producciones medias que oscilan entre 370 y 453 g m<sup>-2</sup>, lo que implica cuadruplicar las producciones. Entre estos cuatro tratamientos no existen diferencias significativas (Tabla 3) a pesar de que T4 lleva una mayor cantidad de P y K que los demás (Tabla 1). Con éste se consigue el

valor medio más alto (453 g m<sup>-2</sup>), pero la diferencia con los otros tres no es estadísticamente significativa. Ello indica que la formulación T4 es menos recomendable que las otras tres, por lo que supone un encarecimiento al incorporar más P y K y que no se ve reflejado en un aumento de producción (incluso tampoco se aprecia en la producción de semilla; datos no publicados).

**Tabla 2. Producción de biomasa aérea y concentraciones de N y P en plantas de colza en fase de inicio de floración, según los distintos tratamientos de fertilizante.**

T	Producción (g m <sup>-2</sup> MS)			N (% MS)			P (% MS)		
	Rango	Media	CV (%)	Rango	Media	CV (%)	Rango	Media	CV (%)
T0	31-192	100	67,4	1,60-1,76	1,66	4,28	0,40-0,41	0,41	1,22
T1	159-238	208	17,9	1,55-1,89	1,72	8,08	0,41-0,45	0,43	3,72
T2	254-384	333	18,8	1,93-2,14	2,03	4,38	0,41-0,46	0,44	4,91
T3	299-520	385	24,6	2,12-2,52	2,29	8,56	0,45-0,49	0,47	4,56
T4	365-546	453	16,8	2,09-2,47	2,24	7,23	0,46-0,54	0,49	4,24
T5	175-312	221	27,9	1,64-1,79	1,70	4,06	0,41-0,44	0,43	4,08
T6	239-339	298	14,2	1,77-2,32	2,06	11,50	0,42-0,48	0,44	6,15
T7	335-396	370	7,4	2,29-2,55	2,38	5,04	0,44-0,50	0,47	5,29
T8	356-482	406	13,1	2,10-2,74	2,42	14,79	0,43-0,53	0,49	10,38
Total	31-546	308	39,0	1,55-2,74	2,05	16,10	0,40-0,54	0,45	8,22

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

	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
T0		<b>0.019</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.009</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>
T1			<b>0.008</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	0.772	<b>0.048</b>	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>
T2				0.239	<b>0.010</b>	<b>0.016</b>	0.427	0.402	0.101
T3					0.126	<b>0.001</b>	0.055	0.728	0.624
T4						<b>0.000</b>	<b>0.001</b>	0.064	0.288
T5							0.087	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>
T6								0.109	<b>0.019</b>
T7									0.404
T8									

**Tabla 4. Efecto del tratamiento de fertilización en la concentración de N en la planta: nivel de significación entre pares de tratamientos resultante de las comparaciones múltiples según el contraste DMS. En negrita se destacan niveles con  $p < 0,05$ .**

Tratamiento	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
T0		0,674	<b>0,009</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	0,803	<b>0,005</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
T1			<b>0,025</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	0,863	<b>0,013</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
T2				0,052	0,108	<b>0,017</b>	0,774	<b>0,010</b>	<b>0,005</b>
T3					0,716	<b>0,000</b>	0,093	0,469	0,315
T4						<b>0,000</b>	0,181	0,280	0,175
T5							<b>0,008</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
T6								<b>0,020</b>	<b>0,010</b>
T7									0,774
T8									

**Tabla 5. Efecto del tratamiento de fertilización en la concentración de P en la planta: nivel de significación entre pares de tratamientos resultante de las comparaciones múltiples según el contraste DMS. En negrita se destacan niveles con  $p < 0,05$ .**

Tratamiento	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
T0		0,253	0,103	<b>0,002</b>	<b>0,000</b>	0,372	0,103	<b>0,002</b>	<b>0,000</b>
T1			0,608	<b>0,036</b>	<b>0,006</b>	0,797	0,608	<b>0,036</b>	<b>0,006</b>
T2				0,103	<b>0,020</b>	0,443	1,000	0,103	<b>0,020</b>
T3					0,443	<b>0,020</b>	0,103	1,000	0,443
T4						<b>0,003</b>	<b>0,020</b>	0,443	1,000
T5							0,443	<b>0,020</b>	<b>0,003</b>
T6								0,103	<b>0,020</b>
T7									0,443
T8									

Las dosis más bajas (50 kg de N ha<sup>-1</sup>: T1 y T5) también incrementan de manera significativa la producción, llegando a duplicarla (Tabla 2), no existiendo diferencias significativas entre ambos tratamientos (Tabla 3). Los tratamientos que suponen aportes totales intermedios y similares entre sí (T2 y T6, Tabla 1), consiguen triplicar las producciones y tampoco existen diferencias significativas entre ellos. Además, éstos conducen a algunas diferencias significativas con el resto de los tratamientos (Tabla 3).

Este incremento en la producción de biomasa, bajo el efecto de la fertilización, lógicamente se traduce en un aumento también considerable en la producción de semilla (datos no publicados), elemento fundamental tanto si el cultivo se va a dirigir a usos alimentarios, como a la producción de biodiésel.

Las concentraciones de N y P varían dentro de intervalos estrechos, como muestran los bajos coeficientes de variación (CV), inferiores en la mayoría de los casos al 10%. La fertilización influye también de forma positiva y significativamente en la concentración de ambos elementos (Tablas 1 y 2) y el efecto es muy paralelo al de la producción de biomasa. Así, las concentraciones de N y P aumentan al aumentar el aporte de nutrientes. Cabe señalar, igual que ocurría en la producción de biomasa, la escasa influencia del aporte de P en la concentración de este elemento en la planta;

así, los tratamientos T4 y T8 (Tabla 1) suministran la misma cantidad de N en las parcelas, pero el T4 supone un mayor aporte de P que no se manifiesta en una mayor concentración de este elemento en la planta.

De manera más intuitiva, lo anterior se resume en las Tablas 4 y 5, donde se muestran los resultados obtenidos en las comparaciones múltiples entre tratamientos, en cuanto a su efecto en las concentraciones de N y P en la planta. Como hecho más destacado de ambas Tablas es que los tratamientos T3, T4, T7 y T8 con aportes similares de nutrientes no dan lugar a diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en las concentraciones de los elementos. Los tratamientos T1 y T5, con aportes muy bajos de nutrientes y similares entre ellos, no muestran diferencias significativas entre sí, pero tampoco con T0 y con algún otro tratamiento.

Según se ha indicado antes, la fertilización tiene un efecto positivo y estadísticamente significativo ( $p < 0,05$ ) en las concentraciones de N y P en la planta. Sin embargo, en otros estudios no se manifiesta debido al “efecto de dilución”, por el aumento de la producción de biomasa.

Como consecuencia del paralelismo indicado, en cuanto al efecto de la fertilización en la producción de biomasa y concentraciones de N y P, se han obtenido correlaciones positivas y altamente significativas ( $p < 0,001$ ) entre las concentraciones de ambos elementos entre sí y con la producción de biomasa aérea.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos evidencian que la fertilización influye de forma positiva y significativa en la producción de biomasa aérea de la colza (fase de inicio de floración) y en la concentración de N y P de la planta; los tres parámetros están positivamente y altamente correlacionados entre sí. La producción de biomasa aérea puede llegar a superar el cuádruplo con un nivel adecuado de fertilización. Con dosis de N iguales, una mayor aportación de P no induce variación en la producción de biomasa ni en las concentraciones de N y P.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por la Empresa FERTIBERIA S.A. (Proy. Ref.: OOT: 2006006-3) y la Junta de Castilla y León (Proy. Ref.: CS104A07). Han colaborado técnicamente J.C. Estévez y M.C. Esteban Hernández.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOACS, 2004. Rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent extraction. Approved Procedure Am 5-04, ANKOM Technology Method. En: *Sampling and analysis of vegetable oil source materials*. Champaign, IL, USA
- CAMPS, M.; MARCOS, F., 2002. *Los Biocombustibles*. Ediciones Mundi-Prensa, 366 pp. Madrid (España).
- GARCÍA CIUDAD, A.; PETISCO C.; GARCÍA CRIADO, L.; VÁZQUEZ de ALDANA, B.R.; GARCÍA CRIADO, B., 2008. Efecto de la fertilización en la producción de semilla de variedades de colza. *Tierras de Castilla y León: Agricultura*, **148**, 14-18.

- JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN, 2006. Colza: El cultivo de moda; estrategia de la UE para los biocarburos. *Tierras de Castilla y León: Agricultura*, **122**, 94-110.
- MARSCHNER, H., 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, 889 pp. London (UK).
- LÓPEZ BELLIDO, L., 2002. *Cultivos industriales*. Ediciones Mundi-Prensa, 1071 pp. Madrid (España).
- PROVEDO PISANO, R.; DÍEZ ANTOLÍNEZ, R., 2006. *El cultivo de la colza en Castilla y León. Resultados de los ensayos, campaña 2005-06*. Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL), 55pp. Junta de Castilla y León (España).

## SUMMARY

### **EFFECT OF FERTILIZATION ON AERIAL BIOMASS PRODUCTION AND NITROGEN AND PHOSPHOROUS CONCENTRATIONS IN RAPE PLANTS**

The effect of the fertilization on both the production of aerial biomass and N and P concentrations in rape plants (*Brassica napus* L. var. ES Hydromel) at anthesis is investigated in this study. The experiment was performed outdoors in a semiarid area belonging to Salamanca province under unirrigated conditions (autumnal sowing). Eight fertilization treatments and an unfertilized control treatment were considered. The results show that both the production of biomass and N and P concentrations in the plant increase significantly ( $p < 0.05$ ) with suitable doses of fertilization. In particular, the production of biomass can reach a fourfold increase. With equal doses of N, a greater supply of P doesn't produce an enhancement of either the biomass production or the N and P concentrations. The concentrations of both elements holds a positive and significant correlation ( $p < 0.001$ ) not only between them, but also with the production of the biomass.

**Key words:** *Brassica napus*, chemical composition, fertilization.



## VALORACIÓN ECO-PASTORAL DE LOS PASTOS DEL MONTE LAKORA (NAVARRA, PIRINEO OCCIDENTAL)

R. GARCÍA-GONZÁLEZ<sup>1</sup>, J.L. REMÓN<sup>2</sup>, D. GÓMEZ-GARCÍA<sup>1</sup>, J. AZORÍN<sup>1</sup>, M. LORDA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC), Apdo.64, 22700 Jaca (Huesca). <sup>2</sup>Consultoría Ambiental-Gestión de Pastos. Pio XII, 6 bis. 31008 Pamplona. <sup>3</sup>I.E.S. Agroforestal. Avda. Villava, 55. E-31015 Pamplona-Iruña. joseluis.remon@terra.es

### RESUMEN

Se aplica el método del índice eco-pastoral, desarrollado en trabajos previos, a los pastos del monte Lakora (Navarra) situado en el Pirineo occidental. Se ha utilizado un mapa de vegetación digitalizado (escala 1/5.000). Las comunidades de *Primulion intricatae*, *Nardion strictae*, brezales subalpinos de *Vaccinium uliginosum* y pastos de *Festuca eskia* son los que tienen un mayor valor ecológico. Las comunidades de *Bromion erecti* y *Primulion intricatae* son las que tienen un mayor valor pastoral potencial. El monte Lakora presenta un valor ecológico mayor que el pastoral, por lo que se justifica su inclusión dentro del Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) "ES2200001 Larra-Aztaparreta" así como la priorización de su conservación mediante el adecuado manejo ganadero.

**Palabras clave:** valor ecológico, valor pastoral, brezal, pasto de puerto, carga ganadera.

### INTRODUCCIÓN

Los puertos de montaña pirenaicos están sujetos a nuevos usos que se solapan con los tradicionales, lo que exige el desarrollo de métodos adecuados para evaluar las diferentes actividades y sus impactos. Para abordar esta nueva situación resulta útil disponer de valoraciones de esos territorios desde una doble perspectiva ecológica y pastoral (Gómez *et al.*, 2001; Gómez *et al.*, 2002). El índice eco-pastoral (IEP) utilizado, se basa en la cuantificación de variables relacionadas con el valor de conservación y la calidad nutritiva de las comunidades pascícolas específicas de un territorio mediante el uso de un método contrastable, evitando valoraciones subjetivas. Varios espacios pastorales han sido valorados con esta metodología (Mendizábal *et al.*, 2004, Gartzia *et al.*, 2005; García-González *et al.*, 2007). En este trabajo se acomete la valoración de otra unidad pastoral en el Pirineo occidental navarro. El objetivo es conocer las comunidades pascícolas más valiosas del territorio, comparar su valoración con otros espacios y proporcionar una herramienta para planes de gestión, ordenación y mejora de pastos. Este trabajo ha sido financiado parcialmente con el proyecto INIA RTA2005-00160-C02-00.



## MATERIAL Y MÉTODOS

El monte Lakora es una unidad pastoral con una superficie de 260 ha y un rango altitudinal de 1428 a 1877 m. La temperatura y precipitación media anual es de 7°C y 1700 mm, respectivamente. El puerto es utilizado por ovejas y, en menor medida, por vacas y yeguas durante aproximadamente cuatro meses en verano. El marco geológico (flysch y calizas) y biogeográfico del área de estudio, se traduce en diversas comunidades vegetales, que han sido cartografiadas a escala 1/5000. Algunas de ellas encuentran en el territorio su límite de distribución y albergan numerosas plantas de interés (Lorda y Remón, 2003). A partir de la cartografía de la vegetación se han medido las superficies de las distintas unidades, necesarias para el cálculo de los índices. Las unidades de vegetación cartografiadas como mixtas de otras dos se han valorado asignando la mitad de su superficie a cada una de las unidades simples. Del conjunto de la vegetación, se han excluido los hayedos y comunidades de roquedo, que suponen en conjunto el 4% de la superficie total y quedan fuera del ámbito pastoral.

El índice eco-pastoral es un binomio compuesto por el valor ecológico (VE) y el valor pastoral (VP), con valores que en ambos casos oscilan en un rango aproximado de 0 a 10. El valor ecológico (VE) se basa en las características de distribución, rareza, diversidad y estatus de protección de las especies y comunidades vegetales consideradas y ha sido calculado para cada comunidad a partir de la base de datos elaborada por el grupo de pastos del Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC) y de Mendizabal *et al.*, (2004). El VE de todo el puerto se ha calculado mediante una media simple del VE de las comunidades presentes. El valor ecológico, a diferencia del pastoral, se asigna por la mera presencia de una comunidad en el territorio de estudio y de forma independiente a la superficie que ocupa, tratando así de evitar el sesgo de sobrevalorar las comunidades que ocupan grandes extensiones y el efecto recíproco.

Para realizar una estima del valor nutritivo de las principales comunidades vegetales del área de estudio se efectuaron 10 cortes de biomasa (03/08/2008), representativos, tanto de las principales comunidades de pasto y matorral, como del gradiente altitudinal, orientación y pendiente. Las muestras se secaron a 60°C durante 48 horas y se analizaron por duplicado en el IPE-CSIC para determinar la concentración de nitrógeno (N) mediante el método Kjeldahl. Los contenidos en fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina ácido detergente (LAD) se determinaron mediante el método secuencial de van Soest con tecnología Ankom, y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DMS) mediante el método enzimático. La concentración de fósforo (P) se obtuvo mediante espectroscopía de Plasma Acoplada Inductiva (ICP). Todas las concentraciones se expresaron en porcentaje de materia seca (MS). El contenido en fenoles totales se estimó mediante el método de Price y Butler modificado por Graham (1992) y se expresan en equivalentes de ácido tánico (%).

El valor pastoral (VP) se estimó a partir de metodología expuesta en trabajos previos (García-González y Marinas, 2008). Se basa en la combinación de tres variables relacionadas con la producción, calidad y selectividad de la comunidad vegetal particular. La producción de la mayoría de comunidades se ha obtenido a partir de García-González *et al.*, (2002), aplicando el método de los incrementos de biomasa verde, excepto para el brezal de *Calluna*, el brezal subalpino de *Vaccinium uliginosum* y el lastonar de *Brachypodium rupestre* que se estimaron a partir de bibliografía. El índice de calidad se calculó mediante el algoritmo  $IC = (N + P) \cdot DMS / 100$ . Dado que no poseemos datos de

la selectividad real de las diferentes comunidades por las diferentes especies animales en la zona de estudio, estimamos el VP potencial (VPp), que no incluye la selección herbívora y se define como  $VPp = Pr \cdot IC/100$ , siendo Pr la producción en  $g \cdot m^{-2} \cdot año^{-1}$ . Sin embargo, para el cálculo de la capacidad de carga del área de estudio, se usó el nivel de Utilización potencial (Up) de las diferentes comunidades, definido como la proporción entre biomasa pastada y biomasa disponible. La Up sería la utilización máxima que normalmente puede tolerar una determinada comunidad vegetal, sin merma de capacidad regenerativa (Busqué *et al.*, 2003). Para la mayoría de las comunidades, Up se ha derivado de los índices de selección (índice de Jacobs) obtenidos en áreas vecinas (Gartzia *et al.*, 2005), excepto para la porción leñosa de los brezales (Armstrong, 1998). Para estimar la energía metabolizable disponible para los herbívoros se han utilizado las conversiones de 19,66 kJ por gramo MS y 82% para el metabolismo de la energía digestible. Los requerimientos energéticos de las especies ganaderas se han tomado de García-González y Marinas (2008): ovejas 7,5 MJ/día y vacas 58,31 MJ/día.

Para el cálculo del valor pastoral y de la capacidad de carga potencial, el matorral de *Genista occidentalis* (2% de superficie) se ha juntado con el brezal de *Calluna vulgaris* y *Vaccinium myrtillus* (52%) por tener una utilización pastoral similar. En esta comunidad mixta se han considerado dos fracciones: la leñosa (cobertura del 85-90%) y la del pasto.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Composición química, valor pastoral y capacidad de carga

En general los parámetros de calidad (N, P y DMD) presentan valores ligeramente más bajos (Tabla 1 y 2) a los obtenidos para comunidades similares en áreas vecinas (Gartzia *et al.*, 2005; García-González *et al.*, 2007). Esto podría deberse al empobrecimiento del sustrato en el área de estudio por causa del fuego reiterado y lavado de sales (alta humedad ambiental), o/y por la fecha relativamente tardía del muestreo. Las comunidades leñosas, junto con el lastonar, son las que presentan mayores niveles de lignina (ADL) y menor digestibilidad (DMS). También son las que presentan mayores concentraciones de fenoles totales, lo cual normalmente suele ir asociado a su baja apetecibilidad. La comunidad de mayor calidad (*Primulion intricatae*) presenta también un alto contenido en fenoles totales, lo que no parece influir en una disminución de su digestibilidad.

**Tabla 1. Componentes nutritivos de las comunidades vegetales más importantes de los pastos de Lakora (Navarra). En % de materia seca excepto fenoles en equivalentes de ácido tánico (%).**

Comunidad vegetal	Nº	N	P	NDF	ADF	ADL	DMS	Fenoles
Brezal <i>Calluna</i> y <i>G. occidentalis</i> (leñosas)	2	1,2	0,12	63	42	18	45	2,4
Brezal subalp. <i>V. uliginosum</i> (leñosas)	1	1,3	0,11	59	43	23	38	2,8
Pasto de <i>Festuca eskia</i>	1	1,1	0,11	72	37	6	54	1,0
Pasto de <i>Nardus stricta</i>	2	1,7	0,13	71	34	5	61	1,2
Pasto mesófilo ( <i>Bromion</i> )	2	1,6	0,16	66	34	5	65	1,0
Pasto de <i>B. rupestre</i> ( <i>Bromion</i> )	1	1,5	0,12	67	39	12	54	2,4
Pastos quionófilos ( <i>Primulion</i> )	1	2,1	0,14	50	27	6	73	2,0

**Tabla 2. Valor pastoral y energía metabolizable por comunidades y para el conjunto del área de estudio (véase texto). (H: fracción herbácea; L: fracción leñosa).**

Comunidad vegetal	% Spf	IC	Prod (g·m <sup>-2</sup> ·año <sup>-1</sup> )	VPp	VPp·%Sf	Up	EM. (MJ·m <sup>-2</sup> )	EM·Spf·Up (GJ)
Brezal <i>Calluna</i> y <i>G. occidentalis</i> (H)	7	1,2	166	2,1	0,1	0,5	1,8	152
Brezal <i>Calluna</i> y <i>G. occidentalis</i> (L)	49	0,6	174	1,0	0,5	0,1	1,3	152
Brezal subalp. <i>V. uliginosum</i> (L)	3	0,5	385	2,0	0,1	0,1	2,4	16
Pasto de <i>Festuca eskia</i>	2	0,6	395	2,5	0,1	0,1	3,5	20
Pasto de <i>Nardus stricta</i>	17	1,1	262	2,8	0,5	0,25	2,6	271
Pasto mesófilo ( <i>Bromion</i> )	17	1,1	348	3,9	0,7	0,5	3,6	789
Pasto de <i>B. rupestre</i> ( <i>Bromion</i> )	5	0,9	378	3,2	0,2	0,5	3,3	191
Pastos quionófilos ( <i>Primulion</i> )	0	1,7	205	3,4	0,0	0,45	2,4	8
<b>Totales y medias</b>	(249 ha)			2,6	2,1	0,31		1598

En la Tabla 2 se exponen para cada comunidad los valores pastorales (VPp) y la energía metabolizable disponible (EM). El valor pastoral potencial más bajo lo presenta la fracción leñosa de los brezales y los más altos se observan en los pastos mesófilos de afinidad calcárea, tales como el *Bromion* y *Primulion*, en concordancia con lo obtenido en otros puertos pirenaicos (Gartzia *et al.*, 2005). El valor pastoral potencial (VPp) para todo el área de estudio (ponderado por la superficie de cada comunidad) da un valor de 2,1, similar al del vecino puerto de Aisa (2,3; García-González y Marinas, 2008), lo cual puede considerarse relativamente bajo, dado que el valor medio es de  $4,5 \pm 1,2$  (l.c. 95%) (base de datos inédita IPE-CSIC). Los brezales ocupan más de la mitad de la superficie y ello condiciona su ulterior valor pastoral y capacidad de carga ganadera. Su baja digestibilidad y presencia de fenoles hacen del brezal de *Calluna vulgaris* un mal pasto; sin embargo, posee bastante interés ecológico (Lorda y Remón, 2003), constituyendo un excelente alimento y refugio para especies animales protegidas (*Perdix perdix*, *Ursus arctos*).

La estimación de la energía metabolizable disponible para todo el área de estudio proporciona un valor de 1598 Gigajulios, la cual podría sostener a 228 vacas ó 1780 ovejas teniendo en cuenta el tiempo de pastoreo (120 días), los pesos animales y estructura de rebaño habituales en la zona, y los estándares nutricionales generales (García-González y Marinas, 2008). Deben considerarse estas cifras como cargas máximas y con la cautela necesaria en este tipo de estimaciones. El nivel de utilización general medio para el área de estudio es de 0,31 (Tabla 2). Niveles de utilización más conservativos para espacios protegidos (0,25; García-González *et al.*, 2007) rebajarían la carga ganadera. Por otra parte, el nivel de utilización del brezal está condicionado por su misma estructura (proporción de pasto y matorral), lo cual puede hacer que los valores de utilización puedan variar notablemente (Armstrong, 1998).

### Valor ecológico

Los pastos quionófilos del *Primulion intricatae* (*P.i.*) tienen el mayor valor ecológico, seguido de los cervunales de *Nardus stricta* (*N.s.*), brezales subalpinos de *Vaccinium uliginosum* (*V.u.*) y pastos de *Festuca eskia* (*F.e.*). Los matorrales de *Genista*

*occidentalis* (G.o.) presentan un valor medio y los pastos de *Brachypodium rupestre* (B.r.), brezales de *Calluna vulgaris* (C.v.) y pastos mesófilos del *Bromion erecti* (B.e.) presentan los valores más bajos (Tabla 3).

**Tabla 3. Valor florístico (VF), valor de comunidad (VC) y valor ecológico (VE) de las comunidades vegetales en el Monte Lakora. (\*) Datos de Mendizabal *et al.*, 2004.**

Comunidad vegetal	VF	VC	VE
Matorral de <i>Genista occidentalis</i> *	2,2	3	5,2
Brezal de <i>Calluna vulgaris</i> *	1,7	2,7	4,3
Brezal subalpino de <i>Vaccinium uliginosum</i>	5,4	2,9	8,3
Pasto de <i>Festuca eskia</i>	4,0	3,0	7,0
Pasto de <i>Nardus stricta</i>	6,3	2,7	8,9
Pasto mesófilo ( <i>Bromion</i> )	1,8	2,0	3,8
Pasto de <i>Brachypodium rupestre</i> ( <i>Bromion</i> )*	1,8	3,0	4,8
Pastos quionófilos ( <i>Primulion</i> )	7,4	3,7	11,1
<b>Valor medio</b>			<b>6,7</b>

Comparando las Tablas 2 y 3 puede observarse, que los pastos del B.e. tienen el mayor valor pastoral potencial y un menor valor ecológico y además son los más utilizados por el ganado, principalmente ovino aunque también vacuno y equino. Los pastos del P.i. ocupan una superficie muy reducida y aunque son los de mayor valor ecológico y tienen un alto valor pastoral potencial, son poco relevantes para el ganado. Los pastos de B.r. y los de N.s. tienen valores pastorales potenciales algo más bajos pero su valor ecológico es muy distinto, siendo mucho más elevado en estos últimos, aunque su grado de utilización es variable. Los lastonares de B.r. salpican algunas zonas de brezales poco accesibles al ganado mayor y apenas son apetecibles para las ovejas que transitan por los matorrales a la búsqueda de mejores pastos. Los cervunales más densos son muy poco pastados, pero cuando la proporción de *Nardus stricta* disminuye aumenta el pastoreo, por ser más abundantes en esa comunidad algunas especies apetecibles, tales como *Festuca nigrescens*, *Agrostis capillaris*, *Trifolium alpinum* y *T. thalii*. Los pastos de F.e. y los brezales subalpinos de V.u. tienen un valor pastoral potencial medio-bajo pero su valor ecológico es alto. Estos pastos apenas son utilizados por el ganado y únicamente las ovejas pastan algunas especies apetecibles que crecen entre la *Festuca eskia*.

Los brezales de *Calluna vulgaris*, de escaso valor pastoral potencial, tienen también un valor ecológico bajo, aunque hay que señalar su papel protector del suelo en laderas de fuerte pendiente y la presencia en su seno de *Daboecia cantabrica* y *Ulex gallii* en su límite oriental absoluto de distribución, y de la perdiz pardilla (*Perdix perdix*), especie catalogada.

El valor ecológico del monte Lakora es relativamente alto (6,7), aunque ligeramente más bajo que el de otros territorios pirenaicos como el del puerto de Aísa (7,6; Gartzia *et al.*, 2005) y P. N. de Ordesa (8; García-González *et al.*, 2007). No obstante, cabe resaltar que el valor ecológico del monte Lakora es superior al de territorios similares del País Vasco (media 5,3; Mendizabal *et al.*, 2004). El valor pastoral potencial del área de estudio (2,6) es similar al del puerto de Aísa (2,9). Ambos valores son bastante bajos debido, en Lakora, a la gran abundancia de brezales de *Calluna* y en Aísa, a la pedregosidad y a la naturaleza rocosa del puerto.

El alto valor ecológico de la zona de estudio, junto con la esperada ampliación de su estatus de protección, aconseja una adecuación de las prácticas ganaderas y una estricta regulación de las prácticas de quema y desbroce. Estas, deberían realizarse en el contexto de un Plan de Conservación general para la zona, que condicionara su práctica a una utilización pastoral inmediata y continuada en el tiempo.

## CONCLUSIONES

El valor ecológico del monte Lakora es notablemente superior al pastoral siendo comparable al de otros puertos pirenaicos como el de Aisa situado en el P. N. de Los Valles Occidentales. La gestión del brezal se considera clave para la conservación del conjunto del monte y, por ello, cualquier actuación sobre el mismo debe ser adecuadamente justificada.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARMSTRONG, H., 1998. The grazing behaviour of large herbivores in the Uplands. En: *Grazing Management Planning for Upland Natura 2000 Sites: A Practical Manual*, 101-110. Ed. F.E. STEWART, S.G. ENO. The National Trust for Scotland. Aberdeen (UK).
- BUSQUÉ, J.; MÉNDEZ, S.; FERNÁNDEZ, B., 2003. Estructura, crecimiento y aprovechamiento de pastos de puerto cantábricos invadidos o no por lecherina (*Euphorbia polygalifolia*). *Pastos*, **33**, 283-303.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; ALADOS, C.L.; BUENO, G.; FILLAT, F.; GARTZIA, M.; GÓMEZ, D.; KOMAC, B.; MARINAS, A.; SAINT-JEAN, N., 2007. Valoración ecológica y productiva de los pastos supraforestales en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. En: *Proyectos de investigación en parques nacionales: 2003-2006*, 105-128. Ed. L. RAMÍREZ, B. ASENSIO. OAPN. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; MARINAS, A.; GÓMEZ-GARCÍA, D.; ALDEZABAL, A.; REMÓN, J.L., 2002. Revisión bibliográfica de la producción primaria neta aérea de las principales comunidades pascícolas pirenaicas. En: *Producción de pastos, forrajes y céspedes*, 245-250. Eds. CHOCARRO *et al.*, Ed. Universitat de Lleida, España.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; MARINAS, A., 2008. Bases ecológicas para la ordenación de superficies pastorales. En: *Pastos del Pirineo*, 229-253. Eds. FILLAT *et al.*, CSIC. Madrid.
- GARTZIA, M.; MARINAS, A.; CAMPO, A.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; GÓMEZ-GARCÍA, D., 2005. Valoración eco-pastoral de los pastos del puerto de Aísa (Pirineo Occ). En: *Producciones agroganaderas. II*, 817-824. Eds. DE LA ROZA *et al.*, SERIDA. Gijón.
- GÓMEZ-GARCÍA, D.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; MARINAS, A.; ALDEZABAL, A., 2002. An eco-pastoral index for evaluating Pyrenean mountain grasslands. *Proc. 19th General Meeting European Grassland Federation*, 922-923. La Rochelle (Francia).
- GÓMEZ-GARCÍA, D.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; REMÓN, J.L., 2001. Una valoración ecológica de los pastos de montaña de los Pirineos. En: *Biodiversidad en Pastos*, 201-208. Ed. CIBIO. Generalitat Valenciana. Alicante (España).
- GRAHAM, H.D., 1992. Stabilization of the Prussian blue color in the determination of poliphenols. *J. Agric. Food Chem.*, **40**, 801-805.
- LORDA, M; REMÓN, J.L. 2003. Cartografía de la vegetación en la conservación de los hábitats. El ejemplo del monte Lakora (Navarra, Pirineo occ.). *Acta Botanica Barcinonensia*, **49** (VI)

Col·loqui Botànica Pirenaico-Cantàbrica), 341-356. Barcelona.

MENDIZABAL, M.; ALDEZABAL, A.; GÓMEZ-GARCÍA, D.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R., 2004. Estimación del valor ecológico de los pastos de las montañas cantábricas (sector vasco): datos preliminares. En: *Pastos y ganadería extensiva*, 139-145. Ed. B. GARCÍA-CRIADO *et al.* SEEP-IRNASA. Salamanca (España).

## SUMMARY

### **ECO-PASTORAL VALUATION OF LAKORA SUMMER PASTURES (NAVARRE, WESTERN PYRENEES)**

An eco-pastoral valuation of a summer range in the western Pyrenees (Mount Lakora, Navarre) has been carried out applying a method developed by the authors in previous studies. We used a digitized vegetation map (1:5000) of the study area. Plant communities of *Nardion strictae*, *Primulion intricatae*, *Vaccinium uliginosum* subalpine heaths and *Festuca eskia* pastures have shown the greatest ecological value. *Bromion erecti* and *Primulion intricatae* showed the greatest pastoral value. Regarding its surface, the study area has an ecological value, substantially greater than their pastoral value.

**Key words:** ecological value, pastoral value, heather, summer pastures, stocking rate.



## EFFECTO DEL PASTOREO SOBRE LA CALIDAD NUTRITIVA DE LOS PASTOS DE MONTAÑA

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

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

<sup>2</sup>Aranzadi Institutua. Zorroaga gaina, 11. 20014 Donostia (Gipuzkoa). <sup>3</sup>Producción Animal, NEIKER, Centro de Arkaute, Apdo. 46, 01080 Vitoria-Gasteiz. arantza.aldezabal@ehu.es

### RESUMEN

Es conocido que el pastoreo produce diversos efectos que actúan a distintas escalas. A escala de comunidad vegetal, produce cambios en la estructura y composición florística, en la relación de competencia interespecífica, en el ciclo de nutrientes y en la calidad nutritiva, además de otras interacciones. El objetivo principal de este trabajo es analizar y comprobar si el pastoreo está produciendo una mejora en la calidad nutritiva del pasto, aplicando una aproximación analítica multivariante. El estudio se realizó en el Parque Natural de Aralar, donde se instalaron 4 cercados para excluir el pasto permanentemente del pastoreo, y se utilizaron jaulas móviles para excluir el pasto temporalmente del pastoreo (más detalles en Azpiroz *et al.*, 2008). Mensualmente durante 3 periodos de pastoreo (2005, 2006 y 2007), se recolectó material vegetal para su análisis nutritivo. Estos datos fueron tratados mediante técnicas de ordenación canónica, concretamente mediante el Análisis de Redundancia (RDA, *Redundancy Analysis*). Los resultados indicaron que una exclusión permanente del pastoreo produce paulatinamente un aumento en el contenido de fibra en el pasto. A pesar de ello, existe una necesidad de analizar los datos incluyendo más factores, principalmente los relacionados con la composición florística del pasto y su heterogeneidad espacial.

**Palabras clave:** pastoreo, macrominerales, digestibilidad, cercado, análisis de ordenación canónica, País Vasco.

### INTRODUCCIÓN

Cuando se analizan los pastos de montaña, es necesario tener en cuenta la propia actuación de los herbívoros, los cuales influyen en la composición florística de las comunidades vegetales y condiciona su dinámica lo que, a su vez, repercute en su utilización posterior y en la calidad nutritiva de los mismos (Fillat *et al.*, 2008).

Es conocido que el pastoreo produce diversos efectos que actúan a distintas escalas (Bailey *et al.*, 1996). A escala de comunidad vegetal, produce cambios espacio-temporales en la estructura y composición florística, en la relación de competencia interespecífica (restando fuerza a las especies más competitivas), en el ciclo de nu-



trientes (acelerando su reciclaje) y en la calidad nutritiva. En relación a este último punto, cabe destacar que el efecto causado por el pastoreo moderado del ganado doméstico puede traducirse en una mejora temporal de la calidad nutritiva de los pastos (por reducción de la materia seca y el rebrote que se desarrolla en las majadas o zonas muy fertilizadas). Pero lamentablemente, existen pocos trabajos en los que se haya abordado el tema desde enfoque global o multivariante (analizando todas las variables nutritivas en su conjunto).

Por ello, el objetivo principal de este trabajo es analizar y comprobar si el pastoreo está produciendo una mejora en la calidad nutritiva del pasto, aplicando una aproximación analítica multivariante.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica en el Parque Natural de Aralar (Gipuzkoa). Este parque se sitúa al sudeste de Guipúzcoa, limitando con el sector navarro de la misma sierra y cuenta con casi 11 000 hectáreas. El núcleo del macizo está dedicado a pastos, que son utilizados de manera extensiva por una importante cabaña de oveja “Latxa” y ganado mayor (vacuno y equino de carne de varias razas). Los pastos de montaña tienen mucha importancia en dicho parque, ocupando 2077 hectáreas (casi el 20%) y siendo la materia prima del importante sector pastoral.

### Diseño experimental

En este trabajo presentamos una parte correspondiente a un estudio más amplio que se inició en el periodo de pastoreo del 2005 (para más detalles véase Azpiroz *et al.*, 2008). En dicho estudio, se eligieron 4 zonas de muestreo: Oidui, Igaratza, Alotza y Uzkuiti. En cada zona se instaló un cercado de exclusión permanente de 2500 m<sup>2</sup> con el fin de poder calcular la composición florística y calidad nutritiva del pasto en ausencia continua de pastoreo. Paralelamente, se colocaron jaulas de exclusión temporales (móviles) de 1,5 x 1,5 m alrededor de los cercados para obtener zonas temporalmente excluidas del efecto del pastoreo (Rusch y Oesterheld, 1997).

La frecuencia de muestreo fue mensual durante 3 periodos de pastoreo (de mayo a octubre de 2005, 2006, 2007). Se utilizó el *método de corte* para recolectar la biomasa vegetal. El muestreo se llevó a cabo con cizallas eléctricas manuales (Outils Wolf, Sp75) y en algunos casos, para que el corte fuese homogéneo, se utilizaron tijeras de podar (Outils Wolf). En cada muestreo, al azar y de forma simultánea, se tomaron muestras en cada localidad y se cortaron 3 cuadrados (réplicas) de 1 m<sup>2</sup> en cada zona: es decir, 3 dentro de cada cercado, 3 en las jaulas móviles y 3 en la zona de pastoreo (es decir, zona que constantemente está bajo la influencia del pastoreo). En cada muestreo, tras el corte, las jaulas temporales se movían de lugar y volvían a ser colocadas aleatoriamente alrededor de los cercados en la zona pastada. Así, la biomasa que crece en un mes (intervalo de tiempo entre un muestreo y el siguiente) dentro de las jaulas, durante el cual la hierba ha estado excluida del pastoreo, corresponde al crecimiento vegetal del pasto que ha estado bajo la influencia del pastoreo el mes anterior. Cada muestra fue almacenada en bolsas de plástico, etiquetada y procesada en el Laboratorio Agrario de Eskalmendi, secándolas en estufa a 60°C durante 48 horas. Las variables nutritivas analizadas fueron las siguientes: macrominerales (calcio, Ca;

fósforo, *P*; potasio, *K*; y magnesio, *Mg*), proteína bruta (*PB*), fibra neutro detergente (*FND*), digestibilidad enzimática (*FND* celulasa, *FNDcel*), y la relación de carbono/nitrógeno (calculada como *FND/PB*, *CNratio*).

### Análisis numérico

Realizamos una aproximación mediante ordenaciones canónicas para testar hipótesis (Legendre y Anderson, 1999; Ter Braak y Prentice, 1988). La hipótesis nula ( $H_0$ ) que se plantea en este tipo de análisis es que la influencia de las variables ambientales (representadas por las matrices de constricción) sobre este conjunto de datos multivariantes (matriz de calidad nutritiva) no es significativamente diferente del azar.

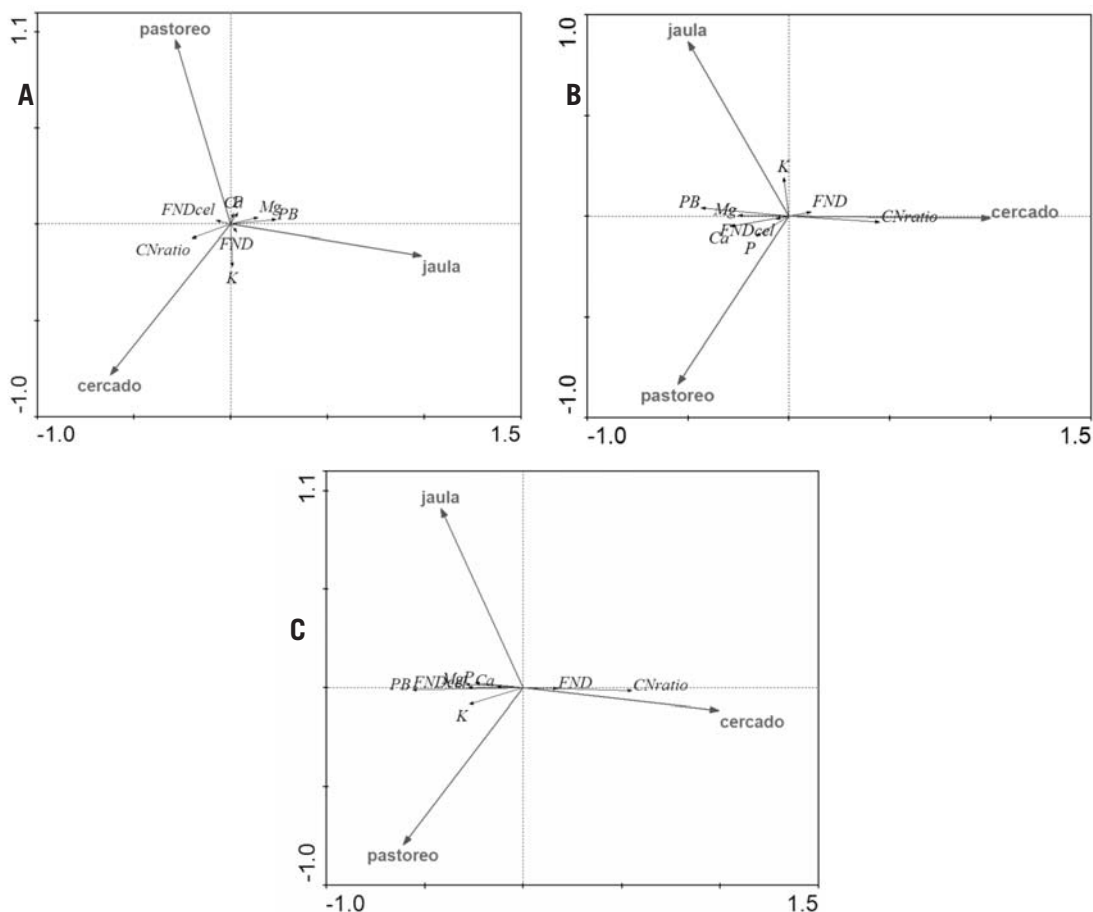
Construimos 3 matrices principales, una por cada periodo de pastoreo, compuestas por muestras y las variables nutritivas anteriormente mencionadas: matriz "2005" (152 muestras x 8 variables nutritivas), matriz "2006" (189 muestras x 8 variables nutritivas), matriz "2007" (199 muestras x 8 variables nutritivas). Con objeto de seleccionar la técnica de ordenación constreñida más apropiada, cada una de las matrices principales fue sometida a un Análisis de Correspondencias por liberación de tendencias y por segmentos sin realizar una re-escalación lineal de los ejes (*DCA*, *Detrended Correspondence Analysis*). Este procedimiento tiene la propiedad de que los ejes extraídos están en unidades de desviación estándar (*DS*). Debido a que las unidades de *DS* fueron menores de 3 en todos los casos, se decidió realizar un Análisis de Redundancia (*RDA*, *Redundancy Analysis*), considerando una respuesta lineal de la variable analizada y por tanto un gradiente relativamente corto, siguiendo las recomendaciones de Legendre y Anderson (1999), y Ter Braak y Smilauer (2002). El análisis *RDA* es una técnica de ordenación constreñida que asume respuestas lineales en relación a las variables ambientales. Testamos la colinealidad entre variables en cada matriz de constricción calculando los factores de inflación de la variación (*VIF*, *Variance Inflation Factor*) para cada variable. Posteriormente se construyeron las matrices de constricción correspondientes a las zonas, donde definimos 3 variables ficticias (*dummy*): cercado permanente, jaula móvil de exclusión y zona de pastoreo. La Variación Total Explicada (*VTE*) por cada una de estas matrices se calculó como la suma de todos los ejes canónicos extraídos tras utilizar cada una de ellas como la matriz de constricción (Bocard *et al.*, 1992).

Para determinar la precisión de estas relaciones entre la matriz principal (calidad nutritiva) y la matriz explicativa (zonas), realizamos el test de permutaciones de Monte Carlo (1000 permutaciones). La suma de todos los valores propios o traza fue utilizada para conseguir el estadístico *F-ratio* (Legendre y Anderson, 1999). Sólo se consideraron significativas las relaciones entre ambas matrices de datos cuando su significación se ajustaba a  $p < 0,05$  (Legendre y Legendre, 1998). Cuando el modelo de *RDA* fue significativo se llevó a cabo un procedimiento de selección de las variables paso a paso y hacia adelante (*Forward stepwise selection*) para seleccionar un modelo que incluyera solamente las variables significativas al que denominaremos modelo reducido. Este procedimiento consistió en incorporar las variables explicativas una a una en orden de los mayores a menores valores propios que resultaban tras separar la variación explicada por las variables incluidas anteriormente. El proceso terminó cuando la nueva variable ya no era significativa ( $p > 0,05$ ). La mejora en el ajuste del modelo reducido con cada nueva variable seleccionada se determinó por el test de Monte Carlo con 1000

permutaciones. Estos análisis se realizaron con el programa CANOCO para Windows v. 4.5 (Ter Braak y Smilauer, 2002).

### Resultados y discusión

Según indican los resultados de la Tabla 1, durante el primer año de exclusión del pasto (periodo de pastoreo de 2005, año en el que se instalaron los cercados permanentes) las diferentes zonas (cercado permanente, jaula móvil y zona de pastoreo) no explican de forma significativa la varianza encontrada en la matriz principal, lo cual significa que nutritivamente son similares y que las pequeñas diferencias encontradas entre las mismas son atribuibles sólo al azar. Sin embargo, durante el segundo año de exclusión experimental (periodo de pastoreo de 2006), se empiezan a notar un poco más las diferencias, sobre todo en la calidad nutritiva del pasto de los cercados con respecto a las jaulas y zona de pastoreo. Aunque la varianza total explicada fue tan sólo el 2,3%, el cercado explicó dicha fracción de forma significativa (Tabla 1), indicando que la calidad nutritiva del pasto dentro del cercado permanente difiere en cierta medida del resto. Tal y como podemos observar en los diagramas de ordenación RDA de la Figura 1, las variables nutritivas “responsables” de provocar dicha diferencia son la



**Figura 1. Diagramas RDA correspondientes a los periodos de pastoreo del 2005 (A), 2006 (B) y 2007 (C). Variables nutritivas: calcio (Ca), fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND), digestibilidad enzimática de la FND (FNDcel), y relación entre la FND y la PB (CNratio).**

cantidad de FND y la relación FND/PB (CNratio), las cuales presentan una tendencia a aumentar dentro del cercado a medida que pasa el tiempo desde la exclusión. Siguiendo con la tendencia descrita, en el periodo de pastoreo de 2007 encontramos que el cercado explica de forma significativa una varianza total de 8,9% (Tabla 1). A su vez, en el diagrama C de la Figura 1 se puede comprobar que las variables nutritivas que aparecen relacionadas con el cercado, son al igual que antes la cantidad de FND y la relación FND/PB (CNratio), siendo sus valores más altos dentro de los cercados.

**Tabla 1. Resultados de los análisis de redundancia (RDA) correspondientes a los periodos de pastoreo de 2005, 2006 y 2007. VTE% = Varianza Total Explicada expresada en porcentaje;  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$  = valores propios (autovalores) de los ejes canónicos.**

	VTE%	variable(s)	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	F-ratio	p
<i>periodo de pastoreo 2005</i>	<b>1,3</b>	modelo completo	0,012	0,001	0,738	0,97	0,392
<i>periodo de pastoreo 2006</i>	<b>2,3</b>	modelo completo	0,023	0,905	0,053	2,24	0,116
	<b>2,0</b>	modelo reducido*		<i>Cercado:</i>		4,41	0,026
<i>periodo de pastoreo 2007</i>	<b>8,6</b>	modelo completo	0,086	0,000	0,751	9,19	0,001
	<b>8,6</b>	modelo reducido*		<i>Cercado:</i>		18,36	0,001

modelo reducido\* = se realiza mediante el Test de Monte Carlo (con 1000 permutaciones), siendo el nivel de significación  $p < 0,05$ .

Esta tendencia al aumento del contenido en fibra del pasto excluido permanentemente del pastoreo, coincide con lo descrito anteriormente por otros autores (Aldeza-bal, 2001; Rusch y Oesterheld, 1997), y es debido principalmente a una acumulación de la materia seca. También esta diferencia en calidad puede estar respondiendo a un cambio en la composición florística del pasto, donde el pastoreo puede estar provocando una disminución en la abundancia relativa de las gramíneas (más ricas en fibras) y un incremento de las dicotiledóneas herbáceas (más ricas en macrominerales). No obstante, no podemos olvidar que la VTE no es alta, por lo que existen más factores implicados en esta relación que no han sido incluidos en el presente trabajo (por ejemplo la composición florística, características edáficas, época de muestreo) y que podrían tener mayor importancia en la calidad nutritiva que la propia exclusión al pastoreo. Siendo esto así, sería conveniente analizar en detalle la relación “calidad vs. composición” y “composición vs. zona”) encontrada en cada periodo de pastoreo, y en cada localidad por separado para poder “controlar” mejor el efecto de la heterogeneidad espacial.

## CONCLUSIONES

Los resultados presentados en el presente trabajo indican que una exclusión permanente del pastoreo produce paulatinamente un aumento en el contenido de fibra en el pasto. A pesar de ello, existe una necesidad de analizar los datos con más detenimiento e incluyendo más factores, principalmente los relacionados con la composición florística del pasto y su heterogeneidad espacio-temporal.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Diputación Foral de Gipuzkoa, la Cátedra Unesco (ref.: UNESCO05/08) y el Departamento de Medio Ambiente del Gobierno Vasco (acrónimo *k-egokitzen*). Queremos agradecer la ayuda prestada por los compañeros de la S.C. Aranzadi en los muestreos, así como la labor realizada por los guardas del Parque.

## 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*. Consejo de Protección para la Naturaleza de Aragón, 317 pp. Zaragoza (España).
- 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*, 303-308. Eds. P. FERNÁNDEZ; A. GÓMEZ; J.E. GUERRERO; A. GARRIDO; C. CALZADO; A.M. GARCÍA; M.D. CARBONERO; A. BLÁZQUEZ; S. ESCUÍN; S. CASTILLO. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, Sevilla (España).
- BAILEY, D.W.; GROSS, J.E.; LACA, E.A.; RITTENHOUSE, L.R.; COUGHENOUR, M.B.; SWIFT, D.M.; SIMS, P.L., 1996. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. *Journal of Range Management*, **49**, 386-400.
- BOCARD, D.; LEGENDRE, P.; DRAPEAU, P., 1992. Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology*, **73**, 1045-1055.
- FILLAT, F.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; GÓMEZ, D.; REINÉ, R., 2008. *Pastos del Pirineo*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Premios Félix de Azara-Diputación de Huesca, 319 pp. Madrid (España).
- LEGENDRE, P.; ANDERSON, M.J., 1999. Distance-based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. *Ecological Monographs*, **69**, 1-24.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L., 1998. *Numerical Ecology*. Elsevier, 853 pp. Amsterdam (The Netherlands).
- RUSCH, G.; M. OESTERHELD, 1997. Relationship between productivity, and species and functional group diversity in grazed and non-grazed Pampas grassland. *Oikos*, **78(3)**, 519-526.
- TER BRAAK, C.J.F.; PRENTICE, I., 1988. A theory of gradient analysis. *Advances in Ecological Research*, **18**, 271-317.
- TER BRAAK, C.J.F.; SMILAUER, P., 2002. *Reference manual and CanoDraw for windows User's guide: software for Canonical Community Ordination (Version 4.5)*. Microcomputer Power, 500 pp. Ithaca, NY (USA).

## SUMMARY

### EFFECT OF GRAZING ON NUTRITIVE QUALITY OF MOUNTAIN PASTURES

It is known that grazing causes effects that act at different scales. At plant community level, grazing can affect the floristic composition, competitive relationship between species,

nutrient cycle and nutritive quality. The main objective of this work is to analyze whether grazing enhances the nutritive quality of pasture, applying multivariate numerical analysis. The study was carried out in the Natural Park of Aralar, where 4 permanent exclosures were built for obtaining non-grazed areas. Also, we used cages in order to get areas temporarily excluded from grazing (more details in Azpiroz *et al*, 2008). Monthly, during 3 grazing periods (2005, 2006 y 2007), pasture samples were harvested for nutritive analysis. Data were analyzed by canonical ordination techniques (RDA). Results indicated that permanently excluded pasture suffered a gradually increasing of fiber content. However, it is necessary to include more factors in the analysis, especially factors which are related with floristic composition and its spatial heterogeneity.

**Key words:** grazing, macrominerals, digestibility, exclosure, canonical ordination analysis, Basque Country.



# CALIDAD FORRAJERA DE DOS TIPOS DE PASTOS DE PUERTO EN ORDINO (PRINCIPADO DE ANDORRA): COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS

M. BOU<sup>1</sup>, M. DOMENECH<sup>2</sup>, R. FANLO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Producción Vegetal y Ciencia Forestal. Universidad de Lleida. Rovira Roure 191, 25198 Lleida. <sup>2</sup>CENMA, Institut d'Estudis Andorrans. Av. Rocafort, 21-23, Sant Julià de Lòria (Andorra). fanlo@pvcf.udl.cat

## RESUMEN

Cuando se utilizan distintos métodos para medir la calidad de un mismo pasto natural, puede ocurrir que se obtengan resultados diferentes y poco relacionados. En este trabajo se compara la calidad forrajera, obtenida mediante composición florística (Valor Pastoral) con algunos valores procedentes del análisis NIRS (PB, PD, FB, FND, LAD) y las UFL. La calidad, medida mediante el método NIRS, es mayor para los pastos de *Nardus stricta* que para los de *Festuca eskia*, aunque el Valor Pastoral (VP) no presente diferencias significativas. En ambos pastos existe una correlación negativa entre el VP y el contenido en fibra neutro detergente (FDN); además, de otra correlación negativa entre el VP y el contenido de fibra bruta (FB) en los pastos de *Festuca eskia*. No hay ninguna correlación positiva entre el VP y otros valores de calidad como proteínas o energía. Estos resultados nos inducen a concluir, que los Is (índices de calidad específica) de determinadas especies, no reflejan la verdadera calidad forrajera de estas.

**Palabras clave:** Valor Pastoral, metodología NIRS, *Festuca eskia*, *Nardus stricta*, Pirineos.

## INTRODUCCIÓN

La parroquia de Ordino está situada en el extremo noroeste del Principado de Andorra (Figura 1). Con una superficie de 89,3 km<sup>2</sup>, los pastos situados por encima del límite actual del bosque, representan casi una cuarta parte del término parroquial. Su posición geográfica dentro de los Pirineos, con altitudes medias por encima de los 1300 m, innivación superior a cinco meses y corto periodo de crecimiento, nos llevan a clasificar a la zona como municipio de alta montaña, con marcado uso forestal y pastoral de sus superficies. Estos han sido sus principales recursos hasta mediados del siglo XX, en que la actividad turística dio un cambio radical a la economía de la parroquia. No obstante, y a comienzos del siglo XXI, gracias a la legislación andorrana, con medidas protectoras de su ganadería (BOPA, 1999), se ha frenado el abandono del sector primario, manteniéndose en uso gran parte de los pastos de puerto (unas





Figura 1. Situación de la Parroquia de Ordino en el Principado de Andorra.

22 000 ha en la parroquia de Ordino). El objetivo del presente trabajo es calcular la calidad forrajera de dos tipos de pastos de puerto (*Festuca eskia* y *Nardus stricta*) mediante dos métodos (Valor Pastoral y análisis NIRS) y ver si existen relaciones entre los resultados de ambos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La mayoría de los pastos de puerto de Ordino se sitúan sobre suelos ácidos, debido a la litología de rocas metamórficas silíceas dominantes. Una parte de estos pastos, 372 ha (un 17% del total) están bajo la figura de protección del Parque Natural del Valle de Sorteny que ocupa casi una cuarta parte del terreno montañoso de la parroquia. Esta figura de protección impide cualquier tipo de actuación que provoque una alteración del medio; pero el pastoreo tradicional, con cargas adecuadas, está permitido. La Tabla 1 muestra una síntesis de los diferentes tipos de pastos presentes en la totalidad de la parroquia, con la superficie ocupada por cada uno de ellos, su producción media y diversidad vegetal (Bou, 2008).

Tabla 1. Características de la superficie ocupada, producción, riqueza específica, diversidad y calidad según el VP, de los pastos de *Festuca eskia* y *Nardus stricta* de la parroquia de Ordino.

Tipo de pasto	Superficie (ha)	Producción (kg ha <sup>-1</sup> )	S (número de especies)	H' (índice de Shannon)	VP (Valor Pastoral)
<i>Festuca eskia</i>	1522,59	2274,29±1078,2a	13,39±12,23a	1,78±1,68a	19,20±18,07a
<i>Nardus stricta</i>	233,88	1314,82±527,26b	13,26±11,96a	1,83±1,73a	18,29±16,51a

Durante el verano del 2007, y para la obtención de datos bromatológicos, se realizó un muestreo aleatorio en cada una de las superficies de los diferentes tipos de pastos, en el momento de máximo crecimiento. En cada tipo de pasto se obtuvieron muestras de 0,25 x 0,25 m mediante corte con tijeras, simulando el pastoreo del ga-

nado. El número de muestras representativas de cada pasto fueron 30. Posteriormente, se secaron en estufa de aire forzado a 75 °C durante 48 horas. Este material, una vez pesado, permitió calcular la producción en MS (kg ha<sup>-1</sup>) y fue el utilizado para el análisis mediante metodología NIRS (cálculo de PB, PD, FB, FND, LAD). Los valores de UFL se estimaron utilizando la fórmula establecida por el propio laboratorio y que tiene en cuenta el valor de los anteriores parámetros. Todos los análisis se llevaron a cabo en el Laboratori Agroalimentari de Cabriels (Departamento de Agricultura, Alimentación y Acción Rural de la Generalitat de Catalunya).

Para el cálculo de la calidad mediante la composición florística del pasto, se utilizó el método del Valor Pastoral (Daget y Poissonet, 1971). Para ello, y en el mismo lugar en el que se cortaba la biomasa para análisis NIRS, se realizaban dos transectos de 100 puntos cada uno; separados 20 cm. Con este procedimiento se obtuvieron las frecuencias de cada especie, la cobertura del pasto y el porcentaje de especies presentes en cada grupo funcional (gramíneas, leguminosas y otras familias). El número total de transectos fue de 30 por cada tipo de pasto. Todos los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de la varianza y, posteriormente, se intentó estimar la asociación entre la variable Valor Pastoral y las obtenidas mediante NIRS, mediante el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson, utilizando en ambos casos el paquete estadístico SAS (SAS, 2004).

En este trabajo sólo se muestran los resultados correspondientes a los pastos de *Festuca eskia* y *Nardus stricta* que representan el 69% y el 11%, respectivamente, de la totalidad de los pastos de puerto de la parroquia de Ordino.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 muestra los valores medios de cada una de las variables estudiadas (VP; Valor Pastoral; FB, FND, LAD, PB, PD y UFL;) para los dos tipos de pastos. Como puede observarse, los pastos de *Nardus stricta* (cervuno) tiene mayor calidad que los de *Festuca eskia* (gesp), en lo que respecta a contenido en proteínas, energía, fibra bruta y lignina; no existiendo diferencia significativa para FND y Valor Pastoral.

**Tabla 2. Valores medios de calidad de los pastos de *F. eskia* y *N. stricta*. VP: valor pastoral; FB: fibra bruta; FND: fibra neutro detergente; LAD: lignina; PB: proteína bruta; PD: proteína digestible y UFL: unidades forrajeras leche.**

Tipo de pasto	VP	FB	FND	LAD	PB	PD	UFL
<i>Festuca eskia</i>	19,20±18,07NS	30,53±0,35a	66,7±0,68NS	6,12±0,13a	8,34±0,28a	4,94±0,28a	0,73±0,01a
<i>Nardus stricta</i>	18,29±16,51NS	26,17±0,52b	64,05±1,01NS	3,71±0,16b	11,17±0,28b	7,13±0,21b	0,82±0,01b

Estos resultados tienen la misma tendencia que los obtenidos por Doménech *et al.* (2005) de otras localidades andorranas, o los de Taull *et al.*, (2008) y Fanlo *et al.*, (2000) de diferentes enclaves pirenaicos. En todos ellos los pastos de cervuno poseen, en general, mejor calidad forrajera que los de gesp (mas UF y proteínas, y menos fibras y lignina); aunque los de Ordino tienen, comparativamente, valores mas bajos en los pastos de *Nardus* y mayores para los de *Festuca* que los de las otras localidades. Pero el resultado que nos sorprendió fue la inexistencia de diferencia significativa en el valor de calidad, obtenido mediante el método del Valor Pastoral. El análisis de corre-

lación posterior nos mostró que, en nuestro caso y para los pastos de *F. eskia*, el Valor Pastoral sólo está relacionado negativamente con el contenido en FB y FND, y que los pastos de *N. stricta* el VP está relacionado de forma negativa con el contenido en FND (Tabla 3). Estos resultados difieren a los de Tauli *et al.*, (2008) para pastos similares de los Pirineos leridanos, y en donde el VP de los pastos de cervuno y los de gesp tenía una correlación positiva con el contenido en PB y UF.

**Tabla 3. Correlación de Pearson entre el Valor Pastoral (VP) y otros componentes del pasto obtenidos mediante el análisis NIRS para las comunidades de *F. eskia* y *N. stricta* de la parroquia de Ordino. FB: fibra bruta; FND: fibra neutro detergente; LAD: lignina; PB: proteína bruta; PD: proteína digestible y UFL: unidades forrajeras leche. Valores significativos en cursiva.**

Tipo de pasto		Media	Dv. st.	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	p	N
<i>Festuca eskia</i>	VP	19,203	6,000				
	FB	31,144	2,135	-0,454	0,206	**	30
	FND	67,325	3,972	-0,432	0,187	*	30
	LAD	6,119	0,925	-0,011	0,000	NS	30
	PB	8,439	1,832	0,308	0,095	NS	30
	PD	4,988	1,169	0,349	0,122	NS	30
	UFL	0,728	0,042	0,142	0,020	NS	30
<i>Nardus stricta</i>	VP	17,902	7,782				
	FB	26,195	3,035	-0,287	0,082	NS	30
	FND	63,380	5,741	-0,554	0,307	**	30
	LAD	3,926	1,150	0,420	0,177	NS	30
	PB	11,283	1,622	0,333	0,111	NS	30
	PD	7,234	1,177	0,403	0,163	NS	30
	UF	0,831	0,073	0,417	0,174	NS	30

(1) NS = no significativo; \*: p < 0,05; \*\*: p < 0,01

Esta diferencia podría explicarse por el número y tipo de especies en cada pasto. En nuestro caso, el número medio de especies y el porcentaje de gramíneas presentes en ambos pastos, no es significativamente diferente, pero sí hay diferencia significativa en el porcentaje de leguminosas (21,75% en *Festuca eskia* y 12,59 en *Nardus stricta*) y en el de otras familias (25,69 en *Festuca* y 30,92 en *Nardus*). Otra razón podría ser que los valores de los índices de calidad del Valor Pastoral utilizados (Is) (Daget y Poissonet, 1971), de algunas especies presentes en ambos pastos, no se corresponde con su calidad bromatológica (infravalorado o sobrevalorado). Esta discrepancia ya fue observada en el caso de la especie *Nardus stricta*; valorada con un Is cero por los autores del Valor Pastoral, y que tiene una cierta calidad cuando se analiza vía NIRS (Doménech *et al.*, 2006).

## CONCLUSIONES

Los valores de calidad obtenidos por métodos florísticos (Valor Pastoral), puede utilizarse para trabajos comparativos en zonas similares y con los mismos tipos de pastos, debido a su rapidez y facilidad para calcularlos. Pero para el cálculo de otros parámetros; como el ajuste de cargas ganaderas en espacios grandes y con diferentes tipos de pastos, vemos más recomendable la utilización de valores procedentes de

otros métodos, como el análisis mediante NIRS debido a que refleja mejor el valor bromatológico del pasto.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco de un convenio Universidad-Empresa entre la Universidad de Lleida y el Instituto de Estudios Andorranos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOPA (Buletí Oficial del Principat d'Andorra), 1999. *Edicto de 2-6-99 por el cual se ordena la publicación del Reglamento relativo a la utilización del sello oficial de control y garantía "Carn de qualitat controlada d'Andorra"*.
- BOU, M., 2008. *Estudi de les pastures supraforestals de la Vall d'Ordino (Principal d'Andorra)*. Proyecto final de carrera. ETSEA, Universidad de Lleida, 140 pp. Lleida (España).
- DAGET, P. H.; POISSONET, J., 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies. *Annales agronomiques*, **22** (1), 5-41.
- DOMENECH, M.; PEREZ-BUTRON, C.; FANLO, R., 2006. Diversidad vegetal y calidad forrajera de los pastos supraforestales del Valle del Madriu-Perafita-Claror (Principado de Andorra). *Pastos*, **35** (2), 131-140.
- FANLO, R.; GARCÍA, A., SANUY, D., 2000. Influencia de los cambios de carga ganadera sobre los pastos de *Nardus stricta* en el Parque Nacional de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici. *III Reunión Ibérica de pastos y forrajes*, 117-120. Ed. Xunta de Galicia. A Coruña (España).
- SAS, 2004. *Enterprise Guide 3.0*. Ed. SAS Institute Inc. Cary. NC. USA.
- TAULL, M.; CHOCARRO, C.; FANLO, R., 2008. Calidad bromatológica de los pastos supraforestales del Parque Nacional de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici (Pirineos centrales, Catalunya). *Actas de la XLVII Reunión Científica de la SEEP*, 121-127. Ed. Junta de Andalucía. Córdoba (España).

## SUMMARY

### FORAGE QUALITY OF TWO TYPES OF UPERFORESTS GRASSLANDS FROM ORDINO (PRINCIPALITY OF ANDORRA): COMPARATIVE METHODOLOGIES

The use of different methods to measure the quality of the natural grassland can generate diverse results. In this work quality forage indexes (obtained by floristic composition and by means of analysis NIRS) are compared. Forage quality obtained by NIRS is better in *Nardus stricta* pastures than *Festuca eskia*, and Pastoral Value do not show significant difference. There are negative correlations between Pastoral Value and DNF in both pastures. These results could be indicate, that the Is (indexes of specific quality) of certain species, they do not reflect the real forage quality of these.

**Key words:** Pastoral Value, NIRS methodology, *Festuca eskia*, *Nardus stricta*, Pyrenees.



# VALORACIÓN ECOLÓGICA Y NUTRITIVA DE LOS PASTOS HERBÁCEOS SUPRAFORESTALES DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA DEL MONTSENY, CATALUÑA

C. MADRUGA, J. BARTOLOMÉ, J. PLAIXATS

*Grup de Recerca en Remugants. Departament de Ciència Animals i dels Aliments. Universitat Autònoma de Barcelona. Ed. V, Campus UAB. 08193- Cerdanyola del Vallès, Barcelona. mariacristina.madruga@uab.cat*

## RESUMEN

Tradicionalmente las montañas de la Reserva de la Biosfera del Montseny se han utilizado durante siglos como pastos, lo que ha supuesto un papel decisivo en el modelado de su paisaje. En este estudio se ha caracterizado la composición botánica, la diversidad, la producción y la calidad nutritiva del estrato herbáceo de los pastos de puerto (con dominio de *Festuca sp.*) y los pastos arbustivos de brechina (*Calluna vulgaris* (L.) Hull) y enebro rastrero (*Juniperus communis ssp. nana* (Willd.) Syme) de las montañas del Montseny (por encima de los 1300 msm), con la finalidad de valorar la oferta alimentaria, el valor ecológico y su repercusión sobre la gestión y la conservación de estas zonas. Los pastos de puerto presentan mayor número, densidad y diversidad de especies y un interés ganadero superior debido a que son más productivos que el estrato herbáceo de la comunidad de brechina y enebro.

**Palabras clave:** pastos arbustivos, diversidad, producción y composición química.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la multifuncionalidad de los sistemas pastorales tradicionales esta extensamente reconocida (Bernués *et al.*, 2005) y está creciendo el interés en el uso y la protección de estos recursos, sobre todo en áreas protegidas. La política agraria común (PAC), reconoce el papel fundamental que realizan los agricultores en el desarrollo rural, incluyendo la silvicultura, la biodiversidad, la diversificación de la economía rural y la protección del medio ambiente en las zonas rurales, idea que queda recogida en diversos documentos oficiales europeos como en la estrategia Europea para la Biodiversidad (EU Commission, 1998).

Pese a las actuales políticas conservacionistas, en los últimos 50 años se han perdido muchas de las zonas pastorales de montaña debido principalmente al abandono causado por la intensificación agraria que se ha llevado a cabo durante estos años (Macdonald *et al.*, 2000; Lasanta *et al.*, 2005). El macizo del Montseny es un claro

ejemplo de cambio global, las condiciones cada vez más calurosas conjuntamente con los cambios en los usos del suelo, están provocando la colonización progresiva de los pastos por el matorral (Bartolomé y Plaixats, 2004) y el desplazamiento de los hayedos hacia las zonas más altas de los pastos de puerto y los pastos arbustivos de brechina y enebro rastrero (Peñuelas y Boada, 2003; Bartolomé *et al.*, 2005). En consecuencia, los recursos pastorales cada vez son más reducidos, el paisaje más homogéneo y la diversidad menor.

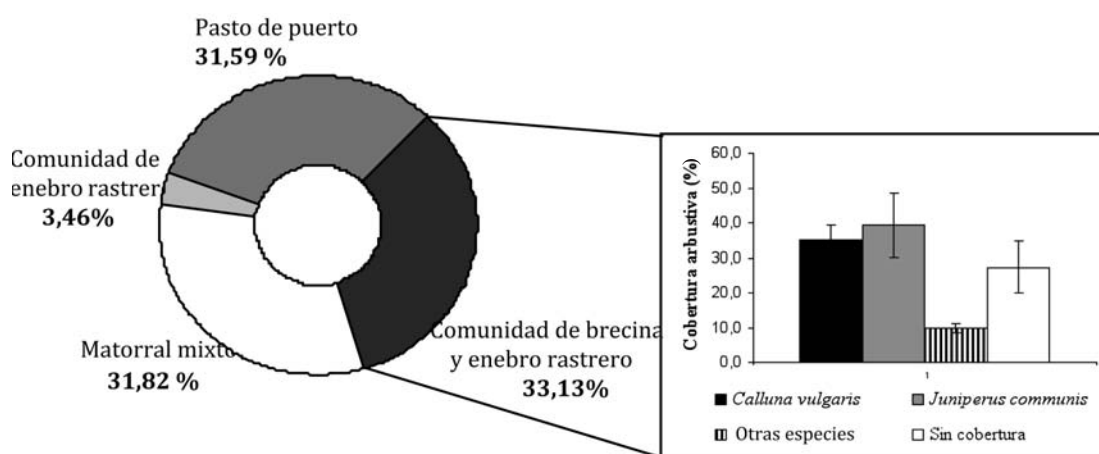
El objetivo de este estudio ha sido caracterizar las dos formaciones vegetales más vinculadas al pastoreo de las cumbres del Montseny, como son los pastos de puerto y los pastos arbustivos de brechina y enebro rastrero. Se pretende determinar su composición botánica, diversidad, capacidad productiva y calidad nutritiva del estrato herbáceo actual de ambas formaciones con la finalidad de calcular y comparar la oferta alimentaria y su valor ecológico.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

El presente estudio se centra en las cumbres de los núcleos montañosos del Parque Natural del Montseny (1300 -1706 m snm). Aunque el parque se encuentra situado en la región mediterránea, a partir de los 1000 m de altitud el clima es atlántico con una precipitación y temperatura media anual de 1000 mm y 7°C, respectivamente. Las cumbres del Montseny se han utilizado durante siglos como pastos. Sin embargo, en los últimos 8 años han desaparecido tres de las nueve explotaciones y ha disminuido en un 10% el censo ganadero, siendo actualmente de 367 UGM.

La Figura 1 muestra la distribución de superficies de las diferentes formaciones vegetales, determinadas por fotointerpretación de ortofotografías aéreas de la zona de estudio (Institut Cartogràfic de Catalunya, ICC, 2004) utilizando el programa Miramon, versión 5.2 (Pons, 2002). Siguiendo la clasificación de Bolós (1998), en las cumbres del parque abundan las siguientes formaciones vegetales: el matorral mixto de retama



**Figura 1. Distribución de las superficies de las formaciones vegetales supraforestales de la Reserva de la Biosfera del Montseny y porcentaje de las coberturas arbustivas de la comunidad de brechina y enebro rastrero.**

de escobas (*Cytisus scoparius*) - piorno (*Genista balansae*) y enebro rastrero (210,80 ha), la comunidad de brecina y enebro rastrero (219,50 ha), los pastos de puerto (209,30 ha) y la comunidad de enebro rastrero (22,90 ha). En el estudio, sólo se tuvieron en cuenta los pastos de puerto y los pastos arbustivos de brecina y enebro por ser las formaciones vegetales de mayor interés ganadero, en cuanto a disponibilidad herbácea. Se descartó la formación vegetal de enebro rastrero por su impenetrabilidad, debida a la elevada densidad de arbustos y el matorral mixto por la escasez de vegetación herbácea.

### Análisis de la vegetación

El estrato herbáceo de los prados de puerto y los pastos arbustivos de brecina y enebro rastrero, se caracterizó mediante el método de intercepción lineal. Para cada formación vegetal, se realizaron 8 transectos de 10 m de longitud con intercepción y registro de especies cada 10 cm, siguiendo la metodología empleada por Sebastià (1991). Con estos datos se calcularon la abundancia de cada especie como el porcentaje de puntos de contacto de cada especie respecto al total, la densidad de vegetación expresada como la media de contactos por punto muestreado, el recubrimiento del suelo, la altura de la vegetación y la diversidad según la riqueza de especies y el índice de Shannon-Weaver. Mientras que el porcentaje de recubrimiento de las especies arbustivas de la comunidad de brecina y enebro rastrero se determinó siguiendo la metodología descrita por Cummings y Smith (2000) realizando 8 transectos de 50 m de longitud. Para cada especie arbustiva registrada dentro de cada transecto se determinó su longitud de intercepción, es decir, el segmento de longitud del transecto interceptado por la especie vegetal.

Para determinar la producción y la calidad nutritiva, en cada zona de muestreo se segó en el momento de máxima producción (finales de junio), antes de la entrada del ganado, 8 superficies cuadradas de 0,25 m<sup>2</sup> escogidas al azar que se guardaron en bolsas herméticas de polietileno. La materia seca se determinó por gravimetría en una estufa de desecación a 70°C durante 48h lo que permitió calcular los valores de producción en kg de materia seca por unidad de superficie. Las muestras se homogeneizaron en un molino Cyclotec, Tecator hasta pasar un cedazo de 0,8 mm de diámetro de malla y se analizaron químicamente por vía húmeda. El contenido de materia seca (MS) se determinó secando las muestras a 105°C durante 48 horas, la materia orgánica (MO) y las cenizas (MM) calcinado las muestras a 550°C en un horno de mufla durante 4h, el contenido de proteína bruta (PB) mediante el método Kjeldhal (N x 6.25), la fibra neutro detergente (FND) según el método de Van Soest *et al.* (1991), la fibra ácido detergente (FAD) y la lignina ácido detergente (LAD) siguiendo el método de Goering y Van Soest (1970). A partir de los resultados de la composición química, se estimó el valor nutritivo como materia orgánica digestible (MOD) y valor energético expresado en UFL / kg MS, mediante ecuaciones de predicción del sistema INRA (Andrieu *et al.*, 1981).

Con el objetivo de comparar el estrato herbáceo de los pastos de puerto y el de la comunidad de brecina y enebro rastrero, cada una de las variables obtenidas (porcentaje de cobertura de especies, altura, densidad de la vegetación, índices de diversidad, producción, composición química y valor nutritivo) se sometieron a un análisis de la varianza de un solo factor (ANOVA) con la ayuda del paquete estadístico SAS v. 9.1.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los resultados de la composición botánica de ambas formaciones vegetales. Como se puede observar, los porcentajes de abundancia según grupos de especies (gramíneas, leguminosas y otras especies) no mostraron diferencias significativas, sin embargo sí que se observaron diferencias en el porcentaje de abundancia de determinadas especies. Las gramíneas son el grupo de especies más abundantes en ambas comunidades, pero el género *Festuca* sp. (37.75%), es el taxón dominante en los pastos de puerto, ya que el resto de especies no superan el 10%, mientras que en la formación de brechina y enebro rastrero, *Festuca* sp. comparte dominancia con el género *Carex* sp. y entre ambos alcanzan un 54% del recubrimiento vegetal. Al comparar los pastos de puerto con la comunidad de brechina, se observa que en los pastos los otros grupos considerados muestran un recubrimiento mayor del conjunto de especies poco abundantes (<3% de recubrimiento), con excepción de las leguminosas. Otras especies comunes y de abundancia similar en ambas formaciones son *Thymus serpyllum* y *Plantago holosteum*, mientras que *Achillea millefolium* es significativamente más abundante en los pastos de puerto.

En términos de diversidad, se ven diferencias notables en la riqueza de especies. Los pastos de puerto presentan mayor número de especies respecto a la vegetación herbácea de la comunidad de brechina y enebro rastrero. Lo mismo sucede con la diversidad según el índice de Shannon-Weaver.

**Tabla 1. Composición botánica y diversidad del estrato herbáceo de los pastos de puerto y la comunidad de brechina y enebro rastrero en la Reserva de la Biosfera del Montseny.**

	PASTOS DE PUERTO	PASTOS ARBUSTIVOS DE BRECHINA Y ENEBRO RASTRERO	<i>p</i>
<b>Abundancia de especies (%)</b>			
GRAMÍNEAS	57,39	59,06	n.s
<i>Festuca</i> sp.	37,75	23,79	0,0033
<i>Carex</i> sp.	9,85	30,90	0,0094
Otras (< 3%)	9,80	4,38	0,0303
LEGUMINOSAS	3,42	4,39	n.s
<i>Lathyrus</i> sp.	2,18	0,03	n.s
<i>Genista pilosa</i>	0,70	3,94	n.s
Otras (< 3%)	0,54	0,45	n.s
OTRAS ESPECIES	38,32	31,85	n.s
<i>Thymus serpyllum</i>	6,21	9,20	n.s
<i>Plantago holosteum</i>	4,05	6,57	n.s
<i>Achillea millefolium</i>	4,02	0,24	0,0093
<i>Centaurea pectinata</i>	1,59	3,28	n.s
Otras (< 3%)	22,45	12,57	0,0485
<b>Sin cobertura herbácea (%)</b>	0,87	4,71	0,0234
<b>Cobertura arbustiva (%)</b>	0,00	84,35	-
<b>Nº taxones (Riqueza)</b>	20,88	12,75	0,0007
<b>Índice de Shannon-Weaver</b>	2,16	1,83	0,0118
<b>Densidad (contactos/punto)</b>	2,06	1,49	0,0032
<b>Altura de la vegetación ( cm)</b>	10,00	12,10	n.s

*p*: significación del test F en el análisis de la varianza; n.s, no significativo ( $p > 0,05$ ).

La Tabla 2, muestra los resultados obtenidos de producción, composición química, y valor nutritivo del estrato herbáceo las dos comunidades. La producción de biomasa por unidad de superficie de los pastos de puerto es tres veces superior a la del estrato herbáceo la comunidad de brechina. Sin embargo, los resultados obtenidos en composición química y valor nutritivo no mostraron diferencias.

**Tabla 2. Producción, composición química y valor nutritivo del estrato herbáceo de los pastos de puerto y de la comunidad de brechina y enebro rastreo en la Reserva de la Biosfera del Montseny.**

	Producción MS kg/ha	MS %	MM % MS	PB % MS	FND % MS	FAD % MS	LAD % MS	UFL kg <sup>-1</sup> MS	MOD kg <sup>-1</sup> MS
<b>Prados de puerto</b>	<b>2161,65</b>	28,65	5,89	13,66	52,79	27,84	4,67	0,75	580,13
<b>Pastos arbustivos de brechina y enebro</b>	<b>660,70</b>	32,10	6,15	11,65	51,86	29,25	6,27	0,73	564,54
<i>p</i>	<i>0,0001</i>	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

MS: materia seca; MM: materia mineral; PB; proteína bruta; FND: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente; LAD; lignina ácido detergente; UFL: unidades forrajeras leche; MOD: materia orgánica digestible. *p*: significación del test F en el análisis de la varianza; n.s, no significativo (*p* > 0,05).

Cabe destacar, que no se tuvo en cuenta la producción ni el valor nutritivo de la brechina, arbusto que es también consumido por el ganado y que Perrinet (1988) en el Montseny calculó una producción media anual de biomasa aérea (leñosa y verde) de 2600 kg/ha, lo cual permitiría equiparar ambas formaciones en cuanto a producción.

## CONCLUSIONES

Entre estas dos formaciones, los pastos de puerto presentan mayor número y densidad de especies y una mayor diversidad respecto al estrato herbáceo de la comunidad de brechina y enebro rastreo. La producción herbácea y en consecuencia la oferta alimentaria de los pastos de puerto es superior a la del estrato herbáceo de los pastos arbustivos de brechina, a pesar de no mostrar diferencias en la composición química ni valor nutritivo de la hierba. Sin embargo, si se tuviera en cuenta la producción de la propia brechina, podría aumentar considerablemente la oferta alimentaria de esta comunidad.

## AGRADECIMIENTOS

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

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRIEU, J.; DEMARQUILLY, C.; WEGAT-LITRE, E., 1981. *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants*. Ed. C. DEMARQUILLY. INRA, 580 pp. Versailles (Francia).
- BARTOLOMÉ, J.; PLAIXATS, J., 2004. Perspectives of heathland-pastures in the Montseny Natural Park, Spain. *Cahiers Options Méditerranéennes*, **62**, 307-310.
- BARTOLOMÉ, J.; PLAIXATS, J.; FANLO, R.; BOADA, M., 2005. Conservation of Isolated Atlantic Heathlands in the Mediterranean Region: Effects of Land-Use Changes in the Montseny Biosphere Reserve (Spain). *Biological Conservation*, **122(1)**, 81-88.

- BERNUÉS, A.; RIEDEL, J.L.; ASENSIO, M.A.; BLANCO, M.; SANZ, A.; REVILLA, R.; CASAS-ÚS, I., 2005. An integrate approach to studying the role of grazing livestock systems in the conservation of rangelands in a protected natural park (Sierra de Guara, Spain). *Livestock Production Science*, **96**, 75-85.
- BOLÓS, O., 1998. *Atlas corològic de la flora vascular dels Països Catalans*. Institut d'Estudis Catalans: Orca, vol. I-II. Barcelona (España).
- CUMMINGS, J.; SMITH, D., 2000. The line-intercept method: A tool for introductory plant ecology laboratories. *Tested studies for laboratory teaching*, **22**, 234-246.
- EU COMMISSION., 1998. *Communication of the European Commission to the Council and the Parliament on a European Community Biodiversity Strategy*. Disponible en: [http://biodiversity-chm.eea.europa.eu/convention/cbd\\_ec/F1067953781/1089725249](http://biodiversity-chm.eea.europa.eu/convention/cbd_ec/F1067953781/1089725249).
- LASANTA, T.; VICENTE-SERRAN., S.M.; QUADRAT, J.M., 2005. Mountain mediterranean landscape evolution caused by the abandonment of traditional primary activities: A study of the Spanish Central Pyrenees. *Applied Geography*, **25**, 47-65.
- MACDONALD, D.; CRABTREE, J.R.; WIESINGER, G.; DAX, T.; STAMOU, N.; FLEURY, P.; GU-TIERREZ LAZPITA, J.; GIBON, A., 2000. Agricultural abandonment in mountain areas of Europe: Environmental consequences and policy response. *Journal of Environmental Management*, **59**, 47-69.
- PEÑUELAS, J.; BOADA, M., 2003. A global change-induced biome shift in Montseny mountains (NE Spain). *Global Change Biology*, **9**, 131-140.
- PERRINET, M., 1988. *Etude des Landes acides de la montagne catalane (Montseny, Barcelona) en relation avec l'action du feu et les autres facteurs ambiants. Consequences pour l'aménagement*. Tesi Doctoral, Universitat de Barcelona. Barcelona (España).
- PONS, X., 2002. *MiraMon. Sistema d'Informació Geogràfica i software de Teledetecció*. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, CREAM. Bellaterra (España).
- SEBASTIÀ, M.T., 1991. *Els prats alpins prepirinencs i els factors ambientals*. Tesi Doctoral Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona, 353 pp. Barcelona (España).
- 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**, 3583-3597.

## SUMMARY

### **ECOLOGICAL AND NUTRITIONAL ASSESSMENT OF THE HIGH MOUNTAIN PASTURES IN THE MONTSENY BIOSPHERE RESERVE, CATALONIA.**

Traditionally, the mountains of the Montseny Biosphere Reserve have been used as pastureland for centuries, which has had a decisive role in shaping its landscape. This study has evaluated the floristic composition, diversity, production and nutritional quality of the herbaceous layer of high mountain pastures (characterized by a dominance of *Festuca* sp.) and heathlands (characterized by a dominance of *Calluna vulgaris* (L.) Hull and *Juniperus communis* ssp. *nana* (Willd.) Syme) in the Montseny mountains (1300 - 1706 a.s.l). The aim of the study is to analyze these communities in terms of assess food supply, ecological value and the impact on the management and conservation of the area. Mountain pastures were the most interesting for livestock because of their productivity and those presented more diversity than heathlands.

**Keywords:** heathlands, diversity, biomass production, chemical composition.

## RELACIÓN ENTRE COMPUESTOS FENÓLICOS Y CALIDAD NUTRITIVA EN ESPECIES PRATENSES

*B.R. VÁZQUEZ DE ALDANA, A. GARCÍA-CIUDAD, B. GARCÍA-CRIADO*

*Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca – CSIC. Cordel de Merinas 40-52. 37008 Salamanca. beatriz.dealdana@irnasa.csic.es*

### RESUMEN

Los compuestos fenólicos comprenden un grupo de compuestos que a menudo influyen de forma negativa en la calidad del pasto. El objetivo de este trabajo fue determinar el contenido de fenoles totales en varias especies frecuentes en pastos de dehesa de la provincia Salamanca y establecer su relación con otros parámetros de la calidad nutritiva (fibra ácido detergente, fibra neutro detergente, celulosa, lignina, proteína y digestibilidad). Se encontraron correlaciones negativas significativas entre la concentración de fenoles y los contenidos de NDF, celulosa y digestibilidad. El análisis en componentes principales estableció una clara separación de las especies de gramíneas caracterizadas por los elevados contenidos en NDF, ADF y celulosa; en el otro extremo las leguminosas y otras familias, caracterizadas tanto por el contenido en proteína como por el contenido en fenoles y lignina.

**Palabras clave:** pastos dehesa, fenoles totales, compuestos antinutricionales, lignina.

### INTRODUCCIÓN

Los compuestos fenólicos constituyen el grupo más grande de metabolitos secundarios en plantas. Comprenden una gran variedad de estructuras, que van desde compuestos simples con un único grupo aromático (ácidos fenólicos), a sustancias poliméricas altamente complejas como los taninos y la lignina. Se encuentran en muchas especies vegetales que son utilizadas como alimento tanto para humanos como para el ganado y han adquirido gran interés por su capacidad antioxidante. Los taninos tienen efectos positivos y negativos en la calidad nutritiva del pasto y por consiguiente en producción animal. Debido a su capacidad de enlazarse a las proteínas pueden ser considerados como sustancias anti-nutricionales; sin embargo, los taninos condensados también permiten una mayor cantidad de proteína 'by-pass' en el intestino, lo cual repercute positivamente en producción animal. Además, la presencia de taninos condensados disminuye el riesgo de meteorismo, una alteración digestiva grave en el ganado. Por otro lado, los compuestos fenólicos tienen un papel central en las teorías de interacción planta-herbívoro, con efectos tanto positivos como negativos, incluyendo efecto insecticida, estimulación herbivorismo, toxicidad, resistencia a enfermedades, etc. (Waterman y Mole, 1994).

Los compuestos fenólicos están distribuidos de forma heterogénea en el reino vegetal: algunos tipos como los flavonoides están ampliamente distribuidos, mientras que otros tipos están presentes sólo en ciertos géneros y especies (Wong, 1973). Los pastos semiáridos de dehesa tienen una elevada diversidad florística. Dado que son la base alimenticia de la ganadería extensiva, se ha estudiado en profundidad su calidad nutritiva en función de parámetros como proteína, digestibilidad y fibras (Vázquez de Aldana *et al.*, 2008), sin embargo, se desconoce el contenido de compuestos fenólicos. El objetivo de este trabajo fue determinar el contenido de fenoles totales en diversas especies frecuentes en pastos de dehesa, y establecer su relación con otros parámetros de la calidad nutritiva.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionó una dehesa típica de la provincia de Salamanca, y se recogieron 28 especies en fase de floración, en el mes de junio (2008), época en la que el pasto alcanza el máximo desarrollo productivo, y es también la época en la que se suele muestrear la vegetación en trabajos previamente realizados sobre calidad nutritiva. Se recogieron una o dos muestras por especie y como muestra se consideró toda la planta en conjunto. Las muestras troceadas se liofilizaron para posterior análisis químico.

### Determinación de fenoles totales

Se utilizó el método colorimétrico de Price y Butler (1977), que no incluye el contenido total de ligninas. Se realizó una extracción con 5 ml de MeOH:H<sub>2</sub>O (50:50) sobre 200 mg de muestra, durante 30 minutos. Se separó el extracto, mediante centrifugación y posterior filtración. En tubos aforados de 10 ml se añadió 1 ml de H<sub>2</sub>O, 1 ml de K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> [0,016 M] y 1 ml FeCl<sub>3</sub> [0,02 M en HCl 0,1 N]. Después de 15 minutos se añadieron 3 ml de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> y 2 ml de goma arábiga (1%). Se midió la absorbancia a  $\lambda=700$  nm. Los resultados se expresaron en equivalentes de ácido tánico (patrón).

### Determinación de fibras, digestibilidad y proteína

Se analizó el contenido de proteína mediante el método de Kjeldahl. Los contenidos de fibra neutro detergente (NDF), fibra ácido detergente (ADF), lignina y celulosa se analizaron con el método de Goering y Van Soest (1970). La digestibilidad de la materia seca (DMD) se determinó a partir de la NDF mediante digestión enzimática, durante 24 horas a 40 °C con una disolución de celulasa Onozuka R-10 al 0,2% en ácido acético-acetato (pH=5,0).

#### *Análisis estadístico*

Se aplicó un análisis de componentes principales (PCA) a la matriz de datos compuesta por las 28 especies y las variables contenido de fenoles totales, NDF, ADF, lignina, celulosa, proteína y digestibilidad (SPSS 15.0).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran la concentración de fenoles totales y parámetros de calidad nutritiva de las 28 especies recogidas. El contenido de fenoles totales

(equivalente ácido tánico) osciló entre un mínimo de 13,0 mg g<sup>-1</sup> en la gramínea *Bromus mollis* y 157,3 mg g<sup>-1</sup> en la especie *Tuberaria guttata* de otras familias. Esta especie bastante precoz en los pastos de dehesa es muy apetecida por el ganado. Las especies del grupo de gramíneas son las que mostraron un menor contenido de fenoles totales (media 21,1 mg g<sup>-1</sup>). La concentración de compuestos fenólicos en las especies de leguminosas abarcó un amplio rango comprendido entre 27,5 mg g<sup>-1</sup> en *Anthyllis vulneraria* y 133,7 mg g<sup>-1</sup> en *Trifolium arvense*, siendo el contenido medio de este grupo de especies (51,4 mg g<sup>-1</sup>) el doble al de gramíneas. Es interesante destacar el amplio rango de variación en las especies del género *Trifolium*. Las especies del grupo de otras familias presentaron las concentraciones más elevadas, con mínimos de 48,8 mg g<sup>-1</sup> en *Plantago lanceolata* y máximos de 157,3 mg g<sup>-1</sup> en *Tuberaria guttata*, siendo la media de este grupo de especies de 107,4 mg g<sup>-1</sup>.

En cuanto a los parámetros de calidad, el contenido de NDF oscila entre 21,2% en *Medicago lupulina* y 71,7% en *Festuca rubra*; el contenido de celulosa está comprendido entre 19,2% en *Rumex acetosella* y 44,3% en *Festuca rubra*; la concentración de lignina varía entre 1,85% en *Bromus racemosus* y 8,63% en *Trifolium campestre*; la digestibilidad (DMD) entre 59,8% en *Rumex acetosella* y 77,9% en *Vulpia delictata*; y la proteína entre 5,65% en *Arrhenatherum elatius* y 18,6 en *Lotus corniculatus* (Tabla 1).

La concentración de fenoles totales de las especies está correlacionada significativamente de forma negativa con el contenido de NDF, de celulosa, y la digestibilidad y de forma positiva con el contenido de lignina (Tabla 2). Esta correlación entre fenoles totales y lignina es obvia en cierto sentido, ya que las ligninas son polímeros fenólicos. Sin embargo, el método utilizado para fenoles totales no incluye la concentración total de ligninas, que en la mayoría de las especies es el doble a la de los compuestos fenólicos determinados (Tabla 1).

El análisis de componentes principales nos proporciona una visión conjunta de todas las variables de forma simultánea. En la Figura 1 se muestra la distribución de todas las especies en el plano formado por los componentes 1 y 2 del análisis multivariante, y el peso de cada variable en cada componente. Estos dos componentes (1 y 2) explican un elevado porcentaje de la varianza total (85%). La distribución de las especies muestra una clara segregación entre las del grupo de gramíneas y el resto (leguminosas y otras familias). El primer componente está caracterizado en su parte positiva por las variables ADF, NDF y celulosa, con máximos en gramíneas; el extremo negativo está caracterizado por la variable proteína, quedando aquí situadas las especies de leguminosas y de otras familias. El segundo componente contrapone las variables fenoles y lignina (en la parte positiva) frente a la DMD en la parte negativa. Este eje establece de nuevo una separación entre especies de otras familias y leguminosas relacionadas con mayores contenidos de fenoles y lignina, y las especies de gramíneas con menor contenido en lignina y fenoles totales.

**Tabla 1. Contenido de fenoles totales y parámetros de calidad nutritiva de especies herbáceas.**

Especie		Fenoles (mg g <sup>-1</sup> )	NDF (%)	ADF (%)	Celulosa (%)	Lignina (%)	DMD (%)	Proteína (%)
<b>GRAMÍNEAS</b>								
<i>Agrostis castellana</i>	Ac	25,1	70,1	45,3	41,2	4,08	67,8	8,72
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Ao	17,8	65,0	37,6	34,5	3,06	70,4	9,11
<i>Arrhenatherum elatius</i>	Ae	22,0	68,8	43,7	39,4	4,35	64,8	5,65
<i>Bromus mollis</i>	Bm	13,0	57,4	32,4	29,1	3,25	68,0	8,21
<i>Bromus racemosus</i>	Br	24,2	48,9	24,1	22,3	1,85	75,1	6,42
<i>Dactylis glomerata</i>	Dg	21,0	67,2	42,0	37,4	4,58	63,2	6,55
<i>Festuca rubra</i>	Fr	22,5	71,7	51,1	44,3	6,81	56,8	7,96
<i>Holcus lanatus</i>	Hl	26,4	64,3	38,2	34,7	3,45	68,3	7,32
<i>Lolium rigidum</i>	Lr	20,8	68,7	36,4	32,9	3,55	65,4	6,67
<i>Vulpia bromoides</i>	Vb	17,5	57,5	29,5	27,0	2,45	71,7	8,34
<i>Vulpia delicatula</i>	Vd	21,3	61,7	35,1	32,9	2,08	77,9	7,83
<b>Media gramíneas</b>		21,1	63,7	37,7	34,1	3,59	68,1	7,52
<b>LEGUMINOSAS</b>								
<i>Anthyllis vulneraria</i>	Av	27,5	49,4	40,2	33,7	6,48	62,4	10,0
<i>Lotus corniculatus</i>	Lc	53,9	31,9	26,7	20,6	6,03	66,8	18,6
<i>Medicago arabica</i>	Ma	42,3	28,4	26,2	22,3	3,88	72,9	14,5
<i>Medicago lupulina</i>	Ml	31,1	21,2	24,0	20,1	3,88	75,4	17,6
<i>Onobrychis viciifolia</i>	Ov	56,5	38,8	27,8	24,3	3,50	70,5	15,5
<i>Ornithopus compressus</i>	Oc	43,0	41,2	33,4	27,5	5,88	64,9	15,9
<i>Trifolium arvense</i>	Ta	133,7	38,6	30,4	24,2	6,20	64,2	16,5
<i>Trifolium campestre</i>	Tc	55,4	39,3	38,2	29,5	8,63	62,5	12,2
<i>Trifolium dubium</i>	Td	47,1	31,5	29,1	23,4	5,65	68,6	18,1
<i>Trifolium glomeratum</i>	Tgl	38,9	33,2	25,2	21,5	3,78	70,7	15,5
<i>Trifolium parviflorum</i>	Tp	47,8	38,2	36,4	30,5	5,90	67,5	15,1
<i>Trifolium striatum</i>	Ts	39,6	45,1	33,0	27,1	5,98	62,6	15,3
<b>Media leguminosas</b>		51,4	36,4	30,9	25,4	5,47	67,4	15,4
<b>OTRAS FAMILIAS</b>								
<i>Anthemis nobilis</i>	An	110,7	39,9	35,0	28,1	6,93	63,9	10,3
<i>Galium verum</i>	Gv	64,3	31,3	29,6	23,4	6,18	67,9	14,6
<i>Plantago lanceolata</i>	Pl	48,8	36,5	28,8	24,4	4,36	69,1	10,3
<i>Rumex acetosella</i>	Ra	155,7	38,3	27,0	19,2	7,85	59,8	7,32
<i>Tuberaria guttata</i>	Tgu	157,3	40,4	37,9	29,4	8,55	61,9	10,5
<b>Media otras familias</b>		107,4	37,3	62,7	24,9	6,77	64,5	10,6



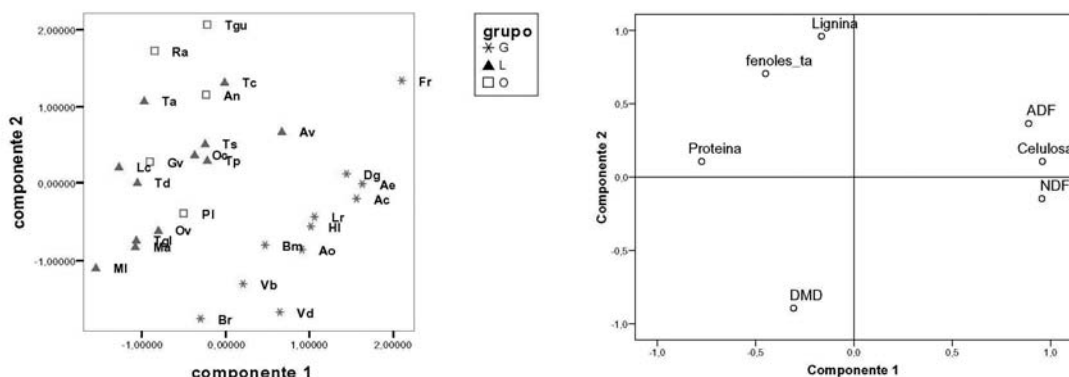
**Tabla 2. Correlaciones entre contenido de fenoles totales y parámetros de calidad (entre paréntesis se indica el nivel de significación).**

	NDF	ADF	Lignina	Celulosa	DMD	Proteína
Fenoles totales	-0,459	-0,204	0,675	-0,398	-0,408	0,200
	(0,014)	(0,298)	(0,000)	(0,036)	(0,031)	(0,306)

Por tanto, este análisis proporciona una clara diferenciación de las especies en base a la composición química: las especies se reparten entre ambos componentes, quedando las especies de gramíneas caracterizadas por los elevados contenidos en NDF, ADF y celulosa. En el otro extremo, las leguminosas y otras familias quedan caracterizadas tanto por el contenido en proteína como por el contenido en fenoles y lignina.

La digestibilidad está correlacionada significativamente y de forma negativa con la lignina ( $r = -0,793$ ;  $p < 0,001$ ) y con el contenido de fenoles totales (Tabla 2). Es conocido que un aumento en la concentración de lignina disminuye la digestibilidad, sin embargo, la concentración de compuestos fenólicos incluye un gran número de compuestos diversos (taninos, flavonoides, ácidos fenólicos...). La relación inversa encontrada entre contenido de fenoles totales y digestibilidad indica que una elevada proporción de la concentración de fenólicos determinada en este estudio puede estar formada por compuestos considerados como antinutricionales y que disminuyen la digestibilidad, como pueden ser los taninos y la lignina. Los taninos tienen capacidad para precipitar las proteínas reduciendo la cantidad de proteína digestible del alimento y en consecuencia disminuye la digestibilidad de la materia soluble celular en especies (forrajes) ricos en taninos (Schofield *et al.*, 2001). Así, el segundo componente del PCA ordena las especies en función de una disminución del contenido de fenoles totales y de lignina, y un aumento de la digestibilidad.

No obstante, hay ciertas excepciones a esta relación encontrada entre fenoles totales y digestibilidad, que se pueden interpretar con un análisis detallado de los datos. Así, determinadas especies como *Trifolium arvense* tienen un elevado contenido en compuestos fenólicos ( $133,7 \text{ mg g}^{-1}$ ) y un valor de digestibilidad similar al de



G = gramíneas; L = leguminosas; O = otras familias. Los símbolos de las especies según Tabla 1.

**Figura 1. Distribución de las especies en el plano formado por los componentes 1 y 2 del análisis de componentes principales.**



*Ornithopus compressus* que tiene una concentración de fenólicos de 43,0 mg g<sup>-1</sup>. Estos resultados sugieren que *Trifolium arvense* puede tener compuestos fenólicos diferentes a aquellos que disminuyen la digestibilidad.

Este trabajo es una primera aproximación de lo que puede suponer el conocimiento del contenido de fenoles totales como información de interés nutricional para el ganado. Hay varios métodos para la determinación de fenoles totales y métodos más específicos (taninos, compuestos difenólicos...), pero el método utilizado supone una adecuada aproximación.

## AGRADECIMIENTOS

Las actividades han sido financiadas por proyectos del Ministerio de Ciencia e Innovación (AGL2005-02839/AGR) y de la Junta de Castilla y León (CS104A07). Se agradece la colaboración de José Carlos Estévez en el muestreo de campo y análisis químico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- GOERING, H.K.; VAN SOEST P.J., 1970. *Forage Fibre Analysis*. ARS, USDA. Washington, DC (USA).
- PRICE, M.L.; BUTLER, L.G., 1977. Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content of sorghum grain. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **25**, 1268-1273.
- SCHOFIELD, P.; MBUGUA, D. M.; PELL, A. N., 2001. Analysis of condensed tannins: a review. *Animal Feed Science and Technology*, **91**, 21-40.
- VÁZQUEZ DE ALDANA, B.R.; GARCÍA-CIUDAD, A.; GARCÍA-CRIADO, B., 2008. Interannual variations of above-ground biomass and nutritional quality of Mediterranean grasslands in Western Spain over a 20-year period. *Australian Journal of Agricultural Research*, **59**, 769-779.
- WATERMAN P.G.; MOLE S., 1994. *Analysis of Phenolic Plant Metabolites*. Blackwell Scientific Publications, 239 pp. Oxford (UK).
- WONG, E., 1973. Plant Phenolics. En: *Chemistry and Biochemistry of Herbage*, vol 1., 265-322. Ed G.W. BUTLER, R.W. BAILEY. Academic Press, London (UK).

## SUMMARY

### RELATIONSHIP BETWEEN PHENOLIC COMPOUNDS AND NUTRITIVE QUALITY IN GRASSLAND SPECIES

Phenolic compounds comprise a large group of compounds that may negatively influence pasture quality. The main objective of this work was to determine total phenolic content in several species from 'dehesa' pastures (province of Salamanca) and the relationship with quality parameters (acid detergent fibre, neutral detergent fibre, lignin, protein and digestibility). The total phenolic concentration across species was significantly and negatively with lignin content, and NDF, cellulose and digestibility. A principal component analysis established a clear division of grasses characterized by high contents of NDF, ADF and cellulose; and in the other extreme, legumes and other families characterized both by protein content, and total phenolic and lignin contents.

**Keywords:** dehesa grasslands, total phenolic, antinutritional compounds, lignin.

## EFFECTOS DEL COLOR DE PLÁSTICO Y NÚMERO DE CAPAS SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CALIDAD FERMENTATIVA EN ENSILADOS DE HIERBA Y VEZA-AVENA

G. SALCEDO<sup>1</sup>, L. MARTÍNEZ-SULLER<sup>2</sup>, M. SARMIENTO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dpto. Tecnología Agraria del I.E.S. "La Granja", 39792 Heras, Cantabria. <sup>2</sup>Dpto. de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente, E.T.S. de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de Santander. <sup>3</sup>Laboratorio Agroalimentario, C/ Concejo s/n 39011, Santander. gregoriosalce@ono.com

### RESUMEN

Se estudian los efectos del color del plástico y número de capas sobre la composición químico-bromatológica y características de fermentación en ensilados de hierba y veza-avena conservados en la modalidad de bolas redondas. Los tratamientos consistieron en 3 colores de plástico (blanco, verde y negro) sellados con 4 ó 6 capas, según un diseño experimental de bloques al azar, con tres repeticiones por tratamiento. En todos los casos, la pérdida de materia seca fue mayor en los ensilados sellados con cuatro capas ( $P < 0,05$ ), sin diferencias para la proteína y digestibilidad. El índice de ingestibilidad fue mayor en los ensilados de hierba ( $P < 0,001$ ), sin diferencias entre color de plástico y capas, y superior el índice de conservación los de veza-avena ( $P < 0,001$ ), registrándose el menor en el plástico blanco y cuatro capas de sellado en éstos últimos ensilados ( $P < 0,05$ ). El plástico de color verde manifestó menor índice de conservación, sin diferencias para el de ingestibilidad en los ensilados de hierba, sin variaciones relevantes en los de veza-avena. Se concluye que una buena técnica de presecado del forraje antes de ensilar, es más eficiente que el color o número de capas sobre la calidad del ensilado.

**Palabras clave:** ensilado, color del film, sellado, calidad.

### INTRODUCCIÓN

En la Cornisa Cantábrica, el color de plástico más usado es el negro, atribuido al menor coste de producción seguido del blanco y en menor medida el verde. Los principios que rigen la conservación del ensilado en bolas redondas son los mismos que para los ensilados en zanja o trinchera. Prácticas como presecado, picado, compactación e infiltración potencial de aire a través del plástico, contribuyen a diferenciar las características de conservación y composición química (McEniry *et al.*, 2007). Los ensilados de bola son particularmente propensos al deterioro debido a la alta relación superficie/volumen (O'Kiely *et al.*, 2002). Según este autor, los ensilados de bolas con 2 capas,

presentan inferior conservación y digestibilidad, exhibiendo la superficie de la bola zonas mohosas, reduciéndose este inconveniente con 4 capas y pocos beneficios con 6 capas. No obstante, en este tipo de ensilados sellados con 6 u 8 capas y comparados con un silo convencional, aproximadamente la mitad del volumen del ensilado se encuentra dentro de los primeros 15 cm del plástico.

El objetivo de este trabajo fue determinar los efectos del color del plástico y el número de capas en el sellado, sobre la conservación y calidad de ensilados de hierba de prado y de veza-avena en bolas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Procedimiento experimental

La siega se realizó con segadora rotativa-acondicionadora el 19-4-07 al inicio del espigado la avena y en floración, la veza con 36 h de presecado. La hierba de prado se segó el 19-5-07 al espigado y 24 horas de presecado. Ambos forrajes fueron ensilados en la modalidad de bolas redondas sin adición de conservante, con una rotoempacadora de cámara variable y diámetros de 1,22 m para la veza-avena (V-A) y 1,05 m la hierba de prado sembrado (HPS), con pesos medios de 682 y 418 kg respectivamente, equivalentes a densidades de 117 y 127 kg MS m<sup>-3</sup> respectivamente.

Las bolas fueron abiertas y pesadas a partir del 3 de septiembre hasta el 17 de noviembre del 2007, tomándose un total de 9 kg de ensilado de la zona limítrofe al plástico, a 45 cm de profundidad y del núcleo. El tiempo transcurrido entre el muestreo y su procesado no superó los 20 minutos. Después en el laboratorio, el ensilado de las diferentes partes de la bola fue mezclado y dividido en tres porciones, analizándose por vía húmeda su contenido en materia seca, pH y N amoniacal. Un kilo de la misma fue congelado a -20°C para determinar los ácidos grasos volátiles. Por vía seca y sobre material molido a 1 mm, se determinó su composición químico-bromatológica.

### Análisis químico

Materia seca en estufa a 60°C durante 48 horas; cenizas por incineración de la muestra a 550°C; grasa bruta extraída con éter de petróleo; proteína bruta (PB), como N-Kjeldhal x 6,25 con el Kjeltec™ 2300; fibra ácido y neutro detergente (FAD y FND), según Goering y Van Soest (1970); el coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica ( $D_o$ ) se estimó como  $D_o = 60,65 - 0,29 \text{ FND} + 0,37 D_e$  (Argamentería *et al*, 1995),  $D_e$  es la digestibilidad enzimática de la materia orgánica determinada por el método FND-celulasa (Riveros y Argamentería, 1987); la energía metabolizable EM (MJ/kg MS) =  $k \times \text{MOD}$ , donde  $\text{MOD} = \text{MO} \times D_o / 100$  y  $k = 0,16$  (MAFF, 1984) y la energía metabolizable fermentable ( $EM_f$ ) se estimó restando la energía bruta de la grasa y el aporte energético de los ácidos grasos volátiles AFRC (1992); pH con pHmetro Crison Basic20 y N amoniacal por destilación directa con el Kjeltec™ 2300, previa maceración con agua destilada en una proporción 10:1 p:v. Los ácidos grasos volátiles (acético, butírico y propiónico), los dos primeros por cromatografía de gases y el láctico por destilación en el Laboratorio Agroalimentario de Santander.

## Índices de calidad fermentativa

A cada parámetro fermentativo se le asignó un valor de cero y 10 adaptando la categorización de la calidad de los ensilados propuesta por Dulphy y Demarquilly (1981). Posteriormente, dichos valores fueron integrados en dos índices de calidad: *conservación*: [ P (pHdif)+ (P (Butírico) + (P (Acético) + P (N Amoniacal) ] x 0,25 e *ingestibilidad*: [ P (Acético) + P (N Amoniacal) ] x 0,5.

*Análisis estadístico*: El diseño experimental de campo fue de bloques al azar con tres repeticiones, donde el *plástico, número de capas y forraje* fueron los efectos principales. Los resultados fueron analizados como un arreglo factorial 2 x 2 x 3: 2 forrajes (veza-avena y hierba de prado); 2 capas (4 ó 6) y 3 colores (blanco, verde y negro), separándose las medias con el test de Duncan en el paquete estadístico SSPS 11.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de materia seca del forraje en origen, al sellado y posterior ensilado fue 20,8±0,23; 43,2±0,27% y 42±0,34 para los de hierba (HPS); 17,3±0,12%; 24,5±0,22% y 25,1±0,21% los de veza-avena (V-A), respectivamente. El menor porcentaje de materia seca registrado en los ensilados V-A es imputable a tallos más gruesos y acuosos; circunstancia que originó las diferencias en el posterior ensilado (P<0,001). En cualquier caso, no se observaron diferencias entre color de plástico y número de capas y sí, (P<0,05) la interacción color \* número de capas (Tabla 1).

Para el conjunto de datos e independientemente del color y capas, la pérdida de materia seca, estimada como la diferencia entre el contenido de materia seca al sellado y a la apertura, fue superior en los ensilados V-A (P<0,001) que en los de hierba (Tabla 1), imputable al mayor contenido en humedad ( $r^2=0,49$ ), donde cada punto superior a 23,6% y dentro del rango 23,6% a 45,7% las pérdidas disminuyeron 0,13 unidades porcentuales, inferior a 2,2 observado por Salcedo *et al.*, (2007), en ensilados de hierba con 22,7% a 30,8% de materia seca. Entre color de plástico y número de capas las mayor pérdidas se registró en el color negro y 4 capas los HPS y el blanco con igual número de capas los de V-A.

Los contenidos de cenizas y proteína en HPS hierba fueron 10,7±0,41%, 13,6±0,36% y 8,1±0,22% y 14,8±0,34% en los de veza-avena, sin diferencias significativas entre color y capas respectivamente (Tabla 1). El menor porcentaje numérico de proteína para HPS se registró en el plástico negro con 6 capas, atribuido al muestreo y no al color o número de capas. Por su parte O'Kiely *et al.*, (2002), señalan mejoras importantes de carácter nutricional cuando las bolas son selladas con 4 capas en lugar de 2, sin diferencias entre 4 y 6.

Entre forrajes, el mayor porcentaje de fibra neutro detergente fue en los ensilados HPS (61,9±1,14%) y 49,6±0,69% los de veza-avena. Entre colores de plástico y número de capas no se observaron diferencias para HPS, P<0,05, y en los de V-A, fue mayor en el color blanco (P<0,05). Hancock y Collins, (2006) en ensilados de alfalfa, observaron porcentajes de fibra neutro superiores en ensilados de alfalfa con 2 capas, sin diferencias entre 4 y 6, coincidente con el presente experimento con ensilados de hierba sellados con 4 ó 6 capas.

**Tabla 1. Composición químico bromatológica, digestibilidad y energía de los ensilados según color de plástico y número de capas**

Plástico	Capas	MS, %	MS perdida,%	Cenizas, %	PB, %	FAD, %	FND, %	MOD, %	EM, MJ	EMf MJ
<b>Hierba</b>										
<i>Origen</i>										
		20,8	-	7,36	14,3	31,1	57,1	62,4	10,1	-
	<i>et</i>	0,23	-	0,11	0,43	0,87	2,7	1,1	0,11	-
<i>Presecado</i>										
		43,2	-	7,37	14,1	37,8	59,3	59,6	9,53	-
	<i>et</i>	0,27	-	0,04	0,14	0,61	0,76	0,15	0,02	-
<i>Ensilado</i>										
Blanco	4	43,6b	3,8ab	11,3	14,5	38,1	61,4	54,6	8,73	6,85b
	6	41,8ab	2,7a	10,8	14	36,2	61,6	54,0	8,64	6,79b
Verde	4	39,5a	5,2bc	11,8	13,4	39,2	64,9	51,6	8,25	5,72a
	6	42,8b	4,7abc	10,1	14,1	35,6	61,3	55,1	8,82	6,34ab
Negro	4	42,0ab	6,4c	9,9	12,1	36,5	62,6	53,4	8,55	6,5ab
	6	42,5b	4,5abc	10,5	13,7	37,6	59,6	56,1	8,97	6,91b
Conjunto		42	4,6	10,7	13,6	37,2	61,9	54,1	8,66	6,52
	<i>et</i>	0,34	0,54	0,41	0,36	0,70	1,14	0,74	0,11	0,13
<b>Veza-Avena</b>										
<i>Origen</i>										
		17,3	-	7,2	15,3	33,2	49,7	63,5	10,1	-
	<i>et</i>	0,12	-	0,16	0,10	1,18	1,02	0,70	0,11	-
<i>Presecado</i>										
		24,5	-	7,57	14,6	35,1	53,1	61,2	9,79	-
	<i>et</i>	0,22	-	0,27	0,24	0,67	0,99	0,72	0,11	-
<i>Ensilado</i>										
Blanco	4	24,1a	8,0b	8,0	16,2	33,6ab	51,7b	61,5	9,85	7,6a
	6	24,8ab	6,8ab	8,0	14,4	32,9ab	52,2b	61,7	9,87	7,77ab
Verde	4	25,1ab	7,11ab	8,6	16,3	29,6a	45,9a	64,3	10,29	7,73ab
	6	25ab	6,3a	7,4	14,2	31,2ab	48,4ab	64,1	10,25	7,93ab
Negro	4	25,9b	7,12ab	8,0	13,8	34,5b	47,8ab	64,2	10,28	8,21b
	6	25,5ab	5,9a	8,5	14,1	34,8b	51,4ab	62,4	9,98	7,57a
Conjunto		25,1	6,8	8,12	14,8	32,7	49,6	54,1	10,1	7,8
	<i>et</i>	0,21	0,15	0,22	0,34	0,58	0,69	0,42	0,06	0,06
Plástico		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Capas		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Forraje		***	***	***	*	***	***	***	***	***
P*C		*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
P*F		NS	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**
C*F		NS	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
P*C*F		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

MS: materia seca; PB: proteína bruta; FAD: fibra ácido detergente; FND: fibra neutro detergente; MOD: materia orgánica digestible; EM: energía metabolizable; EMf: energía metabolizable fermentable; a, b, dentro de la misma columna y ensilado difieren P<0,05; et: error típico de la diferencia de medias.

La concentración de energía metabolizable fue diferente entre forrajes ( $P < 0,001$ ), pero no entre plásticos y número de capas (Tabla 2), imputables al diferente contenido de fibra neutro detergente ( $P < 0,001$ ). En cualquier caso, la menor energía metabolizable numérica se registró en los ensilados HPS de color verde y negro con dos capas, pero no en los de veza-avena. Posiblemente el menor contenido energético en los ensilados sellados con dos capas, tenga su origen en el mayor intercambio de oxígeno, que favorece menor formación de  $CO_2$  (O’Kiely *et al.*, 2002), lo que le permite una conservación inferior. La energía metabolizable fermentable (EMf) fue similar entre plásticos y capas, pero no entre forraje (Tabla 1). En cualquier caso, la relación EMf/EM entre plásticos y capas se sitúa en 75,3% y 77,2% para los ensilados HPS y V-A respectivamente, dentro del rango de 55 al 80% señalado por el ADAS (1991) en bolsas grandes con fermentaciones restringidas y contenidos de materia seca determinada en estufa de 34,8% y, similar a 73,5% en ensilados de prado sellados con 4 ó 6 capas y color blanco (Salcedo *et al.*, 2007).

**Tabla 2. Calidad fermentativa de los ensilados según color del plástico y número de capas.**

Plástico	Capas	pH	pHe	N-NH <sub>3</sub> /N <sub>t</sub> , %	Acético g/kg MS	Butírico, g/kg MS	Láctico, g/kg MS	Índice Ingestib.	Índice Conserv.
<b>Hierba</b>									
Blanco	4	4,22ab	5b	6,27ab	5,64a	2,94ab	46,4ab	8,5	8,5ab
	6	4,53b	4,94ab	7,4ab	13,1bc	0,48a	40,8a	9	9,5b
Verde	4	4,12a	4,85a	8,67b	15,5c	11,4d	65,8bc	9	7,5a
	6	4,31ab	4,97b	5,4a	15,7c	8,68cd	70,3b	9	7,5a
Negro	4	4,24ab	4,94ab	7,08ab	8,67ab	4,43abc	51,06ab	9	8ab
	6	4,34ab	4,96b	6,03ab	10,7abc	5,7ab	46,3ab	9	7,66a
Conjunto		4,29	4,94	6,81	11,6	5,6	53,4	8,9	8,11
	et	0,045	0,012	0,38	0,66	0,56	3,09	0,08	0,088
<b>Veza-Avena</b>									
Blanco	4	3,56	4,3a	9,62ab	30,3c	0a	60,2a	7,5ab	8,83ab
	6	3,64	4,33ab	12,33b	14,1ab	2,31b	59,4a	7,16a	8,16a
Verde	4	3,66	4,34ab	9,43ab	15,ab	1,18ab	93,8b	8,5bc	9,41b
	6	3,67	4,34ab	9,25ab	16,5ab	1,83ab	80,6ab	9c	8,91ab
Negro	4	3,68	4,37b	11,04ab	11,2a	1,61ab	64,8a	8abc	9,25ab
	6	3,55	4,35ab	7,36a	22,2b	0,16a	77,6ab	8abc	8,66ab
Conjunto		3,63	4,34	9,84	18,2	1,18	72,7	8,02	8,93
	et	0,028	0,008	0,55	1,03	0,22	2,79	0,15	0,13
Plástico		NS	NS	NS	***	***	***	NS	NS
Capas		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*
Forraje		***	***	***	***	***	***	***	***
P*C		NS	*	NS	***	*	NS	NS	NS
P*F		NS	NS	NS	***	***	NS	**	***
C*F		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
P*C*F		NS	NS	*	***	NS	NS	NS	NS

a,b, c dentro de la misma columna y ensilado difieren  $P < 0,05$ ; et: error típico de la diferencia de medias.

El pH observado y el de estabilidad (pHe) fue superior en los ensilados HPS ( $P < 0,001$ ), con valores medios de  $4,29 \pm 0,04$  -  $4,94 \pm 0,01$  y  $3,63 \pm 0,02$  -  $4,34 \pm 0,008$  los de V-A respectivamente. Para los primeros es atribuido al tipo de fermentación restringida (alto contenido en materia seca), sin diferencias entre color de plástico y número de capas y,  $P < 0,05$  la interacción plástico \* capas (Tabla 2). La concentración de N-NH<sub>3</sub> entre forrajes fue diferente, mayor en los V-A ( $P < 0,001$ ), imputable al menor contenido de materia seca ( $r^2 = 0,38$ ). Para los ensilados de hierba, el mayor contenido en amoníaco se registró en los ensilados de color verde con 4 capas ( $P < 0,05$ ), sin diferencias para el negro y blanco e independiente del número de capas y, 12,3% en los veza-avena conservados con plástico blanco y 6 capas. En cualquier caso, valores próximos al 10% permiten considerado como un ensilado de buena calidad fermentativa (Pahlow *et al.*, 2003).

La concentración media de ácido láctico fue 53,4 y 72,7 g/kgMS en HPS y V-A respectivamente; dentro del rango 30 a 70 g considerados como ensilados de fermentación normal. La menor concentración de láctico en los de hierba es atribuida al superior contenido de materia seca (Donaldson y Edwards, 1976), quienes señalan bajas concentraciones de láctico en ensilados que han sufrido fermentación restringida o posiblemente a una menor concentración de carbohidratos solubles en agua. En cualquier caso, el menor contenido de ácido láctico se registró en el plástico de color blanco y 6 capas para HPS ( $P < 0,05$ ) y 59,4 g/kgMS, también con color blanco y 6 capas, en los V-A, sin diferencias significativas con los sellados con 4 capas. Los contenidos de acético fueron inferiores a 25 g/kgMS señalado por el INRA (1981), excepto el ensilado V-A de color blanco sellado con 4 capas. En cualquier caso, para el conjunto de datos y coincidente con el INRA (1981), la concentración de ácido acético se relacionó negativamente con el contenido en materia seca ( $r = -0,52$   $P < 0,01$ ), similar a  $r = -0,48$   $P < 0,01$  observado por Salcedo *et al.*, (2007) en ensilados de prado.

Los índices de calidad fermentativa de los diferentes ensilados figuran en la Tabla 2, con valores medios para el de ingestibilidad ( $I_i$ ) y de conservación ( $I_c$ ) de  $8,9 \pm 0,08$  y  $8,11 \pm 0,08$  para los de hierba y  $8,02 \pm 0,15$  y  $8,93 \pm 0,13$  los de veza-avena respectivamente, superiores a los observados por Salcedo *et al.* (2007) en ensilados de prado conservados con plástico negro y blanco. Tal vez el mayor  $I_c$  observado en los ensilados V-A tenga su origen en el menor contenido de butírico ( $P < 0,001$ ). En éstos últimos y entre plásticos,  $I_c$  fue mayor en los de color verde con 4 capas, coincidiendo con la mayor concentración de ácido láctico, sin diferencias para los conservados con plástico negro y entre el número de capas. Para los ensilados de hierba, el  $I_c$  fue inferior en los plásticos de color verde, coincidiendo con las mayores concentraciones de amoníaco, acético, butírico y láctico. A la vista de los índices obtenidos, los diferentes ensilados, independientemente del color y número de capas, son considerados como de calidad media alta.

## CONCLUSIONES

El color del plástico y el número de capas ensayadas no comprometió la composición química de los diferentes ensilados. En los ensilados de hierba, el plástico de color verde manifestó mayores concentraciones de ácidos grasos y menor índice de conservación, sin relevantes modificaciones en los de veza-avena.



## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean manifestar su agradecimiento a ASPLA-Plásticos Españoles S.A. (Grupo Armando Álvarez) la financiación de este trabajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ADAS, 1991. Fermentable Metabolisable Energy Content of Grass Silages, *Technical Bulletin 91/5*, ADAS Fed Evaluation Unit, Stratford-upon-Avon.
- AFRC, 1992. Energy and Protein Requirements of Ruminants. Editorial Acribia, 58 pp.
- ARGAMENTERIA, A.; MARTINEZ, A.; FERNANDEZ, O.; MODROÑO, S.; DE LA ROZA, B.; PEREIRA, P.; MARTINEZ, A.; ALFAGEME, L.A., 1995. *Control del valor nutritivo de los ensilados de hierba en el norte de España: análisis químico, aptitud de especies para ensilado y uso de aditivos*. Memoria CIATA, 95-96.
- DONALDSON, E.; EDWARDS, R.A., 1976. Feeding value of silage - silages made from freshly cut grass, wilted grass and formic-acid treated wilted grass. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **27**, 536-544.
- DULPHY, J.; DEMARQUILLY, C., 1981. Problèmes particuliers aux ensilages. En: *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants*. Ed. INRA publications, 81-104. Paris.
- GOERING H.K.; VAN SOEST P.J., 1970. *Forage fiber analysis*. Ag. Handbok N° 379. Washington DC ARS (USDA).
- HANCOCK, D.; COLLINS, M., 2006. Forage preservation method influences alfalfa nutritive value and feeding characteristics. *Crop Science*, **46**, 688-694.
- INRA, 1981. *Alimentación de los rumiantes*. Editorial Acribia, 601 pp.
- MAFF, 1984. *Energy Allowances and Feeding Systems for Ruminants*. Reference Book 443. Her Majesty's Stationary Office. London (U.K.).
- McENIRY, J.; O'KIELY, P.; CLIPSON, W.; FORRISTAL, P.; DOYLE, E., 2007. The relative impacts of wilting, chopping, compaction and air infiltration on the conservation characteristics of ensiled grass. *Grass and Forage Science*, **62**, 470-484.
- O'KIELY, P.; FORRISTAL, D.; BRADT, K.; McNAMARA, K.; LENEHAM, J.; FULLER, H.; WHELAN, J., 2002. Improved Technologies For Baled Silage. *Beef Production Series 50*.
- PAHLOW, G.; MUCK, R.; DRIEHUIS, F.; OUDE, S.; SPOELSTRA, S., 2003. Microbiology of ensiling. In: *Silage Science and Technology*, 31-93. Agronomy Series N° 42, American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
- RIVEROS, E., ARGAMENTERIA, A., 1987. Métodos enzimáticos de la predicción de la digestibilidad in vivo de la materia orgánica de forrajes. 1. Forrajes verdes. 2. Ensilados y pajas. *Avances en Producción Animal*, 12-49.
- SALCEDO, G., MARTÍNEZ-SULLER, L., TEJERO, I., SARMIENTO, M., 2007. Efectos del color del plástico y el número de capas, sobre la composición química y calidad fermentativa en ensilados de hierba. *Actas de la XLVII Reunión Científica de la S.E.E.P.* Córdoba, 395-402.
- SSPS 11, 2002. *Guía para análisis de datos*. Editorial McGraw Hill.



## SUMMARY

### **EFFECTS OF FILM COLOUR AND NUMBER OF LAYERS ON CHEMICAL COMPOSITION AND FERMENTATION OF GRASS AND WINTER FORAGE SILAGES**

Film colour and number of layers effects on chemical composition and fermentation characteristics are studied in round bales of grass and vetch-oats silages. Three film colours (white, green and black) and two sorts of sealed (4 or 6 film layers) have been used according to an experimental design of randomized blocks, with three replicates per treatment. DM losses were always higher on 4 layers round bales ( $P < 0.05$ ), while no differences were observed for protein and digestibility. Higher ingestion index was observed on grass silage ( $P < 0.001$ ), without differences for film colour or number of layers. Contrary, the best conservation index was identified on vetch-oat ( $P < 0.001$ ). Concluding, film colour and number of layers have some effect on silage chemical composition, but it is more important to do an optimal dried technique before wrapping.

**Key words:** silage, film, wrapping, quality.

## DESARROLLO DE MODELOS NIRS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE ENSILADOS DE HIERBA EN FRESCO

M.A. GONZÁLEZ, A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, S. MODROÑO, A. SOLDADO, B. DE LA ROZA

*Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Área de Nutrición Animal, Pastos y Forrajes. Apdo. 13. E-33300 Villaviciosa. admartinez@serida.org*

### RESUMEN

El propósito del presente trabajo ha sido utilizar la tecnología NIRS como herramienta eficaz para el control de calidad de ensilados de hierba. Se desarrollaron ecuaciones de calibración de parámetros nutritivos y fermentativos utilizando una población de 240 muestras que incluía gran variabilidad y cuyos valores de referencia fueron obtenidos por vía húmeda. La recogida de espectros se realizó sobre muestra fresca utilizando un equipo monocromador 6500 FOSS NIRSystems dotado de módulo de transporte, con rango de medida entre 400-2500 nm.

Los mejores resultados se obtuvieron aplicando Standard Normal Variate and Detrend (SNVD) como pretratamiento de la señal espectral y la posterior aplicación de la segunda derivada. Los resultados obtenidos para parámetros nutritivos y fermentativos muestran coeficientes de determinación para la validación cruzada ( $r^2$ ) superiores a 0,9 en la mayoría de los casos, con errores de calibración y validación cruzada (ETCV) satisfactorios. Los valores de RPD y RER son superiores a los recomendados para su uso en diagnóstico, lo que convierte a esta metodología en una herramienta robusta para el análisis de muestras en fresco, con gran futuro en los laboratorios de análisis, aumentando su eficacia y dando rápida respuesta a las necesidades de las explotaciones ganaderas.

**Palabras clave:** NIRS, ensilados en fresco, valor nutritivo, parámetros fermentativos.

### INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas del aprovechamiento de los forrajes, es su estacionalidad. Cada tipo de forraje tiene un momento óptimo de aprovechamiento y utilizarlo antes o después del mismo produce una seria pérdida de eficacia. Para contrarrestar este efecto, es imprescindible utilizar métodos de conservación adecuados. En zonas de clima templado con elevada pluviometría en primavera, el más idóneo, sin duda alguna, es el ensilado o conservación en anaerobiosis por fermentación. Cualquier sistema empleado para su control de calidad debe aportar información sobre el tipo de fermentación, la calidad de la conservación, y sus características nutricionales.

Existen varios sistemas para estimar la calidad fermentativa (Woolford, 1984), basados en la medida de ácidos grasos volátiles, ácido láctico y fracciones nitrogenadas, entre otros.

En cuanto al uso eficiente del ensilado, como método para abaratar costes de producción, exige contar con métodos rápidos y precisos de estimación de su valor nutritivo y fermentativo (de la Roza, *et al.*, 2003). Su ingestión voluntaria está influenciada directamente por el olor y sabor que comunican los metabolitos de fermentación. Según Chambelain y Wilkinson (1996), los mejores predictores de ingestión de materia seca de ensilados por el vacuno lechero son el contenido en la misma, en materia orgánica digestible y en N soluble sobre N total. Asimismo, Offer *et al.* (1993) relacionaron ingestión voluntaria de ensilados en ovino con el contenido en N amoniacal y con unos índices Cluster en función de azúcares residuales, ácido láctico, ácidos grasos volátiles, N amoniacal y valor de neutralización.

Por todo ello, analizar de forma rápida y precisa la calidad de un ensilado es clave para las explotaciones ganaderas, que racionan en base a los mismos. En este marco, la espectroscopía en el Infrarrojo Cercano (NIRS), surge como una herramienta analítica ampliamente aceptada, rápida, rentable y precisa para su caracterización, como alternativa al análisis por vía húmeda. (Park *et al.*, 1999).

El análisis NIRS de ensilados en fresco, entraña gran dificultad, debido a la heterogeneidad de la muestra (Alomar *et al.*, 1999). Por otro lado, la presencia del agua genera fuertes bandas de absorción en el espectro que pueden limitar el uso del NIRS en ciertas regiones espectrales (Cozzolino *et al.*, 2006). No obstante, a pesar de estas dificultades, nuestro grupo de investigación ya empleó la tecnología NIRS para la evaluar la calidad nutritiva y fermentativa de ensilados de hierba en fresco (de la Roza *et al.*, 1996; Martínez *et al.* 2007; Soldado *et al.*, 2007) y por su parte Cozzolino *et al.* (2006) también han obtenido resultados satisfactorios con ensilados de maíz.

La aplicación y desarrollo de nuevos paquetes quimiométricos ha posibilitado nuevas estrategias para mejorar en exactitud y precisión las ecuaciones de predicción NIRS (de la Roza-Delgado *et al.*, 2006, Soldado *et al.*, 2008). Por tanto, el objetivo de este trabajo es el desarrollo de modelos quimiométricos NIRS para uso en control de calidad de ensilados de hierba en fresco con la exactitud y precisión que requieren los sistemas de producción.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Características de la población

Se utilizaron 240 ensilados de hierba recogidos entre 2003 y 2008 en explotaciones asturianas, incluyendo ensilados de prado, de raigrás italiano en monocultivo, de praderas de corta y larga duración, así como de cereal-leguminosa, obtenidos bajo diferentes manejos (convencional o ecológico), en corte directo o prehenificado y empleando o no aditivos.

### Análisis NIRS

El análisis NIRS se llevó a cabo en un equipo monocromador NIRSystems 6500 (FOSS NIRSystems, Silver Spring, MD, USA) dotado de módulo de transporte, con

rango de lectura comprendido entre 400-2500 nm. Los espectros en fresco se recogieron utilizando una cápsula para productos naturales con gran ventana de cuarzo y una superficie de irradiación de 94 cm<sup>2</sup>. Se recogieron dos espectros por muestra y se utilizó el espectro promedio en el proceso de calibración. El análisis quimiométrico se llevó a cabo mediante el programa WinISI II versión 1.50 (Infrasoft International, Port Matilda, PA, USA, 2000). Previamente a la obtención de las ecuaciones de calibración, se aplicó el algoritmo CENTER (Shenk y Westerhaus, 1991), con el fin de detectar, evaluar y eliminar la presencia de anomalías espectrales mediante el cálculo de la distancia H (distancia de Mahalanobis).

Las ecuaciones de calibración fueron desarrolladas mediante regresión por mínimos cuadrados parciales modificada (MPLS) con una transformación previa de los datos espectrales mediante tratamiento de corrección de dispersión de la luz (SNVD; Standard Normal Variate and Detrend) y segunda derivada (Shenk y Westerhaus, 1996). La elección de MPLS como modelo de regresión se basa en la necesidad de evitar problemas de colinealidad, al trabajar con muchas bandas en el espectro que permiten la medida cuantitativa (Murray, 2004). La validación de la precisión y exactitud de las ecuaciones se hizo mediante validación cruzada y en base a los siguientes estadísticos: el error estándar de los residuales obtenidos para validación cruzada (ETVC) y los coeficientes de determinación para la etapa de validación cruzada ( $r^2$ ) respectivamente.

### Análisis vía húmeda

La misma fracción de muestra utilizada en el análisis NIRS fue procesada por vía húmeda para evaluar los parámetros nutritivos y fermentativos. Una parte fue prensada y sobre el jugo se determinó el pH, nitrógeno amoniacal (NNH<sub>3</sub>) y nitrógeno soluble (NSOL) por destilación y valoración Kjeldahl (TECATOR, 1995), ácidos acético (ACE), butírico (BUT) y ácido láctico (LAC) por cromatografía líquida de alta resolución (columna Shodex RS PAK KC-L6). Paralelamente, el resto de la muestra se utilizó para la determinación de: MS (24h, 60°C) y cenizas (3 h, 550°C); N Kjeldahl (Proteína bruta PB = 6,25xN), según TECATOR (1995); fibra neutro detergente (FND, Van Soest *et al.*, 1991) y la digestibilidad neutro detergente celulasa de la materia orgánica (DEMO, Riveros y Argamentería, 1987). En la mayoría de las muestras, se había determinado también la fibra ácido detergente (FAD, Goering y Van Soest, 1970) y la fibra bruta (FB, AFNOR, 1981).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, se muestra el espectro de absorción de toda la población empleada en el proceso de calibración y su representación espacial. Como puede apreciarse, a pesar de la variabilidad intrínseca de la población, las muestras individuales presentan espectros paralelos con máximos de absorción en bandas características de agua (1446-1460; 1824-1976 nm), proteína (2055-2060 nm), celulosa (1780-1820 nm), etc

Los mejores resultados (Tabla 1) se obtuvieron con SNVD como pretratamiento de la señal espectral, que reduce el efecto del tamaño de partícula y de dispersión de la luz (Barnes *et al.*, 1993). Como tratamiento matemático, se utilizó la segunda derivada con el fin de mejorar la discriminación espectral y aumentar la resolución y se efectuaron dos pases de eliminación de muestras anómalas en cada ecuación ( $H > 4$  y  $T > 2,5$ ).

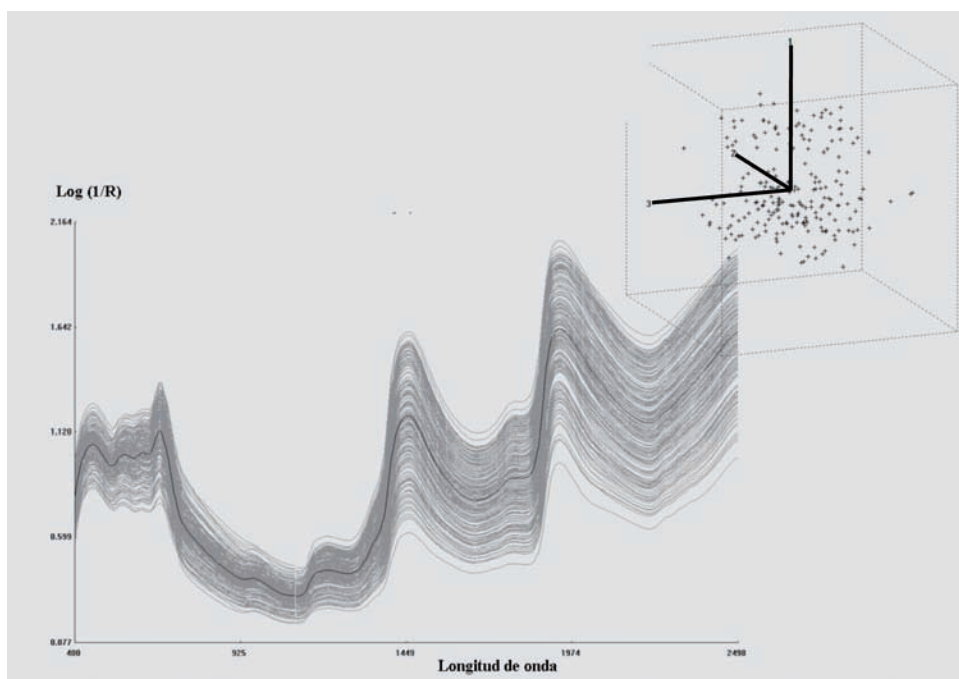


Figura 1. Librería espectral y distribución tridimensional de la población en base a las tres primeras componentes principales (N=240).

Tabla 1. Estadísticos de las ecuaciones NIRS para el control de calidad nutritiva y fermentativa de ensilados de hierba en estado natural (N=240).

Parámetro	Intervalo de calibración	DE	ETC	R <sup>2</sup>	ETVC	r <sup>2</sup>	RPD	RER
pH	3,53-5,97	0,607	0,114	0,97	0,197	0,90	3,08	12,38
MS (%)	12,53-43,00	7,804	0,845	0,99	1,085	0,98	7,19	28,08
CEN (%)	0,12-5,97	0,975	0,377	0,85	0,458	0,78	2,13	12,77
PB (%)	1,70-8,60	1,273	0,240	0,96	0,316	0,94	4,03	23,67
FND (%)	6,82-38,27	6,131	0,606	0,99	0,798	0,98	7,69	44,12
FB (%)	4,57-19,58	3,130	0,367	0,99	0,544	0,97	5,76	33,93
FAD (%)	4,14-25,86	3,621	0,424	0,99	0,779	0,95	4,65	27,89
DEMO (%)	26,09-81,84	9,294	3,107	0,89	3,580	0,85	2,60	15,57
NNH <sub>3</sub> *	25,40-268,32	64,980	18,302	0,92	21,263	0,89	3,06	11,42
NSOL	0,12-0,77	0,145	0,027	0,97	0,045	0,90	3,22	14,44
Láctico*	LD-5,139	1,158	0,224	0,96	0,328	0,92	3,53	15,68
Acético*	LD-1,828	0,350	0,097	0,92	0,142	0,84	2,46	12,87
Butírico*	LD-1,740	0,441	0,132	0,91	0,174	0,84	2,54	10,02

N: N° de muestras; MS: Materia seca; CEN: Cenizas; PB: Proteína bruta ; FB, FAD, FND: Fibras bruta; ácido y neutro detergente DEMO: Digestibilidad enzimática de la materia orgánica; NSOL: g Nitrógeno Soluble /100mLde jugo; \*: g/100mLde jugo; DE: desviación estándar; ETC: Error típico de calibración; R<sup>2</sup> y r<sup>2</sup>: coeficientes de determinación de calibración y validación cruzada; ETCV: Error típico de validación cruzada; RPD: DE/ETVC; RER: Rango/ETVC; LD: Límite de Detección.

Los resultados obtenidos tanto para los parámetros nutritivos como fermentativos muestran coeficientes de determinación de calibración y validación cruzada ( $R^2$  y  $r^2$ ) elevados, con errores de calibración y validación cruzada (ETC y ETCV) satisfactorios. Los valores de RPD (DE/ETVC) y RER (Rango/ETVC), para la mayoría de los parámetros, son superiores a los recomendados por Williams y Sobering (1996) para su uso en diagnósticos (RPD>3 y RER>10). Según estos autores, cuando el rango y por tanto la varianza en los datos de referencia es bajo, como en el caso de CEN, los valores para  $r^2$  y RPD pueden no ser muy altos, pero si RER>10, la ecuación es aceptable para su uso, como ocurre en este caso, a pesar de ser un parámetro de medida indirecta. Park *et al.* (2002), en AGV y ácido láctico por calibración NIRS en muestra fresca de ensilados de hierba obtuvieron resultados similares, pero con un pretratamiento de la muestra mediante congelado y troceado previo al análisis NIRS. Sin embargo, hay poca información referente a la predicción NIRS de las fracciones nitrogenadas (NSOL y  $\text{NNH}_3$ ), que aportaría conocimientos relevantes sobre los procesos de proteolisis y aminogénesis de la fermentación (Woolford, 1984). En el presente trabajo, se han obtenido muy buenos estadísticos para dichos parámetros tanto en  $r^2$  (0,90 para NSOL y 0,89 para  $\text{NNH}_3$ , respectivamente), como en RPD y RER.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que a pesar de la heterogeneidad e interferencias acuosas que implica el análisis de este tipo de muestras, las ecuaciones de calibración NIRS obtenidas para parámetros nutritivos y fermentativos en ensilados, proporcionan estadísticos adecuados para su uso en control de calidad. Esta metodología rápida implicará una mayor eficacia en la respuesta analítica, repercutiendo en tiempo y costes y siendo clave para las explotaciones ganaderas que racionan basándose en el uso de ensilados de hierba.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al INIA por la financiación del proyecto RTA2006-00082-CO2, así como al personal técnico y de campo del Área de Nutrición, Pastos y Forrajes del SERIDA por su colaboración.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALOMAR, D.; MONTERO, R.; FUCHSLOCHER, R., 1999. Effect of freezing and grinding method on near-infrared reflectance (NIR) spectra variation and chemical composition of fresh silage. *Animal Feed Science and Technology*, **78**, 57-63.
- AFNOR, 1981. Cellulose Brute, Methode CCE 4eme Directive Norme NF V 03-.040. En *Aliments des Animaux. Méthodes d'analyse*. Ed. AFNOR. París (Francia).
- BARNES, R.J.; DHANOA, M.S.; LISTER, S.J., 1993. Correction to the description of Standard Normal Variate (SNV) and De-trend (DT) transformations in practical spectroscopy with applications in food and average analysis. *J. of Near Infrared Spec.*, **1** (3), 185-186.
- CHAMBERLEIN, A.T.; WILKINSON, J.M., 1996. *Feeding the dairy cow*. Ed. Chalcombe Publication, 241pp. Marlow (UK).

- COZZOLINO, D.; FASSIO, A.; FERNÁNDEZ, E.; RESTAINO, E.; LA MANNA, A., 2006. Measurement of chemical composition in wet whole maize silage by visible and near infrared reflectance spectroscopy. *Animal Feed Science and Technology*, **129**, 329-336.
- GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J., 1970. Forage Fiber Analysis (Apparatus Reagents, Procedures and some applications). *Agriculture Handbook* N° 379. Agriculture Research Service. Unites Status Department of Agriculture. Albany (USA).
- ISI, 2000. The complete software solution using a single screen for routine analysis, robust calibrations, and networking. *Manual Foss NIRSystem / TECATOR*. Sylver Spring MD, USA: Infrasoft International, LLC. Maryland (USA).
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; VICENTE, V.; SOLDADO, A.; MODROÑO, S.; GALIANO, R.; ROZA-DELGADO, B. de la., 2007. Evaluation of NIRS mathematical models to establish quality control of grass silages: External validation. En: *Permanent and Temporary Grassland Plant, Environment and Economy*. EGF 2007, p36. Ed. A. de VLIEGHER, L. CARLIER. Ghent (Bélgica).
- MURRAY, I., 2004. Scattered information: philosophy and practice of near infrared spectroscopy. En: *Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of the 11th International Conference*, 1-12. Ed. A. M. C. DAVIES, A. GARRIDO-VARO. NIR Publications. Chichester (UK).
- OFFER, N. W.; ROOKE, J. A.; DEWHURST, R. J.; THOMAS, C., 1993. Rapid assessment of silage fermentation characteristics by electrometric titration. *British Society of Animal Production Winter Meeting, Paper XIX*. Scarborough (UK).
- PARK, R.S.; AGNEW, R.E.; BARNES, R.J., 1999. The development of NIRS calibrations for undried silage and their transfer to another instrument using multiple and single sample standardisation. *J. of Near Infrared Spec.*, **7**, 117-131.
- PARK, R.S.; AGNEW, R. E.; KILPATRICK, D. J., 2002. The effect of freezing and thawing on grass silage quality predictions based on near infrared reflectance spectroscopy. *Animal Feed Science and Technology*, **102**, 151-167.
- RIVEROS, E.; ARGAMENTERIA, A., 1987. Métodos enzimáticos de la predicción de la digestibilidad in vivo de la materia orgánica de forrajes. I. Forrajes verdes. II. Henos. III. Ensilados y pajas. *Avances en Producción Animal*, **12**, 49-75.
- ROZA-DELGADO, B. de la; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; MODROÑO, S.; SANTOS, B., 1996. Determination of the quality of fresh silages by NIRS. En: *Near Infrared Spectroscopy: The future Waves*, 536-541. Ed.: A. M. C. DAVIES, P. WILLIAMS. Chichester (UK).
- ROZA-DELGADO, B. de la; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; ARGAMENTERÍA, A., 2003. *El ensilado como método de conservación de forrajes*. Colección Informes Técnicos N°2. Ed.: KRK, 61 pp. Principado de Asturias (España).
- ROZA-DELGADO, B. de la; SOLDADO, A.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; VICENTE, F.; MODROÑO, S., 2006. NIRS as a tool to predict nutritive quality of raw Total Mixed Rations with silages incorporated. En: *Sustainable Grassland Productivity. Grassland Science in Europe*, **11**, 571-573. Ed. J. LLOVERAS, A. GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, O. VÁZQUEZ YÁNEZ, J. PIÑEIRO, O. SANTAMARÍA, L. OLEA, M. J. POBLACIONES.
- SHENK, J. S.; WESTERHAUS, M. O., 1991. Population definition sample selection and calibration procedures for near infrared spectra and modified partial least squares regression. *Crop Science*, **31**, 469-474.
- SHENK, J. S.; WESTERHAUS, M. O., 1996. *Routine operation and calibration development manual*. NIRSystems, Tech Toad, Silver Spring, MD 20904. PN IS-0119. (USA).



- SOLDADO, A.; MARTÍNEZ- FERNÁNDEZ, A.; MODROÑO, S.; GALIANO, R. DE LA ROZA-DELGADO., B., 2007. NIRS as alternative to chromatographic technique to predict final fermentation products in raw undried silages. En: *Permanent and Temporary Grassland Plant, Environment and Economy*, p37. Ed.: A. DE VLIEGHER, L. CARLIER. Ghent (Bélgica).
- SOLDADO, A.; MARTÍNEZ- FERNÁNDEZ, A.; PEDROL, N.; MARTÍNEZ, A.; DE LA ROZA-DELGADO., B., 2008. Aplicación de la tecnología NIR para la determinación de la composición botánica de praderas. *XLVII Reunión Científica de la SEEP*, 113-120.
- TECATOR, 1995. The determination of nitrogen according to Kjeldahl using block digestion and steam distillation. *Application Note AN 300*. Perstop Analytical.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A., 1991. Methods for dietary, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, **74**, 3583-3597.
- WILLIAMS, P.; SOBERING, D., 1996. How do we do it: A brief summary of the methods we use in developing near infrared calibrations. En: *Near Infrared Spectroscopy the Future Waves*, 185-188. Ed. A.M.C. DAVIES, P. WILLIAMS. NIR Publications. Chichester (UK).
- WOOLFORD, M.K., 1984. *The silage Fermentation*. Ed.: Marcel Dekker, 350pp. Inc. New York and Basel (USA).

## SUMMARY

### NIRS MATHEMATICAL MODELS DEVELOPMENT FOR FRESH GRASS SILAGES QUALITY CONTROL

The aim of the present study has been the use of NIRS technology as an efficient tool for raw grass silage quality control. Calibration equations were developed for nutritive and fermentation parameters, using a calibration set containing 240 fresh grass silages. Reference values were obtained by classical laboratory methods.

Spectral data were obtained using a monochromator 6500 FOSS NIRSystems instrument with transport module, measuring range between 400-2500 nm, directly on fresh grass silages samples without pretreatment previously performed. The best results were obtained using Standard Normal Variate and Detrend (SNVD) as spectral pretreatment and the second derivative as mathematical treatment. Results obtained for nutritive and fermentative parameters showed correlation coefficients values ( $R^2$  y  $r^2$ ) higher than 0.9, with satisfactory. RPD and RER values for diagnostic uses for almost all parameters. This shows the NIRS as a promising tool in the analysis laboratories giving faster and more efficient response to actual industry and farmers requirements.

**Key words:** NIRS, raw grass silage, nutritive value, fermentative parameters.





## ANÁLISIS DE PURINES MEDIANTE ESPECTROSCOPIA NIR

D. BÁEZ, P. CASTRO, J. CASTRO, A. GARCÍA

*Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM), Apartado 10, 15080 La Coruña.  
dolores.baez.bernal@xunta.es*

### RESUMEN

El vertido incontrolado de los purines producidos en las explotaciones lecheras es una fuente importante de contaminación pero su elevado contenido en nutrientes permite su uso como fertilizantes. La espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) permite el análisis rápido y preciso de diversos productos. En este trabajo se desarrollaron ecuaciones de calibración NIR para la determinación de materia seca (MS) y orgánica (MO), pH, N total, P, Ca, Mg, K y Na sobre muestra seca y sobre el material fresco, utilizando en este caso una sonda de fibra óptica. El análisis en seco fue más preciso que en fresco excepto para la determinación de MS, con errores de validación cruzada (SECV) y de predicción (SEP) comprendidos entre 0,22 y 0,21, respectivamente, para pH y 43,66 y 32,81 para MO. Los valores de SECV y SEP en fresco oscilaron, respectivamente entre 0,30 y 0,18 para pH y 11,17 y 17,57 para el potasio. Para la determinación MO, P, Ca y Mg en fresco el coeficiente de determinación fue  $R^2 < 0,5$ . La precisión del análisis NIRS de purines debe ser mejorada mediante la incorporación de nuevas muestras al grupo de calibración. El análisis en fresco parece prometedor como un método rápido para su uso en recomendaciones de abonado.

**Palabras clave:** NIRS, purín, vacuno, transreflectancia, fibra óptica.

### INTRODUCCIÓN

Los purines constituyen un residuo importante en las explotaciones lecheras comerciales en que los animales permanecen estabulados casi cuando no todo el año. Su vertido incontrolado es una fuente importante de contaminación ambiental, no obstante, pueden ser utilizados como fertilizantes por su contenido en nutrientes. Gran parte de los problemas de su aplicación al suelo, como las pérdidas de N, se debe a una falta de información sobre su composición, que varía enormemente dependiendo del sistema de producción, de la estación y del tipo de almacenamiento. El desarrollo de métodos rápidos para la determinación del N amoniacal (N-  $\text{NH}_3$ ) en el purín como el Quantofix, Agrolisier, etc (Van Kessel y Reeves, 2000) ha sido esencial a la hora de llevar a cabo una dosificación adecuada. Estos métodos son bastante precisos pero solo determinan el N amoniacal, y se pierde la información adicional que proporcionan las fracciones orgánicas de C y N en cuanto al N total disponible para la planta. Si se quiere llevar a cabo una utilización agronómica eficiente de purines, e incorporarlos en

planes de abonado como si se tratase de fertilizantes inorgánicos, es necesario el desarrollo de técnicas analíticas rápidas, precisas y de bajo coste para la determinación de sus nutrientes. Los métodos convencionales para la determinación de nutrientes en otros productos agrarios resultan adecuados para el análisis de purines pero resultan lentos, laboriosos, caros y peligrosos. La espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) ha sido utilizada con éxito para medidas cuantitativas de componentes de diversos materiales. Hasta el momento, son pocos los trabajos realizados aplicando la tecnología NIR a muestras de purines (Reeves y van Kessel, 2000a, 2000b) o materiales compostados. Reeves y van Kessel (2000a) encontraron que mediante NIRS se podía determinar con precisión la humedad y los contenidos de C total, N total y el N amoniacal en muestras de purín de vacuno, pero no encontraron buenas calibraciones para el P y el K debido a que los aniones no absorben a estas longitudes de onda. Utilizando otras herramientas matemáticas y estadísticas, previamente utilizadas en el análisis de suelos, Malley *et al.*, (2002) consiguieron mejorar bastante los resultados y obtuvieron buenas calibraciones para P, Na y Mg ( $R^2$  entre 0,93 y 0,99) y  $> 0,80$  para el K, Ca, conductividad y pH en muestras de purín de porcino. En el CIAM se ha aplicado la técnica NIRS desde los años 90, para el análisis de forrajes, verdes y conservados (ensilados). Se han desarrollado ecuaciones de calibración NIR para determinar la materia seca, pH, N amoniacal, ácidos láctico y butírico, tanto en seco, como en fresco, en silos de hierba y maíz (Castro *et al.*, 2002a; Castro *et al.*, 2002b; Castro *et al.*, 2003). El objetivo de este trabajo es la obtención de las ecuaciones de calibración NIR, para el análisis de purines lo que constituirá una herramienta analítica muy útil, rápida y sencilla, para llevar a cabo las aplicaciones de purines en campo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizó una colección de 204 muestras de purines de vacuno recogidas en las fosas de explotaciones lecheras durante 2004-08. Las muestras se mantenían refrigeradas hasta su llegada al laboratorio y eran congeladas hasta proceder al análisis. En el momento de iniciarlo las muestras eran descongeladas y se secaban en una estufa a 105 °C para determinar la materia seca (MS) y posteriormente ser molidas a un tamaño  $< 1$  mm. La determinación de materia orgánica (MO) se realizó mediante el autoanalizador termogravimétrico TGA-601 (LECO Co., Michigan, USA). La determinación de nutrientes se realizó sobre la muestra fresca, previa oxidación de la misma mediante una digestión Kjeldahl (AOAC, 2000) con ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno utilizando el horno microondas de laboratorio Ethos MOD, Milestone Srl, Sorisole (BG) Italia. El N total se determinó colorimétricamente mediante la reacción del azul de indofenol utilizando un autoanalizador de flujo continuo AA III (Mét. G-188-97, Rev. 2, Bran+Luebbe, Analyzer Division, Norderstedt, Alemania). El P se determinó colorimétricamente, mediante la reacción del ión ortofosfato con molibdato amónico y ácido ascórbico para formar fosfomolibdato amónico de color azul. El Ca, Mg, K y Na se determinaron por espectroscopia de absorción atómica. Todas las determinaciones se realizaron en duplicado.

Los espectros de las muestras secas y molidas se leyeron en duplicado en el módulo de *spinning* del espectrofotómetro (en cápsula circular) como  $\log 1/R$ , ( $R$ =reflectancia), en un equipo 6500 (Foss NIRSystems, MD, USA). Los espectros resultantes fueron reducidos para calibración a la región NIR, 1100-2500,2 nm (programa TRIM, WinISI II 1.5, Infracsoft Internacional, PA16780, USA).

Se seleccionó al azar un 10% de las muestras para validación externa y entre las muestras restantes se seleccionaron las representativas para calibración, mediante un análisis discriminante basado en la distancia de Mahalanobis calculada por componentes principales (SELECT, Win ISI 1.5). Los espectros NIRS se transformaron matemáticamente mediante el tratamiento SNV y D-trend (Barnes *et al*, 1989) para corregir los efectos de la dispersión de la luz y la tendencia. Se realizaron ocho modos de calibración descritos por dos números: el primero corresponde a la derivada (primera o segunda) de los datos espectrales, y el segundo está relacionado con el tratamiento de *outliers*, muestras no representadas en el grupo de calibración, (D: resta peso en la calibración, 1: un paso de eliminación de *outliers*, 2: dos pasos de eliminación de *outliers*). Finalmente, las ecuaciones de calibración se obtuvieron por regresión MPLS (mínimos cuadrados parciales), realizándose una validación cruzada. La validación externa de las ecuaciones NIR se realizó mediante regresión lineal entre los resultados NIR y los datos de referencia del grupo de validación formado por las muestras seleccionadas al azar y las no seleccionadas para calibración.

El análisis de las muestras en fresco se realizó utilizando un módulo de sonda de fibra óptica en modo de transflectancia con un paso óptico de 0,2 mm y manteniendo la agitación durante la recogida de espectros. En este caso se realizaron cinco lecturas por muestra. Teniendo en cuenta, el efecto del agua sobre los espectros NIR se utilizaron distintos segmentos espectrales para la obtención de las ecuaciones de calibración. Los mejores resultados se obtuvieron cuando se eliminó el segmento 1850-1970 nm, que corresponde a la banda de absorción del agua. Tanto para el análisis en seco como en fresco, se utilizaron todas las ecuaciones para analizar el grupo de validación comparando los resultados NIRS con los obtenidos por vía húmeda y se seleccionaron aquellos tratamientos que proporcionaban los errores estándar de validación cruzada en calibración (SECV) y de predicción (SEP) más bajos y los coeficientes de determinación ( $R^2c$  y  $Rp^2$ ) más altos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores medios, el rango y la desviación estándar de los diferentes parámetros de las muestras que conforman los grupos de calibración y validación, en seco, aparecen en la Tablas 1 y 2. Se puede observar que los valores de los parámetros en el grupo de validación están incluidos en el intervalo de variación del grupo de calibración. Los estadísticos de calibración y validación externa para cada uno de ellos se presentan en las Tablas 1 y 2.

Los datos de referencia y las características de las ecuaciones de calibración NIR para el análisis en fresco se resumen en las Tablas 3 y 4 para los grupos de calibración y validación, respectivamente.

**Tabla 1. Datos de referencia y ecuaciones de calibración NIRS en seco.**

Parámetro	N	Media	Rango	s	Mat	Nc	R2	SEC	SECV	RPD	RER
MS (%)	92	7,9	1,9-27,3	3,9	1D	92	0,79	1,82	3,28	1,20	7,9
MO (g kg <sup>-1</sup> )	92	722	400-879	94,4	11	85	0,87	32,8	43,7	2,15	11,0
pH	90	8,3	7,5-9,0	0,24	1D	90	0,54	0,16	0,22	1,08	6,9
N (g kg <sup>-1</sup> )	92	39,8	17,1-81,1	10,7	21	85	0,59	5,08	6,21	1,75	10,3
P (g kg <sup>-1</sup> )	92	9,0	3,8-21,0	3,9	22	81	0,59	1,47	1,72	2,26	10,0
K (g kg <sup>-1</sup> )	92	35,3	7,1-78,1	15,0	12	82	0,92	4,15	6,99	2,14	10,2
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	92	31,1	7,4-115,8	22,3	11	83	0,90	6,60	10,79	2,09	10,1
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	92	6,9	2,5-13,3	2,1	1D	92	0,78	0,98	1,63	1,30	6,6
Na (g kg <sup>-1</sup> )	92	8,0	1,1-27,6	4,6	11	84	0,79	1,57	2,61	1,78	10,2

MS= materia seca, MO= materia orgánica, s= desviación típica, Mat= tratamiento matemático, N y Nc= nº total de muestras y en la ecuación, R2= coeficiente de determinación, SEC y SECV= error típico de calibración y de validación cruzada, RPD= s/SECV, RER= Relación entre el rango de calibración y SECV.

**Tabla 2. Datos de referencia y validación externa de las ecuaciones NIRS en seco.**

Parámetro	N	Media	Rango	s	Rp <sup>2</sup>	SEP	RPD	RER
MS (%)	112	7,8	3,2-13,6	2,1	0,47	1,62	1,29	6,4
MO (g kg <sup>-1</sup> )	112	750	459-865	70,4	0,79	32,81	2,15	12,4
pH	111	8,3	7,3-8,7	0,26	0,43	0,21	1,25	6,6
N (g kg <sup>-1</sup> )	112	39,9	24,5-59,2	7,0	0,61	4,39	1,59	7,9
P (g kg <sup>-1</sup> )	112	8,2	4,8-14,4	1,7	0,46	1,27	1,34	7,5
K (g kg <sup>-1</sup> )	112	41,3	18,2-74,3	12,6	0,74	6,84	1,84	8,2
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	112	23,5	6,9-91,5	14,3	0,76	7,03	2,03	12,0
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	112	6,4	3,6-10,4	1,3	0,40	1,18	1,08	5,8
Na (g kg <sup>-1</sup> )	112	7,7	2,6-20,8	3,0	0,44	2,46	1,21	7,4

MS= materia seca, MO= materia orgánica, s= desviación típica, N= nº de muestras de validación externa, Rp<sup>2</sup>= coeficiente de determinación, SEP= error típico de predicción, RPD= s/SEP, RER= rango/SEP.

**Tabla 3. Datos de referencia y ecuaciones de calibración NIRS en fresco.**

Parámetro	N	Media	Rango	s	Mat	Nc	R <sup>2</sup>	SEC	SECV	RPD	RER
MS (%)	100	8,4	0,34-16,8	2,6	22	88	0,87	0,785	1,02	2,59	16,2
pH	98	8,2	7,0-9,0	0,4	1D	98	0,71	0,23	0,30	1,44	6,9
N (g kg <sup>-1</sup> MS )	98	40,1	5,8-81,8	10,7	21	90	0,60	4,83	6,16	1,74	12,3
K (g kg <sup>-1</sup> MS)	99	37,9	9,6-121,4	16,6	10	99	0,75	8,28	11,17	1,48	10,0
Na (g kg <sup>-1</sup> MS )	87	85,5	1,1-27,7	4,6	1D	87	0,57	3,02	3,64	1,26	7,3

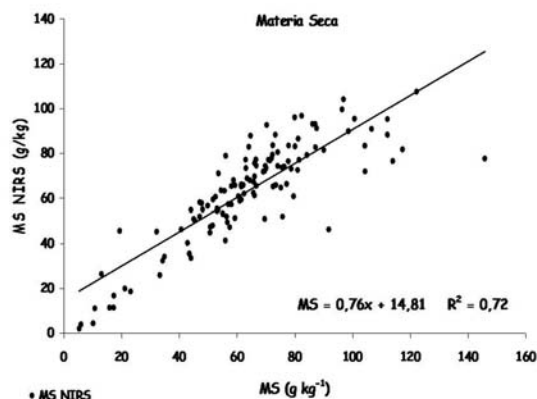
MS= materia seca, MO= materia orgánica, s= desviación típica, Mat= tratamiento matemático, N y Nc= nº total de muestras y en la ecuación, R<sup>2</sup>= coeficiente de determinación, SEC y SECV= error típico de calibración y de validación cruzada RPD= s/SECV, RER= Relación entre el rango de calibración y SECV.

**Tabla 4. Datos de referencia y validación externa de las ecuaciones NIRS en fresco**

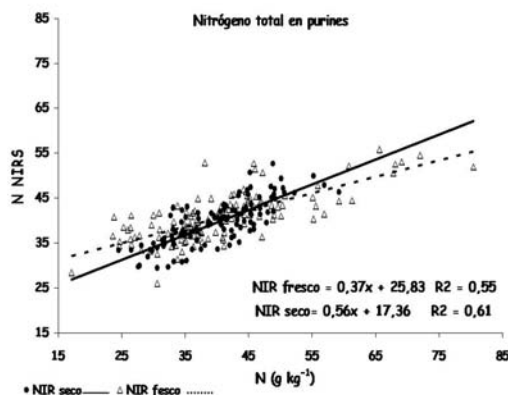
Parámetro	N	Media	Rango	s	Rp <sup>2</sup>	SEP	RPD	RER
MS (%)	124	6,4	0,53-14,6	2,5	0,72	1,31	1,89	10,7
pH	121	8,3	7,3-8,7	0,3	0,53	0,18	1,47	7,8
N (g kg <sup>-1</sup> MS )	124	40,6	17,1-80,4	10,8	0,55	7,69	1,40	8,2
K (g kg <sup>-1</sup> MS)	124	44,8	9,9-165,6	24,6	0,49	17,57	1,40	8,9
Na (g kg <sup>-1</sup> MS )	116	9,4	2,3-56,9	7,2	0,28	6,17	1,17	8,8

MS= materia seca, MO= materia orgánica, s= desviación típica, N= n° de muestras de validación externa, Rp<sup>2</sup>= coeficiente de determinación, SEP= error típico de predicción, RPD= s/SEP, RER= rango/SEP.

La Figura 1 muestra la relación entre los valores obtenidos por NIRS, en fresco, para la determinación de la materia seca y los datos de referencia y la Figura 2 representa los resultados obtenidos por NIRS, en fresco y en seco, para el contenido en nitrógeno total frente a los datos de laboratorio.



**Figura 1. Relación entre los valores de materia seca obtenidos por NIRS en fresco y los datos de referencia.**



**Figura 2. Relación entre los valores de N total obtenidos por NIRS, en fresco y en seco, y los datos de referencia.**

Para la interpretación de los resultados hay que tener en cuenta que según Williams (2003) se definen siete niveles de precisión de la calibración basado en los valores Rc<sup>2</sup>: hasta 0,25 las calibraciones NIRS no pueden utilizarse, entre 0,26 y 0,49 la correlación es muy pobre, entre 0,50 y 0,64 la calibración es válida para estimaciones groseras porque más del 50% de la varianza en Y es explicada por la varianza en X, entre 0,66 y 0,81 la calibración puede ser utilizada para exploración, investigación y predicciones aproximadas, entre 0,83 y 0,90 es útil para la mayoría de las aplicaciones, incluyendo control de calidad y por encima de 0,98 la calibración se podrá utilizar en cualquier aplicación. Sin embargo, Rc<sup>2</sup> nos da información sobre la calidad de la calibración pero no da información sobre la precisión y exactitud en la predicción. Millmier *et al.* (2000) identificaron cuatro niveles de exactitud en la predicción basándose en los valores RER (rango de valores de X/ SECV o SEP): si es < 4 no es utilizable, entre 4 y 8 la calibración puede distinguir entre valores altos y bajos, entre 8 y 12 hay posibilidad de predecir cuantitativamente datos y por encima de 12

indica una buena predicción, pero RER es bastante sensible a la presencia de *outliers* de composición. El RPD (s/SECV o SEP) es menos sensible a este tipo de *outliers* y para materiales heterogéneos como purines, se pueden definir cuatro niveles de RPD sugeridos por Saeys *et al.* (2004): por debajo de 1,5 el incremento en la precisión es mínimo respecto a la media de los resultados y la calibración no sería útil, entre 1,5 y 1,75 sólo permite distinguir entre valores altos y bajos, entre 1,5 y 2,0 pueden hacerse predicciones cuantitativas aproximadas, entre 2,0 y 3,0 la predicción cuantitativa que puede realizarse es buena porque el error de predicción es menor que la mitad del error cometido utilizando el valor medio y por encima de 3,0 las calibraciones son excelentes.

Según los resultados obtenidos en seco (Tablas 1 y 2), y teniendo en cuenta el criterio de Saeys *et al.* (2004), se encontraron calibraciones útiles para estimaciones groseras del Ca y Mg, predicciones aproximadas del N total y Na y buenas para el P total y la MO. Sin embargo en predicción, las calibraciones obtenidas no serían aceptables para la determinación de P total, Mg y Na, y se podría distinguir entre valores altos y bajos en cuanto al N total, realizar predicciones cuantitativas aproximadas de K y buenas predicciones de MO y Ca.

En cuanto al análisis en fresco (Tablas 3 y 4) solamente se presentan los resultados de calibración y validación externa correspondientes a las ecuaciones con un coeficiente de determinación en calibración superior a 0,5. Las determinaciones del contenido en MO, P, Ca y Mg no alcanzaron coeficientes superiores a 0,5 y, siguiendo criterio de Saeys *et al.* (2004), únicamente la determinación de MS es buena para el grupo de calibración y aproximada en predicción.

## CONCLUSIONES

El análisis de los espectros obtenidos a partir de muestras secas y molidas de purines de vacuno ha permitido establecer ecuaciones de calibración aceptables para varios parámetros. La validación externa realizada con un grupo amplio de muestras indica que las ecuaciones son útiles para discriminar contenidos en N total, realizar predicciones cuantitativas aproximadas de K y buenas predicciones de la MO y Ca. La robustez en la estimación debe ser mejorada mediante la incorporación de muestras que amplíen el rango de variabilidad de los parámetros.

A la vista de los resultados también se puede concluir que la precisión del análisis de purines en fresco utilizando el módulo de sonda de fibra óptica es bastante menor que la obtenida en el análisis con muestras secas y molidas. No obstante la precisión obtenida en la determinación de la MS pone de manifiesto la utilidad de la sonda de fibra óptica para obtener predicciones cuantitativas bastante aproximadas de este parámetro, hecho que, desde un punto de vista práctico, tiene la ventaja de eliminar el tiempo de secado, la molienda y la necesidad de mano de obra para realizar estas operaciones. Además, la posible incorporación de la sonda de fibra óptica a equipos portátiles hace especialmente atractivo su uso en determinadas situaciones, como la obtención de un dato rápido para recomendaciones de abonado.

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido financiado por el proyecto INIA "RTA-04-156" con participación del Fondo Social Europeo a través del contrato doctores (D. Báez) del Sistema INIA-CCAA.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC, 2000. Nitrogen (Total) in Fertilizers. Kjeldahl Method. AOAC Official Method 955.04. En: *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 16<sup>th</sup> Edition, **1**, Ch. 2, p. 13.
- BARNES, R. J.; DHANOA, M. S.; LISTER, S. J., 1989. Standard Normal Variate and De-trending of near diffuse reflectance spectra. *Appl. Spectroscopy*, **43**, 772-777.
- CASTRO, P.; CARDELLE, M.; VARELA NOVOA, C., 2002a. Fermentation quality of herbage silages by NIRS : dried or undried samples? *Proc 19th General Meeting of the European Grassland Federation*, 188-189. La Rochelle (Francia).
- CASTRO, P.; FLORES, G.; GONZÁLEZ-ARRÁEZ, A.; CASTRO, J., 2002b. Nutritive quality of herbage silages by NIRS: dried or undried samples. *Proc 19th General Meeting of the European Grassland Federation*, 190-191. La Rochelle (Francia).
- CASTRO, P.; FLORES, G.; GONZÁLEZ ARRÁEZ, A.; CASTRO, J.; DÍAZ-VILLAMIL, L., 2003. Nutritive Quality of Maize Silage by NIRS. *Proc 11th International Conference on Near Infrared Spectroscopy*, 190-191. Córdoba.
- MALLEY, D. F.; YESMIN, L.; EILERS, R. G., 2002. Rapid analysis of Hog manure and manure-amended soils using near-infrared spectroscopy. *Soil Sci Soc Am J*, **66**, 1677-1686.
- MILLMIER, A.; LORIMOR, J.; HURBURGH, C.; FULHAGE, C.; HATTEY, J.; ZHANG, H., 2000. Near-infrared sensing of manure nutrients. *Trans ASAE*, **43**, 903-908.
- REEVES III, J. B.; VAN KESSEL, J. S., 2000a. Near-Infrared spectroscopic determination of carbon, total nitrogen, and ammonium-N in dairy manures. *J Dairy Sci*, **83**, 1829-1836.
- REEVES III, J. B.; VAN KESSEL, J. S., 2000b. Determination of ammonium-N, moisture, total C and total N in dairy manures using a near infrared fibre-optic spectrometer. *J Near Infrared Spectrosc*, **8**, 151-161.
- SAEYS, W.; DARIUS, P.; RAMON, H., 2004. Potential for on-site analysis of hog manure using a visual and near infrared diode array reflectance spectrometer. *J Near Infrared Spectrosc*, **12**, 299-309.
- VAN KESSEL J. S.; REEVES III, J. B., 2000. On farm quick tests for estimating nitrogen in dairy manure. *J Dairy Sci*, **83**, 1837-1844.
- WILLIAMS, P., 2003. *Near infrared technology-Getting the best out of light*. PDK Projects, Nanaimo, Canada.

## SUMMARY

### ANALYSIS OF SLURRY BY NIR SPECTROSCOPY

The use of slurry from dairy farms is a good practice because of environmental and economic reasons, and near reflectance spectroscopy has been shown to be a fast, cheap and precise method to analyze various materials. The aim of this work was to develop NIR calibration equations to determine dry matter (MS), organic matter (MO), pH, total N, P, Ca, Mg, K and Na in dried and undried samples of slurry. A fiber optic attachment was used to analyze undried



samples. Precision of *dry* analysis was higher than that of *fresh* analysis with the exception of dry matter. Cross-validation (SECV) and prediction (SEP) errors of *dry* determinations ranged from 0.22 and 0.21 respectively for pH and 43.66 and 32.81 for organic matter. SECV and SEP for *fresh* analysis ranged from 0.30 and 0.18 for pH and 11.17 and 17.57 for potassium. Determination coefficients of MO, P, Ca and Mg were lower than 0.5 in *fresh* analysis. *Fresh* analysis may be a very useful tool as a fast method of analysis in fertilizers recommendations but precision of NIR analysis of slurry must be improved by adding further samples to the calibration set

**Key words:** Near-infrared reflectance spectroscopy, slurry, dairy, transfectance, optic fiber.

## TECNOLOGÍA NIR CON SONDA DE FIBRA ÓPTICA: NUEVAS APORTACIONES AL CONTROL DE CALIDAD DE LA ALFALFA

J.M. HERNÁNDEZ-HIERRO, I. GONZÁLEZ-MARTÍN

*Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología, Universidad de Salamanca, Plaza de la Merced s/n 37008. Salamanca. jmhhierro@usal.es*

### RESUMEN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es uno de los principales forrajes producidos en el área mediterránea y presenta interés tanto agronómico como industrial.

En este trabajo se evalúa el uso de tecnología de NIRS con la sonda fibra-óptica de reflectancia remota en plantas completas de alfalfa para la detección y cuantificación de aditivos como urea, biuret y gallinaza, prediciendo su contenido en proteína y humedad, desarrollando un modelo para el control de calidad de estos dos últimos parámetros en un laboratorio externo y determinando la composición mineral (Ca, K, P, Fe, Mn, Na, Zn) y tocoferoles. Todo ello con la ayuda de técnicas quimiométricas tanto cualitativas como cuantitativas (análisis de componentes principales (PCA) y análisis discriminante basado en regresión por mínimos cuadrados parciales (DPLS) y cuantitativas (regresión por mínimos cuadrados parciales modificados (MPLS)).

La aplicación directa de la sonda sobre las muestras sin tratamiento, ni manipulación permite el control de la alfalfa de forma rápida.

**Palabras clave:** aditivos, proteína, humedad, tocoferoles, composición mineral.

### INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos se ha incrementado notablemente el número de determinaciones analíticas destinadas a la evaluación de la nutrición animal, sin embargo los métodos estandarizados son tediosos, generalmente lentos y requieren del uso de numerosos reactivos.

Alternativamente se han ido desarrollando nuevas metodologías analíticas que resuelven parte de estos problemas, una de ellas es la espectroscopía NIRS. Esta técnica analítica no destructiva es rápida, ya que requiere escasa o nula preparación de la muestra, es multiparamétrica, permite determinar varios parámetros simultáneamente partiendo de una misma medida y no requiere ningún reactivo. En la técnica NIRS, como en la mayoría de las técnicas instrumentales, las leyes matemáticas que describen la interacción de la radiación con la materia son complejas, por ello, la in-

formación espectral es difícil de interpretar requiriendo una calibración con muestras de composición conocida, lo que implica uno de los mayores obstáculos. Los avances en esta técnica vienen parejos al desarrollo de su instrumentación, al desarrollo de la informática, a la mejora del software y al consiguiente avance en la quimiometría. Las aplicaciones, tanto cualitativas como cuantitativas, se dirigen tanto a parámetros físicos y químicos, como a la predicción de parámetros globales que estén relacionados con más de un componente.

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es uno de los principales forrajes producidos en el área mediterránea, a su riqueza energética y proteica se unen los altos contenidos en ciertos minerales y vitaminas, entre ellas el alto contenido en vitamina E, lo que la convierte en una pieza importante dentro de la nutrición animal. La proteína bruta es un buen indicador de su valor energético, por lo que la posible adulteración por adición de aditivos como urea, biuret y gallinaza que elevan el valor proteico, hace necesario el control de la misma. El objetivo de este trabajo es el control sistemático de la calidad de la alfalfa de forma rápida y con bajo coste de análisis por muestra mediante la tecnología NIR.

## MATERIAL Y METODOS

### Muestras

Las muestras de alfalfa utilizadas en esta memoria fueron proporcionadas por la empresa Aquimisa S.L, situada en C/ Hoces de Duratón, Parc. 71, Polig. El Montalvo II. 37008 (Salamanca) en el intervalo de tiempo comprendido entre los años 2004 y 2006. Las muestras se suministraban en dos formas de presentación: muestras de alfalfa empacada y trituradas.

### Registro de los espectros NIR

Se registran los espectros NIR utilizando un equipo Foss NIRSystem 5000 (Foss NIRSystems, Inc., Silver Spring, MD, USA) con sonda de fibra óptica de reflectancia remota de tipo Bundle (haz) regular 210/210. Los registros se realizan por aplicación directa de la sonda (que dispone de una ventana de cuarzo de 5cm x 5cm, detector de reflectancia y que como referencia, utiliza una placa cerámica) sobre las muestras. La sonda se une al equipo mediante una conexión de 1,5 metros de fibra óptica. Las medidas se realizan en un rango desde 1100-2000 nm tomando datos de Log (1/R) (R = reflectancia relativa), con 32 barridos de la cerámica que constituyen así el espectro de referencia y otros 32 barridos que constituyen el espectro de muestra. En el caso de las alfalfas trituradas se aplica la sonda directamente sobre la muestra extendida sobre un plástico y se llevan a cabo tres registros de la misma muestra, tomando el valor medio de los tres. En las alfalfa empacada se aplica la sonda directamente sobre la muestra mezclada manualmente y extendida en un plástico y se lleva a cabo un primer registro de la muestra, se limpia la ventana de la sonda con la ayuda de un pincel y/o papel, se mezcla la muestra manualmente de nuevo y se realiza un segundo registro de la muestra. El espectro resultante es media de los dos espectros registrados.

El software que se utiliza para la adquisición de datos por el equipo y para el tratamiento de los mismos es el programa WinISI versión 1.50 (Infrasoft International, LLC, Port. Matilda, PA, USA).

## Métodos de referencia

### Proteína y humedad

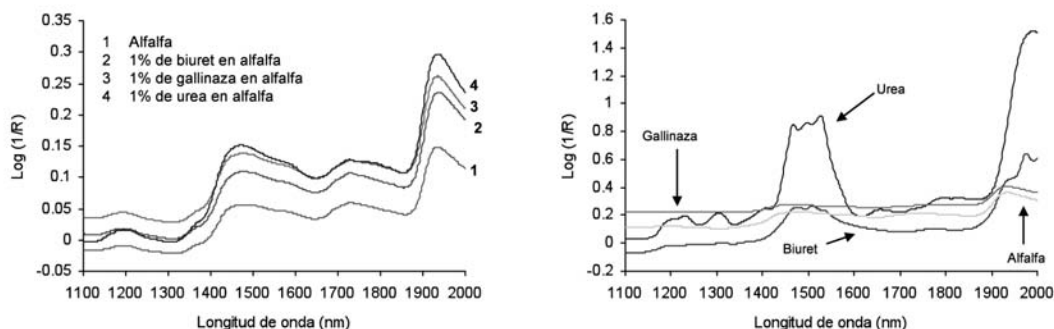
Humedad: es la pérdida de masa que experimenta el producto secando a vacío (< 100 mm Hg) a 95° C - 100° C, durante 5 h y expresándolo en porcentaje. (AOAC 963.22, 1997). Proteína: se lleva a cabo su determinación por el método Kjeldahl (AOAC 984.13, 1984).

En el modelo inicial se hace el estudio con 65 muestras de alfalfa triturada y 55 muestras de alfalfa empacada que pertenecen al año 2004 que han sido utilizadas en un trabajo anterior (González *et al.*, 2007), los modelos se desarrollan y amplían con muestras procedentes de la cosecha del 2005, para optimizarlo y utilizarlo (a partir de julio de 2005) como método de rutina en el laboratorio acreditado.

### Urea, biuret y gallinaza

Se dispone de 75 muestras de alfalfa de origen conocido recolectadas durante los años 2004, 2005 y 2006, con una composición en proteína bruta comprendida entre el 13,06% y 21,04%, con valor medio de 18,84% y desviación estándar de 1,50%.

Para realizar el estudio se toma una alícuota de cada una de las 75 muestras de alfalfa trituradas de composición conocida y se adultera mediante pesada, con urea, biuret y gallinaza, de forma que para la experiencia se cuenta con 75 muestras de alfalfa sin adulterar, 75 muestras adulteradas con urea, 75 muestras adulteradas con biuret y 75 muestras adulteradas con gallinaza. La urea y el biuret (Scharlau, reactivos grado ACS) se añaden directamente a las muestras de alfalfa, mientras que la gallinaza (procedente de una explotación avícola) se tritura previamente. Los aditivos y las muestras de alfalfa se mezclan cuidadosamente, no presentando anomalías observables después del dopado. En el caso de la urea y el biuret, los niveles de enriquecimiento empleados están comprendidos entre 0,01 y 10,00% en peso con un mínimo de cinco muestras por nivel. En el caso de la gallinaza el nivel de enriquecimiento esta comprendido entre 1,00 y 25,00% con un mínimo de 12 muestras por nivel. En la Figura 1 se puede observar los espectros de una muestra sin adulterar, así como la misma muestra adulterada con un 1% de cada aditivo y los espectros de los aditivos.



**Figura 1. Espectros de la alfalfa sin aditivos y en presencia de los diferentes aditivos. (González y Hernández, 2008).**

*Ca, K, P, Fe, Mn, Na y Zn*

Las muestras de alfalfa triturada se someten a desecación en estufa a 105 °C durante 24 horas, una vez secas, se trituran y se someten a mineralización en sistema de microondas, midiendo la composición en la disolución resultante mediante espectroscopía de plasma ICP-óptico (González *et al.*, 2007).

*Tocoferoles*

Se extraen los tocoferoles en las muestras de alfalfa triturada frescas y deshidratadas utilizando un procedimiento que incluye hidrólisis alcalina y extracción del material insaponificable, previo a la separación y cuantificación mediante cromatografía líquida de alta eficacia con detección de fluorescencia. Este método ha sido descrito con anterioridad (González *et al.*, 2006).

*Quimiometría*

Se utilizan diferentes métodos quimiométricos, entre ellos: análisis de componentes principales (PCA), regresión por mínimos cuadrados parciales modificados (MPLS) y análisis discriminante basado en regresión por mínimos cuadrados parciales (DPLS).

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**Urea, biuret y gallinaza**

En esta parte del trabajo se estudia la detección y cuantificación de aditivos en alfalfa. La detección se hace con DPLS, desarrollando cuatro modelos, uno para cada aditivo, con las clases presencia/ausencia y un modelo global en el cual se incluyen los tres aditivos estudiados con las clases presencia/ausencia para cada uno de ellos. Los resultados de la validación interna y externa de los modelos se muestran en la Tabla 1, demostrando que es posible la detección de estos aditivos en muestras de alfalfa desconocidas.

**Tabla 1. Análisis clasificatorio. Muestras correctamente clasificadas (%).**

Aditivo	Validación Interna		Validación Externa	
	Presencia	Ausencia	Presencia	Ausencia
Urea	96,9	95,4	90,0	80,0
Biuret	100	100	100	90,0
Gallinaza	100	100	100	100
Global	Urea	93,8	Urea	90,0
	Biuret	100	Biuret	100
	Gallinaza	100	Gallinaza	100

En la Tabla 2 se exponen los modelos obtenidos mediante el método de regresión por mínimos cuadrados parciales modificados para la cuantificación de aditivos en al-

falfa. Los modelos se validan tanto interna como externamente obteniendo resultados satisfactorios.

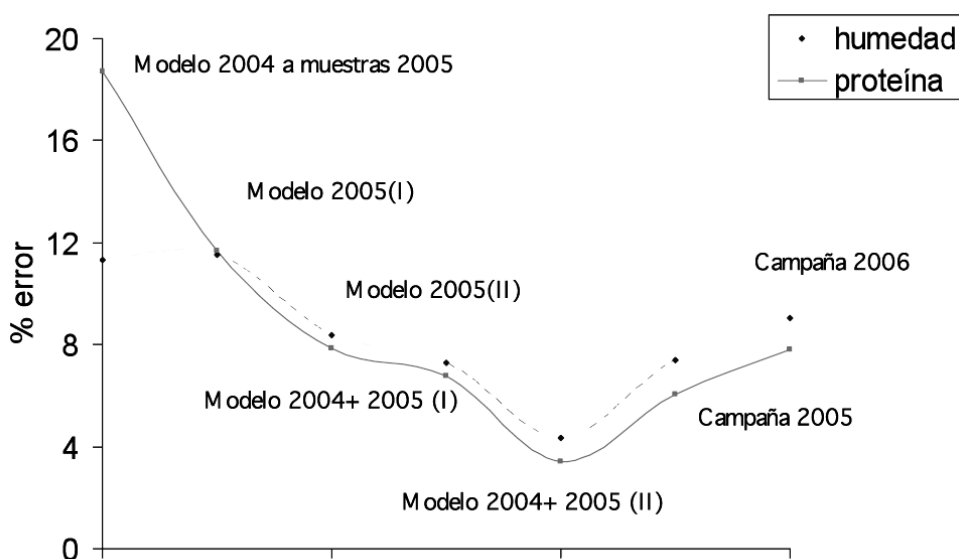
**Tabla 2. Estadísticos de los modelos de calibración MPLS. Aditivos.**

	Aditivos		
	Urea	Biuret	Gallinaza
N	58	58	59
Rango (% en peso)	0,00-11,90	0,00-12,99	0,00-38,08
RSQ	0,990	0,991	0,925
SEC (% en peso)	0,29	0,31	2,24
SECV (% en peso)	0,59	0,45	3,21
Nº fact, PLS	7	8	6

RSQ: coeficiente de correlación múltiple, SEC: error estándar de calibración, SECV: error estándar de validación cruzada, Nº Fac. PLS: número de factores PLS.

**Proteína y humedad: implantación como método de rutina en un laboratorio externo**

Se optimiza el mejor modelo para la determinación de humedad y proteína como método de rutina en un laboratorio externo (Tabla 3). La evolución de los errores de validación externa (Figura 2) (obtenidos utilizando muestras ciegas por parte de la empresa) de los modelos 2004+2005 (II), revela que los errores en su aplicación están por debajo de un 10%.



**Figura 2. Representación de los errores obtenidos en la validación externa de los diferentes modelos con muestras ciegas. Modelos a lo largo de los años.**

**Tabla 3. Estadísticos de los modelos de calibración MPLS. Proteína y humedad.**

	Proteína	Humedad
N	118	124
Rango (% en peso)	14,89-23,75	2,21-17,45
RSQ	0,895	0,995
SEC (% en peso)	0,48	0,19
SECV (% en peso)	0,69	0,38
Nº fact, PLS	8	10

**Ca, K, P, Fe, Mn, Na y Zn**

La cuantificación de la composición mineral mediante MPLS para cada elemento en alfalfa triturada se exponen en la Tabla 4.

**Tabla 4. Estadísticos de los modelos de calibración MPLS. Ca, K, P, Fe, Mn, Na y Zn.**

Elemento	N	RSQ	Mínimo (mg kg <sup>-1</sup> )	Máximo (mg kg <sup>-1</sup> )	SEC (mg kg <sup>-1</sup> )	SECV (mg kg <sup>-1</sup> )	Nº de fac, PLS
Ca	55	0,878	3,24·10 <sup>3</sup>	28,4·10 <sup>3</sup>	1,46·10 <sup>3</sup>	2,75·10 <sup>3</sup>	7
K	55	0,899	11,1·10 <sup>3</sup>	33,4·10 <sup>3</sup>	1,18·10 <sup>3</sup>	1,65·10 <sup>3</sup>	7
P	53	0,909	87,7	4,94·10 <sup>3</sup>	244	340	7
Fe	54	0,948	0	2,13·10 <sup>3</sup>	111	237	7
Mn	56	0,843	0	78	5,4	9,6	6
Na	52	0,979	0	2,72·10 <sup>3</sup>	92,8	195	7
Zn	42	0,853	2,9	35	2,0	3,5	7

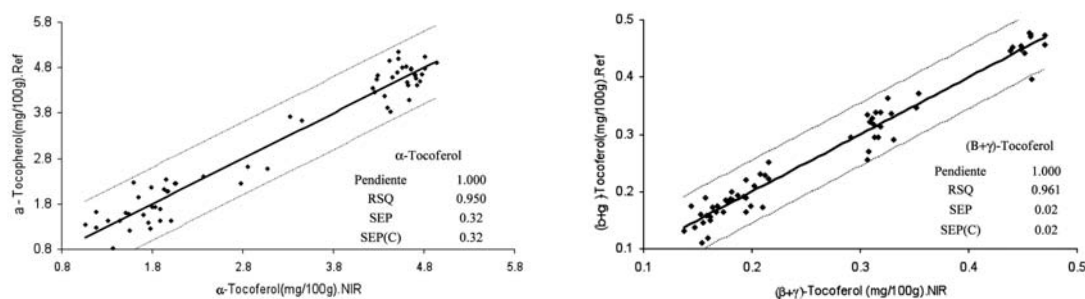
En la validación externa se observa que en los elementos mayoritarios (Ca, K y P) presentan diferencias entre los valores de referencia y los predichos mediante la espectroscopía NIR siempre menores a un 10%; en cuanto a los minoritarios (Fe, Mn, Na y Zn) las diferencias se sitúan entre un 10,4% para el Mn y un 22,7% para el Zn, al tener una composición próxima a los límites de detección del método de referencia.

**Tocoferoles**

Los resultados de la cuantificación de tocoferoles alfalfa triturada mediante MPLS se exponen en la Tabla 5. Las validaciones internas y externas ponen de manifiesto la aplicabilidad de la técnica para la determinación de tocoferoles en muestras de alfalfa desconocidas. En la Figura 3 se pueden observar los gráficos de la validación interna para los tocoferoles; en la validación externa los errores obtenidos se sitúan en un 13,8% para el  $\alpha$ -tocoferol y en un 12,0% para ( $\gamma$ + $\beta$ ) tocoferol.

**Tabla 5. Estadísticos de los modelos de calibración MPLS. Tocoferoles.**

	Tocoferoles	
	$\alpha$ -tocoferol	( $\gamma$ + $\beta$ )-tocoferol
N	60	60
Rango (mg/100 g)	0,09-5,16	0,11-0,48
RSQ	0,946	0,956
SEC (mg/100 g)	0,34	0,02
SECV (mg/100 g)	0,37	0,02
Nº fact, PLS	5	7



**Figura 3. Comparación de los valores de referencia con los valores predichos por el modelo MPLS en NIR para la determinación de  $\alpha$ -tocoferol y ( $\gamma$ + $\beta$ )-tocoferol en alfalfa triturada (fresca y deshidratada). Validación interna. RSQ: coeficiente de correlación múltiple, SEP: error estándar de calibración, SEP (C): error estándar de calibración corregido. (González *et al.*, 2006).**

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran la gran capacidad de la técnica NIRS para su utilización como método de análisis en la determinación de parámetros de interés en alfalfa con las ventajas que conlleva la escasa o nula preparación de las muestras y el consiguiente ahorro en reactivos. Todos estos factores conducen a análisis rápidos y con un bajo coste por muestra.

## REFERENCIAS

- AOAC 963.22., 1997. Moisture. Association of Official Analytical Chemists. Methods of Analysis. *AOAC Internacional*, **60**, 322.
- AOAC 984.13., 1984. Protein. Association of Official Analytical Chemists Methods of Analysis. *AOAC Internacional*, **67**, 869.
- GONZÁLEZ-MARTÍN, I.; HERNÁNDEZ-HIERRO, J.M.; BUSTAMANTE-RANGEL, M.; BARROSFERREIRO, N., 2006. Near-infrared spectroscopy (NIRS) reflectance technology for the



determination of tocopherols in alfalfa. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, **386**, 1553-1558.

GONZÁLEZ-MARTÍN, I.; HERNÁNDEZ-HIERRO, J.M.; GONZÁLEZ-CABRERA, J.M., 2007. Use of NIRS technology with a remote reflectance fibre-optic probe for predicting mineral composition (Ca, K, P, Fe, Mn, Na, Zn), protein and moisture in alfalfa. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, **387**, 2199-2205.

GONZÁLEZ-MARTÍN, I.; HERNÁNDEZ-HIERRO J.M., 2008. Detection and quantification of additives (urea, poultry litter, biuret) in alfalfas by NIR spectroscopy with fibre-optic probe. *Talanta*, **76**, 1130-1135.

## SUMMARY

### **NIR TECHNOLOGY WITH A FIBRE-OPTIC PROBE: NEW CONTRIBUTIONS TO THE QUALITY CONTROL OF ALFALFA**

Alfalfa (*Medicago sativa* L.) is one of the main forages produced in the Mediterranean area. The alfalfas, especially alfalfa hay, require systematic quality control, because their nutritive value varies in relation to the quality of the initial raw material, conservation, storage (fermentation, bacterial and fungal contamination) and adulteration with ingredients such as urea, biuret and poultry litter among others, which are used as sources of nitrogen.

The objectives of this work are the use of NIRS technology with fibre-optic probe of remote reflectance for: the detection and quantification of the additives urea, biuret and poultry litter, predicting protein and moisture, the development of a model for quality control of protein and moisture in an external laboratory, predicting mineral composition (Ca, K, P, Fe, Mn, Na, Zn) and the determination of tocopherols in alfalfas.

The results show that the analytical method discussed, employing a fibre-optic probe with which NIR spectra were measured by applying the fibre-optic probe in direct contact with the samples is rapid and non-contaminant.

**Key words:** additives, protein, moisture, tocopherols, mineral composition.

## VALORACIÓN DE LA AUTOTOXICIDAD EN ALFALFA EN CONDICIONES DE CAMPO

I. DELGADO, F. MUÑOZ

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Av. Montañana 930. 50059 Zaragoza. [idelgado@aragon.es](mailto:idelgado@aragon.es)

### RESUMEN

La autotoxicidad en la alfalfa se manifiesta, en condiciones de laboratorio, por un descenso de la germinación, del vigor de las plántulas y del crecimiento, pero puede no manifestarse en condiciones de campo si se deja la tierra un periodo sin cultivar. En el presente trabajo se evalúa la siembra de alfalfa sobre tierra de alfalfar, en condiciones de campo. El estudio se llevó a cabo en contenedores de 50 litros, la mitad rellenos de tierra de alfalfar y la otra mitad de un campo colindante no cultivado de alfalfa en los tres últimos años. Se realizaron dos ensayos: siembra inmediatamente después del alzado en otoño y siembra en la primavera siguiente. Los resultados obtenidos no mostraron diferencias significativas en ninguno de los ensayos en cuanto al número de plántulas establecidas, vigor de las mismas, crecimiento de las raíces, producción de materia seca del forraje y de las raíces, y contenido en proteína bruta. Los resultados sugieren que la autotoxicidad de la alfalfa no debe suponer un impedimento para el establecimiento de nuevos alfalfares en las condiciones de cultivo del experimento.

**Palabras clave:** *Medicago sativa* L., germinación, vigor de establecimiento, producción de forraje, proteína bruta.

### INTRODUCCIÓN

La rotación entre leguminosas y no leguminosas es una práctica de cultivo llevada a cabo tradicionalmente por los agricultores, con el fin de evitar la proliferación de enfermedades específicas del cultivo, fallos y pérdidas de vigor en la resiembra de las leguminosas, atribuidas a la autotoxicidad (Martín y Leonard, 1967).

En el caso de la alfalfa, la autotoxicidad es una forma intraespecífica de alelopatía que tiene lugar cuando una planta libera sustancias químicas perniciosas que dificultan el desarrollo de la misma especie. El fenómeno es ampliamente conocido. Su siembra, en un suelo en el que le precede otro cultivo de alfalfa, puede producir efectos negativos en el establecimiento del nuevo alfalfar. La reducción puede afectar al porcentaje de germinación, al vigor del establecimiento de las nuevas plántulas, al crecimiento de las raíces y a la producción de forraje (Nelson *et al.*, 1997).

Aunque los efectos tóxicos directos de la exudación de la alfalfa han sido ampliamente estudiados en el laboratorio y en el invernadero en material inerte (Chung y Miller, 1995a, b), los efectos no son nada concluyentes en condiciones de campo, debido a la interacción de numerosos factores de medio como el tipo de suelo o la pluviosidad (Jennings y Nelson, 1998), y a la variabilidad intraespecífica de la especie (Chon *et al.*, 2003). Algunos autores sugieren que el contenido en componentes tóxicos varía con la edad de un alfalfar ya que aquellos se incrementan con la duración del cultivo (Angler, 1992), pero otros autores indican que aquella no afecta si se mantiene un tiempo prudencial entre el alzado del viejo alfalfar y la nueva siembra (Tesar, 1993).

No hay acuerdo en la bibliografía consultada sobre el intervalo de tiempo que debe transcurrir entre el alzado de un alfalfar y el establecimiento de otro nuevo en la misma parcela. Según autores, varía desde ser suficiente un descanso de 2-3 semanas (Tesar, 1993; Seguin *et al.*, 2002), un año (Miller, 1996), hasta los que recomiendan dejar pasar 6 años antes del establecimiento de un nuevo alfalfar (Webster *et al.*, 1967). Esta variabilidad de resultados sugiere que pueden contribuir a ello, tanto la variedad como las condiciones medioambientales del lugar (Jennings y Nelson, 2002).

No hay ninguna referencia de trabajos similares realizados en España. Los agricultores sugieren, y es creencia popular (Travanet, 1848), que debe dejarse sin cultivar alfalfa en un campo, tantos años como ha permanecido el anterior alfalfar. En el presente trabajo se evalúa, en condiciones de campo, la incidencia que puede tener un cultivo anterior de alfalfa sobre la siembra de un nuevo alfalfar, en las condiciones de cultivo del noreste de España.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en contenedores de 50 litros de capacidad, rellenos de tierra procedente de un alfalfar cv Aragón, alzado después de tres años de cultivo, comparativamente con contenedores rellenos de tierra procedente de un campo colindante que no había sido cultivado de alfalfa en los tres últimos años. La utilización de contenedores tuvo por finalidad facilitar el vaciado y posterior evaluación del crecimiento de las raíces.

El experimento se realizó en Zaragoza, en las condiciones de cultivo del valle medio del Ebro, durante 2007. Las condiciones climatológicas habidas en dicho periodo fueron las siguientes: Temperatura media mensual máxima, 20,6 °C, media mensual mínima, 7,5 °C, mínima extrema diaria, -7,5 °C el 27 de enero, y precipitación anual, 358,8 mm. Las características edafológicas de los campos donde se extrajo la tierra fueron similares (Tabla 1), correspondiendo de media a un suelo de textura franco-arenosa, pH al agua 8,22, salinidad (C.E. 1:5) 0,18 dS/m, contenido de materia orgánica (por espectroscopia) 2,18 %, fósforo Olsen (por espectroscopia) 13,72 mg/kg, y potasio (extracto en acetato amónico) 60,0 mg/kg.

**Tabla 1. Análisis granulométrico y de fertilidad del suelo.**

Determinación	Tierra de alfalfar	Tierra no cultivada de alfalfa
Textura (criterio USDA)	Franco-arenosa	Franco-arenosa
pH al agua	8,15	8,28
Salinidad, dS/m	0,18	0,18
Materia orgánica %	2,38	1,77
Fósforo Olsen, mg/kg	12,97	14,46
Potasio, mg/kg	62	58

Se llevaron a cabo dos ensayos: siembra tres semanas después del alzado en otoño, el 13 de noviembre de 2006, y siembra en la primavera siguiente, el 10 de abril de 2007. En cada ensayo se realizaron dos tratamientos: siembra sobre tierra de alfalfar y siembra sobre tierra que no había sido cultivada de alfalfa en los tres últimos años.

En el ensayo de otoño se utilizaron 16 contenedores, ocho por cada tratamiento. La mitad se alzó el 13 de mayo después del primer corte y la otra mitad el 30 de octubre al concluir la campaña. En el ensayo de primavera se utilizaron ocho contenedores, cuatro por cada tratamiento, que se alzaron asimismo el 30 de octubre.

La siembra se efectuó en siembra densa con alfalfa cv Aragón, a razón de 25 kg de semilla/ha, correspondiendo a cada contenedor de 0,11 m<sup>2</sup> de superficie, 100 semillas germinantes aproximadamente. Como abonado de fondo se aportó la cantidad equivalente a 400 kg de complejo 8-24-8/ha. El riego se efectuó por un sistema de goteo hasta capacidad de campo. La escarda fue manual y se realizaron dos tratamientos en primavera contra defoliadores con una mezcla de malation y piretrinas, a la dosis indicada en el prospecto de los productos comerciales.

Se llevaron a cabo las siguientes evaluaciones:

**Poblamiento.** Se contabilizó el número de plántulas presentes a los 25 días de la siembra, anotando si se apreciaban anomalías en las mismas: cambios de color, deformaciones, etc.

**Vigor del establecimiento.** Para ello, en la siembra de otoño se vaciaron cuatro contenedores por tratamiento a los seis meses de la siembra, se contó el número de plantas presentes en cada contenedor y se determinó el peso seco de las raíces y de la parte aérea por separado en estufa ventilada a 60 °C hasta peso constante.

**Evolución del crecimiento del follaje** mediante la estimación semanal de la altura.

**Producción de materia seca** de cada contenedor mediante siega en el estadio 10% de tallos floridos. El peso en materia seca se determinó en estufa ventilada a 60 °C, manteniendo las muestras hasta peso constante.

**Contenido en proteína bruta** de las muestras recogidas de la parte aérea y de las raíces, mediante ecuaciones de predicción utilizando la tecnología NIR.

En cada ensayo, se realizó un análisis de la varianza para cada una de las variables estudiadas y se compararon las medias mediante el test de Duncan.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Poblamiento.** El número medio de plántulas establecidas por contenedor, a los 25 días de la siembra de otoño, fue significativamente mayor ( $P < 0,05$ ) en la siembra efectuada en tierra procedente de alfalfa, siendo de 627 plántulas/m<sup>2</sup> vs 527 plántulas/m<sup>2</sup> en tierra no cultivada antes de alfalfa. Esta cifra se redujo a 527 y 445 plántulas/m<sup>2</sup>, respectivamente, el 7 de febrero después de fuertes heladas invernales que llegaron a alcanzar -7,5 °C, pero siguió siendo significativa. Al final del experimento, el número de plantas que sobrevivieron fue de 409 y 400 plantas/m<sup>2</sup>, respectivamente, no siendo las diferencias significativas.

No se apreciaron visualmente anomalías en las plántulas, como cambios de color, deformaciones, etc., en ninguna de las siembras.

En la siembra de primavera, el número de plántulas/m<sup>2</sup> a los 25 días de la siembra no presentó diferencias significativas, siendo de media 591 y 609 plántulas/m<sup>2</sup>, en tierra procedente de alfalfa y tierra no cultivada de alfalfa, respectivamente. Al final del experimento, el número de plantas que sobrevivieron fue de 409 y 527 plantas/m<sup>2</sup>, respectivamente, no siendo significativo igualmente.

**Vigor del establecimiento.** La evolución del crecimiento en los seis meses siguientes a la siembra de otoño, se evaluó en cuatro contenedores por tratamiento, procediéndose a su vaciado el 21 de mayo, para determinar la longitud y materia seca de las raíces. Con la excepción de la nascencia, en la que se apreciaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en cuanto al número de plántulas establecidas, como ya se indicó en el apartado anterior, no se apreciaron diferencias significativas en los restantes parámetros que midieron el vigor: altura del follaje, longitud media de las raíces y materia seca de la parte aérea y de las raíces.

En la fecha del vaciado, las plantas se encontraban en el estado “10% de floración”, la altura del follaje alcanzó los 45 cm y la longitud media de las raíces fue 50 cm en los contenedores provistos de tierra de alfalfa y 56 cm en los que no la contenían. La producción aérea media de materia seca fue 50 g/contenedor (4545 kg/ha) y la de raíces 66 g/contenedor (6000 kg/ha).

**Producción de materia seca.** Se realizaron seis cortes en la siembra de otoño y cinco cortes en la siembra de primavera (Tabla 2). La producción total de materia seca de la parte aérea en la siembra de otoño fue significativamente superior ( $P < 0,05$ ) cuando se sembró sobre tierra de alfalfa, 221 vs 184 g/contenedor, y no fue significativa en la siembra de primavera, siendo de media de 180 g/contenedor. El peso de las raíces no fue significativo en la siembra de otoño, con 68 g/contenedor de media, y fue significativamente superior en la siembra de primavera, cuando se sembró sobre tierra que no había sido cultivada de alfalfa, 58 vs 75 g/contenedor, respectivamente.

**Tabla 2. Producción de materia seca (g por contenedor) de la parte aérea en cada uno de los cortes y de las raíces al final del experimento.**

Fecha de los cortes	Parte aérea						Raíces	
	22.5	20.6	19.7	20.8	26.9	30.10	Total	30.10
Siembra otoño								
TA	45,4	44,6	46,9	32,7	32	19,6	221,3	62,7
TSA	42,4	34,9	34	29,2	25,5	17,6	183,7	74,7
Significación	NS	NS	**	NS	*	NS	*	NS
Siembra primavera								
TA		55,4	41,5	38,5	29,5	18,9	183,8	58,1
TSA		53,4	36,4	32,1	30,5	19,4	171,9	74,8
Significación		NS	**	NS	NS	NS	NS	**

TA = Tierra de alfalfar; TSA = Tierra no cultivada de alfalfa

**Contenido en proteína bruta.** El porcentaje de proteína bruta del forraje en todos los cortes y el de las raíces después del arranque, se presenta en la Tabla 3.

**Tabla 3. Contenido en proteína bruta (% sobre materia seca) de la parte aérea en cada uno de los cortes y de las raíces al final del experimento**

Fecha de los cortes	Parte aérea						Raíces	
	22.5	20.6	19.7 <sup>(1)</sup>	20.8	26.9	30.10	22.5	30.10
Siembra otoño								
TA	20,3	21,4	-	20,4	23,3	24,4	12,4	13,6
TSA	18,8	20,3	-	18,4	22,1	24,3	12,1	13,3
Significación	NS	NS	-	NS	NS	NS	NS	NS
Siembra primavera								
TA		17,1	-	19,5	22,8	25,7		14,7
TSA		16,7	-	18,9	21,4	23,7		14,3
Significación		NS	-	NS	NS	*		NS

(1) no se hizo. TA = Tierra de alfalfar; TSA = Tierra no cultivada de alfalfa

Como se aprecia en dicha Tabla, en general, no hubo diferencias significativas tanto en el contenido de proteína bruta en el forraje como en el de las raíces, en función de la procedencia de la tierra.

Los resultados de este experimento pueden no ser concluyentes. Son coincidentes con las observaciones de Tesar (1993) y Seguin *et al.* (2002), los cuales no encontraron una respuesta autotóxica de la alfalfa sembrada dos semanas después del alzado de un alfalfar viejo, a pesar de que, según Jennings y Nelson (1998), la textura francoarenosa del suelo utilizada en el experimento, acentúa la autotoxicidad con respecto a las texturas fuertes, pero Jennings y Nelson (2002) en la revisión bibliográfica realizada, muestran la diversidad de plazos (desde dos semanas a seis años) que reco-

miendan diferentes autores entre dos siembras sucesivas de alfalfa en algunos estados norteamericanos, atribuyéndolo a la variedad de medios en los que se efectuaron los ensayos, y sugiriendo que la presencia de patógenos en el suelo puede influir en los plazos. Mauriès (1994) recoge las recomendaciones que se efectúan en Francia de esperar a sembrar en la primavera siguiente al alzado de un alfalfar en otoño. Todo ello parece indicar que no puede establecerse un intervalo de tiempo fijo entre dos siembras de alfalfa y que son necesarios experimentos "in situ" para cuantificar el efecto autotóxico de la alfalfa.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos sugieren que la autotoxicidad de la alfalfa no debe suponer un impedimento para el establecimiento de nuevos alfalfares a las 2-3 semanas del alzamiento en otoño de un viejo alfalfar, en las condiciones de cultivo del experimento.

## AGRADECIMIENTOS

Este experimento se ha llevado a cabo dentro del proyecto: RTA2005-00105-C02-01.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGLER, D.A., 1992. Changes in soil aggregation and organic carbon under corn and alfalfa. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **56**, 1244-1249.
- CHON, S.U.; NELSON, C.J.; COUTTS, J.H., 2003. Physiological assessment and path coefficient analysis to improve evaluation of alfalfa autotoxicity. *J. Chem. Ecol.*, **29** (11), 2413-2424.
- CHUNG, I.M.; MILLER, D.A., 1995a. Differences in autotoxicity among seven alfalfa cultivars. *Agron. J.*, **87** (3), 596-600.
- CHUNG, I.M.; MILLER, D.A., 1995b. Effect of alfalfa plant and soil extracts on germination and growth of alfalfa. *Agron. J.*, **87** (4), 762-767.
- JENNINGS, J.A.; NELSON, C.J., 1998. Influence of soil texture on alfalfa autotoxicity. *Agron. J.*, **90** (1), 54-58.
- JENNINGS, J.A.; NELSON, C.J., 2002. Rotation interval and pesticide effects on establishment of alfalfa after alfalfa. *Agron. J.*, **94**, 786-791.
- MARTIN, J.H.; LEONARD W.H., 1967. *Principles of field crop production*. The Macmillan Co. New York, USA.
- MAURIÈS M., 1994. *La luzerne aujourd'hui*, 254 pp. Ed. France Agricole, Paris (Francia).
- MILLER, D.A., 1996. Allelopathy in forage crop systems. *Agron. J.*, **88**, 854-859.
- NELSON, C.J.; JENNINGS, S.U.; COUTTS, J., 1997. *Dealing with alfalfa autotoxicity*, 13-25. In: The Cent. Alfalfa Improvement Conf. 25<sup>th</sup>, La Crosse, WI, USA.
- SEGUIN, P.; SHEAFER, C.C.; SHMITT, M.A.; RUSSELLE, M.P.; RANDALL, G.W.; PETERSON, P.L.; HOVERSTAD, T.R.; QUIRING, S.R.; SWANSON, D.R., 2002. Alfalfa autotoxicity: Effects of reseeding delay, original stand age, and cultivar. *Agron. J.*, **94**, 775-781.

- TESAR, M.B., 1993. Delayed seeding of alfalfa avoids autotoxicity after plowing or glyphosate treatment of established stands. *Agron. J.*, **85** (2), 256-263.
- TRAVANET, Marqués de, 1848. *Catecismo de agricultura universal*, 382 pp. Ed. S. Saunague, Madrid (España).
- WEBSTER, G.R.; KHAN, S.U.; MOORE, A.W., 1967. Poor regrowth of alfalfa (*Medicago sativa* L.) on some Alberta soils. *Agron. J.*, **59**, 37-41.

## SUMMARY

### EVALUATION OF ALFALFA AUTOTOXICITY UNDER FIELD CONDITIONS

Alfalfa plants contain water-soluble substances that inhibit the germination and seedling growth of alfalfa in laboratory studies. However, it may not appear under field conditions if a rotation interval is established between alfalfa stands. This work evaluates the autotoxicity of alfalfa under field conditions when reseeding immediately after plowing in the autumn, and reseeding in the next spring. Alfalfa was grown in 50-litre-containers, half of them filled with soil from an alfalfa stand and the other half with soil from an adjacent field where alfalfa had not been grown in the last three years. There were no significant differences in any of the trials concerning the percentage of germination, seedlings establishment vigour, forage and roots yields, and crude protein contents. Results suggest that alfalfa autotoxicity should not mean an obstacle for reseeding alfalfa stands under the field conditions of this study.

**Key words:** *Medicago sativa* L., germination, establishment vigour, forage yield, crude protein.





## CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE UNA COLECCIÓN DE ESPARCETAS (*ONOBRYCHIS VICIIFOLIA* SCOP.)

S. DEMDOUM, I. DELGADO, J. VALDERRABANO Y F. MUÑOZ

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Apartado 727. 50080 Zaragoza. [sdemdoum@aragon.es](mailto:sdemdoum@aragon.es)

### RESUMEN

Se evaluó el comportamiento agronómico de 23 variedades y ecotipos de esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.) (11 procedencias españolas y 12 europeas) y una de alfalfa var. 'Aragón' (*Medicago sativa* L.), en el primer año de producción, en regadío, en Zaragoza. Los parámetros medidos fueron producción de materia seca y su reparto a largo del año, porte, intensidad de la floración en el año de establecimiento y mortalidad.

Los resultados obtenidos mostraron una gran variabilidad en todos los caracteres estudiados. La producción de materia seca varió de 550 g.planta<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> (en adelante g.p<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup>) para la variedad 'Costwold common' a 1025 g .p<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup> para las variedades 'Korunga' o 'Yubilena', pero fueron significativamente inferiores a la producción de la alfalfa (1250 g.p<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup>). Hubo, asimismo, una gran variabilidad en el porte, desde rastrero a erecto, y en la mortalidad, que osciló del 13 al 50% de plantas muertas.

La producción de materia seca y el porte estuvieron significativamente correlacionados con la intensidad de la floración en el año de establecimiento. No hubo correlación significativa entre mortalidad, producción o porte. Las plantas que presentaron mayor intensidad de floración fueron las que tuvieron la mayor producción y el porte más erecto.

**Palabras clave:** producción de forraje, persistencia, variedades, recursos genéticos, España.

### INTRODUCCIÓN

La esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.) es una planta forrajera que prefiere las zonas de montaña (altitud superior a 600m) y se adapta a los suelos pobres, particularmente secos y calcáreos. Es muy apreciada por los ganaderos por su apetecibilidad, alto valor nutritivo y no producir meteorismo en los animales.

Este forraje tradicional está hoy en regresión y su cultivo no supera las 12 783 hectáreas, frente a las 73 300 hectáreas que llegaron a cultivarse a principios de los años 70 (Delgado, 2002). El cultivo de la alfalfa sin embargo está más extendido porque es más productivo y responde mejor a los suelos ricos o irrigados. Al contrario que la alfalfa,

la esparceta no ha sido objeto de amplios trabajos de selección, ni de evaluación de su riqueza genética, con la excepción de los trabajos de Badoux (1965), Prosperi (1994) y Michelena (1988), enfocado este último a las poblaciones españolas. Actualmente, las perspectivas medioambientales de la esparceta, como cubierta vegetal para el incremento de la biodiversidad o sus propiedades antihelmínticas motivan el interés por esta planta.

En este trabajo, se estudian las características agronómicas de la esparceta de diversas procedencias Europeas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en Zaragoza (41°3'N; 0°47'W) a 225m de altitud, en una parcela regada por inundación. Las características edafológicas de la parcela corresponden a un suelo de textura limo-arcillosa, no salino (0,41CE; 1,5d $\delta$ /m) y pobre en materia orgánica. El clima en el área de trabajo es del tipo mediterráneo subhúmedo; las temperaturas medias habidas durante el periodo fueron, mínima de 6,0 °C y máxima de 23,2 °C, y las precipitaciones totales, 381mm.

Se evaluaron 23 variedades comerciales y poblaciones locales de esparceta procedentes de toda Europa; la relación de las mismas y su origen se presentan en la Tabla 1. Las plantas se sembraron separadas entre sí 40 cm, en líneas distanciadas a un metro, a razón de 12 plantas por procedencia con tres repeticiones en bloques aleatorios. La alfalfa cv 'Aragón', se utilizó como testigo, según el mismo tratamiento.

**Tabla 1. Porcentaje de plantas florecidas el 6 de septiembre de 2007 y fecha de inicio de la floración de una colección de esparcetas en Zaragoza.**

Procedencia	6/09 (% flores)	09/07	19/07	01/08	09/08	21/08	10/09
Cv Costwold (Reino Unido)	10						*
Cv Somborne (Reino Unido)	83		*	*	*	*	*
Esparcette (Reino Unido)	97,7		*	*	*	*	*
Cv Sepial (Italia)	95	*	*	*	*	*	*
Cv Ambra (Italia)	92,3		*	*	*	*	*
Cv Fakir (Francia)	91		*	*	*	*	*
Comercial (Ukrania)	91		*	*	*	*	*
Cv Incoronata (Italia)	91		*	*	*	*	*
Cv Visnovsky (R. Checa)	87,3			*	*	*	*
Cv Yubileyna (Bulgaria)	85,3			*	*	*	*
Cv Korunga (Turquía)	64			*	*	*	*
Comercial (Polonia)	75			*	*	*	*
Experimental 9.2	69,7			*	*	*	*
Reznos (Soria)	98,7		*	*	*	*	*
Experimental 7.1	89		*	*	*	*	*
Mezquita de Jarque (Teruel)	64,3			*	*	*	*
Lagueruela (Teruel)	89,7			*	*	*	*
Loarre (Huesca)	91,7		*	*	*	*	*
Villahoz (Burgos)	95,3	*	*	*	*	*	*
Torrecilla de Cameros (Rioja)	93,3		*	*	*	*	*
Graus (Huesca)	23						*
Tartareu (Lleida)	38,7						*
Villahermosa (Castellón)	71,7				*	*	*
Alfalfa cv Aragón	85,3	*	*	*	*	*	*

Las plantas fueron sembradas en junio del 2007, hubo un primer corte de limpieza en septiembre del 2007 y un corte del rebrote en noviembre. En el 2008 las plantas fueron cortadas cada vez que alcanzaban el estadio fenológico 'plena floración', definido como el estadio en el cual el 50% de los tallos presentan inflorescencias con el 50% de las flores de las inflorescencias abiertas (cuatro a cinco cortes según las variedades). En este momento, prácticamente la totalidad de los tallos presentan inflorescencias con alguna flor abierta. En 2008 se realizó un corte para evaluar el rebrote otoñal (en este corte las plantas no florecieron). Se efectuaron las siguientes anotaciones: fecha de inicio de floración y proporción de tallos florecidos por planta (2007), porte, fecha de corte, producción de materia seca (MS) y mortalidad. Se consideró el porte de las plantas como el ratio entre la altura de la planta y su radio, ambos datos fueron la media de dos medidas desde el centro de la planta al ápice de los tres mayores tallos; la mortalidad, definida como el número de plantas que murieron (sobre el total de 36) y la producción de MS fue determinada en estufa ventilada a 60°C hasta peso constante.

Los resultados obtenidos fueron analizados con el programa SAS (1985) con el fin de determinar el efecto de los bloques, las relaciones entre los diferentes caracteres y la proximidad existiendo entre las variedades según las variables estudiadas. Un análisis de varianza fue realizado así que un análisis de componentes principales (ACP) sobre los criterios intensidad de floración, porte, producción de materia seca y mortalidad y un análisis de agrupamiento (Single linkage cluster análisis) sobre los dos primeros factores producido por el ACP.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza efectuado con los datos obtenidos, se apreció la ausencia de diferencias significativas entre repeticiones ( $P=0,147$ ). Todos los caracteres estudiados mostraron una alta variabilidad tanto a nivel intervarietal como intravarietal, llegando el coeficiente de variación a niveles del 40%. El porcentaje de plantas florecidas el 6 de septiembre 2007 y la fecha de inicio de la floración de la colección de las diferentes procedencias se presentan en la Tabla 1 y su comportamiento agronómico en la Tabla 2. La intensidad de la floración fue extremadamente variable oscilando entre el 10 % de plantas florecidas en el cv 'Costwold common' y el 99 % de la procedencia 'Reznos'. Entre las que florecieron, hubo un intervalo de hasta un mes hasta alcanzar la plena floración en 2007.

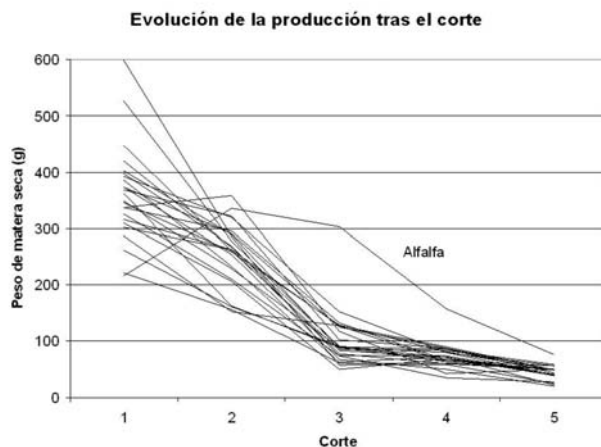
En 2008 se realizaron cinco cortes, cuatro en primavera/verano y uno en otoño. El intervalo entre dos cortes fue significativamente distinto según las variedades aunque su evolución general fue parecida. El intervalo entre dos cortes se redujo cuando las condiciones de la primavera fueron favorables (temperaturas moderadas notablemente, ver la evolución de las  $T^a$  en la Figura 1), para aumentar cuando las plantas disminuyeron su crecimiento en verano. Cuando las condiciones fueron adecuadas en otoño, el intervalo entre dos cortes disminuyó nuevamente. Tres variedades ('Reznos', 'Graus' y 'Sepial') y la alfalfa no siguieron dicho proceso y tuvieron un corte añadido entre el tercero y el cuarto corte. El porte varió según los cortes, osciló entre 0,5 y 2,0, correspondiendo respectivamente a variedades muy rastreras y muy erectas. El porte fue más erecto en los cortes 2 y 3, debido a la menor altura de las plantas en estos cortes. En otoño, el porte fue significativamente más rastrero. El porte estuvo significativamente

**Tabla 2. Comportamiento agronómico de una colección de esparcetas evaluadas en Zaragoza, en regadío, 2008.**

Procedencia	Porte (altura/radio)	Mortalidad (% plantas †)	Peso (g MS.p <sup>-1</sup> .a <sup>-1</sup> )
Cv Costwold (Reino Unido)	0,9	14	551 ±106
Cv Somborne (Reino Unido)	1,4	44	632 ±105
Esparcette (Reino Unido)	1,4	31	777 ±130
CvSepial (Italia)	1,3	33	900 ±154
Cv Ambra (Italia)	1,4	31	766 ±135
Cv Fakir (Francia)	1,5	44	921 ±156
Comercial (Ukrania)	1,7	31	856±149
Cv Incononata (Italia)	1,3	44	888±153
Cv Visnovsky (R. Checa)	1,4	14	984±177
Cv Yubileyna (Bulgaria)	1,7	25	903±155
Cv Korunga (Turquía)	1,0	22	1026±173
Comercial (Polonia)	1,4	28	1025±179
Experimental 9.2	1,0	31	754±129
Reznos (Soria)	1,1	28	961±162
Experimental 7.1	1,4	25	920±158
Mezquita de Jarque (Teruel)	0,9	33	673±115
Lagueruela (Teruel)	1,0	33	864±150
Loarre (Huesca)	1,0	31	727±123
Villahoz (Burgos)	1,1	50	890±150
Torreçilla de Cameros (Rioja)	1,4	19	907±150
Graus (Huesca)	1,0	39	724±130
Tartareu (Lleida)	1,1	36	802±137
Villahermosa de Río (Castellón)	1,0	50	681±121
Alfalfa Cv Aragón	1,3	2	1254±211

correlacionado con la intensidad de floración ( $P < 0,001$ ,  $R = +0,72$ ). Se puede tratar de dos criterios que fueron seleccionados conjuntamente, un porte erecto consistiendo una ventaja por la producción de heno.

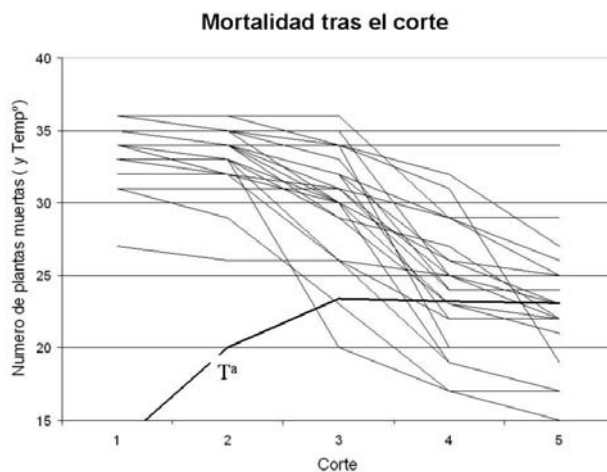
La producción fue significativamente distinta de una variedad a otra, con un coeficiente de variación de 17%. La producción de MS osciló entre 550 g p<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup> para 'Costwold common', a 1025 g p<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup> para 'Yubilena' o 'Korunga' con una media de 826 g p<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup>, todas inferiores a la alfalfa 'Aragón' que fue de 1254 g p<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup>. El modelo de distribución de la producción tras el año fue característico: El primer corte representó el 45% de la producción anual y la producción en cada corte declinó rápidamente (Figura 1); el último corte representó únicamente el 8% de la producción total. El mismo modelo de disminución de la producción de MS a largo del año fue mostrado por De Falco *et al.* (2001) en Italia. La alfalfa tuvo una producción más escalonada, centrada en el periodo estival (los cortes de mayor importancia fueron el segundo y el tercero). La producción no estuvo significativamente correlacionada con el porte ( $P = 0,33$ ,  $R = +0,2$ ), pero sí con la intensidad de floración ( $P < 0,05$ ,  $R = +0,42$ ).



**Figura 1. Evolución de la producción de materia seca tras el corte de la colección de esparcetas estudiada.**

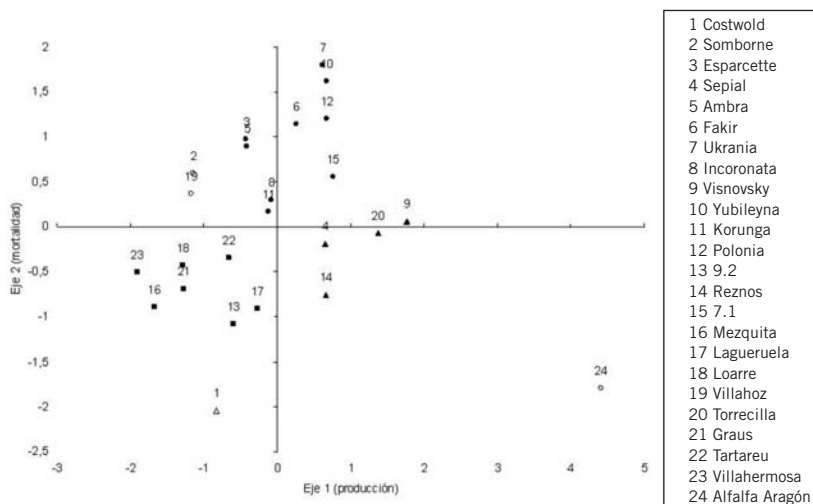
La mortalidad fue muy variable, con un coeficiente de variación de 36%, el cual correspondió a un pérdida de 14 a 50% de las plantas. La mortalidad estuvo correlacionada con el nivel de producción  $R=0,65$ ,  $P=0,0025$ ) (lo que permitiría seleccionar plantas de alta productividad y baja mortalidad), por lo que pudo ser ocasionada por la subida de las temperaturas y la repetición de los cortes (Figura 2). La mortalidad de las plantas ha sido atribuida a temperaturas excesivamente altas por Kallenbach, (1996).

Para sintetizar los resultados observados, se llevó a cabo un análisis de componentes principales asociado con un análisis de agrupamiento sobre los factores obtenidos del ACP (Single linkage cluster analysis) (Figura 3). Se probó que la inclusión de las variedades que presentan valores extremos no fueron fuente de distorsión del análisis (variedad 'Costwold common' y alfalfa var 'Aragon'). De los resultados obtenidos se aprecia que los dos primeros factores son suficientes para explicar el 70% de la varianza observada. El primer factor define el nivel de producción y el segundo factor, la mortalidad. El dendrograma resultante del CA indica una separación de las variedades



**Figura 2. Evolución de la mortalidad tras el corte de la colección de esparcetas estudiada.**

en 6 grupos (PST2=78) según estos ejes, segregando claramente la alfalfa ‘Aragón’ por una parte y el cv ‘Costwold common’ por otra (grupos 6 y 1). Las demás variedades quedaron discriminadas en los grupos: 2 (‘9.2’, ‘Mezquita de Jarque’, ‘Lagueruela’, ‘Loarre’, ‘Graus’, ‘Tartareu’, ‘Villahermosa’) de baja producción, mortalidad variable y porte semirastrero; 3 (‘Somborne’, ‘Villahoz’) de producción media-baja, mortalidad elevada; 4 (‘Esparcette’, ‘Ambra’, ‘Fakir’, ‘Ukrania’, ‘Incoronata’, ‘Yubileyna’, ‘Korunga’, ‘Polonia’, ‘7.1’) de producción alta o media, mortalidad media, porte semierecto o erecto y 5 (‘Sepial’, ‘Reznos’, ‘Torrecilla de Cameros’, ‘Visnovsky’) de producción alta, mortalidad media y porte semierecto o erecto.



**Figura 3. Análisis de agrupamiento de la colección de esparcetas estudiada en 2008.**

Las variedades también pueden ser discriminadas según sus intensidades de floración: las plantas que presentaron una mayor intensidad de floración en el año de establecimiento presentaron al año siguiente un porte erecto y una mayor producción. Este carácter podría ser utilizado a la hora de hacer una selección precoz. La separación en plantas con alta y baja intensidad de floración y producción corresponde a la pertenencia a dos tipos de esparcetas: de un corte o dos corte o común y gigante, descritos por Koivisto y Lane, (2001) y Delgado *et al.* (2008), aunque muchas variedades presentaron caracteres intermedios.

## CONCLUSIONES

Las variedades y procedencias estudiadas mostraron una amplia variación de porte, de intensidad de floración, producción de MS y mortalidad. La intensidad de floración en el año de establecimiento se reveló como un buen indicador de la potencialidad agronómica de las plantas al siguiente año, salvo en el caso de la mortalidad. El nivel de producción de MS de las esparcetas con respecto a la alfalfa fue menor en las condiciones de regadío.

## AGRADECIMIENTOS

A Miguel Ángel Céspedes, Adrián Martínez y Juan Ángel Tanco por su colaboración técnica. Estos trabajos han sido financiados por la Comisión Europea (Proyecto MRTN-CT-2006-035805).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BADOUX, S., 1965. Etudes des caractères morphologiques, physiologique et agronomiques de populations d'esparcette (*Onobrychis* spp.). *Recherche agronomique en Suisse*, **4 (2)**, 111-190.
- DE FALCO, E.; LANDI, G. ; BASSO, F., 2001. Production and quality of the sainfoin forage (*Onobrychis viciaefolia* Scop.) as affected by cutting regime in a hilly area of southern Italy. *CIHEAM - Options Méditerranéennes*.
- DELGADO, I.; SALVIA, J.; BUIL, I.; ANDRES, C., 2008. The agronomic variability of a collection of sainfoin accessions. *Spanish J Agr Res.*, **6(3)**, 401-407.
- DELGADO, I.; ANDRES, C.; SIN, E.; OCHOA, M. J., 2002. Estado actual de la esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.). Encuesta realizada a agricultores productores de semilla. *Pastos*, **32(2)**, 235-247.
- KALLENBACH, R.L.; MATCHES, A.G.; MAHAN, J.R., 1996. Sainfoin regrowth declines as metabolic rate increases with temperature. *Crop Sci.*, **36**, 91-97.
- KOIVISTO, J. M. ; G. P. F. LANE, 2001. *Sainfoin. Worth Another Look*.
- MICHELENA, A., 1988. Diferenciación y caracterización de los dos tipos de esparceta (*Onobrychis viciaefolia* Scop.) cultivada en España. *Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.* **3(3)**, 183-290.
- PROSPERI, JM.; DEMARQUET, F.; ANGEVAIN, M. ; MANSAT, P., 1994. Évaluation agronomique de variétés de pays de sainfoin (*Onobrychis sativa* L) originaires du sud-est de la France. *Agronomie*, **14(5)**, 285-298.
- SAS Institute. 1982. SAS, User's guide : Statistics. Cary, NC.

## SUMMARY

### CHARACTERISATION AND AGRONOMIC EVALUATION OF A COLLECTION OF SAINFOIN (*Onobrychis viciifolia* SCOP.)

The agronomic characteristics of 23 accession of sainfoin from all over Europe (*Onobrychis viciifolia* Scop.), versus one variety of lucerne, were evaluated in the first productive year, in a small plot trial in Zaragoza, under irrigation. Dry-matter production and production distribution throughout the year, growth habit, flowering intensity in the establishment year and plant mortality were regularly assessed.

Results show a big variability in all characters. Dry-matter production ranged from 550g.p<sup>1</sup>.y<sup>1</sup> for "Costwold common" to 1025g.p<sup>1</sup>.y<sup>1</sup> for "Korunga" o "Yubilena" varieties, that is significantly lower than lucerne (1250g.p<sup>1</sup>.y<sup>1</sup>). In the same way, an important variability was encountered in plant growth habit, from prostrate to erect and in plant mortality (13 to 50% of dead plants). No significant correlations between mortality, production or growth habit were found. However, production and growth habit were significantly correlated with flowering intensity. Plants with higher flowering intensity tended to be more erect and to have higher production.

**Key words:** Forage production, persistency, variety, genetic resources, Spain.





## ALTERNATIVAS FORRAJERAS DE INVIERNO BAJO DISTINTAS PRÁCTICAS DE SIEMBRA Y ABONADO

I. MIJANGOS, C. GARBISU, L. EPELDE, A. IBARRA, S. MENDARTE, E I. ALBIZU

NEIKER – Tecnalia / Dpto. de Ecosistemas. Parque Tecnológico de Bizkaia – P. 812. Berreaga, 1. E-48160 Derio (Bizkaia). [imijangos@neiker.net](mailto:imijangos@neiker.net)

### RESUMEN

Uno de los problemas a los que se enfrentan las explotaciones ganaderas intensivas es la necesidad de comprar gran parte de los alimentos fuera de la explotación, lo cual las hace muy dependientes frente a sus cambios de precio. Ante esta situación, ciertas prácticas como la reutilización del purín, el no-laboreo y la inclusión de leguminosas en las rotaciones contribuyen a lograr una base forrajera propia sólida, aprovechando los recursos de la explotación y reduciendo costes de producción. Con el objetivo de evaluar el impacto medioambiental y económico del uso continuado de estas prácticas agrícolas en suelos pesados, se analizaron distintos indicadores químicos y biológicos de la salud del suelo y se realizó un análisis económico tras tres años de ensayo en una parcela experimental situada en Derio (Bizkaia). El abonado orgánico con purín, especialmente en combinación con el no-laboreo, incrementó la actividad microbiana, la abundancia de lombrices y el nitrógeno mineralizable del suelo. Además, mejoró el rendimiento económico de los cultivos. El no-laboreo redujo la productividad de la mezcla triticale + guisante forrajero pero no afectó al raigrás italiano. Los indicadores biológicos de la salud del suelo mostraron una mayor sensibilidad ante las técnicas agrícolas estudiadas que los indicadores químicos.

**Palabras clave:** abonado orgánico, no-laboreo, leguminosas, bioindicadores, salud del suelo.

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad, tanto el sector agrícola como el ganadero están sufriendo importantes modificaciones debido a los nuevos requerimientos económicos, sociales y también ecológicos. En el ámbito de la ganadería intensiva de la Cornisa Cantábrica, se demanda un aumento de la cantidad y calidad del forraje producido por unidad de superficie en la propia explotación para reducir su dependencia frente a insumos externos; paralelamente, se hace necesario conjugar la obtención de producciones adecuadas, tanto en cantidad como en calidad, con el cuidado y conservación de la salud de los suelos agrícolas.

En este sentido, la reutilización como abono orgánico de los purines generados en la propia explotación cumple una doble función: abono, con su consiguiente aporte de nutrientes; y enmienda orgánica, que reduce la compactación y favorece la actividad biológica del suelo. El empleo de técnicas de siembra sin laboreo también contribuye a preservar la materia orgánica y la estructura del suelo, además de suponer un ahorro de carga de trabajo y combustible, al suprimir las labores de preparación previas a la siembra del cultivo. No obstante, uno de sus principales inconvenientes radica en que puede dar lugar a problemas de compactación superficial del terreno (especialmente en suelos con textura fina), lo cual puede acentuar los problemas típicos de los suelos sometidos a climas húmedos y frescos como el de la Cornisa Cantábrica (e.g., deficiente drenaje, acidificación, retraso de la germinación por las bajas temperaturas del suelo, etc.) (Unger, 2002). Por último, el establecimiento de rotaciones forrajeras con presencia de leguminosas reduce los requerimientos de abonos nitrogenados (gracias a su fijación de N atmosférico) y contribuyen a elevar el contenido proteico del forraje. En la Cornisa Cantábrica, actualmente, la rotación anual que incluye maíz como cultivo de verano y raigrás italiano como cultivo de invierno es la más extendida. Sin embargo, en los últimos años, se están llevando a cabo trabajos de investigación para evaluar la posibilidad de utilizar mezclas cereal-leguminosa en invierno, con buenos resultados agronómicos (Ibarra *et al.*, 2003).

Teniendo en cuenta todo esto, el objetivo principal del trabajo es evaluar estas prácticas agrícolas (*i.e.*, empleo del purín, no-laboreo y leguminosas) teniendo en cuenta su efecto tanto sobre la producción de forraje y su rendimiento económico como sobre la funcionalidad del recurso suelo, estimada ésta en base a propiedades químicas y biológicas con potencial indicador de la salud de los suelos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En mayo de 2005 se inició un ensayo de tres años sobre un Cambisol Epidístrico (FAO) de textura franco-arcillo-limosa y moderadamente ácido (pH en agua =5,4), en la finca experimental de NEIKER-Tecnalia situada en Derio (Bizkaia), a una altitud de 60 m sobre el nivel del mar, con una precipitación anual de 1100 mm y una temperatura media anual de 13,5 °C. Un análisis previo de diversas propiedades químicas y biológicas del suelo mostró la homogeneidad original de la parcela experimental (datos no mostrados), por lo que los tratamientos se llevaron a cabo en subparcelas repartidas al azar en dicha parcela.

Los tratamientos estudiados resultaron de la combinación de dos sistemas de abonado (abonado mineral *versus* abonado orgánico), dos sistemas de laboreo (laboreo convencional *versus* no-laboreo) y dos sistemas de rotación anual {maíz forrajero (*Zea mays* L. cv. Moncada) en verano-raigrás italiano (*Lolium multiflorum* Lam. cv. Nival) en invierno *versus* maíz forrajero en verano-mezcla triticales (*x Triticosecale* Wittm. ex A. Camus cv. Senatrit) + guisante forrajero (*Pisum sativum* L. cv. Cartouche) en invierno}. Las dosis de siembra fueron 100.000 plantas de maíz ha<sup>-1</sup>, 35 kg de semilla de raigrás italiano ha<sup>-1</sup> y 270 kg de mezcla triticales + guisante ha<sup>-1</sup> (a razón de 120 kg de semilla de triticales por cada 150 kg de semilla de guisante). El abonado orgánico de cada cultivo consistió en la aplicación superficial de 60000 l ha<sup>-1</sup> de purín fresco de vacuno que supuso una disponibilidad de 150 kg N ha<sup>-1</sup>, 60 kg

P ha<sup>-1</sup> y 130 kg K<sup>+</sup> ha<sup>-1</sup> para el maíz y 120 kg N ha<sup>-1</sup>, 60 kg P ha<sup>-1</sup>, y 130 kg K<sup>+</sup> ha<sup>-1</sup> para los cultivos de invierno. En el cultivo de raigrás italiano se añadieron 30 kg N ha<sup>-1</sup> en forma mineral con el objetivo de igualar la fijación de N atmosférico estimada para el guisante forrajero. Para el abonado mineral se empleó NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (33,5%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (18%) y KCl (60%), igualando las dosis disponibles en las subparcelas orgánicas. El tratamiento de laboreo convencional consistió en un pase de vertedera y tres pases de rotavator, y la siembra bajo no-laboreo se realizó con una sembradora directa modelo Semeato. Las subparcelas destinadas a la siembra directa se trataron con glifosato (36%) a razón de 6 L ha<sup>-1</sup> del producto comercial aproximadamente una semana antes de la fertilización y de la siembra.

El muestreo de suelo se realizó en enero de 2008, dos meses después del establecimiento de los cultivos invernales. Se tomaron muestras de suelo al azar en cada una de las subparcelas del ensayo con ayuda de una sonda manual de embudo de 2,5 cm de diámetro y 25 cm de profundidad. Las muestras se secaron al aire durante, aproximadamente, una semana (hasta peso constante), se tamizaron (2 mm) y se almacenaron a 4 °C hasta la fecha de análisis.

Se analizaron las siguientes propiedades químicas del suelo (MAPA, 1994): pH, materia orgánica, N total, y P Olsen. Las propiedades biológicas del suelo que se analizaron fueron la abundancia de lombrices 0-25 cm (conteo directo), la actividad microbiana estimada en base al color desarrollado en las ecoplacas Biolog™ (AWCD) (Epelde *et al.*, 2008), el N mineralizable (Powers, 1980) y la actividad fosfatasa ácida (Dick *et al.*, 1996).

Para cuantificar la producción de forraje y su rendimiento económico, se realizó el corte de una franja de 0,9 m de anchura en sentido longitudinal de cada subparcela en mayo de 2008, y se realizó un sencillo análisis económico basado en los precios actuales de herbicidas, abonos, combustible, semillas, mano de obra y forrajes.

Para establecer las diferencias significativas entre los tratamientos se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) seguido de un test de Bonferroni-Dunn.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se observa el efecto que produjo el uso continuado (durante tres años) de los tratamientos sobre diversas propiedades químicas y biológicas relacionadas con la salud del suelo, las cuales se muestran agrupadas por parejas debido a su relación.

En primer lugar, el abonado orgánico pareció contribuir a reducir la acidez del suelo, aunque las diferencias de pH únicamente fueron significativas bajo la mezcla triticale+guisante establecida mediante no-laboreo. Los pHs ácidos (por debajo de 5) resultan tóxicos para las lombrices, y el laboreo convencional puede dañar tanto a los individuos adultos como a sus huevos, por lo que no resulta sorprendente que las subparcelas orgánicas bajo no-laboreo muestren valores muy superiores al resto, de acuerdo con los resultados obtenidos por otros autores (Lee, 1995; Emmerling, 2001). Además de ser a menudo un indicador de la buena aptitud agrícola de los suelos, las lombrices, gracias a la red de canales que forman, reducen los problemas de drenaje

**Tabla 1. Efecto del tipo de cultivo, abonado y laboreo sobre las propiedades químicas y biológicas del suelo. Diferentes letras dentro de cada línea indican diferencias significativas ( $p < 0,002$ ). \* Destacan las propiedades que presentan diferencias significativas. O: abonado orgánico; I: abonado mineral; NL: no-laboreo; LC: laboreo convencional.**

	Raigrás italiano				Triticale + guisante forrajero			
	O+NL	O+LC	I+NL	I+LC	O+NL	O+LC	I+ NL	I+LC
pH*	5,12 <sup>ab</sup>	5,25 <sup>ab</sup>	4,72 <sup>ab</sup>	4,98 <sup>ab</sup>	5,44 <sup>a</sup>	5,37 <sup>ab</sup>	4,67 <sup>b</sup>	4,82 <sup>ab</sup>
Lombrices (individuos $m^{-2}$ )*	64,0 <sup>ab</sup>	32,0 <sup>a</sup>	21,3 <sup>a</sup>	21,3 <sup>a</sup>	96,0 <sup>b</sup>	42,7 <sup>ab</sup>	26,7 <sup>a</sup>	5,3 <sup>a</sup>
Materia orgánica (%)	2,55 <sup>a</sup>	2,51 <sup>a</sup>	2,27 <sup>a</sup>	2,33 <sup>a</sup>	2,46 <sup>a</sup>	2,50 <sup>a</sup>	2,37 <sup>a</sup>	2,39 <sup>a</sup>
Actividad microbiana (AWCD)*	0,66 <sup>ac</sup>	0,52 <sup>ab</sup>	0,32 <sup>b</sup>	0,64 <sup>ac</sup>	0,83 <sup>c</sup>	0,64 <sup>ac</sup>	0,47 <sup>ab</sup>	0,48 <sup>ab</sup>
P Olsen (mg $kg^{-1}$ )	12,4 <sup>a</sup>	13,4 <sup>a</sup>	14,3 <sup>a</sup>	16,5 <sup>a</sup>	11,9 <sup>a</sup>	14,4 <sup>a</sup>	15,9 <sup>a</sup>	15,1 <sup>a</sup>
Fosfatasa ác. (mg 4-NP $kg^{-1}$ )*	339,8 <sup>ab</sup>	377,2 <sup>a</sup>	289,6 <sup>b</sup>	328,1 <sup>ab</sup>	353,4 <sup>ab</sup>	396,2 <sup>a</sup>	287,6 <sup>b</sup>	315,7 <sup>ab</sup>
N total (%)	0,17 <sup>a</sup>	0,17 <sup>a</sup>	0,16 <sup>a</sup>	0,16 <sup>a</sup>	0,17 <sup>a</sup>	0,18 <sup>a</sup>	0,16 <sup>a</sup>	0,16 <sup>a</sup>
N mineralizable (mg $kg^{-1}$ )*	23,7 <sup>ab</sup>	25,1 <sup>ab</sup>	16,8 <sup>a</sup>	19,4 <sup>ab</sup>	25,6 <sup>b</sup>	26,6 <sup>b</sup>	20,0 <sup>ab</sup>	21,2 <sup>ab</sup>

en suelos compactados y facilitan el transporte de materiales orgánicos a estratos inferiores. Esta actividad cobra, por tanto, una especial importancia en suelos húmedos manejados mediante no-laboreo y abonado orgánico en superficie.

Las propiedades químicas analizadas (contenido en materia orgánica, N total y P Olsen) no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, siendo destacable el hecho de que el abonado orgánico de las subparcelas, consistente en dos aplicaciones de purín al año durante tres años consecutivos, no tuviera mayor reflejo en el contenido en materia orgánica del suelo; el hecho de que se empleara purín fresco con un contenido escaso de materia seca (~ 10% MS) puede explicar en parte este hecho. Por otra parte, tampoco se observó un incremento en este parámetro como resultado del no-laboreo, pese a que es sabido que esta técnica contribuye al mantenimiento de la estructura del suelo y su enriquecimiento en materia orgánica; según estos resultados y los obtenidos de fuentes bibliográficas (MNZTFA, 1998; Huggins y Reganold, 2008) parecen ser necesarios períodos de tiempo más largos para poder observar un incremento significativo en el contenido en materia orgánica del suelo en respuesta al no-laboreo.

Por el contrario, las propiedades biológicas relacionadas con dichas propiedades químicas mostraron una mayor sensibilidad ante los tratamientos, especialmente ante el sistema de abonado. La actividad metabólica microbiana general (AWCD), así como las actividades microbianas implicadas en la liberación de nutrientes inorgánicos para los cultivos a partir de compuestos orgánicos fosfatados y nitrogenados (actividad fosfatasa ácida y nitrógeno mineralizable, respectivamente) mostraron valores superiores en las subparcelas orgánicas, frente a aquellas subparcelas que recibieron abonado mineral.

En la Tabla 2 se muestra un análisis económico simple de las distintas alternativas de manejo, en el que no se incluyeron gastos de compra y mantenimiento de maqui-

naria, impuestos, subvenciones, etc. sino únicamente aquellos derivados directamente del cultivo utilizado y del sistema de abonado y laboreo, asumiendo que la explotación cuenta con la maquinaria necesaria y no tiene limitaciones de purín. Las combinaciones “abonado orgánico + no-laboreo” y “abonado orgánico + laboreo convencional” fueron las más rentables para el cultivo del raigrás italiano y de la mezcla triticale + guisante forrajero, respectivamente, debido principalmente al alto precio actual de los abonos minerales. El no-laboreo, pese a que permitió una reducción de los gastos de combustible y mano de obra, produjo un descenso notable de la productividad-ingresos de la mezcla triticale + guisante forrajero, posiblemente debido a la progresiva compactación del terreno observada bajo el no-laboreo durante los tres años de estudio (datos no mostrados), lo cual parece indicar la necesidad de llevar a cabo algún tipo de laboreo a partir del tercer año en estos suelos de textura fina. Por el contrario, la producción de raigrás italiano no se vio afectada por dicha compactación y el no-laboreo siguió siendo una alternativa económicamente viable al laboreo convencional para este cultivo, tras tres años de rotación intensiva con maíz. Este hecho puede deberse a que el raigrás italiano tiene un desarrollo radicular más superficial que se ve menos limitado por la compactación del suelo, ya que no se observaron diferencias en la germinación entre cultivos.

**Tabla 2. Análisis económico de las alternativas de cultivo, abonado y laboreo. O: abonado orgánico; I: abonado mineral; NL: no-laboreo; LC: laboreo convencional.**

	Raigrás italiano				Triticale + guisante forrajero			
	O+NL	O+LC	I+NL	I+LC	O+NL	O+LC	I+ NL	I+LC
<u>Gastos</u>								
Herbicida (€ ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	75	0	75	0	75	0	75	0
Abonos (€ ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	0	0	373	373	0	0	333	333
Semillas (€ ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	70	70	70	70	206	206	206	206
Combustible (€ ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	50	150	50	150	50	150	50	150
Salarios (€ ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	100	160	100	160	100	160	100	160
<b>Total</b>	<b>295</b>	<b>380</b>	<b>668</b>	<b>753</b>	<b>431</b>	<b>516</b>	<b>764</b>	<b>849</b>
<u>Ingresos</u>								
Cosecha x 150 € t <sup>-1</sup> MS (€ ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	1670	1614	1658	1336	1100	1660	928	1692
<b>Margen bruto (€ ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>)</b>	<b>1375</b>	<b>1234</b>	<b>990</b>	<b>583</b>	<b>669</b>	<b>1144</b>	<b>164</b>	<b>843</b>

## CONCLUSIONES

El abonado orgánico (purín fresco de vacuno), especialmente en combinación con el no-laboreo, incrementó la actividad microbiana del suelo, la abundancia de lombrices y el nitrógeno mineralizable. Asimismo, dentro de cada sistema de laboreo, el abonado orgánico permitió obtener producciones forrajeras adecuadas y supuso una reducción significativa de los costes de producción de forraje, mejorando el rendimiento económico de los cultivos en comparación con el abonado mineral.

El no-laboreo se mostró como una alternativa viable al laboreo convencional para el cultivo de raigrás italiano, tanto desde el punto de vista medioambiental como económico, pero produjo un descenso de la productividad de la mezcla triticale + guisante forrajero tras tres años de uso continuado de esta técnica en suelos con textura fina.

Las propiedades biológicas del suelo analizadas mostraron una gran sensibilidad ante los tratamientos llevados a cabo y suponen una herramienta muy útil para la evaluación del impacto de las prácticas agrícolas sobre la salud del suelo.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al INIA la financiación del proyecto RTA 2006-00153-C02-02, a partir del cual se obtuvieron los resultados presentados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DICK, R.P.; BREACKWELL, D.P.; TURCO, R.F., 1996. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. En: *Methods for Assessing Soil Quality*, 247-271. Ed. J.W. DORAN, A.J. JONES. SSSA. Madison (EEUU).
- EMMERLING, C., 2001. Response of earthworm communities to different types of soil tillage. *Applied Soil Ecology*, **17**, 91-96.
- EPELDE, L.; BECERRIL, J.M.; HERNÁNDEZ-ALLICA, J.; BARRUTIA, O.; GARBISU, C., 2008. Functional diversity as indicator of the recovery of soil health derived from *Thlaspi caerulescens* growth and metal phytoextraction, *Applied Soil Ecology*, **39**, 299-310.
- HUGGINS, D.R.; REGANOLD, J.P., 2008. Agricultura sin labranza. *Investigación y Ciencia*, **384**, 66-73.
- IBARRA, A.; ALBIZU, I.; ASTOREKA, M.; PINTO, M.; AIZPURUA, A., 2003. Valoración de la fertilización orgánica y mineral en distintas rotaciones forrajeras. *Actas de la XLIII Reunión Científica de la SEEP*, 149-154. Granada (España).
- LEE, K.E., 1995. Earthworms and sustainable land use. En: *Earthworm Ecology and Biogeography in North America*, 215-234. Ed. P.F. HENDRIX. Lewis. Boca Raton (EEUU).
- MAPA, 1994. *Métodos Oficiales de Análisis III*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 662 pp. Madrid (España).
- MNZTFA, 1998. Zero Tillage. En: *Proceedings of Manitoba-North Dakota Zero Tillage Farmers Association*. Leech Printing Ltd. Brandon (Canada).
- POWERS, R.F., 1980. Mineralizable soil nitrogen as an index of nitrogen availability to forest trees. *Soil Science Society of America Journal*, **44**, 1314-1320.
- UNGER, P., 2002. No till. En: *Encyclopedia of Soil Science*, 868-871. Ed. R. LAL. Marcel Dekker. New York (EEUU).

## SUMMARY

### WINTER FORAGE CROPS SUBJECTED TO DIFFERENT PRACTICES OF SEEDING AND FERTILIZATION

One of the problems of intensive cattle farming is the need to acquire, outside the farm, a considerable percentage of the animal food they require, with the inevitable inconveniences derived from the frequent price fluctuations. In this respect, several agricultural practices, such as the reuse of animal slurry, the utilization of no-tillage and the inclusion of legumes as winter

rotation may lead to a better use of farm resources as well as to an increase in forage production, consequently reducing economic costs. A three year field assay was established in Derio (Spain) to evaluate the environmental and economic effects of these agricultural practices on humid fine-textured soils. With this objective, soil chemical and biological properties were measured and economic cost-benefit analyses were carried out. Organic fertilization with cow slurry enhanced soil microbial activity, abundance of earthworms and mineralizable N (mainly when combined with no-tillage), and improved crop economic return. No-tillage reduced crop production of triticale + pea but did not affect Italian ryegrass. Biological indicators of soil health proved to be more sensitive to the different soil management techniques studied here, as compared to soil chemical properties.

**Keywords:** organic fertilization, no-tillage, legumes, biological indicators, soil health.





## INCIDENCIA DEL TIPO DE MANEJO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y ECOFISIOLÓGICAS DE PRADERAS DE RAIGRÁS INGLÉS/TRÉBOL BLANCO

L. ÁLVAREZ<sup>1</sup>, A. MARTÍNEZ-MARTÍNEZ<sup>1</sup>, N. PEDROL<sup>2</sup>, A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Área de Nutrición Animal, Pastos y Forrajes. SERIDA. E-33300 Villaviciosa (Asturias).

<sup>2</sup>Dpto Biología Vegetal e Ciencia do Solo. Universidade de Vigo. E-36310. admartinez@serida.org

### RESUMEN

Con el propósito de contrastar diferencias entre sistemas de manejo convencional (MC) y ecológico (ME), en otoño de 2006 se estableció una pradera de raigrás inglés-trébol blanco (*Lolium perenne* L.-*Trifolium repens* L.) en un valle interior de Asturias. En MC se aplicó fertilización mineral NPK, mientras que en ME se aplicó estiércol compostado. Durante el segundo año agronómico se realizaron cinco aprovechamientos que fueron caracterizados según rendimiento, composición botánica y calidad nutritiva, evaluando además intercambio foliar de gases y fluorescencia de clorofilas *in vivo* antes del segundo corte de primavera.

Los resultados no mostraron diferencias entre manejos en cuanto a producción ni calidad nutritiva, aunque sí claras diferencias en composición botánica, con mayor presencia de trébol en ME. En cuanto a la eficiencia fotosintética, el estudio comparado de los datos de 2007 y 2008 arrojó diferencias significativas a favor del ME. Estos resultados se traducen en una menor degradación de las praderas manejadas ecológicamente, además de una mayor rentabilidad de las mismas al reducir drásticamente el aporte de fertilización mineral.

**Palabras clave:** Fertilización mineral, estiércol, composición botánica, valor nutritivo, tasa fotosintética neta, eficiencia fotosintética.

### INTRODUCCIÓN

A mediados del siglo XX, la aparición de los fertilizantes nitrogenados de síntesis dio pie a un aumento espectacular en la producción agraria y la subsiguiente producción animal mundial, dando paso a un modelo de producción basado en la obtención de máximos beneficios a corto plazo, sin consideración de la eficiencia de los aportes o el mantenimiento de los recursos no renovables. Dicho modelo se apoya en la intensificación del manejo de los suelos, el uso de variedades de alto rendimiento, fertilizantes químicos, pesticidas, riego y mecanización. Sin embargo, en el contexto actual este concepto de agricultura intensiva está siendo sometido a debate; la preocupación por

la calidad y la conservación medioambiental, y por el desarrollo de las áreas rurales ha llevado a la Unión Europea a promover acciones a favor de prácticas agrarias que minimicen el impacto ambiental, impulsando la agricultura ecológica. En este nuevo contexto, se necesita buscar sistemas de cultivo que permitan reducir los costes de producción y mantener la calidad ambiental (González-Murua *et al.*, 2003).

En el marco de los sistemas pastorales, la introducción de leguminosas en las praderas, y en concreto trébol (*Trifolium* spp.), juega un importante papel, ya que la fijación simbiótica de nitrógeno que realizan es capaz de sustituir parcialmente la fertilización mineral nitrogenada. Además, el trébol mejora el valor nutritivo del pasto al incrementar su contenido en proteína y minerales (Reid y Strachan, 1974), y mejora su digestibilidad y palatabilidad (Jones y Roberts, 1991). Sin embargo, bajo manejo convencional, la aplicación de fertilizantes nitrogenados minerales pueden afectar negativamente al trébol (García *et al.*, 2005), alterando la composición botánica de las praderas y por tanto sus características bromatológicas. Además, esta fertilización inorgánica desequilibra más la fracción mineral del suelo (Jonson, 2002) y es fácilmente lixiviable, con el riesgo de eutrofizar las aguas (Addiscot *et al.*, 1991).

Por todo ello, el objetivo del presente trabajo ha sido evaluar la incidencia del tipo de manejo convencional (MC) o ecológico (ME) sobre la producción, composición botánica, calidad nutritiva y tasa de intercambio de gases y eficiencia fotosintética en praderas de larga duración de raigrás inglés-trébol blanco en zonas templado húmedas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en praderas de raigrás inglés-trébol blanco (*Lolium perenne* L.-*Trifolium repens* L.), implantadas en otoño de 2006, en un valle interior de Asturias (43° 23' N y 6° 07' O), a 50 m sobre el nivel del mar, sobre un suelo de textura franco-arcillosa y con una dosis de siembra de 34 y 3 kg ha<sup>-1</sup> de semilla viable para el raigrás inglés (cv. Tove) y trébol blanco (cv. Huia), respectivamente. Se utilizó un diseño en bloques al azar distribuido en parcelas elementales de 80 m<sup>2</sup> con cuatro repeticiones (MC o ME). La fertilización aplicada en MC se ajustó en función de los análisis previos de suelo, y fue de 207 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de N, distribuidos en tres aplicaciones, y 120 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O en una sola aplicación a la salida del invierno. En ME las parcelas se manejaron según los requisitos de la agricultura ecológica (Reglamento N° 2092/91; CEE, 1991), sustituyendo la fertilización mineral por estiércol compostado, mayoritariamente de vacuno, con una concentración de 5,8; 6,3; 6,7 y 2,6 kg t<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O y MgO, respectivamente, y una dosis de aplicación de 30 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> a la salida del invierno.

En el segundo año de aprovechamiento de la pradera se realizaron cinco cortes, según la idoneidad de las condiciones ambientales, distribuidos entre noviembre de 2007 y agosto de 2008. De éstos, los dos cortes realizados en primavera (11/03/2008 y 14/05/2008) se ensilaron. El forraje obtenido en cada corte fue procesado y analizado para determinar su producción (kg MS ha<sup>-1</sup>), contenido en materia seca (MS) por secado en estufa de aire forzado a 60 °C durante 24 horas, valor nutritivo por NIRS de acuerdo con las ecuaciones desarrolladas en el Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA y acreditadas por ENAC (Acreditación N° LE 430/930), y energía metabolizable según ARC (1980). La composición botánica del forraje obtenido en cada corte se determinó por separación manual, diferenciando porcentajes en MS de especies

sebradas (raigrás inglés y trébol blanco), otras especies (gramíneas y dicotiledóneas) y materia muerta.

Inmediatamente antes del tercer corte (14/05/2008), se midió la tasa fotosintética neta (TFN, tasa de asimilación neta de CO<sub>2</sub> por unidad de tiempo y superficie foliar, medida en μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) y la fluorescencia de clorofilas *in vivo*, mediante un IRGA Li-COR 6400 (Li-COR Inc., USA), y se estimaron diversos parámetros de eficiencia fotosintética. Los valores de fluorescencia se compararon con los recogidos en el mismo periodo del 2007. Simultáneamente se registraron otras variables que influyen potencialmente en el proceso de medida (temperatura foliar, temperatura y humedad relativa del aire -RH-, concentración interna de CO<sub>2</sub> -C<sub>i</sub>-, radiación fotosintéticamente activa -PAR-, etc.). La aplicación de estas medidas para evaluar diferencias entre sistemas en MC y ME es totalmente innovadora, y junto con los demás parámetros nos permitirá tener una visión global de los procesos acontecidos en el agrosistema.

Los datos de composición química y contenido energético fueron contrastados mediante análisis de varianza considerando como efectos fijos manejo y corte. Para las medidas ecofisiológicas, los efectos de las variables independientes y de sus interacciones se estudiaron mediante análisis de varianza factorial simple. Los datos de TFN se sometieron a análisis de covarianza, introduciendo las medidas de temperatura foliar, temperatura del aire, RH, C<sub>i</sub> y PAR como covariables. Tras eliminar mediante regresión lineal múltiple los efectos de las covariables que resultaron significativas, los datos corregidos se analizaron como el resto de variables (SAS, 1999).

## RESULTADOS

Para la producción, no se observaron diferencias significativas en los distintos cortes realizados a lo largo del año ni en la total anual entre las parcelas en MC y ME, con sólo 0,2 t MS ha<sup>-1</sup> de diferencia a favor de MC en el cómputo anual (Figura 1).

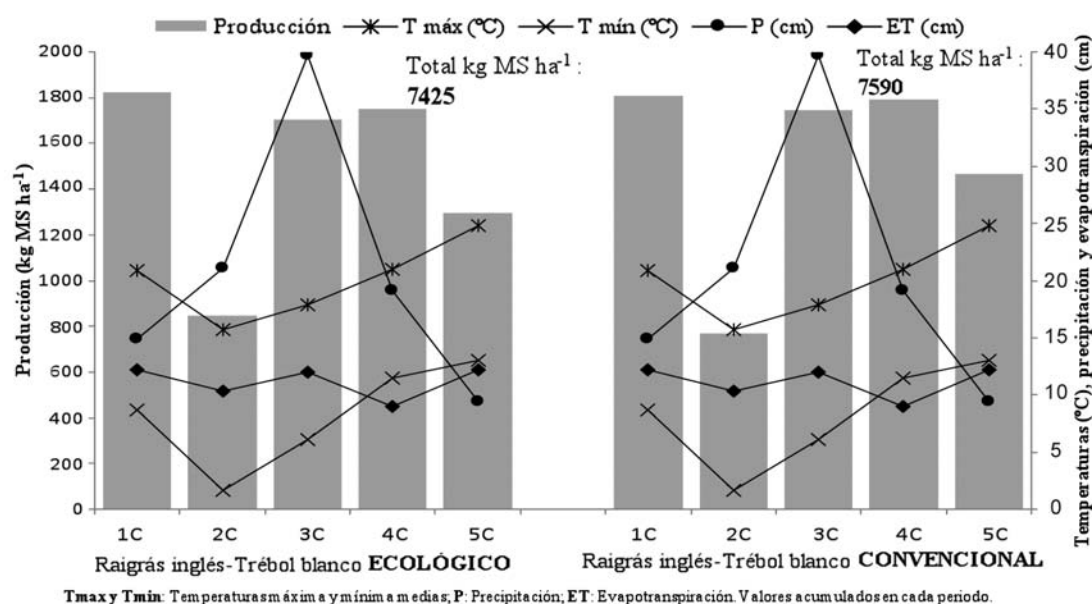


Figura 1. Producción anual y por cortes (C) en praderas de larga duración en manejo convencional vs. ecológico (MC vs. ME).

Respecto a la contribución a la producción de las diferentes fracciones botánicas (Figura 2), se puede observar que las parcelas en ME tendieron a presentar mayores porcentajes de las especies sembradas (raigrás inglés y trébol blanco) que las manejadas convencionalmente, con una diferencia de 7 unidades porcentuales para la gramínea y 10 para la leguminosa. Hay que resaltar que a pesar de tener una buena implantación en ambos casos, las suaves temperaturas del invierno unidas un verano con mucho calor y elevada humedad, favorecieron la proliferación del trébol en detrimento del raigrás. Por ello, la contribución del trébol blanco fue elevada, con porcentajes de participación en la producción del 37% para el ME y del 27% para MC, con una contribución del raigrás inglés mucho menor de la esperada en función de la dosis de siembra (15% en ME y el 8% en MC), lo que denota una degradación precoz de la pradera en los dos casos.

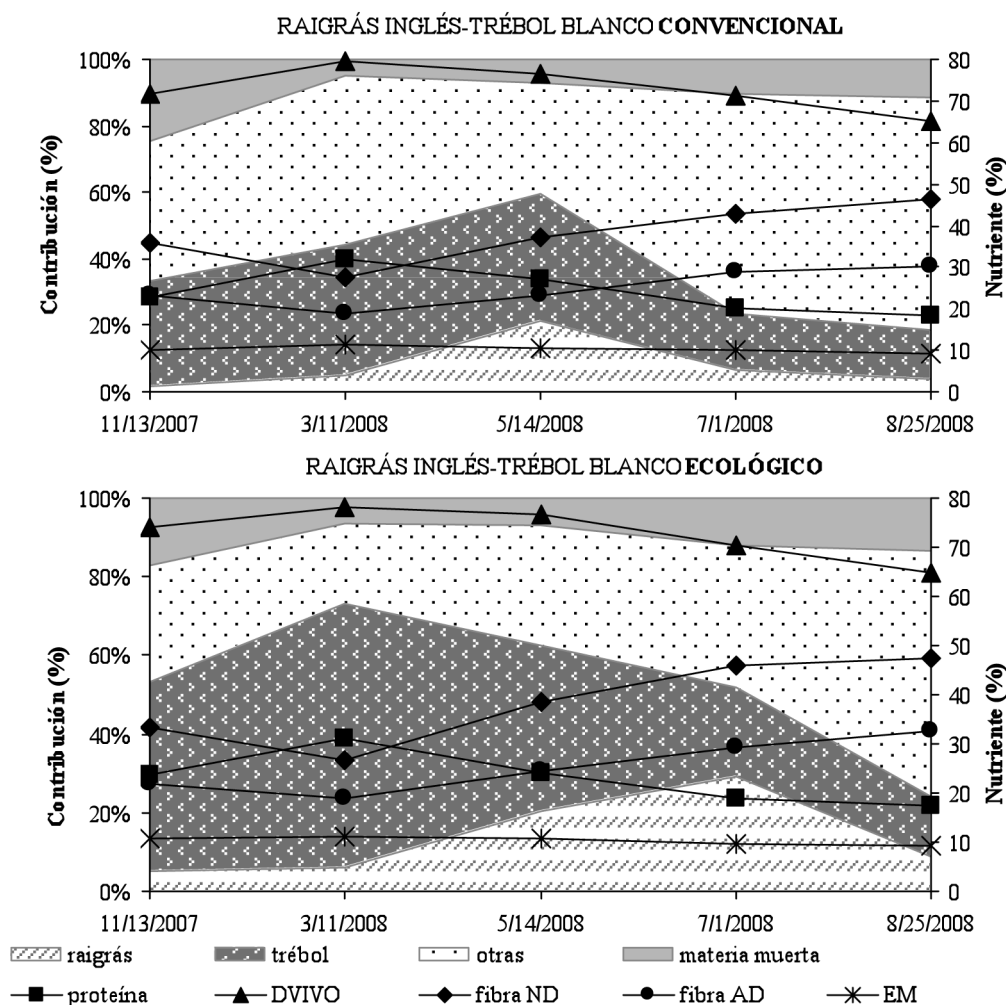


Figura 2. Evolución de la composición botánica y de parámetros nutricionales por corte en praderas de larga duración en manejo convencional vs ecológico.

La elevada presencia de trébol sembrado, junto con la abundancia de otras plantas no sembradas (mayoritariamente dicotiledóneas perennes), y las fuertes lluvias primaverales, pudieron dar lugar a un ahogamiento del raigrás inglés en las parcelas y a su práctica desaparición en algunos cortes en los dos sistemas de aprovechamiento.

En definitiva, tras solo dos años de cultivo nos encontramos con praderas descompensadas por la escasa presencia de gramíneas y muy alta de leguminosas, presentando una evolución similar independientemente del tipo de manejo.

Tampoco los parámetros de valor nutritivo y aporte energético medidos presentaron diferencias significativas entre las parcelas de MC y ME (Tabla 1), con elevados valores de digestibilidad y energía y contenidos de proteína bruta mayores de los esperados (valores medios de 24% para el total anual en MC y 23% en ME). Esta similitud en la calidad bromatológica entre manejos, a pesar de la menor presencia de gramínea y leguminosa sembradas en las parcelas de MC, puede atribuirse por una parte a que el componente de otras plantas estuvo principalmente formado por dicotiledóneas que, debido a su estado vegetativo poco avanzado, aportaron unos buenos niveles en parámetros nutritivos, y por otra, al bajo porcentaje de materia muerta (similar en los dos tratamientos), que hizo que en todo momento se obtuviera material de calidad.

**Tabla 1. Evolución del valor nutritivo y contenido energético de las praderas de raigrás inglés- trébol blanco en manejo convencional vs ecológico.**

	Manejo convencional					Manejo ecológico					e.s.	Significación	
	1C	2C	3C	4C	5C	1C	2C	3C	4C	5C		M	C
PB	22,9	32,1	27,3	20,1	18,4	23,7	31,1	24,1	18,8	17,3	0,32	NS	***
FND	35,7	27,7	37,0	43,0	46,1	33,5	26,6	38,6	46,0	47,5	0,45	NS	***
FAD	23,1	18,8	23,0	28,8	30,3	21,9	18,8	24,3	29,3	32,6	0,34	NS	***
Dvivo	71,8	79,5	76,4	71,3	65,3	74,2	78,1	76,5	70,5	64,7	0,29	NS	***
EM	10,2	11,3	10,7	10,0	9,3	10,6	11,1	10,6	9,8	9,4	0,05	NS	***

\*\*\* Significativo a 0,001 %. NS  $p > 0,05$ ; e.s.: error estándar de la media C: corte; M: Manejo; PB: Proteína bruta (%sms); FND y FAD: Fibras neutro y ácido detergente (%sms); Dvivo: Digestibilidad in vivo predicha (%sms); EM: Energía metabolizable estimada (MJ kgMS<sup>-1</sup>).

Aunque los parámetros de intercambio de gases no acusaron diferencias entre tipos de manejo (Tabla 2), cabe destacar la mayor eficacia fotosintética (Fv/Fm, según Lichtenthaler, 2003) del raigrás inglés en ME frente a MC, probablemente favorecido por la mayor abundancia de trébol y por tanto de nitrógeno simbiótico disponible. Sin embargo, los valores de Fv/Fm resultaron llamativamente bajos (<0,8) para ambas especies si se comparan con los del primer año, y significativamente mucho más bajos que el año anterior para la pradera en MC. Estos resultados indican que si bien en ambos casos puede haber pérdida de nutrientes de los suelos y por tanto una menor eficacia fotosintética de las praderas, este efecto es más acusado bajo MC, como indican los índices de estrés (Fm/Fo; según Weiss y Reigosa, 2003).

**Tabla 2. Efecto del sistema de manejo sobre parámetros ecofisiológicos (fluorescencia de clorofilas e intercambio de gases) en pradera de larga duración.**

Variable	Manejo	N	Media 2008	P Test-T	Sig.	2007 vs. 2008		
						Media 2007	P Test-T	Sig.
<u>Raigrás inglés</u>								
Fv/Fm	MC	4	0,762	0,010	**	0,808	0,024	*
	ME	3	0,782			0,799		NS
Fm/Fo	MC	4	4,251	0,017	*	5,342	0,031	*
	ME	3	4,617			5,016		NS
TFN	MC	16	14,721	0,341	NS			
	ME	16	15,961					
Cond	MC	16	0,415	0,785	NS			
	ME	16	0,400					
Ci	MC	16	300	0,351	NS			
	ME	16	292					
<u>Trébol blanco</u>								
Fv/Fm	MC	4	0,791	0,397	NS	0,851	0,000	***
	ME	4	0,799			0,833		*
Fm/Fo	MC	4	4,816	0,303	NS	6,752	0,000	***
	ME	4	5,033			6,067		*
TFN	MC	16	12,000	0,562	NS			
	ME	16	11,410					
Cond	MC	16	0,903	0,852	NS			
	ME	16	0,926					
Ci	MC	16	345	0,725	NS			
	ME	16	346					

\*, \*\* y \*\*\* Significativo a 0,05, 0,01 y 0,001 % respectivamente. Fv/Fm: Eficiencia fotosintética; Fm/Fo: Ratio fluorescencia máxima / basal; TFN: Tasa fotosintética neta; Cond: Conductancia estomática; Ci: Concentración interna de CO<sub>2</sub>; N: número de repeticiones

## CONCLUSIONES

Este trabajo pone de manifiesto que, en praderas de larga duración de zonas templado-húmedas, el tipo de manejo (MC vs. ME) no se traduce en diferencias en producción, valor nutritivo ni aporte energético. Sin embargo, sí influye sobre la composición botánica de las praderas, de forma que la ausencia de fertilización mineral en ME conlleva un doble beneficio: por un lado, el desarrollo de las leguminosas no se ve inhibido, lo que se traduce en una menor degradación de la pradera, y por otro, la disminución de inputs repercute en una mejor rentabilidad de las explotaciones.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al INIA la financiación del proyecto RTA2006-00082-C02, que ha permitido la ejecución de este trabajo, así como la colaboración del personal de campo y técnico del Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADDISCOT, T. M.; WHITMORE, A.P.; POWLSON, D.S., 1991. *Farming, fertilizers and the nitrate problem*. CAB International. Wallingford (Reino Unido).
- A.R.C., 1980. The nutrient requirements of ruminant livestock. Commonwealth Agric. Bureaux, 351 pp. (Reino Unido).
- CEE, 1991. Reglamento nº 2092/91 del Consejo de 24/6/1991 sobre la producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimentarios.
- GARCÍA, R.; ANDRÉS, S.; ALVAREJA, J.; CALLEJA, A., 2005. Efecto de la fertilización NPK y del fraccionamiento del nitrógeno en la producción de tréboles. En: *Producciones agro-ganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural*, II, 549-556. Ed. B. DE LA ROZA, A. MARTÍNEZ., A. CARBALLAL Gijón (España).
- GONZÁLEZ-MURUA, C.; GONZÁLEZ MORO, M.B.; ESTAVILLO, J.M., 2003. Nitrógeno, agricultura y medio ambiente. En: *La Ecofisiología Vegetal: Una Ciencia de Síntesis*, 387-412. Ed. J.M. REIGOSA, N. PEDROL, A. SÁNCHEZ-MOREIRAS. Editorial Thomson. Madrid (España).
- JONES, E.L.; ROBERTS, J.E., 1991. A note on the relationship between palatability and water soluble carbohydrates content in perennial ryegrass. *Irish J. Agric. Res.*, **30**,163-167.
- JONSON, S., 2002. Crop yield in organic and conventional production-studies from the Öjebyn project. En: *UK Organic Research 2002*, 43-46. Eds. POWELL *et al.* *Proceedings of the COR Conference*. Aberystwyth (UK).
- LICHTENTHALER, H.K., 2003. El estrés y la medida del estrés en las plantas. En: *La Ecofisiología Vegetal: Una Ciencia de Síntesis*, 59-112. Ed. J.M. REIGOSA, N. PEDROL, A. SÁNCHEZ-MOREIRAS. Editorial Thomson. Madrid (España).
- REID, R.L.; STRACHAN, N.H., 1974. The effects of a wide range of nitrogen rates on some chemical constituents of the herbage from perennial ryegrass swards with and without white clover. *J. Agric. Science (Cam)*, **83**, 98-401.
- SAS, 1999. SAS (Statistical Analysis System) Institute, SAS/STATM. User's guide. SAS Institute, Inc. 10. Carry, NC.
- WEISS, O.; REIGOSA, M.J., 2001. Modulated fluorescence. En: *Handbook of Plant Ecophysiology Techniques*, 173-183. Ed. M.J. REIGOSA. Editorial Kluwer Ac. Pub. (Holanda).

## SUMMARY

### AGRONOMIC AND ECOPHYSIOLOGIC CHARACTERISTICS OF PERENNIAL RYEGRASS-WHITE CLOVER LEYS UNDER CONVENTIONAL vs. ORGANIC MANAGEMENT

In autumn 2006, a perennial ryegrass and white clover ley (*Lolium perenne* L.-*Trifolium repens* L.) was sown in an inner valley of Asturias to compare different management systems, organic (OMS) vs. conventional (CMS). For CMS, mineral fertilization was applied, while in OMS manure fertilization was applied. During the second agronomic year, five cuts were made and evaluated for yield, botanical composition and nutritive value. In addition, gas exchange and chlorophyll fluorescence was made in spring. Results show that, in spite of considerable differences in botanical composition, with more legumes in OMS, there were no significant differences in both yield and nutritive value. In terms of photosynthetic efficiency, the comparative study of data from 2007 and 2008 showed significant differences in favor of OMS. Therefore, OMS would have a double benefit: a lower degradation of the ley, and a reduction in inputs that would improve the system profitability.

**Key words:** mineral fertilization, manure, botanical composition, nutritive value, ecophysiological parameters.





## ESTUDIO AGRONÓMICO COMPARATIVO DE DOS MEZCLAS DE PRADERAS PARA EL PASTOREO DE GANADO OVINO EN SISTEMAS AGROGANADEROS DEL ÁREA MEDITERRÁNEA

P.J. PONS<sup>1</sup>, J.GULÍAS<sup>1</sup>, J. JAUME<sup>2</sup>, M.A. CONESA<sup>1</sup>, M. MORENO<sup>1</sup>, H. MEDRANO<sup>1</sup>, J. CIFRE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería Técnica Agrícola, Departamento de Biología. Universitat de les Illes Balears. Cra.Valldemossa, km.7,5. 07122 Palma (Mallorca) <sup>2</sup>Institut de Biologia Animal, S.A. Esperanto, 8. 07198 Palma (Mallorca). perej.pons@uib.es

### RESUMEN

La ganadería extensiva en el área mediterránea presenta una problemática importante debido a su falta de rentabilidad. La búsqueda de cultivos o mezclas de los mismos que aporten nutrientes a un menor coste, y durante un mayor tiempo a lo largo del año, constituye un objetivo importante en la experimentación pascícola aplicada.

Por este motivo, en este trabajo se han comparado tres tipos de cultivo para pastoreo en una finca privada del interior de Mallorca, dedicada a la producción ovina y porcina extensivas: 1) Terreno sin laboreo (NL) (control, únicamente dejando crecer vegetación espontánea), 2) Mezcla anual –laboreo tradicional (LT)- compuesta por dos gramíneas y una leguminosa y 3) Mezcla perenne comercial (FP), compuesta por cuatro gramíneas y doce leguminosas. Los parámetros estudiados fueron: la emergencia del cultivo, la producción de biomasa total, la estacionalidad de la producción de biomasa y el valor nutritivo de la misma.

Los resultados muestran una emergencia variable según la composición de la mezcla, una mayor producción de biomasa seca de la mezcla anual, independientemente del momento del corte, y un mayor contenido en proteína bruta de la mezcla perenne, debido a su elevada proporción de leguminosas. A igualdad de producción la mezcla perenne produce mayor cantidad de proteína bruta, que traducido a términos económicos resulta una diferencia muy importante.

**Palabras clave:** mezcla perenne, pastoreo, producción de biomasa, composición química.

### INTRODUCCIÓN

La consecución de alimento para el ganado en Mallorca y, por extensión, en los agrosistemas mediterráneos, requiere del estudio de estrategias que, partiendo de unas condiciones meteorológicas limitantes (bajas pluviometrías y sequías estivales), optimicen la producción de biomasa y su calidad. El uso de variedades y técnicas de cultivo adecuadas para cada zona, debidamente contrastadas mediante experimentación seria y

acompañada de una divulgación eficaz de los resultados, es una de las propuestas realizadas en el transcurso del I Congreso Rural de las Illes Balears (Durà, 2002).

Son Forteza es una finca de aproximadamente 66 ha ubicada en Alaró, un municipio del interior de Mallorca. Su producción agrícola se basa en la obtención de cereales y, en cuanto a la ganadería, dispone de un rebaño de 287 ovejas y ejemplares de cerdo negro mallorquín de cría extensiva. El objetivo de esta experiencia es la evaluación de la aptitud para el pastoreo ovino de dos mezclas forrajeras: una de pradera comercial perenne y otra de pradera tradicional anual, y su comparación con un pasto de barbecho. Se estudiaron cuatro aspectos de la pradera: la emergencia del cultivo, la producción de biomasa total, la estacionalidad de esta producción y la calidad de la misma.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo durante 3 años, entre los meses de diciembre de 2005 a septiembre de 2008. A principios de diciembre de 2005 se establecieron tres parcelas experimentales de secano (de entre 1 y 2 ha cada una), con las siguientes características:

Parcela 1: Sin laboreo. Vegetación natural (NL) (parcela control).

Parcela 2: Mezcla anual tradicional (LT ) (ver composición en Tabla 1)

Parcela 3: Mezcla perenne confeccionada por una casa comercial (FP) (ver Tabla 1)

**Tabla 1. Composición específica de cada una de las mezclas estudiadas.**

	Gramíneas	Leguminosas
Mezcla anual	- <i>Avena sativa</i> - <i>Hordeum vulgare</i>	- <i>Trifolium subterraneum</i>
Mezcla perenne	- <i>Lolium perenne</i> cvs. Victorian, Vitoca - <i>Dactylis glomerata</i> cv. Currie - <i>Phalaris aquatica</i> cvs. Atlas, Landmaster - <i>Festuca arundinacea</i> cv. Remeter	- <i>Medicago sativa</i> cv. Hunter River - <i>Lotus corniculatus</i> cv. San Gabriel - <i>Lotus glaber</i> cv. Estero - <i>Hedysarium coronarium</i> - <i>Medicago truncatula</i> cvs. Parabing, Paragio, Jester - <i>Medicago polymorpha</i> cvs Santiago, Scimitar - <i>Medicago rugosa</i> cv. Paraponto - <i>Trifolium resupinatum</i> cvs. Nitro Plus, Prolific - <i>Trifolium michelianum</i> cvs. Paradana, Frontier - <i>Trifolium glanduliferum</i> cv. Prima - <i>Trifolium versiculosum</i> cv. Cefalu - <i>Trifolium subterraneum</i> ssp. <i>brachycalycinum</i> cvs. Clare, Davel

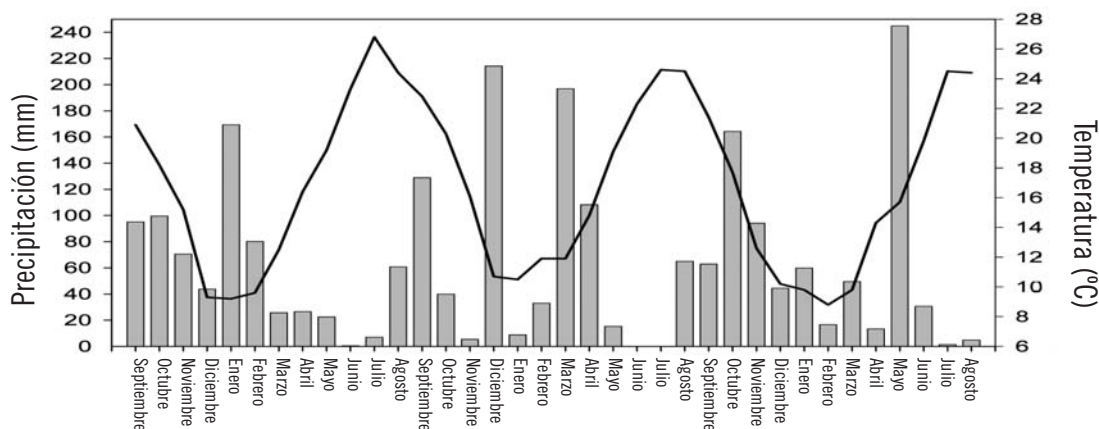
Antes de la implantación del cultivo se realizó un análisis edafológico del terreno en las tres parcelas (08/03/05). Los resultados del mismo muestran que la textura es franca; la materia orgánica presentó un valor de 1,94%, el nivel de caliza activa fue bajo y el pH en pasta saturada fue básico, como en la mayoría de los suelos de la isla. El valor de nitrógeno total se sitúa en 0,11%, valor que se considera medio, y la relación C/N de 10,23 confirma que se produce una liberación normal de N. Respecto a los valores de fósforo asimilable y potasio intercambiable se registran valores altos de 33 ppm y 223 ppm respectivamente.

La emergencia inicial (03/02/06) (número de plántulas brotadas por unidad de superficie) fue estimada en las tres parcelas al inicio de cada uno de los tres ciclos vegetativos estudiados (20/10/06-16/10/07-23-10-08), y también al final del tercer año, aproximadamente cuando las leguminosas presentaron el estado de tercera hoja trifoliolada. Se contabilizaron el número de emergencias en 18 cuadrantes (25 x 25 cm) por tratamiento. La superficie de los cuadros permitió una metodología practicable y el elevado número de réplicas suplió la posible variabilidad en la distribución y el crecimiento de las especies. Las parcelas no fueron pastadas durante el primer año de experimentación (desde otoño de 2005 a otoño de 2006) debido al escaso crecimiento de la mezcla perenne, por lo que el cultivo pudo establecerse de manera tal que se aseguró la producción de semilla para la autosiembra del otoño siguiente. Durante los dos que se pastaron las parcelas se realizó con una carga ganadera de 50 ovejas/ha. Para determinar la estacionalidad de la biomasa, la producción fue estimada en seis cuadros de 1 m<sup>2</sup> por parcela, y en diez fechas diferentes durante el periodo 2005-2008: 20/04/06, 07/06/06, 17/10/06, 30/11/06, 18/04/07, 30/05/07, 28/11/07, 29/01/08, 07/04/08 y 25/06/08, en el momento óptimo de crecimiento. Del total de biomasa fresca se separaron los diferentes componentes vegetales (gramíneas, leguminosas y otras especies) y se obtuvo la materia seca (MS) de cada grupo.

La composición bromatológica de las mezclas fue evaluada en los 3 ciclos de cultivo y en diferentes momentos a lo largo de un ciclo. La MS y la proteína bruta (PB) se determinaron según la metodología AOAC (1999) y las fracciones de la fibra neutro-detergente (FND), y la fibra ácido-detergente (FAD) según Van Soest *et al.* (1991). Los valores de energía neta (EN) se estimaron a partir de las ecuaciones de Mertens (1983). Para el último año no se realizó analítica en el tratamiento NL debido a la escasez de biomasa presente en el momento de muestreo para ese tratamiento.

Los datos del experimento han sido analizados estadísticamente mediante el análisis de la varianza con el paquete estadístico SPSS 15.0. Se compararon las medias de los diferentes tratamientos mediante el test de Duncan (p<0.05).

En la Figura 1, se muestra la evolución de la temperatura media mensual y de la precipitación mensual desde septiembre 2005 a agosto 2008, datos registrados

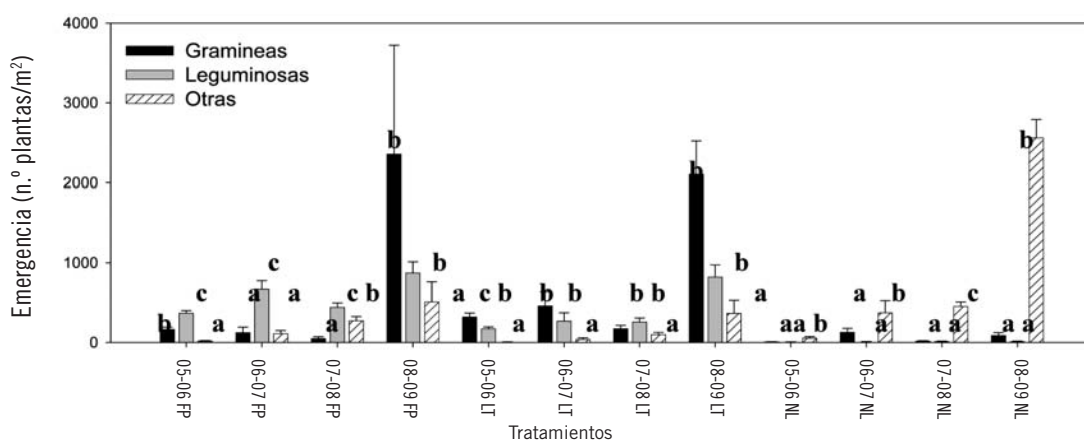


**Figura 1. Precipitación mensual (mm) y temperatura media mensual durante el periodo septiembre 2005 agosto 2008 en la zona de experimentación (Alaró).**

en la estación meteorológica de Alaró, situada a pocos kilómetros de la finca de Son Forteza. La precipitación media anual durante este período fue de 680 mm.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de emergencia muestran, como es de esperar a partir de la composición de cada mezcla, que las gramíneas son más abundantes en la parcela de la mezcla anual (LT), a excepción del periodo 07-08 donde las leguminosas superan a las gramíneas, debido a un importante desarrollo del trébol en esa campaña. Las leguminosas son más abundantes en la parcela de mezcla perenne (FP) a excepción del periodo 08-09 en el cual se puede observar que la emergencia de gramíneas fue considerablemente superior (Figura 2). La parcela sin cultivo mostró escasa emergencia, a excepción de una importante nascencia de otras especies en el último año, seguramente debida a una falta total de palatabilidad de esas especies por parte del ganado en el pastoreo.



**Figura 2: Evolución total de la emergencia por tratamiento y año en el periodo 2005-2008.**

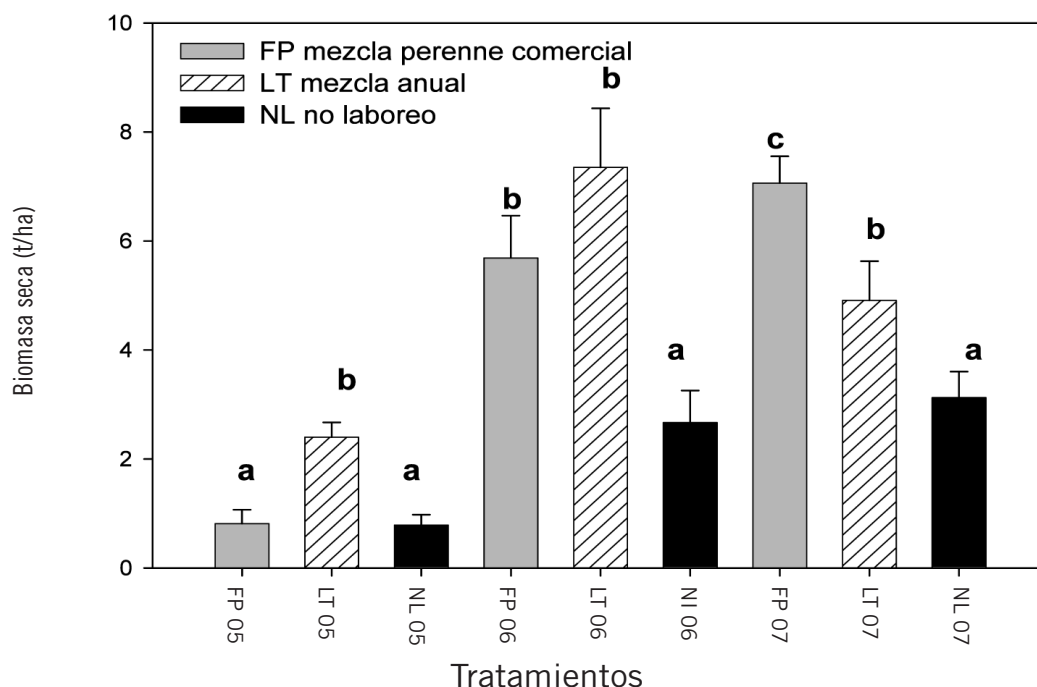
Los valores corresponden a medias de 6 réplicas por tratamiento junto a su error típico.

Letras distintas dentro de año y grupo de especies indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

FP: mezcla comercial, LT: mezcla anual, NL: no laboreo.

Los valores de emergencia total muestran para los tres tratamientos que el valor del cuarto año fue superior al de los 3 anteriores, lo que pone de relieve que la gestión de la pradera en pastoreo para su autosiembra fue correcta.

La producción de biomasa de la mezcla perenne fue muy baja el primer año (Figura 3), debido principalmente a su carácter plurianual y a su elevada proporción de leguminosas, más exigentes, y, además, porque fue sembrada tarde debido a factores meteorológicos (el mes de noviembre de 2005 fue muy lluvioso y se retrasó la siembra hasta principios de diciembre). Sin embargo, y coincidiendo con los resultados de Franca *et al.* (2007), cuya experiencia en Cerdeña se enmarca en el mismo proyecto europeo de diseño experimental común aunque con mezclas adaptadas a cada zona, la mezcla anual fue más productiva a pesar de que también fue sembrada en diciembre.



**Figura 3: Producción total de biomasa seca distribuida por tratamiento y año. Los valores corresponden a medias de 4 réplicas por tratamiento. Letras distintas dentro de año indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).**

Respecto a la evolución de la producción de biomasa durante el segundo año, la mezcla anual volvió a ser la más productiva, si bien la mezcla perenne evolucionó de manera satisfactoria obteniendo una producción de 6 t de biomasa seca por hectárea. En cuanto a la parcela de no laboreo, la producción de biomasa aumentó respecto del año anterior, aunque fue, nuevamente, la menor de las tres parcelas.

Durante el tercer año, la mezcla perenne fue la más productiva, probablemente debido a que el banco de semillas generado se situó en los valores óptimos consiguiendo que esta mezcla tuviera la respuesta deseada. Debe destacarse que los valores de producción de biomasa se redujeron en un 50% respecto al periodo anterior debido seguramente a las bajas precipitaciones registradas durante el final del invierno y la primera mitad de la primavera (Figura 1). Asimismo, observando la Figura 2, podemos apreciar que durante este período se produjo una disminución importante de la emergencia de plantas en relación al periodo anterior. Por tanto podemos afirmar que la reducción de producción de biomasa está directamente relacionada con los valores de emergencia en ese año.

La composición química de la biomasa producida en las diferentes parcelas presentó similitudes en muchos de los parámetros considerados (Tabla 2). Cabe destacar que el contenido en FND fue cuantitativamente superior con la mezcla anual y en la parcela no cultivada que con la mezcla perenne. Por el contrario, la PB fue mayor en la mezcla perenne que en los otros dos tratamientos debido a la elevada proporción de leguminosas en su composición.

**Tabla 2. Composición química y valor energético estimado (media  $\pm$  error estándar; n=6 ) de los cultivos ensayados en el presente experimento. EM: Energía Metabolizable estimada; EN: Energía Neta Estimada; FAD: Fibra Ácido Detergente; FB: Fibra Bruta; FND: Fibra Neutro-Detergente; MS: Materia Seca; PB: Proteína Bruta. Letras distintas dentro de año y grupo de especies indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).**

Muestreo 2006	MEZCLA PERENNE	L. TRADICIONAL	NO LABOREO
EM (Mcal/kg MS)	2,0 $\pm$ 0,08 a	2,0 $\pm$ 0,05 a	2,1 $\pm$ 0,09 a
EN (Mcal/kg MS)	1,3 $\pm$ 0,05 a	1,2 $\pm$ 0,02 a	1,3 $\pm$ 0,06 a
FAD (g/100g MS)	37,3 $\pm$ 1,73 ab	39,9 $\pm$ 0,94 b	34,9 $\pm$ 1,96 a
FB (g/100g MS)	29,9 $\pm$ 1,12 ab	32,6 $\pm$ 0,66 b	28,4 $\pm$ 2,05 a
FND (g/100g MS)	46,2 $\pm$ 1,89 a	58,8 $\pm$ 1,20 b	53,1 $\pm$ 3,78 b
MS (g/100g)	30,4 $\pm$ 1,89 a	44,3 $\pm$ 3,37 b	49,7 $\pm$ 3,85 b
PB (g/100g MS)	13,0 $\pm$ 1,50 c	8,1 $\pm$ 0,53 a	9,8 $\pm$ 0,59 b
Muestreo 2007			
EM (Mcal/kg MS)	1,6 $\pm$ 0,06 a	1,8 $\pm$ 0,06 a	2,3 $\pm$ 0,02 b
EN (Mcal/kg MS)	1,0 $\pm$ 0,04 a	1,2 $\pm$ 0,03 b	1,2 $\pm$ 0,01 b
FAD (g/100g MS)	42,2 $\pm$ 0,96 a	39,8 $\pm$ 0,71 a	40,5 $\pm$ 0,48 a
FB (g/100g MS)	34,1 $\pm$ 0,71 ab	32,8 $\pm$ 0,86 a	35,5 $\pm$ 0,48 b
FND (g/100g MS)	49,1 $\pm$ 0,95 a	51,1 $\pm$ 1,16 ab	53,5 $\pm$ 1,33 b
MS (g/100g)	37,4 $\pm$ 2,65 a	37,9 $\pm$ 2,08 a	41,5 $\pm$ 3,94 a
PB (g/100g MS)	15,3 $\pm$ 0,52 a	13,5 $\pm$ 0,68 b	10,9 $\pm$ 0,36 a
Muestreo 2008			
EM (Mcal/kg MS)	2,3 $\pm$ 0,03 a	2,3 $\pm$ 0,08 a	–
EN (Mcal/kg MS)	1,4 $\pm$ 0,02 a	1,4 $\pm$ 0,05 a	–
FAD (g/100g MS)	31,1 $\pm$ 0,51 a	31,8 $\pm$ 1,51 a	–
FB (g/100g MS)	21,2 $\pm$ 0,40 a	22,5 $\pm$ 1,63 a	–
FND (g/100g MS)	37,6 $\pm$ 0,80 a	40,1 $\pm$ 0,65 b	–
MS (g/100g)	15,0 $\pm$ 0,65 a	14,1 $\pm$ 0,99 a	–
PB (g/100g MS)	18,3 $\pm$ 0,58 a	16,8 $\pm$ 1,00 a	–

A partir de los datos de producción de biomasa total de la Figura 3 y de su composición bromatológica de la Tabla 2, puede calcularse la producción de proteína y energía para cada parcela y año experimentales. De este modo, se observa que la proteína bruta, expresada en kg/ha, es igual en la parcela sembrada con la mezcla perenne que en la parcela sembrada con la mezcla anual. Por el contrario, en este último tratamiento, se registraron mayores valores de EN. Estos resultados reflejan las diferencias en la composición de ambos tratamientos, principalmente el porcentaje de gramíneas y leguminosas presente en cada uno de ellos.

## CONCLUSIONES

Con los datos obtenidos durante el periodo de estudio podemos destacar la baja producción del terreno sin laboreo y por otra parte la elevada emergencia de plantas de especies no preferidas durante el último periodo. La presencia de gramíneas y leguminosas es prácticamente nula en esa parcela experimental. Podemos concluir por tanto que el pastoreo de parcelas sin cultivar no permite el desarrollo de una ganadería ovina

extensiva en las condiciones mediterráneas de secano, salvo a unas cargas ganaderas muy bajas que harían inviable la explotación.

De la producción de la mezcla perenne cabe destacar que durante el primer año presentó unos valores bajos de producción, lo cual resulta comprensible dado el crecimiento más lento de las mezclas plurianuales con un elevado contenido en leguminosas y por su sensibilidad a las bajas temperaturas, factor en el que probablemente influyó la siembra tardía. Durante el segundo y tercer año sin embargo la pradera perenne ha ido evolucionando hasta ser la mezcla más productiva durante el tercer año.

Es interesante remarcar que, en relación a la emergencia de plántulas, se observan pequeñas oscilaciones durante los primeros tres años. Mientras que, en el cuarto periodo, se aprecia un considerable aumento de la emergencia atribuible parcialmente a las tempranas precipitaciones registradas en la zona para ese año. En definitiva podemos afirmar que la autosiembra de la mezcla perenne ha sido satisfactoria. Los datos obtenidos hasta el momento sugieren que esta mezcla es apta para siembra de pastos plurianuales en nuestra zona, no solo por su nivel de autosiembra sino también por el incremento de producción registrada.

En cuanto a los resultados bromatológicos cabe destacar que la mezcla perenne presenta mayor cantidad de proteína bruta. Si comparamos los valores de biomasa seca por hectárea observamos que la parcela de LT es más productiva que la de FP (20% más) pero los niveles de PB presentan muy poca variación. Podemos afirmar entonces que a igualdad de producción la mezcla perenne presenta una mayor calidad bromatológica. La parcela de NL presenta una escasa producción y palatabilidad.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto europeo PERMED (INCO-CT-2004-509140). Los autores quieren agradecer a los propietarios y al personal de la explotación de Son Forteza (Alaró) todas las facilidades para la realización del experimento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIATION OF OFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1999. *Official methods of Analysis, 16<sup>th</sup> edition*. AOAC International. Maryland (USA).
- DURÀ, A., 2002. Herbacis de secà. *I Congrés Rural. Documents de Treball*, 43-50. Ed. Conselleria d'Agricultura i Pesca. Palma de Mallorca (España).
- FRANCA, A.; PORQUEDDU, C.; DETTORI, D., 2007. Evaluating new grass-legume mixtures for pasture improvement in a semi-arid environment. *14<sup>th</sup> EGF Symposium: Permanent and temporary grassland: plant, environment and economy*. Gent (Belgium).
- MERTENS, D.R., 1983. Using neutral detergent fibre to formulate dairy rations and estimate the net energy content of forages. *Proc.Cornell Nutr. Conf. Feed Manuf*, 60-68. Syracuse, NY. Cornell Univ., Ithaca, NY (USA).
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A., 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* **74**, 3583-3597.





## PRODUCCIÓN ESTACIONAL DE PRADERAS EN TIERRAS DE SECANO DEL MAESTRAZGO TUROLENSE

I. DELGADO<sup>1</sup>, S. CONGOST<sup>2</sup>, T. NUEZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria. Av. Montañana 930. 50059 Zaragoza. <sup>2</sup>Centro de Técnicas Agrarias. Av. Montañana 930. 50059 Zaragoza. <sup>3</sup>Oficina Comarcal Agroambiental. 44140 Cantavieja (Teruel). idelgado@aragon.es

### RESUMEN

El Maestrazgo Turolense es una zona montañosa de formación cárstica, con escasa retención del agua, clima semiárido y vocación agropecuaria extensiva en regresión. Con el fin de mejorar la oferta forrajera, se comparó la productividad y persistencia de diferentes cultivos forrajeros monofitos y polifitos utilizando las especies alfalfa (*Medicago sativa* L.), esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.), dactilo (*Dactylis glomerata* L.) y raigrás italiano (*Lolium multiflorum* L.), aprovechadas a diente. Las producciones obtenidas entre 2340 y 5600 kg de materia seca por hectárea, estuvieron condicionadas por las características del medio y el régimen de lluvias. Destacó la alfalfa y las mezclas de alfalfa con el resto de las especies ensayadas por su distribución intra e interanual. La esparceta fue menos productiva y persistente, lo que pudo atribuirse al manejo del pastoreo favorable a la alfalfa y a posibles incompatibilidades con aquélla.

**Palabras clave:** *Medicago sativa* L., *Onobrychis viciifolia* Scop., *Dactylis glomerata* L., *Lolium multiflorum* L., producción de forraje.

### INTRODUCCIÓN

El Maestrazgo Turolense (comarcas de Maestrazgo y Gúdar-Javalambre) se localiza en el Noreste de la península Ibérica. Es una zona montañosa donde el 96% del territorio se encuentra a altitudes comprendidas entre 800 y 1800 metros. La naturaleza del suelo es fundamentalmente caliza con una estratificación más o menos horizontal y fracturada, lo que ha dado lugar a una intensa carstificación, con escasa retención del agua aportada por las lluvias (Ferrer *et al.*, 1993).

La comarca muestra una clara vocación por la ganadería extensiva, ya que su localización, alejada de zonas muy pobladas, orografía montañosa, altitud elevada y clima semiárido no favorece una agricultura intensiva. La ganadería ovina es la dominante con 117 008 ovejas seguida del ganado vacuno con 9228 vacas; la caprina es insignificante con 4077 cabezas (IAEST, 2008).

No obstante, la actividad agropecuaria ha disminuido en los últimos años, debido a la disminución de la población activa o a su reconversión a otras actividades como las explotaciones intensivas de porcino o el turismo, dado lugar al abandono de tierras y a la reducción de la carga ganadera, sobre todo ovina y caprina. Una consecuencia de ello ha sido la disminución de la superficie pastable y la invasión por el matorral de parcelas que antes eran utilizadas por el ganado (Flores *et al.*, 2002 y 2003).

Una forma de fomentar la actividad ganadera extensiva sería mejorar la calidad de la oferta forrajera. Con tal fin fueron llevados a cabo diferentes estudios para evaluar la productividad de diferentes praderas y cultivos forrajeros (Delgado, 1984 y 1995; Hycka y Armero, 1990; Delgado *et al.*, 2006). Entre ellos, destacaron por su adaptación y productividad, la alfalfa (*Medicago sativa* L.), la esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.), el dactilo (*Dactylis glomerata* L.) y el raigrás italiano (*Lolium multiflorum* L.). Estos estudios se llevaron a cabo en condiciones de siega, lo que podría variar su comportamiento en condiciones de pastoreo. Con el presente trabajo se pretende comparar la productividad y persistencia de diferentes praderas formadas por estas especies, aprovechadas a diente en pastoreo rotacional.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en una parcela de secano de 3000 m<sup>2</sup>, situada en Fortanete (Teruel), en las comarcas de Gúdar-Maestrazgo, durante el periodo 2005-2008. El ensayo se localizó a 1391 metros de altitud, en condiciones de clima semiárido, con temperaturas medias anuales máxima y mínima de 16,1 °C y 6,2 °C, respectivamente, y mínima extrema absoluta de -17 °C; la precipitación media anual del periodo fue de 466,7 mm. El análisis granulométrico y de fertilidad del suelo, entre 0 y 30 cm de profundidad, proporcionó las siguientes características edafológicas de la parcela: textura franco-arcillosa; no salino; pH al agua 8,29; materia orgánica, 3,11%; fósforo Olsen, 4,53 ppm; y potasio (extracto en acetato amónico) 214 ppm.

Se compararon las siguientes praderas en régimen de pastoreo: alfalfa 'Tierra de Campos' a la dosis de siembra 20 kg/ha; esparceta comercial procedente de Ucrania a 150 kg ha<sup>-1</sup>; mezcla de alfalfa 'Tierra de Campos' y dactilo 'Amba' a 10 + 10 kg ha<sup>-1</sup>; y mezcla de alfalfa 'Tierra de Campos', esparceta comercial, dactilo 'Amba' y raigrás italiano 'Ansil' a las dosis de 5 + 25 + 5 + 5 kg ha<sup>-1</sup>.

El diseño estadístico utilizado fue un cuadrado latino con cuatro repeticiones, siendo la parcela elemental de 40 m<sup>2</sup> (5 x 8 m). El resto de la parcela se sembró con una mezcla de las mismas especies y variedades utilizadas en el experimento a la dosis de 25 kg ha<sup>-1</sup>.

La siembra se realizó el 19 de abril de 2005. Como abonado de fondo se aportaron 250 kg ha<sup>-1</sup> del complejo 8-24-8. Anualmente a la salida del invierno se continuó aportando la misma cantidad en cobertera. No se aplicaron herbicidas, ni se realizaron tratamientos fitosanitarios durante el periodo de ensayos.

El año de siembra se contabilizó el número de plantas establecidas a los dos meses de la siembra mediante el lanzamiento de dos marcos de 0,25 m<sup>2</sup> por parcela elemental y se hizo un aprovechamiento del pasto en julio. En los años siguientes se efectuaron tres aprovechamientos a diente por año, en primavera, verano y otoño. Previamente a la entrada del ganado, se evaluó el pasto existente mediante el lanzamiento

al azar de dos marcos de 0,5 m<sup>2</sup> por parcela elemental, que se segaron manualmente con tijeras cortacésped. Las muestras recogidas se llevaron al laboratorio para la separación de sus componentes y posteriormente se secaron a 60 °C en estufa ventilada, hasta peso constante. Seguidamente, las praderas se aprovecharon a diente con un rebaño de 400 ovejas ‘Ojinegra’ conducido por un pastor.

Los resultados obtenidos se analizaron mediante el test F de la varianza (ANOVA) y las medias se compararon con el test de la Mínima Diferencia Significativa (LSD), utilizando el paquete estadístico SAS (1999).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La densidad media de plantas presentes a los dos meses de la siembra fue de 212 plantas m<sup>-2</sup> en la pradera de alfalfa, 90 plantas m<sup>-2</sup> en la de esparceta, 157 plantas m<sup>-2</sup> en la mezcla alfalfa y dactilo, y 152 plantas m<sup>-2</sup> en la de alfalfa, esparceta, dactilo y raigrás italiano.

Se realizaron tres aprovechamientos por el ganado al año, previa evaluación de las praderas. El primero se realizó entre finales de mayo y mediados de junio, estando la alfalfa con el nuevo rebrote entre 5 y 10 cm, la esparceta entre inicio de floración y plena floración y las gramíneas espigadas; el segundo se efectuó a finales de julio, con la alfalfa y la esparceta en floración, el dactilo, vegetativo y el raigrás italiano espigado; y el tercero entre finales de septiembre y primeros de octubre, presentando todas las especies un rebrote en estado vegetativo. Las producciones de materia seca (kgMS ha<sup>-1</sup>) de las diferentes evaluaciones de 2005 y 2006 se presentan en la Tabla 1 y las de 2007 y 2008 en la Tabla 2.

**Tabla 1. Producción de materia seca (kgMS ha<sup>-1</sup>) de praderas compuestas por alfalfa (A), esparceta (E), dactilo (D) y raigrás italiano (RGI), y reparto porcentual por cortes de la producción anual, en Fortanete (Teruel), durante 2005 y 2006.**

Tratamiento	Forraje	Adventicias	Total 2005	1 <sup>er</sup> corte	2 <sup>o</sup> corte	3 <sup>er</sup> corte	Total 2006
	Corte único		kgMS ha <sup>-1</sup>	(% anual)			kgMS ha <sup>-1</sup>
Alfalfa	329 ab	478 a	807 a	882 a	1103 a	413 a	2398 a
				(37%)	(46%)	(17%)	
Esparceta	521 ab	402 a	923 a	1561a	747 b	265 a	2573 a
				(61%)	(29%)	(10%)	
A+D	312 b	431 a	742 a	988 a	932 ab	418 a	2338 a
				(42%)	(40%)	(18%)	
A+E+D+RGI	645 a	227 a	872 a	1792 a	918 ab	358 a	3066 a
				(58%)	(30%)	(12%)	
Significación	*	NS	NS	NS	*	NS	NS
Lluvia (mm)			454,2				430,2

NS = P>0,05; \* = P<0,05. Las cifras seguidas por igual letra dentro de cada columna, no son significativas (P>0,05).

**Tabla 2. Producción de materia seca (MS) de praderas compuestas por alfalfa (A), esparceta (E), dactilo (D) y raigrás italiano (RGI), y reparto porcentual por cortes de la producción anual en Fortanete (Teruel), durante el periodo 2007-2008.**

Tratamiento	1 <sup>er</sup> corte	2 <sup>o</sup> corte	3 <sup>er</sup> corte	Total 2007	1 <sup>er</sup> corte	2 <sup>o</sup> corte	3 <sup>er</sup> corte	Total 2008	Total 2006-08
	(% anual)			kgMSha <sup>-1</sup>	(% anual)			kgMSha <sup>-1</sup>	kgMSha <sup>-1</sup>
Alfalfa	3364 a	865 a	56 b	4285 a	2522 b	2620 a	446 a	5588 a	12600 a
	(79%)	(20%)	(1%)		(45%)	(47%)	(8)		
Esparceta	3429 a	227 b	28 c	3684 a	2597 ab	626 c	431 a	3338 b	10116 b
	(93%)	(6%)	(1%)		(78%)	(19%)	(3)		
A+D	2613 a	589 a	57 b	3259 a	2828 a	2085 b	383 a	5421 a	11272 ab
	(80%)	(18%)	(2%)		(53%)	(40%)	(8)		
A+E+D+RGI	2843 a	532 ab	88 a	3463 a	2676 ab	2242 ab	116 b	5301 a	12475 a
	(82%)	(15%)	(3%)		(51%)	(42)	(7)		
Significación	NS	*	**	NS	NS	**	**	***	*
Lluvia (mm)				515,8				615,6	

NS =  $P > 0,05$ ; \* =  $P < 0,05$ ; \*\* =  $P < 0,01$ ; \*\*\* =  $P < 0,001$ . Las cifras seguidas por igual letra dentro de cada columna, no son significativas ( $P > 0,05$ ).

La producción media de materia seca en el año de siembra fue escasa, 836 kg MS ha<sup>-1</sup>, y no hubo diferencias significativas entre tratamientos. La proporción de especies adventicias supuso el 46% de la producción total.

La producción de MS en 2006 y 2007 tampoco presentó diferencias significativas entre tratamientos, con 2594 y 3673 kgMS ha<sup>-1</sup> de media respectivamente, aunque si hubo diferencias respecto a la distribución de la producción por cortes, ya que la producción de la esparceta en el segundo corte fue significativamente inferior a la del resto de las praderas. Ello se atribuyó a que la esparceta concentró su producción en el primer corte, mientras que la alfalfa la repartió más homogéneamente entre los tres cortes. Sin embargo, cuando la esparceta se sembró mezclada con otras especies, no hubo diferencias entre cortes o fueron menos patentes, debido a que la participación de la esparceta en las mezclas fue escasa, según muestra la Tabla 3. La presencia de especies adventicias a partir del segundo año se consideró despreciable.

En 2008, la producción anual de materia seca presentó diferencias altamente significativas ( $P < 0,001$ ) entre las praderas que incluían a la alfalfa como componente y la pradera de esparceta, con 5437 vs 3388 kgMS ha<sup>-1</sup> de media, respectivamente. Ello se atribuyó a la desaparición del raigrás italiano al tercer año y de la esparceta. Esta especie es menos persistente que la alfalfa y el pastoreo pudo acelerar su desaparición, ya que en el momento de pastoreo de las praderas, la esparceta se encontraba entre inicio y plena floración. Según Mowrey y Matches (1991), la esparceta pierde persistencia cuando se pastorea en estados iniciales de la floración. Ello es difícil de

**Tabla 3. Reparto porcentual en la producción anual, de los diferentes constituyentes de las praderas: alfalfa (A) + esparceta (E) y alfalfa + esparceta + dactilo (D) + raigrás italiano (RGI), en Fortanete (Teruel), durante 2005-2008.**

Tratamiento	A	D	E	RGI	A	D	E	RGI	A	D	E	RGI
2005	1er corte				2º corte				3er corte			
A+D	97	3										
A+E+D+RGI	47	12	15	26								
2006												
A+D	55	45			76	24			81	19		
A+E+D+RGI	19	9	49	23	48	8	22	22	90	2	4	4
2007												
A+D	63	37			93	7			68	32		
A+E+D+RGI	44	11	35	10	88	3	9	0	71	14	13	3
2008												
A+D	50	50			89	11			79	21		
A+E+D+RGI	41	39	20	0	89	11	0	0	64	36	0	0

evitar, dado que su floración es más tardía que la de la alfalfa y, cuando se siembran juntas, la pradera conviene aprovecharla cuando la alfalfa, que es la especie dominante, se encuentra en el estado fenológico óptimo de inicio de floración, lo que perjudica a la persistencia de la esparceta. La pérdida de persistencia se aceleró en la mezcla a alfalfa+esparceta+dactilo+raigrás italiano, hasta desaparecer la especie por completo a partir del segundo corte de 2008 (Tabla 3). Esto, también, podría atribuirse a fenómenos de competencia o alelopáticos, lo que de confirmarse en futuros trabajos, haría cuestionable la mezcla de alfalfa con esparceta en las praderas.

Tomando como referencia a la pradera de alfalfa, las producciones de forraje obtenidas fueron algo inferiores a las alcanzadas en ensayos llevados a cabo en otras localizaciones de Aragón con precipitaciones similares, pero evaluados mediante siega (Delgado, 1984 y 1995; Hycka y Armero, 1990; Delgado *et al.*, 2006). De la observación de los resultados de estos trabajos se desprende una estrecha relación entre las precipitaciones habidas y la producción anual de materia seca, pudiendo establecerse a efectos prácticos un coeficiente multiplicador de 10 kg de MS por cada mm de lluvia caída, en el caso de los ensayos evaluados mediante siega y de 8 kg de MS en el presente ensayo, aprovechado a diente. Ello podría atribuirse a la demora del inicio del crecimiento ocasionada por el tiempo dedicado al pastoreo.

El dactilo, como especie única constitutiva de las praderas, se muestra poco productivo en condiciones semiáridas (Delgado, 1984; Delgado *et al.*, 2006), aunque mezclado con la alfalfa su producción fue aceptable, igualando su productividad a la de la alfalfa o mejorando la de la mezcla, como se observó en un anterior experimento en condiciones medioambientales similares (Delgado *et al.*, 2006).

El raigrás italiano es una especie poco persistente y así se mostró en el experimento. No obstante su aportación a la mezcla el primer año fue del 26%, y del 22% en 2006 (Tabla 3), lo que contribuyó a compensar la escasa producción de forraje en el año de establecimiento de las especies más lentas y a diversificar la oferta, aunque la producción de la mezcla comparada con la del resto de las praderas no fue significativa ( $P>0,05$ ).

## CONCLUSIONES

Se obtuvieron producciones comprendidas entre 2340 y 5600 kg de MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, en función de las precipitaciones habidas. La alfalfa presentó producciones ligeramente superiores a la esparceta y un reparto más equilibrado a lo largo del año. Las mezclas alfalfa+dactilo y alfalfa+dactilo+esparceta+raigrás italiano tuvieron producciones similares a la alfalfa. Estos resultados obtenidos fueron similares a los alcanzados con las mismas especies en régimen de siega, en otros ensayos en condiciones similares de medio, lo que confirma el interés de dichas especies para la constitución de praderas de pastoreo.

La esparceta y el raigrás italiano perdieron vigor y persistencia a lo largo del experimento, debido a que son menos perennes que la alfalfa. El momento de la introducción del ganado pudo reducir aún más la producción y persistencia de la esparceta, dado que su aprovechamiento se efectuó con la planta al inicio de la floración, lo que pudo debilitar al cultivo.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Juan Angel, Tanco Saalverri y Joaquin Fandos Mallén su colaboración técnica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DELGADO, I., 1984. Productividad de las principales especies forrajeras plurianuales en los secanos semiáridos (450-600 mm de pluviometría anual) de Aragón. *Pastos*, **14(1)**, 47-65.
- DELGADO, I., 1995. Evaluación de diferentes tipos de alfalfa en secano. *ITEA*, **91(2)**, 120-128.
- DELGADO, I.; CONGOST, S.; OCHOA, M. J.; NUEZ, T., 2006. *Ensayos para mejorar la producción de pastos y forrajes del Maestrazgo Turodense*. Hoja Técnica nº 168, Ed. Gobierno de Aragón, 8 pp. Zaragoza (España).
- FERRER, C.; ALCUBILLA, M<sup>a</sup>. M.; ASCASO, J.; BROCA, A.; MAESTRO, M.; OCAÑA, M.; SANCHE, V., 1993. *Valoración de pastos del Alt Maestrat (Castellón)*. Ed. Generalitat Valenciana, 1, 371 pp. Valencia (España).
- FLORES, N.; NUEZ, T.; RODRÍGUEZ, J.; DELGADO, I., 2002. Tipología de las explotaciones ovinas en el Maestrazgo turodense. *Actas de las XXVII Jornadas Científicas y VI Jornadas Internacionales de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia*, 844-849. Valencia (España).
- FLORES, N.; NUEZ, T.; RODRÍGUEZ, J.; DELGADO, I., 2003. Tipología de las explotaciones de vacuno en el Maestrazgo turodense. *ITEA*, **24 (Vol. Extra)**, 779-781.
- IAEST, 2008. <http://portal.aragon.es>. Instituto Aragonés de Estadística. Gobierno de Aragón.
- HYCKA, M.; ARMERO A., 1990. *Praderas temporales y cultivos forrajeros anuales en rotaciones de cultivos en el secano del Maestrazgo aragonés*. Ed. Diputación General de Aragón, 65 pp. Zaragoza (España).
- MOWREY, D.P.; MATCHES, A.G., 1991. Persistence of sainfoin under different grazing regimes. *Agronomy Journal*, **83**, 714-716.

## SUMMARY

### EVALUATION OF RAINFED FORAGE CROPS IN THE MAESTRAZGO (TERUEL)

The Maestrazgo is a karstic mountainous area of Teruel, Spain, with slight water retention, semiarid climate and extensive agricultural and livestock in regression. In order to improve their forage yield, the productivity and persistence of different forage crops made up of alfalfa (*Medicago sativa* L.), sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.), cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) and Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* L.) were compared under ewe grazing. Yields, between 2340 and 5600 kg dry matter per ha were conditioned by environment and rainfall. Alfalfa and mixtures with the remaining species presented the highest yield and the best distribution along the year. Sainfoin was less productive and persistent, maybe due to the grazing management favouring alfalfa and to possible incompatibilities with this crop.

**Key words:** *Medicago sativa* L., *Onobrychis viciifolia* Scop., *Dactylis glomerata* L., *Lolium multiflorum* L., forage yield.





## ESPECIES FORRAJERAS AUTÓCTONAS DE LA ISLA DE LANZAROTE

E. CHINEA, R. MESA, J.L. MORA, H.A. RODRIGUEZ

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria, Departamento de Edafología y Geología  
 Universidad de Laguna (ULL), Tenerife. echinea@ull.es

### RESUMEN

Se ha estudiado en la Isla de Lanzarote y en su hábitat natural el potencial forrajero de once especies autóctonas (*Atriplex halimus*, *Periploca laevigata*, *Carlina salicifolia*, *Sonchus pinnatifidus*, *Echium decaisnei*, *Bituminaria bituminosa*, *Lotus lancerottensis*, *Asparagus nesiotes*, *Rubia fruticosa*, *Rumex lunaria*, *Patellifolia patellaris*). Aunque los resultados son el producto de una primera fase de investigación podemos concluir que la utilización de estas especies forrajeras podría disminuir la importación de forraje para la alimentación de ganado en la Isla.

**Palabras clave:** Islas Canarias, fenología, PCA.

### INTRODUCCIÓN

La Isla de Lanzarote es la más oriental y septentrional del Archipiélago Canario (Figura 1), declarada Reserva de la Biosfera en 1993 por la UNESCO. La cabaña gana-

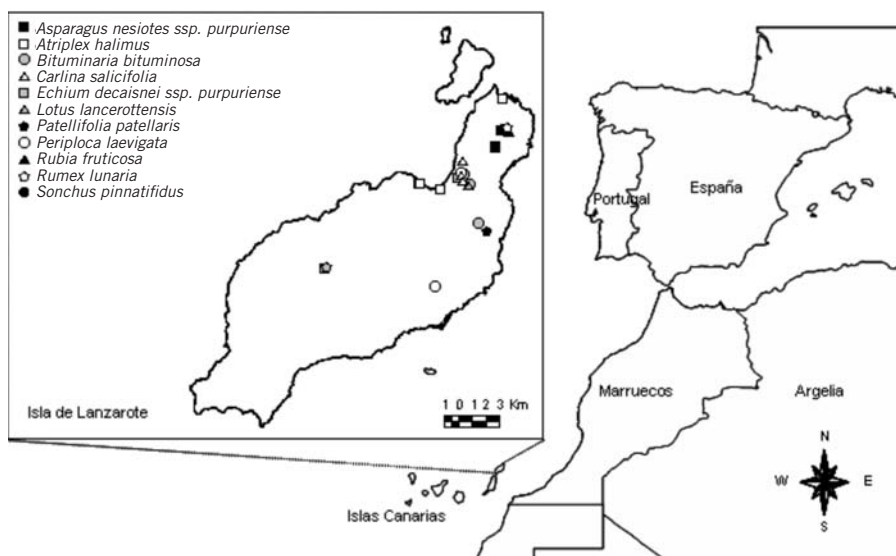
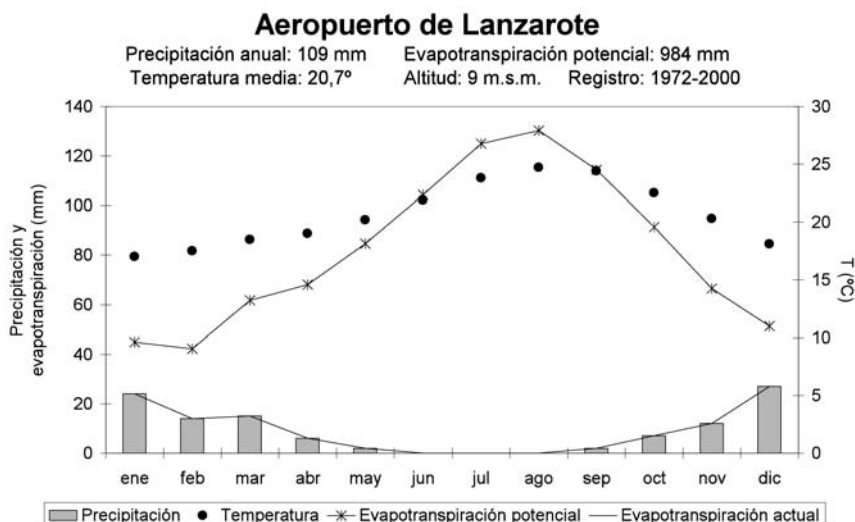


Figura 1. Localización de la Isla de Lanzarote (Islas Canarias) y distribución de las poblaciones silvestres de las especies estudiadas.

dera de la Isla cuenta con unas 36306 cabezas de pequeños rumiantes (GAC, 2006) cuya alimentación se realiza con fibra y granos importados casi en su totalidad. Las especiales condiciones climáticas (Figura 2) y de fertilidad de los suelos de la Isla hacen



**Figura 2. Características climáticas de la isla de Lanzarote.**

que la plantación de forrajeras pueda ser una alternativa para mejorar y revitalizar el aprovechamiento de fincas abandonadas. Por otro lado estos cultivos constituyen una alternativa viable para reducir la importación de forraje que contribuiría a estabilizar los suelos, impedir su erosión y recuperar su fertilidad, potenciar la recuperación de especies autóctonas amenazadas y embellecer el paisaje rural. Se pretende hacer una selección de especies forrajeras autóctonas, con buenas propiedades químico-bromatológicas, resistentes a la sequía y a la salinidad.

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Poblaciones naturales.** Se estudiaron once especies de nueve familias vegetales (Tabla 1). Fueron muestreadas entre noviembre y diciembre de 2007.

**Tabla 1. Especies estudiadas y nomenclatura según Acebes Ginoves *et al.*, 2004.**

Familia	Especie	Nombre común
Amaranthaceae	<i>Atriplex halimus</i> L.	Salado blanco
Asclepiadaceae	<i>Periploca laevigata</i> Aiton	Cornical
Asteraceae	<i>Carlina salicifolia</i> (L.f.) Cav.	Falso azafrano
	<i>Sonchus pinnatifidus</i> Cav.	Cerrajón de risco
Boraginaceae	<i>Echium decaisnei</i> ssp. <i>purpuriense</i> Bramwell	Taginaste blanco
Fabaceae	<i>Bituminaria bituminosa</i> (L.) C. H. Stirt.	Tedera
	<i>Lotus lancerottensis</i> Webb & Berthel	Corazoncillo
Liliaceae	<i>Asparagus nesiotis</i> ssp. <i>purpuriense</i> Marrero Rodr. & A. Ramos	Esparraguera
Rubiaceae	<i>Rubia fruticosa</i> Aiton	Tasaigo
Polygonaceae	<i>Rumex lunaria</i> L.	Vinagrera
Chenopodiaceae	<i>Patellifolia patellaris</i> (Moq.) Scott, Ford-Lloyd & Willams	Tebete

*A. halimus*. Se muestrearon cuatro poblaciones. Playa de Famara, a la altura de la Urbanización de los Noruegos (Municipio de Tegui-se), 29°07'11"N, 13°32'31"W (Figura 1) y 14 m snm. Dos poblaciones en la Playa de San Juan, (Municipio de Tegui-se), 29°07'30"N, 13°34'29"W a 5 m snm. Playa de la Cantería (Órzola, Municipio de Haría), 29°13'24"N, 13°27'38"W a 3 m snm. Iniciando la floración. Especies acompañantes: *Cenchrus ciliaris*, *Salsola verniculata*, *Launaea arborescens*, *Astydamia latifolia* y *Atractylis arbuscula* var. *arbuscula*.

*P. laevigata*. Se muestrearon dos poblaciones. Municipio de Tegui-se (Granja Experimental), 29°00'00"N, 13°33'20"W y 105 m snm. Valle de Malpaso (Municipio de Haría), 29°07'50"N, 13°31'19"W (Figura 1) a 577 m snm. En fructificación. Especies acompañantes: *Aeonium lancerottense*, *Asteriscus intermedius*, *Phalaris* sp., *Dittrichia viscosa* y *C. salicifolia*.

*C. salicifolia*. Se muestrearon tres poblaciones. Valle de Malpaso (Municipio de Haría), 29°07'57"N, 13°31'04"W y 450 m snm. Los Helechos (Municipio de Haría), 29°07'32"N, 13° 30'53"W y 583 m snm. Matos Verdes (Municipio de Haría), 29°07'47"N, 13°31'17"W y 525 m snm. En floración. Especies acompañantes: *A. lancerottense*, *A. intermedius*, *Dittrichia viscosa*, *Convolvulus floridus*, *Ferula lance-rottensis*, *Echium decaisnei*, *Phalaris* sp., *Kleinia neriifolia*, *Agave sisalana* y *A. americana*.

*S. pinnatifidus*. Material de dos poblaciones. Las Hoyas (Órzola, Municipio de Haría), 29°11'19"N, 13°27'31"W y 191 m snm. La primera se muestreó cuando la planta se encontraba seca (hojarasca). La segunda muestra se tomó en cuando la planta se encontraba en estado fenológico de crecimiento después de las lluvias. Especies acompañantes: *Kleinia neriifolia*, *Euphorbia balsamifera*, *Opuntia maxima*, *Nicotiana glauca*, *R. lunaria* y *Ceballosia fruticosa*.

*E. decaisnei* ssp. *purpuricense*. Se cogieron tres poblaciones. Dos en la ladera este de Montaña Ganada (Municipio de Haría), 29°07'50"N, 13°31'17"W y 570 m snm. La ladera oeste de Montaña del Cortijo (Tinguatón, Municipio de Tinajo), 29°01'45"N, 13°42'02"W a 305 m snm. Estado fenológico en floración. De esta última muestra también se tomó hojarasca. Especies acompañantes: *Launaea arborescens*, *N. glauca*, *Acacia cyclops*, *P. laevigata* y *C. salicifolia*.

*B. bituminosa*. Se muestrearon tres poblaciones. Barranco de Chafarís (Tabayesco, Municipio de Haría), 29°07'23"N, 13°30'26"W a 284 m snm. Valle de Malpaso (Municipio de Haría), 29°07'57"N, 13°31'06"W a 450 m snm. Barranco de Teneguime (Guatiza, Municipio de Haría), 29°05'08"N, 13°29'36"W y 146 m snm. Con botones florales. Especies acompañantes: *Campylanthus salsoides*, *Dipcadi serotinum*, *Cenchrus ciliaris*, *A. intermedius*, *Campylanthus salsoloides*, *Ceballosia fruticosa*, *Lavandula pinnata*, *P. laevigata*, *Agave sisalana*, *O. maxima*, *Foeniculum vulgare*, *Aeonium lancerottense*, *Phalaris* sp. y *Dittrichia viscosa*.

*L. lancerottensis*. Se recolectó una población muy próxima a la Galería del Chafarís (Tabayesco Municipio de Haría), 29°07'23"N, 13°30'30"W y 332 m snm. En floración. Especies acompañantes: *Apium nodiflorum*, *Spergularia fimbriata*, *A. intermedius*, *Aeonium lancerottense* y *Agave sisalana*.

*A. nesiotis* ssp. *purpuricense*. Se seleccionaron cuatro poblaciones. Las Hoyas (Órzola, Municipio de Haría), 29°11'20"N, 13°27'30"W y 184 m snm. Dos del Cercado

del Coronel (Máguez, Municipio de Haría), 29°09'54''N, 13°28'28''W a 211 m snm. Peña de las Siete Leguas (Órzola, Municipio de Haría), 29°10'54''N, 13°27'07''W a 147 msnm. En fructificación. Especies acompañantes: *R. lunaria*, *N. glauca*, *P. patellaris*, *Launaea arborescens*, *O. maxima*, *Euphorbia balsamifera*, *Kleinia neriifolia*, *S. pinnatifidus* y *Ceballosia fruticosa*.

*R. fruticosa*. Se seleccionaron dos poblaciones. Las Hoyas (Órzola, Municipio de Haría), 29°10'56''N, 13°27'13''W (Figura 1) a 161 m snm. Peña de las Siete Leguas (Órzola, Municipio de Haría), 29°11'23''N, 13°27'31''W y 193 m snm. Estado fenológico de crecimiento. Especies acompañantes: *Kleinia neriifolia*, *Euphorbia balsamifera*, *O. maxima*, *N. glauca*, *R. lunaria*, *S. pinnatifidus* y *Ceballosia fruticosa*.

*R. lunaria*. Una población establecida en la Peña de las Siete Leguas (Órzola, Municipio de Haría), 29°11'25''N, 13°27'32''W a 187 msnm. En floración. Especies acompañantes: *Kleinia neriifolia*, *E. balsamifera*, *O. maxima*, *N. glauca*, *R. lunaria* y *S. pinnatifidus*.

*P. patellaris*. Una población situada en el borde de la carretera general LZ-1 a la altura de La Caldera (Guatiza, Municipio de Teguipe), 29°03'51''N, 13°29'16''W a 110 msnm. Estado fenológico de crecimiento. Especies acompañantes: *N. glauca*, *O. maxima* y *Launaea arborescens*.

### **Análisis de suelos**

En las muestras se analizaron: porcentaje de saturación (PS), textura, pH, conductividad eléctrica (CE), cationes de cambio (CC), capacidad de intercambio catiónico (CIC), materia orgánica (MO), fósforo (P), y microelementos (Fe, Cu, Zn y Mn). Los análisis se realizaron por los métodos del MAPA (1994).

### **Análisis foliares**

Se tomaron 200g de material comestible (brotes, hojas, inflorescencias, legumbres y ramas de diámetro < 5 mm). Las muestras vegetales se secaron a 60°C hasta peso constante. Se determinó: materia seca (MS), humedad residual (HR), ceniza (CEN), residuo insoluble (RI), y los elementos minerales: Na, K, Ca, Mg, P, Cu, Zn, Fe y Mn que se determinaron por las técnicas de la AOAC (2006). Para las fracciones orgánicas: PB, FND, FAD, celulosa, lignina y hemicelulosa se emplearon las técnicas descritas por Goering y Van Soest (1970).

### **Análisis estadístico**

Se trataron los resultados mediante un Análisis de Componentes Principales (PCA). El software utilizado fue *Canoco for Windows* Versión 4.5 (Ter Braak y Šmilauer, 2002).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Análisis de los suelos**

La Figura 3 ordena las muestras en relación con las propiedades de los suelos en cada una de ellas. Las muestras próximas en el diagrama (como las de *E. decaisnei* y

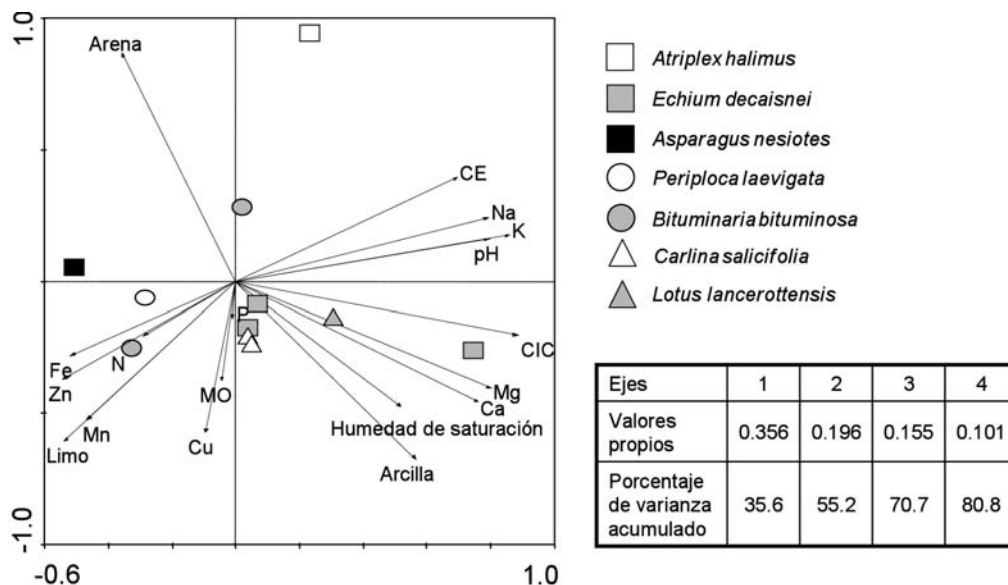


Figura 3. Análisis de Componentes Principales (PCA) de las propiedades de los suelos

*C. salicifolia* se desarrollan sobre suelos de características afines. La especie *A. halimus* aparece asociada a suelos salinos con altos niveles de arena (56,64%), CE (3,79 mS/cm) y Na (11,79 meq/100gr).

**Calidad de las especies**

En la Figura 4 se representa el PCA de la calidad bromatológica de las especies muestreadas y la muestra control de alfalfa deshidratada (García-Criado *et al.*, 1986).

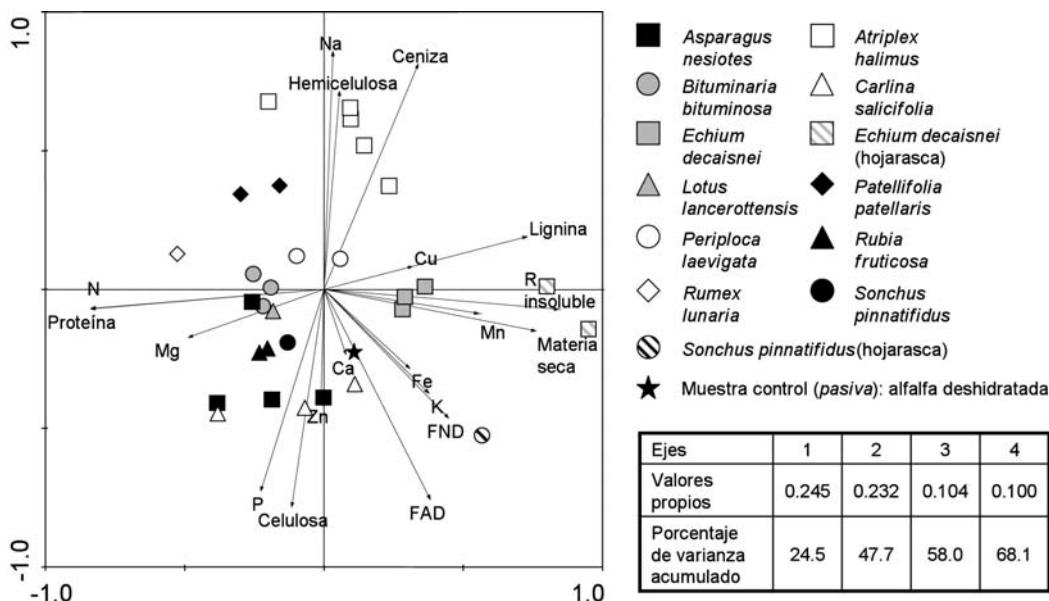


Figura 4. Análisis de Componentes Principales (PCA) de la calidad bromatológica (forraje racioneable y hojarasca) de las especies muestreadas y la muestra control alfalfa.

El eje X sitúa en su semieje positivo a *E. decaisnei*, caracterizado por su alto contenido de Ca (3,20%), Cu (11,31 ppm), Mn (43,44 ppm) y lignina (19,91%), y en su semieje negativo a *R. lunaria*, de características opuestas. Las especies *B. bituminosa* y *A. nesiotetes* muestran características similares, con contenidos medios de MS (27,18-29,95%) y PB (12,04-11,00%) y bajos contenidos en lignina (6,83-6,77%). La hojarasca de *E. decaisnei* y *S. pinnatifidus* se localiza próxima al extremo positivo del eje X asociada a altos contenidos de MS (91,69-91,48%) y bajos contenidos de PB (2,50-2,18%).

Las muestras de *A. halimus* se concentran en el extremo positivo del eje Y, a causa de sus grandes concentraciones de Na (8,68%), ceniza (31,76%) y hemicelulosa (12,24%) y bajas de celulosa (8,56%) y P (0,07%). La especie *P. patellaris* presenta una tendencia similar pero menos pronunciada, localizándose por ello más próxima al origen del eje. Las muestras de *C. salicifolia* y *A. nesiotetes* y en menor medida *R. fruticosa*, aparecen ligadas al semieje negativo del eje Y presentando como características comunes: altos contenidos en P (0,19-0,25%), celulosa (29,70-28,16%) y bajos en Na (0,48-0,33%), ceniza (10,75-9,09%) y hemicelulosa (4,26-5,28%).

Las características de la alfalfa deshidratada son muy similares a las de *C. salicifolia* y *A. nesiotetes*, moderadamente similares a *R. fruticosa*, *S. pinnatifidus* y *E. decaisnei*, y dispares con el resto de especies muestreadas. Los niveles de fósforo son bajos a excepción de *A. nesiotetes* y la hojarasca de *S. pinnatifidus*, que posee un nivel superior al óptimo (McDowell *et al.*, 1993). La concentración de los minerales: K, Ca, Mg y Na son idóneos para la alimentación de pequeños rumiantes (McDowell *et al.*, 1993). Los niveles de PB son óptimos, salvo para el forraje de *P. laevigata* y la hojarasca de *S. pinnatifidus* y *E. decaisnei* (McDowell, 1985). En general los valores de FND, FAD y celulosa son similares a la alfalfa de deshidratada (García-Criado *et al.*, 1986). Podemos concluir que la utilización de estas especies podría disminuir la importación de forraje para la alimentación de ganado en la Isla.

## CONCLUSIONES

Podemos concluir que la utilización de estas especies podría disminuir la importación de forraje para la alimentación de ganado en la Isla. Previendo futuros escenarios climáticos, las islas más secas del Archipiélago Canario como es el caso de Lanzarote, constituyen una reserva de material vegetal de gran interés para otras zonas geográficas del planeta que pueden verse amenazadas por graves problemas de sequía.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por un convenio entre el Excmo. Cabildo de Lanzarote y la Universidad de La Laguna. Los autores agradecen la colaboración prestada por Ana Carrasco Martín (Gerente del Consejo Reserva de la Biosfera de Lanzarote) por su constante asesoramiento y Alejandro Perdomo Placeres por su apoyo en el trabajo de campo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEBES GINOVÉS, J.R.; ARCO AGUILAR, M. DEL; GARCÍA GALLO, A.; LEÓN ARENCIBIA, M.C.; PERÉZ DE PAZ, P.L.; RODRÍGUEZ DELGADO, O.; WILDPTRET DE LA TORRE, W.;



MARTÍN OSORIO, V.E.; MARRERO GÓMEZ, M<sup>a</sup>.C.; RODRÍGUEZ NAVARRO, M.L., 2004. Pteridophyta, Spermatophyta. En: *Lista de especies silvestres de Canarias (hongos, plantas y animales terrestres)*, 96-143. Ed. I. IZQUIERDO, J.L. MARTÍN, N. ZURITA, M. ARECHA-VALETA. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial, Gobierno de Canarias.

AOAC, 2006. *Official Methods of Analysis*. 18<sup>th</sup> Ed. Washington. D.C. (USA).

GAC, 2006. Gobierno Autónomo Canarias. Servicio de Estadística, <http://www.gobcan.es>.

GARCÍA-CRIADO, B.; GARCÍA-CIUDAD, A.; RICO-RODRÍGUEZ, M.; GARCÍA-CARABIAS, M.S., 1986. Composición químico-bromatológica de alfalfa deshidratada destinada al comercio exterior. *Actas de XXVI Reunión de la SEEP*, 71-87. Oviedo.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J., 1970. *Forage fiber analysis. Agricultural. Handbook. nº 379*. ARS-USDA. Washington DC (USA).

MCDOWELL, L.R., 1985. *Nutrition of grazing ruminants in warm climates*. Academic Press, 443 pp. New York. USA.

MCDOWELL, L.R.; CONRAD, J.H.; HEMBRA, F.G.; ROJAS, L.X.; VALLE, G.; VELÁSQUEZ, J., 1993. *Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales*. Departamento de Zootecnia. Centro de Agricultura Tropical. Universidad de Florida, 76 pp. Gainesville (USA).

TER-BRAAK, C.F.J.; ŠMILAUER, P., 2002. *Canoco reference manual and CanoDraw for Windows user's guide to Canoco for Windows*. Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Centre for Biometry. Wageningen, Holanda.

## SUMMARY

### AUTOCHTHONOUS FORAGE SPECIES FROM LANZAROTE ISLAND.

The forage potential of eleven autochthonous species (*Atriplex halimus*, *Periploca laevigata*, *Carlina salicifolia*, *Sonchus pinnatifidus*, *Echium decaisnei*, *Bituminaria bituminosa*, *Lotus lancerottensis*, *Asparagus nesiotis*, *Rubia fruticosa*, *Rumex lunaria*, *Patellifolia patellaris*) has been studied in Lanzarote island in their natural habitat. Although the results obtained are only the product of a first research stage, we can conclude that the use of these native species could decrease the importation of forage as cattle feed in the island.

**Key words:** Canary Islands, phenology, PCA.





## VARIACIÓN DEL VALOR NUTRITIVO DE VARIEDADES DE GUISANTE PARA FORRAJE EN FUNCIÓN DE LA FECHA DE CORTE

S. PEREIRA, G. FLORES, A. GONZÁLEZ-ARRÁEZ, J. VALLADARES,  
B. FERNÁNDEZ-LORENZO

*Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). INGACAL. Xunta de Galicia. Apdo. 10 - 15080, A Coruña. soniapereira@ciam.es*

### RESUMEN

En este trabajo, se estudió el efecto del genotipo y la fecha de corte sobre la precocidad, la producción y el valor nutritivo de 20 variedades de guisante (*Pisum sativum* L.) sembradas en invierno (año 2004) y 14 variedades sembradas en otoño (año 2004/2005). Las diferencias existentes entre variedades para los parámetros estudiados pusieron de manifiesto la importancia de la elección de la variedad. Las variedades más tardías presentaron una mayor producción pero menores valores de proteína bruta y digestibilidad. Con el retraso en la fecha de corte a partir de la segunda semana tras la floración, se observó un aumento del contenido de carbohidratos solubles, del rendimiento en materia seca y de la materia orgánica digestible, y una disminución en los valores de proteína bruta y digestibilidad.

**Palabras clave:** leguminosa forrajera, producción, precocidad, proteína.

### INTRODUCCIÓN

El sector vacuno lechero en Galicia ha experimentado en los últimos años un proceso de intensificación de la producción forrajera, debido sobre todo a las limitaciones de la base territorial de las explotaciones. La rotación anual más utilizada está formada por maíz forrajero como cultivo de verano y raigrás italiano como cultivo invernal, aprovechado generalmente con uno o dos cortes para ensilar en primavera (Flores *et al.*, 2003). Sin embargo, la dificultad de dar dos cortes de raigrás italiano y la baja concentración de proteína bruta (PB) del conjunto de la rotación han llevado a la búsqueda de otro cultivo de invierno alternativo. En trabajos anteriores se ha propuesto como alternativa la asociación guisante-triticale (Fernández-Lorenzo *et al.*, 2007 y Suárez *et al.*, 2002). Para maximizar la producción y el valor nutritivo de esta asociación es necesario realizar una correcta elección de la variedad de guisante y el momento de cosecha.

El objetivo de este trabajo es caracterizar los efectos del genotipo y del estado de madurez sobre la evolución del valor nutritivo y el rendimiento de la planta de guisante sembrado en invierno (ensayo 1) y otoño (ensayo 2).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los ensayos se llevaron a cabo en 2 localidades, Mabegondo (A Coruña) a 100 metros de altitud y Pobra do Brollón (Lugo) a 400 metros, durante los años 2004 (ensayo 1) y 2004/2005 (ensayo 2). El año 2004 del 9 al 11 de febrero, se sembraron 20 variedades en Mabegondo y 17 en Pobra do Brollón (las mismas exceptuando Loto, Cheyenne y Guimpi, ver Tabla 2). El segundo año de cultivo, del 24 al 26 de noviembre de 2004, se sembraron 14 variedades en Mabegondo y 13 en Pobra do Brollón (las mismas salvo Badminton).

Se utilizó un diseño experimental en parcelas divididas con cuatro bloques, con la variedad como parcela principal y la fecha de cosecha como subparcela. Los bloques se separaron entre sí mediante corredores de 4 metros utilizando como bordes la variedad Gracia. La parcela principal estuvo formada por una línea de 10 metros de longitud con una separación entre líneas de 0,8 m y con una dosis de siembra de 250 semillas/m<sup>2</sup>. Se empleó un sistema de entutorado mediante postes y malla de plástico con el fin de mantener erguido el cultivo.

La cosecha se efectuó en 6 fechas diferentes, con una cadencia semanal. El primer año, todas las variedades se cosecharon a partir de la misma fecha, independientemente de su estado fenológico, comenzando el 15 de abril en Mabegondo y el 24 de mayo en Pobra do Brollón. El segundo año, cada variedad se empezó a cosechar a partir del inicio de floración. En Mabegondo, las más tempranas se cosecharon a partir del 28 de marzo y la más tardía el 6 de junio y en Pobra do Brollón el 13 de abril y el 15 de junio, respectivamente. Se registró la fecha de inicio de floración (IF) y aparición de vainas (AV), definidas como aquellas en las que el 50% de las plantas presentan flores y vainas visibles, respectivamente. A partir de esos datos, se calculó los días transcurridos desde la siembra a la floración (ISF). En cada fecha de cosecha, se segó a mano a una altura de 10 cm un transecto de 1 m de longitud de cada variedad (subparcela). Se registró su peso, con el que se estimó el rendimiento, y se tomó una alícuota de 1 kg sobre la que se realizaron los análisis de laboratorio. El contenido en materia seca (MS) se determinó mediante secado en estufa de aire forzado a 80°C durante 16 horas. Sobre la muestra seca y molida a 1 mm, se realizaron las determinaciones de contenido en materia orgánica (MO), proteína bruta (PB, expresada como N total\*6,25), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), carbohidratos no estructurales (CNET), carbohidratos solubles en agua (CSA) y digestibilidad in vitro de la materia orgánica (IVDMO). Para ello, se utilizaron un espectrofotómetro NIRSystems 6500 (FOSS NIRSystems, Inc., Silver Spring, Washington, USA) y las calibraciones NIRS desarrolladas por Fernández-Lorenzo *et al.* (2004) previamente ampliadas (Tabla 1). El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA, utilizando el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS v.8a (SAS Institute, 2000), considerando factores fijos la variedad, la fecha y su interacción y aleatorios la localidad, el bloque y todas sus interacciones.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2, se presentan las variedades ordenadas según su precocidad. Las más precoces fueron Athos, Loto, Azur, Cosmos, Hardy y Elegant, mientras que las más tardías fueron Grande, Cheyenne, GB2, MB, Forrimax y Gracia. En Pobra do Brollón, la localidad con los inviernos más fríos, el inicio de la floración se retrasó con respecto

**Tabla 1. Estadísticos de la ecuación NIR para la determinación de los parámetros de composición química.**

Variable	Estadísticos de calibración								Estadísticos de validación				
	N	Media	SD	R <sup>2</sup>	SEC	SECV	RPD	CV	N	Media	SD	R <sup>2</sup>	SEP
MO	184	91,5	2,8	0,91	0,9	1,1	2,5	1,2	157	90,2	2,6	0,81	1,2
PB	182	17,1	3,8	0,93	1,0	1,1	3,4	6,6	150	17,5	3,6	0,87	1,3
FAD	184	30,3	4,5	0,96	0,9	1,1	4,2	3,5	159	29,1	3,7	0,92	1,0
FND	181	38,5	5,6	0,94	1,3	1,5	3,7	4,0	156	37,7	4,4	0,86	1,7
CNET	181	20,1	7,8	0,96	1,6	1,8	4,3	9,0	162	20,6	7,8	0,95	1,7
CSA	184	14,3	5,2	0,98	0,7	0,9	5,6	6,4	157	14,4	4,9	0,95	1,1
IVDMO	133	70,8	5,6	0,91	1,6	2,0	2,8	2,8	129	72,8	4,6	0,81	2,0

N: Número der muestras; SD: derivación estándar; R2 coeficiente de determinación, SEC, SECV y SEP: error típico de calibración, validación y predicción, respectivamente; CV: SECV\*100/Media; RPD: SD/SECV; materia orgánica: MO, proteína bruta: PB, fibra ácido detergente: FAD, fibra neutro detergente: FND, carbohidratos no estructurales: CNET, carbohidratos solubles en agua: CSA, digestibilidad in vitro de la materia orgánica: IVDMO, unidades de medida: % sobre materia seca.

**Tabla 2. Valores medios de precocidad (ISF), fechas de inicio de floración y aparición de las primeras vainas.**

Variedad	Siembra de invierno (2004)					Siembra de otoño (2004/2005)				
	ISF	Mabegondo		Pobra de Brollón		ISF	Mabegondo		Pobra de Brollón	
		IF	AV	IF	AV		IF	AV	IF	AV
Athos	72,6	30-mar	20-abr	15-may	19-may	-	-	-	-	-
Loto	-	01-abr	20-abr	-	-	-	-	-	-	-
Azur	74,6	04-abr	18-abr	14-may	18-may	124,0	20-mar	04-abr	07-abr	28-abr
Cosmos	74,8	03-abr	20-abr	15-may	19-may	125,6	20-mar	04-abr	10-abr	01-may
Hardy <sup>3</sup>	76,3	04-abr	19-abr	17-may	22-may	-	-	-	-	-
Elegant	77,8	06-abr	29-abr	18-may	21-may	128,8	23-mar	05-abr	13-abr	01-may
Badminton <sup>2</sup>	78,9	09-abr	22	18-may	22-may	-	23 mar	10-abr	-	-
Declic <sup>3</sup>	79,9	10-abr	21	18-may	23-may	-	-	-	-	-
Canis	80,8	11-abr	23	19-may	23-may	129,6	25 mar	04-abr	13-abr	30-abr
Celine	80,9	11-abr	22	19-may	23-may	133,4	01-abr	08-abr	13-abr	01-may
Austin	81,0	11-abr	22	20-may	23-may	131,3	27-mar	04-abr	18-abr	02-may
Odalet	83,8	15-abr	27	21-may	24-may	139,9	27-mar	26	01-may	07-may
Guimpi <sup>1</sup>	-	16-abr	19	-	-	-	-	-	-	-
Lucy <sup>3</sup>	85,3	19-abr	27	20-may	24-may	-	-	-	-	-
Grande	86,0	17-abr	26	23-may	26-may	141,8	02-abrt	27	29-abr	06-may
Cheyenne <sup>1</sup>	-	18-abr	27	-	-	-	-	-	-	-
GB2	88,8	20-abr	27	26-may	29-may	138,0	28-mar	24	27-abr	06-may
MB	97,5	07-may	19	27-may	31-may	148,5	12-abr	09	03-may	16-may
Forrimax	100,0	13-may	20	25-may	29-may	160,0	01-may	23	07-may	18-may
Gracia	102,0	15-may	20	28-may	1-jun	159,0	24-abr	10	06-may	16-may
N	8	4	4	4	4	8	4	4	4	4
DMS (0,05)	16,2					13,3				

ISF: días de siembra a floración, media de los datos de Mabegondo y Pobra de Brollón; IF: fecha de inicio de floración; AV: fecha de aparición de vainas; DMS (0,05): diferencia mínima significativa al 5%; 1: únicamente sembrada en Mabegondo en 2004; 2: no sembrada en Pobra de Brollón en 2005; 3: únicamente sembradas en 2004; N: número de muestras.

a Mabegondo desde 22 días, para una de las variedades más precoces, a 8 días, para una de las más tardías. El segundo año, el adelanto de la siembra al otoño aumentó la duración del ciclo vegetativo y los valores de ISF, en acuerdo con lo observado por Bande-Castro *et al.* (2007). Las variedades más precoces lo fueron en las dos localidades y en ambas épocas de siembra.

En las Tablas 3 y 4, se comparan los valores medios de producción y composición química de las variedades los años 2004 y 2005, respectivamente. El primer año, se detectaron diferencias significativas para MO, PB, FAD, FND, CNET e IVDMO. Todas las variedades se cosecharon simultáneamente a partir de la misma fecha y, por lo tanto las más tardías estaban en un estado de madurez más retrasado. A pesar de ello, fueron éstas las que, en general, presentaron los valores más bajos de PB e IVDMO y los más altos de producción, aunque estos últimos no fueron estadísticamente diferentes. Estos resultados contrastan con los encontrados por Piñeiro *et al.* (2004), los cuales observaron que los rendimientos tendían a ser menores a medida que las variedades eran más tardías. Bande-Castro *et al.* (2007), para una siembra de primavera y Flores *et al.* (2003), para una siembra de invierno, no observaron tendencia alguna en este sentido.

**Tabla 3. Valores medios en ambas localidades y todas las fechas de producción y composición química por variedades en el año 2004 (siembra de invierno).**

Variedad	kg MS/ha	N	MS	N	MO	PB	FAD	FND	CNET	CSA	IVDMO	N <sup>1</sup>
Athos	2668	45	24,3	48	87,71 <i>i</i>	17,3 <i>abcd</i>	24,0 <i>h</i>	33,6 <i>jk</i>	27,6 <i>ab</i>	15,5	76,9 <i>ab</i>	47
Loto	3084	24	15,8	24	89,10 <i>bcdef</i>	16,7 <i>bcde</i>	25,0 <i>h</i>	33,2 <i>k</i>	28,2 <i>a</i>	21,3	77,6 <i>a</i>	24
Azur	3266	48	26,5	48	88,57 <i>efgh</i>	16,1 <i>cde</i>	26,8 <i>fg</i>	36,8 <i>efg</i>	27,0 <i>abc</i>	15,8	74,9 <i>bcd</i>	47
Cosmos	3534	48	25,0	48	88,18 <i>defg</i>	16,5 <i>bcde</i>	25,3 <i>gh</i>	35,1 <i>hij</i>	28,2 <i>a</i>	16,6	76,2 <i>ab</i>	46
Hardy	3857	48	22,8	48	89,41 <i>bcd</i>	16,0 <i>de</i>	28,4 <i>def</i>	38,5 <i>bcd</i>	26,1 <i>abcd</i>	15,4	73,2 <i>def</i>	46
Elegant	3248	47	23,2	48	88,52 <i>efgh</i>	16,5 <i>bcde</i>	25,7 <i>gh</i>	35,3 <i>ghi</i>	27,0 <i>abc</i>	16,5	75,6 <i>abc</i>	48
Badminton	3161	24	24,6	24	88,23 <i>ghi</i>	16,5 <i>bcde</i>	24,7 <i>h</i>	34,4 <i>ijk</i>	28,2 <i>a</i>	15,9	76,6 <i>ab</i>	24
Declic	2944	45	23,3	48	88,75 <i>cdefg</i>	17,9 <i>ab</i>	25,3 <i>gh</i>	34,9 <i>ij</i>	26,5 <i>abcd</i>	16,4	76,1 <i>ab</i>	48
Canis	3586	48	23,1	48	89,50 <i>b</i>	15,7 <i>e</i>	30,9 <i>abc</i>	40,6 <i>a</i>	23,8 <i>cdef</i>	14,8	70,6 <i>gh</i>	48
Celine	4157	48	23,3	48	89,19 <i>bcde</i>	16,0 <i>cde</i>	30,6 <i>abc</i>	40,4 <i>a</i>	24,1 <i>cdef</i>	15,6	71,3 <i>fgh</i>	48
Austin	2983	39	23,8	48	88,20 <i>hgi</i>	18,6 <i>a</i>	25,1 <i>gh</i>	34,6 <i>ijk</i>	25,9 <i>abcd</i>	15,7	76,5 <i>ab</i>	47
Odalet	4648	48	24,3	48	88,50 <i>efgh</i>	15,9 <i>de</i>	29,8 <i>bcd</i>	39,6 <i>abc</i>	23,6 <i>def</i>	15,7	70,4 <i>gh</i>	48
Guimpi	2983	24	16,8	24	90,59 <i>a</i>	15,6 <i>e</i>	27,8 <i>f</i>	36,7 <i>fg</i>	27,6 <i>ab</i>	20,3	73,5 <i>cdef</i>	24
Lucy	3253	48	25,3	48	88,28 <i>ghi</i>	16,7 <i>bcde</i>	28,0 <i>ef</i>	37,5 <i>def</i>	23,8 <i>cdef</i>	15,2	73,8 <i>cde</i>	48
Grande	4230	40	21,6	48	88,64 <i>efgh</i>	16,5 <i>bcde</i>	28,1 <i>ef</i>	37,5 <i>def</i>	25,2 <i>abcde</i>	16,8	72,8 <i>def</i>	48
Cheyenne	2987	24	15,6	24	89,42 <i>bc</i>	17,5 <i>abc</i>	27,6 <i>f</i>	35,6 <i>ghi</i>	24,6 <i>bcde</i>	20,7	74,8 <i>bcd</i>	24
GB2	4681	48	21,3	48	88,37 <i>fghi</i>	15,7 <i>e</i>	31,6 <i>a</i>	40,0 <i>abc</i>	21,9 <i>ef</i>	16,4	69,9 <i>h</i>	48
MB	4225	48	21,6	48	87,93 <i>hi</i>	16,3 <i>cde</i>	29,6 <i>cde</i>	38,4 <i>cde</i>	22,2 <i>ef</i>	15,1	72,2 <i>efg</i>	47
Forrimax	3875	48	20,8	48	82,57 <i>efgh</i>	15,8 <i>e</i>	31,4 <i>ab</i>	40,0 <i>ab</i>	21,2 <i>f</i>	15,5	70,2 <i>gh</i>	48
Gracia	3412	48	21,5	48	88,14 <i>ghi</i>	15,6 <i>e</i>	27,9 <i>ef</i>	36,5 <i>fgh</i>	25,0 <i>abcde</i>	17,4	71,7 <i>efgh</i>	47
Fv												
Var	ns		ns		**	*	***	***	**	ns	***	
Loc*Var	**		*		ns	**	**	*	**	*	***	

\*\*\*p<0,001; \*\*p<0,01; \*p<0,05; ns: no significativo; Letras distintas en la misma columna indican medias significativamente diferentes; N: número de muestras; 1: número de muestras para MO, PB, FAD, FND, CNET, CSA, IVDMO; unidades de medida: % sobre MS.

**Tabla 4. Valores medios en ambas localidades y todas las fechas de producción y composición química por variedades en el año 2005 (siembra de otoño).**

Variedad	kg MS/ha	N	MS	N	MO	PB	FAD	FND	CNET	CSA	IVDMO	N <sup>2</sup>
Azur	1987 <i>de</i>	48	14,2 <i>b</i>	48	91,79 <i>bcde</i>	19,6 <i>cd</i>	28,0 <i>ed</i>	36,6 <i>def</i>	16,3	13,5	72,8 <i>b</i>	47
Cosmos	2045 <i>cde</i>	48	13,9 <i>b</i>	48	91,78 <i>bcde</i>	20,2 <i>bc</i>	27,2 <i>e</i>	35,6 <i>f</i>	16,7	13,2	73,2 <i>ab</i>	48
Elegant	1952 <i>de</i>	48	13,3 <i>b</i>	48	91,05 <i>ef</i>	21,2 <i>abc</i>	26,8 <i>e</i>	34,9 <i>f</i>	14,4	12,4	73,2 <i>ab</i>	48
Badminton	1216 <i>e</i>	20	14,1 <i>b</i>	24	90,79 <i>f</i>	22,6 <i>a</i>	26,4 <i>e</i>	35,3 <i>f</i>	14,7	11,6	74,9 <i>a</i>	24
Declic <sup>1</sup>	-		13,7 <i>b</i>	48	91,80 <i>bcde</i>	22,0 <i>ab</i>	26,5 <i>e</i>	34,9 <i>f</i>	15,2	12,3	73,8 <i>ab</i>	48
Canis	2239 <i>cde</i>	47	14,1 <i>b</i>	47	92,27 <i>bc</i>	20,5 <i>abc</i>	31,3 <i>b</i>	40,1 <i>bc</i>	12,9	10,9	69,4 <i>c</i>	48
Celine	3104 <i>bcde</i>	24	13,8 <i>b</i>	23	92,08 <i>bcd</i>	20,5 <i>abc</i>	31,3 <i>b</i>	39,9 <i>bc</i>	12,5	11,0	69,6 <i>c</i>	24
Austin <sup>1</sup>	-		13,7 <i>b</i>	42	91,38 <i>def</i>	22,3 <i>ab</i>	26,8 <i>e</i>	35,7 <i>ef</i>	15,0	11,9	73,6 <i>ab</i>	41
Odalet	5937 <i>abcd</i>	48	14,8 <i>b</i>	48	91,53 <i>cdef</i>	19,2 <i>cde</i>	30,4 <i>bc</i>	30,0 <i>bcd</i>	14,3	11,8	69,4 <i>c</i>	48
Grande	4157 <i>bcd</i>	42	15,2 <i>b</i>	48	91,87 <i>bcde</i>	17,9 <i>de</i>	29,4 <i>cd</i>	38,1 <i>cde</i>	17,5	13,4	70,8 <i>c</i>	48
GB2	5161 <i>abcde</i>	48	14,3 <i>b</i>	48	91,83 <i>bcde</i>	18,0 <i>de</i>	31,8 <i>b</i>	40,1 <i>bc</i>	15,4	13,5	69,6 <i>c</i>	48
MB	6470 <i>abc</i>	48	14,8 <i>b</i>	48	90,02 <i>bcd</i>	17,2 <i>ef</i>	32,0 <i>b</i>	40,2 <i>bc</i>	14,9	12,1	69,3 <i>c</i>	48
Forrimax	6937 <i>ab</i>	48	20,1 <i>a</i>	48	94,02 <i>a</i>	13,8 <i>g</i>	33,9 <i>a</i>	44,0 <i>a</i>	19,7	14,6	66,2 <i>d</i>	47
Gracia	9227 <i>a</i>	48	19,1 <i>a</i>	48	92,49 <i>b</i>	15,3 <i>fg</i>	32,0 <i>b</i>	41,0 <i>b</i>	18,1	13,4	67,1 <i>d</i>	48
Fv												
Var	*		**		**	***	***	***	ns	ns	***	
Loc*Var	***		ns		ns	**	ns	*	ns	*	**	

\*\*\*p<0,001; \*\*p<0,01; \*p<0,05; ns: no significativo; Letras distintas en la misma columna indican medias significativamente diferentes; 1: solo nascencia de plantas aisladas; N: número de muestras; 2: número de muestras para MO, PB, FAD, FND, CNET, CSA, IVDMO; unidades de medida: % sobre MS.

La interacción Localidad\*Variedad fue significativa para todas las variables, excepto para la MO. Entre las variedades más productivas, destacaron MB, Grande y GB2, en Mabegondo, y Odalet y GB2 en Pobra do Brollón. Las variedades con mayor contenido en PB fueron Austin y Declic en Mabegondo y Austin en Pobra do Brollón; con mayor contenido en CSA, Gracia, GB2, Loto y Cheyenne en Mabegondo, y Grande en Pobra do Brollón; y con menor IVDMO, GB2, Forrimax y Odalet en ambas localidades.

El segundo año de cultivo, se detectaron diferencias significativas entre variedades para todos los parámetros, salvo CSA y CNET. La cosecha de cada variedad comenzó a partir del inicio de su floración, por lo que, a diferencia del año anterior, las variedades fueron recogidas en estados de madurez similares y las más tardías empezaron a recogerse más tarde. Al igual que el año anterior, las variedades más tardías fueron más productivas que las tempranas, en ambas localidades, y presentaron valores inferiores de PB e IVDMO. Sin embargo, en 2005 las diferencias entre ambos grupos de variedades fueron superiores, lo que podría ser consecuencia de las mayores temperaturas soportadas por las variedades tardías (Buxton y O’Kiely, 2003).

La interacción Localidad\*Variedad fue significativa para el rendimiento en kgMS/ha, PB, FND, CSA e IVDMO. Las variedades con mayores rendimientos fueron Gracia y Forrimax en Mabegondo, y Gracia en Pobra do Brollón; con el mayor contenido en PB, Declic y Austin en ambas localidades; con el mayor contenido en CSA, Gracia y Forrimax en Mabegondo y Forrimax en Pobra do Brollón; y con la menor IVDMO, Forrimax y Gracia en ambas localidades.

En la Tabla 5, se presentan las medias de producción y valor nutritivo durante las seis semanas posteriores al inicio de la floración (semana 1) correspondientes al año 2005. Se detectaron diferencias significativas entre las fechas de corte para todas las variables estudiadas, excepto FAD e IVDMO. Los rendimientos aumentaron con la fecha de corte y el estado de madurez. La PB disminuyó de forma continua y los CSA aumentaron a partir de la segunda semana tras la floración, momento que coincidió aproximadamente con la aparición de las primeras vainas. La IVDMO tendió a disminuir, aunque no de forma significativa. Sin embargo, el rendimiento en kgMOD/ha aumentó significativamente a partir de la tercera semana.

**Tabla 5. Valores medios en ambas localidades y todas las variedades de producción y composición química por fechas de cosecha en el año 2005.**

SEMANA <sup>1</sup>	kg MS/ha	N	kg MOD/ha	N	MS	N	MO	PB	FAD	FND	CNET	CSA	IVDMO	N <sup>2</sup>
1	2122 c	87	1345 c	86	12,6 c	107	90,24 c	22,2 a	27,6	35,2 d	11,2 d	10,0 b	72,2	107
2	2568 c	87	1645 c	86	12,7 c	107	91,45 b	22,0 a	29,1	37,3 c	12,0 cd	10,6 b	71,9	107
3	3812 bc	86	2422 bc	86	13,6 c	107	92,24 a	19,8 b	29,8	38,0 bc	14,5 bcd	13,0 a	71,0	106
4	5019 ab	86	3197 ab	86	14,8 bc	107	92,19 ab	18,7 c	30,3	39,1 b	16,2 abc	13,3 a	70,5	107
5	6198 a	85	3924 a	87	17,1 ab	105	92,80 a	16,8 d	30,4	39,6 ab	18,8 ab	14,2 a	69,6	106
6	6868 a	86	4295 a	86	19,1 a	107	92,79 a	15,5 e	31,1	41,1 a	20,9 a	14,4 a	69,2	105
Fv														
Fecha	*		*		*		**	***	ns	**	**	**	ns	
Loc*Fecha	**		**		**		*	ns	***	ns	***	*	***	

\*\*\*p<0,001; \*\*p<0,01; \*p<0,05; ns: no significativo; Letras distintas en la misma columna indican medias significativamente diferentes; 1: semana 1: inicio de floración; N: número de muestras; 2: número de muestras para MO, PB, FAD, FND, CNET, CSA, IVDMO; unidades de medida: % sobre MS.

## CONCLUSIONES

Existe una gran variación en el valor nutritivo y la producción de las variedades estudiadas, especialmente entre los distintos grupos de precocidad. Por su mayor rendimiento, se recomiendan las variedades tardías como Forrimax, GB2, MB, Grande, Odalet y Gracia, especialmente esta última en siembras de otoño. El retraso de la fecha de cosecha redujo la PB pero aumentó el contenido de CSA y el rendimiento en kg MOD/ha. Como solución de compromiso, se recomienda cosechar en torno a la tercera semana tras el inicio de la floración, coincidiendo con la aparición de las primeras vainas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANDE-CASTRO, M.J.; DÍAZ-DÍAZ, N.; J.; PIÑEIRO-ANDIÓN, J., 2007. Variedades de guisante para forraje. Siembras de primavera. *Actas de la XLVI Reunión Científica de la SEEP*, 138-143.
- BUXTON, D.R.; O'KIELY, P., 2003. Preharvest plant factor affecting ensiling. En: *Silage Science and Technology*, 199-250. Ed. D.R. BUXTON, R.E. MUCK, J.H. HARRISON, ASA-CSSA-SSSA. Madison (USA).
- FERNÁNDEZ -LORENZO, B.; FLORES, G.; GONZÁLEZ-ARRÁEZ, A.; VALLADARES, J.; CASTRO, P., 2004. Estimación de la composición química del guisante (*Pisum sativum* L.) y

triticale (x *Tricosecale* Wittm.) mediante NIRS. *Actas de la XLIV Reunión Científica de la SEEP*, 285-290.

FERNÁNDEZ -LORENZO, B.; FLORES, G.; GONZÁLEZ-ARRÁEZ, A.; VALLADARES, J.; CASTRO, P., 2007. Comparación de las rotaciones forrajeras guisante-triticale/maíz y raigrás italiano/maíz. *Actas de la XLVI Reunión Científica de la SEEP*, 90-96.

FLORES, G.; GONZÁLEZ, A.; PIÑEIRO, J.; CASTRO, P.; DÍAZ, A.; VALLADARES, J., 2003. Composición química y digestibilidad in vitro del guisante forrajero (*Pisum sativum* L.) y triticale (x *Tricosecale* Wittm.) como cultivos invernales en seis fechas de corte en primavera. *Actas de la XLIII Reunión Científica de la SEEP*, 261-266.

PIÑEIRO, J.; DÍAZ, N.; SANTOALLA, M.C.; SUÁREZ, R.; FERNÁNDEZ, J., 2004. Variedades de guisante para forraje. Siembras de otoño. *Actas de la XLIV Reunión Científica de la SEEP*, 405-409.

SAS INSTITUTE, 2000. *SAS/Stat User's Guide*, v.8.1, SAS Institute Inc., Cary, NC (EEUU).

SUÁREZ, R.; DÍAZ, N.; PIÑEIRO, J.; SANTOALLA, C., 2002. Avena, centeno y triticale como tutores de guisante y veza en rotaciones forrajeras ecológicas. *Actas del V Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica*, 701-710.

## SUMMARY

### CHANGE IN THE NUTRITIVE VALUE OF FORAGE PEA VARIETIES ACCORDING TO HARVEST DATE

The aim of this work was to study the effects of genotype and harvest date on precocity and the productivity and nutritive value of twenty varieties of peas (*Pisum sativum* L.) sown in winter (year 2004) and fourteen varieties sown in autumn (year 2004/2005). The existing differences between varieties for the parameters studied showed the importance of its election. The late blooming varieties had a higher production and lower values of crude protein and digestibility. Two weeks after blooming, harvest delay increased soluble carbohydrates content, dry matter and digestible organic matter production, but decreased crude protein.

**Key words:** forage legume, precocity, production, protein.





## TERCER AÑO DE ESTUDIO DE UNA NUEVA METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE VARIEDADES DE MAÍZ FORRAJERO

M.J. BANDE<sup>1,2</sup>, J. FERNÁNDEZ-PAZ<sup>1</sup>, J. PIÑEIRO<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM), Instituto Gallego de Calidad Alimentaria (INGACAL). Apartado 10. E-15080 A Coruña. <sup>2</sup>Departamento de Producción Vegetal. Universidad de Santiago de Compostela. Campus Universitario s/n. E-27002 Lugo. [mariabande@ciam.es](mailto:mariabande@ciam.es)

### RESUMEN

En Galicia la metodología utilizada para la evaluación de variedades de maíz forrajero, obliga a cosechar cada variedad en el momento en que la 'línea de leche' está a 1/3-1/2 del ápice del grano. Con el objetivo de simplificarla se ha establecido un ensayo en Mesía (A Coruña) en junio de 2008 para complementar la información conseguida en 2006 y 2007 en la misma localidad. Se compararon las ecuaciones de evolución del contenido en materia seca (CMS) y de producción de materia orgánica digestible (MOD) obtenidas en los tres años, utilizando como variable independiente los días transcurridos desde la siembra, (DTDS) ya que en 2007 se concluyó que era mejor que la integral térmica para ajustar las ecuaciones de evolución del contenido en materia seca y de producción de materia orgánica digestible. Se concluyó que los datos de 2008 no se pueden utilizar para la elaboración de las ecuaciones de evolución del CMS y de la producción MOD, en función de los DTDS, porque la gran mayoría están fuera del rango 30-35% de CMS, debido a las condiciones climáticas atípicas de 2008, con exceso de lluvia en mayo, que obligaron a siembras muy tardías, bajas temperaturas de julio a noviembre, y exceso de lluvias en octubre y noviembre.

**Palabras clave:** *Zea mays*, valor agronómico, rendimiento del cultivo.

### INTRODUCCIÓN

En el año 1999 surgió una red de evaluación de variedades de maíz forrajero en Galicia, con el objetivo de conocer el valor agronómico de las variedades comerciales introducidas o con perspectivas de introducirse en el mercado gallego. La red consta de cuatro ensayos localizados en: 1) Ribadeo (Lugo), 2) Sarria (Lugo), 3) Silleda (Pontevedra) y Mesía (A Coruña). La metodología de evaluación que se utiliza obliga a una recogida escalonada de las distintas variedades, ya que cada una se cosecha cuando la 'línea de leche del grano está a 1/3-1/2 del ápice', lo que supone una alta demanda en mano de obra por tener que desplazarse a los campos dos-tres veces por semana durante seis semanas para cubrir la gama de precocidades de cada uno de los ensayos.

Se inició en el año 2006 un programa experimental para poner a punto una metodología que permita simplificar el método de evaluación y reducir las fechas de corte a un máximo de dos en cada localidad; con ello se pretende conseguir ecuaciones de los distintos parámetros de producción en función del tiempo, entorno a la cosecha, que permitan corregir los valores obtenidos en el corte, por estimación de los que se alcanzarían en el momento óptimo. El ensayo de 2006 que se estableció en Mesía consistió en la recolección escalonada en siete fechas, a intervalos de 10 días, de las variedades 'Magellán', más precoz, y 'Conca', más tardía (Caruncho *et al.*, 2007). Los datos permitieron ajustar ecuaciones de evolución del contenido (%) en materia seca (CMS) y de la producción (t/ha) de materia orgánica digestible (MOD), en función de los días transcurridos desde una fecha determinada, consiguiéndose índices muy altos de ajuste. Ello permitió concluir que una vez conocido el contenido en materia seca de una variedad en el momento del corte, es posible estimar con bastante precisión la fecha en que alcanzaría el valor establecido como óptimo para realizar el corte para ensilar, y que, conocida esta fecha, es también posible corregir con bastante precisión la producción de materia orgánica digestible obtenida en el momento del corte para llevarla al valor que tendría en el momento óptimo previsto para el corte de silo. El proceso de corrección sería el siguiente: 1) determinar el contenido en materia seca en el momento de corte de una determinada variedad, 2) calcular el día en que esa variedad alcanzaría el contenido que se establezca como óptimo para la recolección, 3) calcular la producción de MOD cosechada, y 4) corregir esta cifra teniendo en cuenta la ecuación de evolución de la producción de MOD, para llevarla al día calculado en el segundo punto del proceso. En el trabajo mencionado se comentaba también que los resultados eran prometedores, a la espera de lo que ocurriese en otros años y en otras localidades (Caruncho *et al.*, 2007).

En el ensayo de 2007, realizado también en Mesía, se vio que para ajustar ecuaciones de evolución del contenido en materia seca y de producción de materia orgánica digestible es mejor utilizar como variable independiente los 'días transcurridos desde la siembra' que la 'integral térmica'; y también se observó que pese a ser 2007 un año climáticamente muy distinto de 2006, hubo un cierto paralelismo entre las ecuaciones ajustadas para ambos años, lo que permitía prever una buena integración de los datos disponibles con los que pudiesen obtenerse en el futuro (Sousa-Martínez *et al.*, 2008).

A la vista de los resultados anteriores se sembró un nuevo ensayo en 2008 en la localidad de Mesía para el que se usaron las variedades 'Es Paroli', más precoz, y 'Conca', más tardía. En este trabajo se analizan solamente los resultados de CMS y MOD de la variedad 'Conca', porque es la única sembrada en los tres años experimentales: 2006, 2007 y 2008. En 2006 se sembró 'Magellán' como variedad más precoz, que ha sido sustituida en 2007 y 2008 por 'Es Paroli', por haber sido retirada del mercado por el obtentor.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se localizó en Xanceda (Mesía), en el interior de la provincia de A Coruña, a 360 m de altitud, sobre un suelo profundo, fértil, desarrollado sobre esquistos de Ordes. Los resultados del análisis de suelo previo al abonado del ensayo fueron: pH (H<sub>2</sub>O) 5,47, P (Olsen, extraído en CO<sub>3</sub>HNa) 35 mg l<sup>-1</sup>, K (extraído en NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) 261 mg l<sup>-1</sup>, saturación por aluminio del complejo de intercambio catiónico 0,8 (Al CIC<sup>-1</sup>).

En la fase de preparación del suelo se encaló con 3000 kg ha<sup>-1</sup> de caliza molida y se abonó con 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 250 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O y 150 kg ha<sup>-1</sup> de N. El abonado se complementó en cobertera con 50 kg ha<sup>-1</sup> de N. Asimismo, se aplicaron antes de la siembra 40 kg ha<sup>-1</sup> de un insecticida comercial con una riqueza del 5% en clorpirifos y 3,75 L ha<sup>-1</sup> de un herbicida comercial con una riqueza (peso/volumen) del 45 % en acetocloro y del 21,4 % en terbutilazina.

Al igual que los dos años anteriores (2006 y 2007), el diseño experimental fue en parcelas divididas con 3 repeticiones, con un total de 14 tratamientos (2 variedades x 7 fechas de corte). Se asignó la variedad a la parcela principal y la fecha de corte a la subparcela, de 1,8 m x 6,5 m, que consistía en tres líneas de 6,5 m de longitud separadas 60 cm. La densidad inicial de siembra fue 180 000 plantas ha<sup>-1</sup>. Al final y principio de cada parcela principal se estableció una subparcela extra de las mismas dimensiones, que sirvió de borde. La siembra se realizó el 11/06/2008, excesivamente tardía con respecto a las fechas habituales de siembra de la zona, debido a la presencia de lluvias abundantes (Tabla 2) y frecuentes en el mes de mayo. Se efectuó un aclareo cuando las plantas tenían 4-5 hojas para dejar una densidad final de 90 000 plantas ha<sup>-1</sup>. Las variedades usadas fueron 'Es Paroli', más precoz, y 'Conca', más tardía. En esta comunicación se analizan los datos de 'Conca' para poder compararlos con los años 2006 y 2007. La recolección de cada variedad se escalonó en siete fechas distintas con intervalos previstos de 10 días entre fechas consecutivas que, en realidad variaron entre 9 y 11 días, para evitar recoger en sábado o domingo. La primera fecha de recolección de cada variedad se hizo 25 días después de haberse producido la floración femenina, que tuvo lugar el 30/08/08 para 'Conca', 14 días más tarde que en 2007, a causa del retraso en la siembra, y 36 días más tarde que en 2006, debido también al retraso en la siembra y a las menores temperaturas de junio y julio en 2008 (Tablas 1 y 2). La recolección escalonada de 'Conca' se realizó en las fechas siguientes de 2008: 26/09, 06/10, 16/10, 27/10, 05/11, 14/11 y 25/11, que significa un retraso de 16 días con respecto las de 2007 y 36 días con respecto las de 2006.

**Tabla 1. Fechas de siembra de la variedad 'Conca' en 2006, 2007 y 2008, fecha de la floración femenina (FF) y días transcurridos entre siembra (S) y FF.**

	Fecha siembra	Fecha FF	Días S-FF
2006	16-mayo-06	25-julio-06	70
2007	22-mayo-07	16-agosto-07	86
2008	11-junio-08	30-agosto-08	80

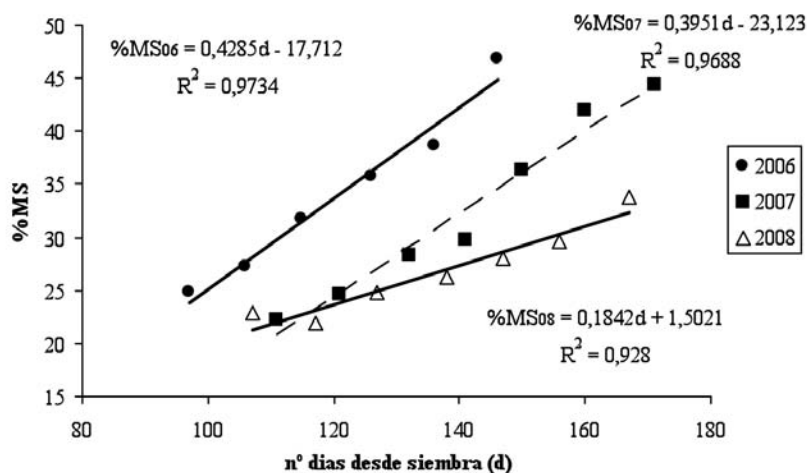
La producción se midió mediante el corte de la línea central de cada parcela a unos 20 cm de altura, y se pesó su producción en verde en el campo, inmediatamente después del corte. Posteriormente se tomaron 10 plantas al azar de esa línea central, se separaron las mazorcas y se pesaron por separado en dos fracciones 1) paja, que comprende penacho, tallo, hojas y espigas y 2) mazorca, que incluye grano y zuro. Después de pesadas, se picaron por separado en una trituradora "Viking". Del material picado se tomó una muestra de algo más de un kilogramo, que se transportó a laboratorio en bolsa de plástico herméticamente cerrada. En el laboratorio se determinó el contenido en materia seca por desecación de 500 g de paja y de 1000 g de mazorca

en estufa de aire forzado “Unitherm” durante 18 h a 80 °C. Posteriormente, se molieron en molino “Christy and Norris” con tamiz de un mm. El contenido en materia orgánica y cenizas se determinó por combustión a 475 °C. La digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica de las fracciones mazorca y paja se determinó mediante NIRS en un espectrofotómetro NIRSystem 6500. Finalmente se refirieron estos valores a planta entera.

**Tabla 2. Temperatura media mensual (°C) y lluvia mensual (mm) durante el período de cultivo del maíz en 2006, 2007 y 2008, en Mesía (Xanceda).**

	Año	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Temperatura	2006	12,7	16,3	18,4	18,1	16,2	14,3	11,3
	2007	11,5	14,0	15,6	16,0	15,4	12,6	8,6
	2008	11,4	14,6	15,6	15,9	14,4	11,6	7,4
Lluvia	2006	32,5	38,9	6,6	0,8	102,4	331,2	303,6
	2007	101,0	79,6	48,4	58,2	19,0	7,8	52,0
	2008	155,3	34,6	43,9	57,0	57,1	122,6	218,9

Al igual que en 2006 y 2007, se realizaron ajustes lineales y cuadráticos de los contenidos en materia seca y producción de materia orgánica digestible, respectivamente, obtenidos en los siete cortes, en función de los días transcurridos desde la siembra (d) (Figura 1).



**Figura 1. Evolución del contenido en materia seca en 2006 (%MS<sub>06</sub>), 2007 (%MS<sub>07</sub>) y 2008 (%MS<sub>08</sub>), en función de los días transcurridos desde la siembra (d).**

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta comunicación se comparan los resultados para 2006, 2007 y 2008 de la variedad ‘Conca’, sobre contenido (%) en materia seca (CMS) de la planta entera y producción (t ha<sup>-1</sup>) de materia orgánica digestible (MOD).

### Evolución del contenido en materia seca

Se pone énfasis en la evolución del contenido en materia seca de la planta entera como se comentó para 2006 (Caruncho *et al.*, 2007), porque suele estar muy relacionado con el estado de madurez del grano, definido por la situación de la ‘línea de leche’ (Wiersma *et al.*, 1993), y porque algunos autores indican que el momento óptimo para la recogida del maíz forrajero es cuando la planta alcanza un contenido en materia seca entre el 30 y el 35% (Moreno-González y García-González, 1982) o del 33,5-35,9% según Flores *et al.* (2004). De hecho, la situación de la ‘línea de leche’ es un buen predictor del CMS de la planta entera (Wiersma *et al.*, 1993), por lo que se utiliza como criterio para establecer el momento óptimo de recolección para ensilar. Teniendo esto en cuenta, el criterio para corregir los datos de cosecha se basaría en el CMS de la planta en el momento del corte y el que se establezca como óptimo para hacer el ensilado.

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de la recta ajustada a los datos del CMS, con respecto a los días transcurridos desde la siembra, es 0,93, algo inferior a los conseguidos en 2006 y 2007 (Figura 1). Las diferencias principales con respecto a 2006 y 2007 son: 1) La pendiente de la recta es claramente inferior a las de 2006 y 2007, que eran casi paralelas; y 2) Los valores del CMS son inferiores al 30%, en las seis primeras parcelas, cosechadas entre el 26/09 y el 11/11, y no se alcanzó el 35 % ni en la recogida más tardía (25/11). Estos valores tan bajos se atribuyen al alargamiento del ciclo de cultivo originado por el retraso en la siembra, las bajas temperaturas habidas de junio a noviembre y las lluvias abundantes en octubre y noviembre, meses en los que se recogieron seis de los siete tratamientos del ensayo.

### Evolución de la producción de materia orgánica digestible

Se ha escogido esta variable porque como se comentó para 2006 (Caruncho *et al.*, 2007), integra la producción de materia seca y la digestibilidad de la materia orgánica, siendo en este momento la variable que se estima más importante para elegir una

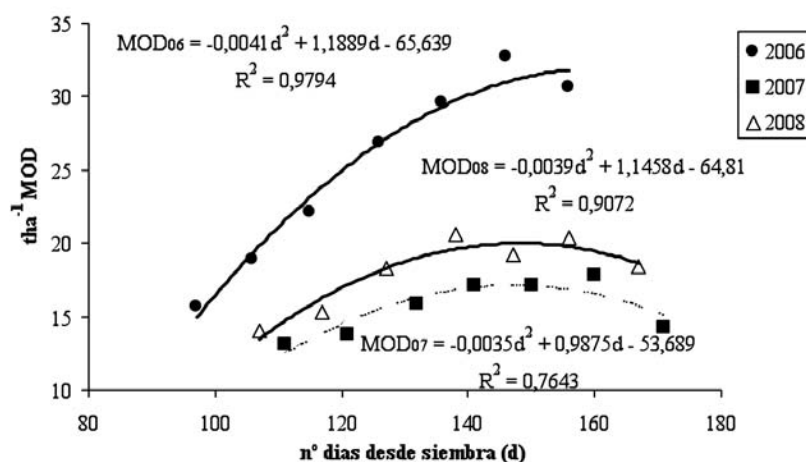


Figura 2. Evolución de la producción de materia orgánica digestible en 2006, 2007 y 2008, en función de los días transcurridos desde la siembra (d).

variedad después de haber decidido el grupo de precocidad a sembrar. En ella se basa el cálculo del Índice Productivo (IP) que se publica en el díptico que se distribuye en Galicia (CMR, 2009).

La variación de la producción de MOD se ajustó bastante bien a las ecuaciones de segundo grado, siendo el ajuste de 2008 ( $R^2 = 0,91$ ) intermedio entre 2006 ( $R^2 = 0,97$ ) y 2007 ( $R^2 = 0,81$ ). La curva de ajuste muestra un gran paralelismo con la de 2007 y un cierto paralelismo con la de 2006 en la fase ascendente, similar al de la de 2007, como ya se comentó en la publicación correspondiente a este año (Sousa-Martínez *et al.*, 2008). En todo caso, el CMS todas las producciones de 2008 ha sido inferior al 30 %, a excepción de la correspondiente a la fecha de recolección más tardía. Esto hace que los ajustes de 2008, tanto sobre CMS como sobre MOD, no sean utilizables para la elaboración de unas ecuaciones definitivas, que integren todos los datos de los distintos años porque están fuera del rango establecido de CMS entre 30 y 35%.

## CONCLUSIONES

La información analizada permite concluir que los datos de 2008 no se pueden utilizar para la elaboración de las ecuaciones de evolución del contenido en materia seca y de la producción de materia orgánica digestible, en función de los días transcurridos desde la siembra, porque la gran mayoría están fuera del rango de CMS entre 30 y 35%.

## AGRADECIMIENTOS

Las actividades han sido financiadas por el proyecto nº PGIDIT06RAG50401PR del Plan Gallego de Investigación Desarrollo e Innovación Tecnológica. Se agradece, asimismo, la ayuda de D. Benigno Tubío y del personal de campo y laboratorio del CIAM.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARUNCHO-PICOS, L.; BANDE-CASTRO, M.J.; FERNÁNDEZ-PAZ, J.; PIÑEIRO-ANDIÓN, J., 2007. Producción y calidad del maíz forrajero en el entorno del momento del ensilado. En: *Los sistemas forrajeros: entre la producción y el paisaje*, 181-187. Ed. M. Pinto; A. Aldeazabal; A. Aizpurua; I. Albizu; A. Barredo; S. Mendarte, R. Ruiz. NEIKER. Vitoria-Gasteiz (España).
- CMR (Consellería do Medio Rural), 2009. *Valor agronómico de variedades comerciales de millo forraxeiro en Galicia (Período 1999-2008). Actualización 2009*. Díptico. Consellería do Medio Rural. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela (España).
- FLORES, G.; GONZÁLEZ-ARRAEZ, A.; CASTRO, P.; VALLADARES, J.; CARDELLE, M.; FERNÁNDEZ-LORENZO, B.; DÍAZ-VILLAMIL, L., 2004. Efecto de la fecha de recolección sobre la calidad y rendimiento de la planta de maíz forrajero en Galicia. En: *Pastos y Ganadería Extensiva*, 297-302. Ed. B. García Criado; A. García Ciudad; B. Vázquez de Aldana; I. Zabalgoceazcoa. Salamanca (España).
- MORENO-GONZÁLEZ J.; GARCÍA-GONZÁLEZ J.J., 1982. *Cultivo del maíz en las zonas húmedas de España*. Hojas divulgadoras. Nº 6/82. MAPA, 20. Madrid (España).

- SOUSA-MARTINEZ, M.J.; CARUNCHO-PICOS, L.; BANDE-CASTRO, M.J.; FERNÁNDEZ-PAZ, J.; PIÑEIRO-ANDIÓN, J. 2008. Hacia una nueva metodología para la evaluación de variedades de maíz forrajero. En: *Pastos, clave en la gestión de los territorios: Integrando disciplinas*, 239-245. Ed. P. FERNÁNDEZ REBOLLO; A. GÓMEZ CABRERA; J. E. GUERRERO GINEL; A. GARRIDO VARO; C. CALZADO MARTÍNEZ; A.M. GARCÍA MORENO; M. D. CARBONERO MUÑOZ; A. BLÁZQUEZ CARRASCO; S. ESCUÍN ROYO; S. CASTILLO CARRIÓN. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Córdoba (España).
- WIERSMA, D.W.; CARTER, P.R.; ALBRECHT, K.A.; COORS, J.G., 1993. Kernel milkline stage and corn forage yield, quality and dry matter content. *Journal of Production Agriculture*, **6(1)**, 23-24 y 94-99.

## SUMMARY

### THE THIRD YEAR STUDY OF A NEW METHODOLOGY TO TEST FORAGE MAIZE VARIETIES

In the methodology used in Galicia (NW Spain) to evaluate forage maize varieties, each variety has to be harvested when 'milk line' is at 1/3-1/2 from the grain apex. In order to find a method to simplify it a trial was established at Mesía (A Coruña) to complement the information achieved in 2006 and 2007 in the same site. Curves fitted to dry matter content (DMC) and digestible organic matter yield (DOM) for the three years, taking as independent variable the days after sowing (DAS), were compared. It was concluded that 2008 data are not of use to elaborate integrated fitted curves because most of the DMC contents were out of the range 30-35%, due to the atypical 2008 climatic year.

**Key words:** *Zea mays*, agronomic value, yield performance.





## EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA / RESISTENCIA A LA SEQUÍA ESTIVAL TEMPRANA DE CULTIVARES DE MAÍZ FORRAJERO DURANTE SU CRECIMIENTO TEMPRANO

L. ÁLVAREZ<sup>1</sup>, A. MARTÍNEZ-MARTÍNEZ<sup>1</sup>, B. DE LA ROZA<sup>1</sup>, N. PEDROL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Área de Nutrición Animal, Pastos y Forrajes. SERIDA. 33300 – Villaviciosa (Asturias).

<sup>2</sup>Dpto Biología Vegetal e Ciencia del Suelo. Universidade de Vigo. 36310 – Vigo. lorena@serida.org

### RESUMEN

La producción de maíz en la Cornisa Cantábrica se ha visto comprometida debido a la ocurrencia de episodios de sequía estival que afectan al cultivo en su fase más crítica (germinación y crecimiento temprano). El objetivo de este trabajo ha sido la identificación de parámetros agronómicos y ecofisiológicos susceptibles de ser modificados en plántulas de maíz sometidas a condiciones de estrés. Dado que la modificación de unos u otros determina la estrategia de tolerancia/resistencia al estrés de los cultivares, éstos podrían ser utilizados como herramienta para incrementar los criterios de elección del cultivar a sembrar. Se eligieron 13 cultivares de maíz, que se sometieron a bioensayos comparativos de estrés hídrico a niveles leve, moderado y severo para evaluar su desarrollo temprano midiendo diferentes parámetros agronómicos y ecofisiológicos. Los resultados arrojaron diferencias significativas entre cultivares para todos los parámetros medidos excepto biomasa aérea. Además, se revelaron tres tipos de estrategias adaptativas frente a estrés hídrico temprano.

**Palabras clave:** estrés hídrico, crecimiento temprano, *Zea mays* L.

### INTRODUCCIÓN

La actividad ganadera tiene gran peso en la producción final agraria de Asturias, alcanzando el 86% de la misma (SADEI, 2006). En este ámbito, las particulares características climatológicas determinan una muy buena aptitud para la producción de forrajes, siendo el maíz clave debido a su elevada producción y valor energético.

La productividad final de un cultivo depende en gran medida de una germinación rápida y uniforme y un crecimiento inicial vigoroso, lo que está regulado principalmente por la disponibilidad de agua (Bradford, 1995; Lüttge, 2008). En los últimos años la producción de maíz en la Cornisa Cantábrica se ha visto amenazada por la incidencia de la sequía estival sobre la fase más temprana del cultivo (Álvarez-Iglesias *et al*, 2008). Esto puede repercutir en graves caídas en la producción final, ya que al carecer

la plántula de raíces desarrolladas es más vulnerable al déficit hídrico pues su acceso al agua del suelo se ve limitado (Lüttge, 2008). Aún así, las plántulas son capaces de responder a episodios de estrés hídrico modificando parámetros agronómicos y/o ecofisiológicos, que determinarán distintas estrategias de tolerancia/resistencia al estrés (Lambers *et al.*, 1998; Reigosa *et al.*, 2003).

En el SERIDA ya se ha probado con éxito la adecuación de ciertos parámetros para evaluar la tolerancia/resistencia al estrés hídrico de cultivares de maíz forrajero en el momento de la germinación (Álvarez-Iglesias *et al.*, 2008). El objetivo de este trabajo es comprobar la validez de los parámetros aquí descritos en bioensayos en condiciones controladas sobre plántulas, para evaluar la tolerancia/resistencia a la sequía estival temprana de cultivares de maíz forrajero en este estadio, a efectos de recomendación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Varietades de maíz forrajero evaluadas

Se eligieron 13 cultivares de ciclos corto ('Attribute', 'Surprise', 'Adnet', 'DK 287'), medio ('Mas 33 A', 'Surtep', 'Pollen', 'Anjou 387', 'DKC 3745', 'Opti') y largo ('Orense', 'Juxxin', 'Es Paolis') de los más utilizados en Asturias, habiéndose evaluado su valor agronómico mediante ensayos de campo (Martínez *et al.*, 2006).

### Diseño experimental y parámetros

Los bioensayos se realizaron en invernadero (temperatura mín  $\geq 10^{\circ}\text{C}$ , máx  $\leq 38^{\circ}\text{C}$ ; humedad relativa mín  $\geq 30\%$ , máx  $\leq 80\%$ ). Las semillas fueron sembradas en alveolos con perlita:vermiculita 2:1 y regadas con solución Hoagland y Arnon (1938) pH 6 diluida  $\frac{1}{2}$  hasta que alcanzaron el estadio V3 (3 hojas expandidas por completo). Entonces se ensayaron, durante 72 horas, tres regímenes hídricos: (i) déficit hídrico leve, (ii) moderado y (iii) severo, con un control equivalente a capacidad de campo. Estas condiciones se simularon incluyendo polietilenglicol de peso molecular 6000 (PEG 6000) en la solución de riego a las concentraciones: (i)  $150\text{ gL}^{-1}$  (potencial osmótico  $\psi_0 = -0,35\text{ MPa}$ ), (ii)  $200\text{ gL}^{-1}$  ( $\psi_0 = -0,5\text{ MPa}$ ) y (iii)  $300\text{ gL}^{-1}$  ( $\psi_0 = -1\text{ MPa}$ ).

Para evaluar la tolerancia/resistencia al estrés hídrico se realizaron medidas de varios parámetros, todos ellos sobre la última hoja completamente expandida (la tercera) y en al menos tres repeticiones por cultivar y tratamiento:

*Parámetros biométricos clásicos:* longitud y altura (cm), biomasa radicular y aérea (g materia seca), relación peso seco/peso fresco de las partes radicular y aérea, área foliar ( $\text{cm}^2$ ), y densidad de tejidos o área foliar específica (SLA, en  $\text{m}^2\text{kg}^{-1}$  materia seca).

*Parámetros ecofisiológicos:* se analizó: (i) la concentración foliar de proteínas solubles según el protocolo de Pedrol y Ramos (2001) sobre la técnica espectrofotométrica clásica de Bradford (1976); (ii) Contenido hídrico relativo (RWC) como  $[(\text{peso fresco} - \text{peso seco})/(\text{peso turgente} - \text{peso seco})] \times 100$ ; y (iii) tasa fotosintética neta (TFN,  $\mu\text{mol CO}_2\text{ m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ ), tras 0, 24, 48 y 72 horas de tratamiento, registrando simultáneamente otras variables ambientales que influyen potencialmente en la medida: temperatura foliar, temperatura y HR del aire, concentración interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ), radiación fotosintéticamente activa (PAR), etc.

## Análisis de los datos

Los efectos de los niveles de PEG sobre los parámetros medidos se estudiaron mediante análisis de la varianza (ANOVA); además, se comprobó la relación de dichos efectos con la concentración de PEG por correlación de Pearson. Los valores de TFN se sometieron a análisis de covarianza, con las medidas ambientales como covariables. Tras eliminar los efectos de las covariables significativas, los datos corregidos se analizaron igual que el resto. El paquete estadístico utilizado fue el SPSS v. 11.5. (SPSS, 2002).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Excepto la biomasa aérea, y a pesar de la corta exposición al estrés, todos los parámetros resultaron afectados de forma altamente significativa por el tratamiento con PEG, mostrando, además, diferencias entre cultivares (Tabla 1). Pero, como revela la significación de las interacciones, los tratamientos afectaron de forma distinta a los cultivares ensayados, lo que avala el *valor diagnóstico de los parámetros elegidos* para diferenciar los cultivares respecto a su respuesta adaptativa a la sequía temprana.

**Tabla 1. Efectos del cultivar, tratamiento, y de sus interacciones, sobre parámetros ecofisiológicos en plántulas de 13 cultivares de maíz tratados con PEG 6000.**

	Cultivar	Tratamiento	Cultivar * Tratamiento
Biomasa aérea (g ms)	*	NS	**
Biomasa radical (g ms)	***	***	***
ps/pf biomasa aérea	***	***	***
ps/pf biomasa radicular	***	***	***
Altura planta (cm)	***	***	***
Long. raíz (cm)	***	***	***
Área foliar (cm <sup>2</sup> )	***	***	***
SLA (m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> ms)	***	***	***
RWC	***	***	***
[Prots] mg g <sup>-1</sup> ps	***	***	***

Los asteriscos indican el nivel de significación de los efectos de cada variable: \*\*\*  $p < 0,001$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$ ; NS  $p > 0,05$ .

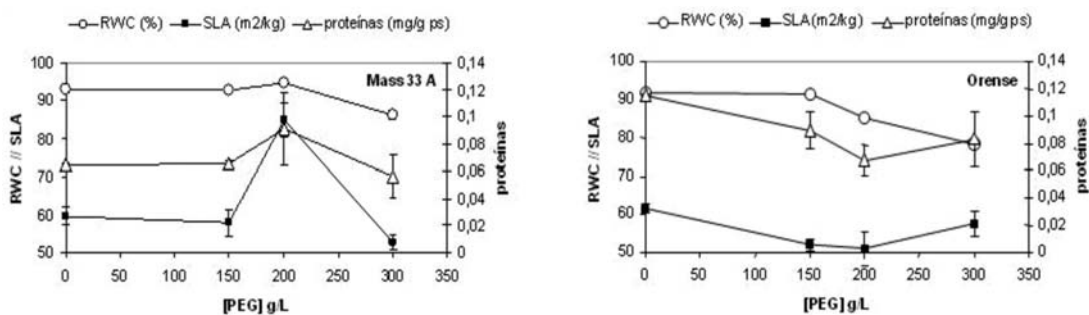
En la Tabla 2 se resumen los efectos del tratamiento sobre cada cultivar y la correlación de estos efectos con la concentración de PEG 6000. Se observaron efectos similares en todos los cultivares sobre la altura y biomasa aérea (en general no afectadas por el tratamiento) y sobre la biomasa radical y materia seca de la biomasa aérea y radical, presentando todos ellos valores crecientes frente al aumento de estrés hídrico.

En condiciones de déficit de agua, la acumulación de biomasa en raíces es una respuesta típica de los cultivos (e.g., Mohammadkhani y Heidari, 2008 en maíz). Puesto que una de las respuestas más inmediatas al estrés hídrico es la pérdida de turgencia celular, lo que a su vez afecta a su división y expansión (Kramer, 1974), la biomasa suministrada por la fotosíntesis que no puede ser utilizada para crecimiento

foliar se almacena en las raíces. Además, la pérdida de turgencia conlleva acumulación de solutos y, por tanto, un aumento de materia seca en tallos y raíces (ps/pf).

Los cultivares cuyo crecimiento radical no se ve inhibido por el estrés ( $p > 0,05$ ) tendrían una ventaja adaptativa con respecto a los demás, pues en el campo podrían continuar explorando nuevas fuentes de agua del suelo en condiciones de sequía (Lüttge, 2008). Sin embargo, esta respuesta no puede estudiarse aislada y de ahí la importancia de la medida de otros parámetros para dilucidar su valor adaptativo real.

Con estos resultados, surgen dos estrategias que agrupan cultivares distintos. Por un lado, 'Mas 33 A', 'Anjou 387', 'Opti' y 'Surprise' desarrollan una respuesta al estrés hídrico del tipo que se describe en la Figura 1 para 'Mas 33 A'. Estos cultivares



**Figura 1. Efectos de la concentración de PEG 6000 sobre parámetros ecofisiológicos medidos en plántulas dos cultivares de maíz. Las barras representan dos veces la desviación típica. RWC: contenido hídrico relativo; SLA: área foliar específica.**

presentan sensibilidad sólo bajo estrés hídrico severo; bajo estas condiciones pierden RWC, ralentizan el crecimiento (menor SLA) y diluyen su contenido proteico significativamente. Sin embargo, a niveles de estrés hídrico leves y moderados mantienen el RWC y pueden continuar el crecimiento de raíz y hoja (Tabla 2). Estos resultados son acordes con los obtenidos por otros autores (Mohammadkhani y Heidari, 2008). La acumulación de proteínas por efecto de estos niveles intermedios de estrés avala el valor adaptativo de la respuesta y define a estos cultivares como *potencialmente tolerantes a episodios de sequía temprana* leves y moderados.

Por otro lado, los cultivares 'Pollen', 'Surtep', 'Adnet', 'Anjou 387' y 'DK 287', siguen un patrón de respuesta del tipo 'Orense' (Figura 1), donde los parámetros de diagnóstico anteriores decrecen concomitantemente con el aumento de estrés, incluso leve o moderado, sin mostrar respuesta adaptativa alguna. En muchos de ellos se observa, paralelamente, inhibición del crecimiento radical con el aumento de estrés, observación que, conjuntamente con las anteriores, define a estos cultivares como *potencialmente sensibles a episodios de sequía temprana de cualquier intensidad*.

Un último cultivar, 'DKC 3745', muestra una estrategia adaptativa diferente. A pesar del descenso de RWC, es capaz de incrementar significativamente el área foliar (Tabla 2). Es un comportamiento ya descrito en gramíneas tolerantes a sequía, que contrarrestan el descenso de RWC de los tejidos foliares con engrosamiento de paredes celulares y ajuste osmótico por acumulación de metabolitos del estrés.

**Tabla 2. Análisis de varianza de los efectos del tratamiento de estrés hídrico, y correlaciones con la concentración de PEG 6000 en la solución de riego ([PEG] correl.) de parámetros ecofisiológicos medidos en plántulas de 13 cultivares de maíz. Los asteriscos indican el nivel de significación de los efectos del tratamiento (ANOVA), o de las correlaciones de Pearson positivas (+) o negativas (-) de cada parámetro con la concentración de PEG: \*\*\*  $p < 0,001$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$ ; NS  $p > 0,05$ .**

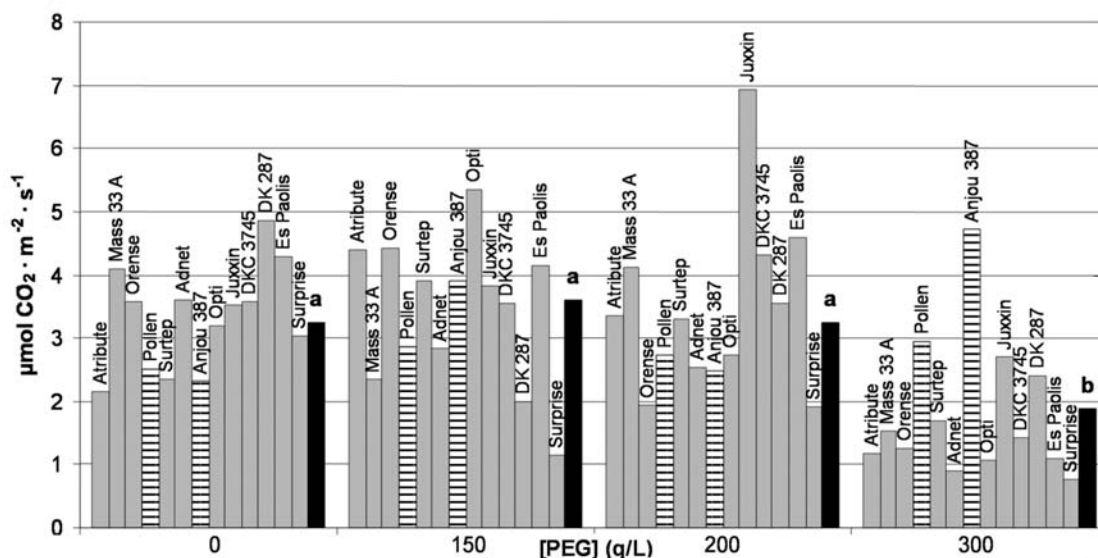
	Biomasa aérea	Biomasa radical	ps/pf aérea	ps/pf radical	Altura plántula	Longitud raíz	Área foliar	SLA	RWC	[Prots]	
<b>Atribute</b>	NS	***	***	***	NS	NS	**	**	*	**	ANOVA
	NS	***+	***+	***+	NS	NS	-	-	-	-	[PEG]correl.
<b>Mas 33 A</b>	NS	*	**	***	NS	NS	NS	***	***	*	ANOVA
	NS	**+	**+	***+	NS	NS	NS	NS	NS	NS	[PEG]correl.
<b>Orense</b>	**	*	**	***	***	***	*	**	***	*	ANOVA
	NS	**+	*+	***+	NS	NS	*-	*-	NS	NS	[PEG]correl.
<b>Pollen</b>	*	*	*	***	NS	**	*	*	***	*	ANOVA
	NS	*+	*+	***+	NS	NS	**-	*-	***-	**-	[PEG]correl.
<b>Surtep</b>	NS	**	***	***	NS	**	NS	***	***	NS	ANOVA
	NS	NS	**+	***+	NS	**-	NS	**-	***-	NS	[PEG]correl.
<b>Adnet</b>	NS	NS	**	***	***	NS	**	*	***	**	ANOVA
	NS	**+	**+	***+	*+	NS	NS	*-	***-	-	[PEG]correl.
<b>Anjou 387</b>	NS	**	**	***	NS	***	***	***	***	***	ANOVA
	NS	***+	***+	***+	NS	NS	NS	**-	***-	NS	[PEG]correl.
<b>Opti</b>	NS	NS	***	***	NS	*	**	***	***	**	ANOVA
	NS	*+	***+	***+	NS	*-	NS	**-	NS	NS	[PEG]correl.
<b>Juxxin</b>	-	-	-	-	-	-	NS	**	***	NS	ANOVA
	-	-	-	-	-	-	-	NS	***-	-	[PEG]correl.
<b>DKC 3745</b>	NS	NS	***	***	**	***	***	***	***	-	ANOVA
	NS	NS	*+	*+	**+	*-	**+	**+	***-	-	[PEG]correl.
<b>DK 287</b>	NS	***	**	***	***	NS	**	NS	NS	**	ANOVA
	NS	***+	***+	*+	NS	NS	**-	NS	*-	**-	[PEG]correl.
<b>Es Paolis</b>	***	**	***	***	**	***	*	*	***	NS	ANOVA
	**+	***+	**+	**+	*+	**-	NS	*-	**-	-	[PEG]correl.
<b>Surprise</b>	NS	NS	***	***	***	NS	**	NS	***	**	ANOVA
	NS	NS	***+	***+	NS	*-	*-	NS	**-	*-	[PEG]correl.

El análisis de los efectos del cultivar, tratamiento, tiempo de exposición y sus interacciones sobre la TFN global mostró significación entre cultivares según el tiempo de exposición al estrés hídrico, y en su interacción (tratamiento x tiempo); en cambio, no hubo efectos significativos debidos al tratamiento (Tabla 3).

**Tabla 3. Efectos de las variables independientes y sus interacciones sobre la tasa fotosintética neta en plántulas de 13 cultivares de maíz, tratadas con PEG 6000.**

Efecto	g.l.	p	sig.
cultivar	12	0,0235	*
tratamiento	3	0,4572	NS
tiempo	3	0,0000	***
cultivar x tratamiento	36	0,2358	NS
cultivar x tiempo	36	0,1248	NS
tratamiento x tiempo	9	0,0000	***
cultivar x tratamiento x tiempo	99	0,9999	NS

\* y \*\*\*: significativo al 0,05 y 0,001 %, respectivamente. NS: no significativo



Las barras negras representan la media total por tratamiento; los valores medios etiquetados con letras distintas son significativamente diferentes ( $p < 0,001$ ). Los cultivares representados con barras grises siguen la tendencia general del total. Los cultivares representados por barras rayadas presentan estimulación fotosintética con el estrés hídrico.

Efecto	g.l.	p	sig.
cultivar	12	0,2489	NS
tratamiento	3	0,0000	***
cultivar x tratamiento	36	0,1766	NS

**Figura 2. Variación de la tasa fotosintética neta en plántulas de 13 cultivares de maíz, tras 72 horas sometidas a distintas concentraciones de PEG 6000.**

Sólo a las 72 horas de tratamiento (Figura 2) los efectos del estrés fueron significativos en algunos cultivares, revelando una tendencia, significativa o no (estadísticos no mostrados) de descenso de TFN sólo bajo estrés hídrico severo. Sólo 'Pollen' y 'Anjou 387' mostraron estimulación fotosintética bajo estrés. Estos resultados demuestran, por un lado, que el proceso fotosintético puede no verse seriamente afectado por el estrés a corto plazo, y por otro, que los efectos del estrés sobre el intercambio de gases no pueden estudiarse de forma aislada con valor adaptativo, sino simultáneamente con otros parámetros fisiológicos. Además, el progreso de la función fotosintética explica el almacenamiento de productos de fotosíntesis no utilizables para expansión foliar como incremento de la relación ps y pf, respuesta generalizada en todos los cultivares.

## CONCLUSIONES

Este trabajo ha contribuido a validar los bioensayos de crecimiento con aplicación de distintas concentraciones de PEG como herramientas útiles para discernir cultivares tolerantes y sensibles al estrés hídrico en su fase de crecimiento temprano. Los parámetros medidos han permitido revelar diferentes estrategias adaptativas y discutir la naturaleza de su tolerancia/resistencia o sensibilidad a la sequía temprana.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a PCTI la financiación del proyecto (PC06-037), para la ejecución de este trabajo así como al personal técnico y de campo del SERIDA.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ-IGLESIAS, L.; MARTÍNEZ, A.; PEDROL, N., 2008. Evaluación de la tolerancia/resistencia a la sequía estival temprana en cultivares de maíz forrajero. *Actas de la XLVII Reunión Científica de la SEEP. Pastos, clave en la gestión de los territorios: integrando disciplinas*, 247-253. Ed. Junta de Andalucía (España).
- BRADFORD, K.J., 1995. Water relations in seed germination. En: *Seed Development and Germination*, 351-395. Eds. J. KIGEL, G. GALILI. Marcel Dekker. NY (USA).
- BRADFORD, M., 1976. A rapid sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem*, **72**, 248-254.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D.I., 1938. The water culture method for growing plants without soil. *Calif. Agr. Expt. Sta. Circ.*, **347**, 36-38.
- KRAMER, P.J., 1974. Fifty years of progress in water relations research. *Plant Physiol.*, **54**, 463-471.
- LAMBERS, H.; CHAPIN III, F.S.; PONS, T.L., 1998. *Plant Physiological Ecology*. Ed. Springer-Verlang. NY (USA).
- LÜTTGE, U., 2008. *Physiological Ecology of Tropical Plants*. Ed. Springer, 458 pp.
- MARTÍNEZ, A.; PEDROL, N.; ALPERI, J.; GONZÁLEZ, C., 2006. *Varietades de maíz. Actualización 2006*. SERIDA-Consejería Medio Rural y Pesca. Ppdo. Asturias, 16 pp.
- MOHAMMADKHANI, N.; HEIDARI, R., 2008. Effects of drought stress on soluble proteins in two maize varieties. *Turk. J. Biol.*, **32**, 23-30.



PEDROL, N.; RAMOS, P., 2001. Protein content quantification by Bradford method. En: *Handbook of Plant Ecophysiology Techniques*, 173-183. Ed. M.J. REIGOSA. Kluwer Ac. Pub. Dordrecht (Holanda).

REIGOSA, M.J.; PEDROL, N.; SÁNCHEZ-MOREIRAS, A. (eds), 2003. *La Ecofisiología Vegetal. Una Ciencia de Síntesis*. Ed. Thomson, 1193 pp. Madrid (España).

SAAB, I.; DAVID H.O. T.; SHARP, R., 1995. Translatable RNA populations associated with maintenance of primary root elongation and inhibition of mesocotyl elongation by abscisic acid in maize seedlings at low water potentials. *Plant Physiol.*, **109**, 593-601.

SADEI., 2006. *La Agricultura asturiana. Cuentas económicas 2005. Referencias estadísticas 2006*. Servicio de Publicaciones del Principado de Asturias SADEI, 281 pp.

SPSS, 2002. SPSS para windows, versión 11.5 SPSS Inc. 1989-2002.

## SUMMARY

### **ASSESSMENT OF TOLERANCE/RESISTANCE TO EARLY SUMMER DROUGHT OF FORAGE MAIZE CULTIVARS DURING EARLY GROWTH**

Maize production in Northwest Spain has been affected due to the onset of episodes of early summer drought that affects the crop during the most delicate stage: germination and seedling establishment. The aim of this work was to identify agronomic and physiological parameters susceptible of being modified by maize seedlings under stress conditions. Since the amendment of some other parameters is determinant in the strategy of tolerance / resistance of cultivars to stress, those may be used as a tool to increase the criteria for cultivar selection to sow. In this work, contrasted responses of cultivars to drought were evaluated using comparative water stress bioassays of slight, moderate and severe, on 13 commercial forage maize cultivars. Their early development was estimated by means of different agronomic and physiological parameters. Results show differences among cultivars for the described parameters (except aerial biomass), revealing three types of adaptive strategies.

**Key words:** water stress, seedlings, *Zea mays* L.

## MAÍZ PARA ENSILAR CULTIVADO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CONVENCIONAL O ECOLÓGICA

A. MARTÍNEZ-MARTÍNEZ<sup>1</sup>, N. PEDROL<sup>2</sup>, A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Área de Nutrición Animal, Pastos y Forrajes. SERIDA – Villaviciosa (Asturias).

<sup>2</sup>Dpto Biología Vegetal e Ciencia do Solo. Universidade de Vigo. anmartinez@serida.org

### RESUMEN

El trabajo se desarrolló en Grado (Asturias) en los años 2007 y 2008 con el objetivo de determinar las diferencias de producción, valor nutritivo y aporte energético del forraje del maíz para ensilar cultivado bajo dos sistemas de producción: convencional vs. ecológico.

Las parcelas cultivadas en manejo convencional frente a las que lo fueron en ecológico presentaron un 8,4% más de plantas por hectárea a la recogida, con plantas más altas (315 vs. 275 cm) y follaje menos senescente en relación con el estado de maduración de la mazorca (índice de verdor 8 puntos inferior). En contrapartida, tuvieron un menor porcentaje de mazorca en total del forraje cosechado para ensilar (44,7 vs. 58,7%). La producción de maíz fue mayor en el cultivo convencional (22,4 t MS ha<sup>-1</sup>) que en el ecológico (16,9 t MS ha<sup>-1</sup>), con menor nivel de presencia de malas hierbas, con 0,9 t MS ha<sup>-1</sup> para el primero y 6,8 t MS ha<sup>-1</sup> para el segundo. En este sentido, las parcelas más limpias de malas hierbas fueron aquéllas en las que el cultivo anterior fue la pradera de dos años de duración.

Los parámetros analizados de valor nutritivo sugieren más calidad del forraje conseguido en las parcelas manejadas en ecológico que en las que lo fueron en convencional.

**Palabras clave:** Parámetros agronómicos y morfológicos del cultivo, malas hierbas, valor nutritivo.

### INTRODUCCIÓN

Las producciones ganaderas ecológicas en las zonas húmedas de la Cornisa Cantábrica, a pesar de estar en continuo avance en cuanto a superficies ocupadas y número de explotaciones registradas (MAPA, 2008) no acaban de despegar como cabría esperar del potencial de producción de forrajes de estas zonas.

Una de las causas de esta situación son las dificultades de adaptación de los sistemas de producción convencionales manejados hasta la actualidad a los ecológicos, con normas restrictivas en cuanto al uso de fertilizantes y pesticidas de síntesis y que conlleva además nuevas fórmulas de trabajo en las explotaciones y de resolución de problemas en los cultivos, como los de la presencia de malas hierbas, los ataques

de las plagas y la escasa información local concluyente generada hasta el momento acerca de esta problemática.

Los ganaderos que apuestan por un cambio hacia un sistema de producción ecológico, muestran a menudo su preocupación por encontrar la forma de conseguir forrajes propios cuyo aporte energético sea suficiente para cubrir las necesidades nutritivas de los animales en periodos de fuerte demanda de los mismos, como son los máximos de lactación en vacas de leche o la fase de acabado en el cebo de terneros. Si bien en sistemas manejados convencionalmente está muy extendido el uso del maíz ensilado para estos periodos, su cultivo en sistemas ecológicos aún presenta algunos interrogantes, como los del efecto de la no utilización de los productos de síntesis, sobre la producción y valor nutritivo del forraje.

El objetivo del presente trabajo fue el determinar las diferencias de producción y valor nutritivo del forraje del maíz para ensilar cultivado bajo dos sistemas de producción: convencional vs. ecológico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en Grado, localidad del interior de Asturias (6° 03' 45" Oeste y 43° 22' 35" Norte), a 65 m de altitud, sobre suelos con textura franco arenosa y de buena fertilidad, en los veranos de 2007 y 2008, donde se registraron los parámetros de temperatura, pluviometría y evapotranspiración expuestos en la Tabla 1.

**Tabla 1. Temperatura media, precipitación y evapotranspiración mensuales durante el desarrollo del cultivo del maíz.**

	2007			2008		
	T	P	EVP	T	P	EVP
Mayo	14,6	84,9	70,0	14,7	233,7	55,2
Junio	17,6	60,2	64,6	17,1	59,2	58,4
Julio	18,5	70,8	87,7	18,6	44,2	71,7
Agosto	18,2	84,7	70,3	19,6	71,1	61,7
Septiembre	16,3	27,5	59,4	16,4	36,8	54,7
<b>Promedio</b>	<b>17,0</b>			<b>17,3</b>		
<b>Total</b>		<b>328,1</b>	<b>352,0</b>		<b>445,0</b>	<b>301,7</b>

**T:** Temperatura media (°C); **P:** Precipitación mensual (mm); **EVP:** Evapotranspiración mensual (mm)

En este trabajo se exponen los resultados concernientes al cultivo del maíz para ensilar (*Zea mays* L.) con dos sistemas de producción: convencional (MC) vs. ecológico (ME), obtenidos en el marco de un proyecto INIA (RTA 2006-0082-C02-00), donde se desarrollan distintas rotaciones completas de cultivos. Durante 2007 se implantó el maíz tras cultivos previos de corta duración: raigrás italiano alternativo (*Lolium multiflorum* Lam.) en el MC y abono verde compuesto por haboncillos (*Vicia faba* L.) en el ME sembrados ambos en el otoño anterior. Durante 2008, el maíz se implantó sobre pradera de dos años de duración compuesta por una mezcla de raigrás italiano no alternativo y trébol violeta (*Trifolium pratense* L.) en los dos sistemas de producción.

El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones, con parcelas elementales de 9 x 9 m (81 m<sup>2</sup>). Se sembraron 12 líneas separadas 0,75 m a una densidad de 97.000 semillas ha<sup>-1</sup> el 8/5/07 con el cultivar “Pollen” y el 20/6/08 con el cultivar “LG 3276”.

El abonado en las parcelas de MC consistió en el aporte de 125 kg/ha de N, 150 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 250 de K<sub>2</sub>O en la preparación del terreno para la siembra y de 75 kg/ha de N en cobetera cuando las plantas de maíz tenían 40 cm de altura en base a los abonos nitrato amónico cálcico del 27%, superfosfato del 45% y cloruro de potasa del 60 %. En el ME se fertilizó con el máximo permitido por hectárea según lo establecido en las normas de la producción ecológica (Reglamento CE, 2008), aportando 30 t ha<sup>-1</sup> de estiércol (0,46% de N, 0,54% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 0,64% de K<sub>2</sub>O) enterrado con los restos del cultivo anterior.

Las labores de preparación del terreno para la siembra en MC fueron las de pase de rotovator una vez ensilado el cultivo invernal, arado, abonado y pase de rotovator. En ME se dieron dos pases de grada de discos para enterrar los restos del cultivo anterior y el estercolado y otros dos pases para desmenuzar la parte superior del lecho de siembra.

El control de malas hierbas se realizó con tratamiento de “alacloro y atrazina” en preemergencia en 2007 y “sulcotriona” en postemergencia de las plantas de maíz en 2008 en MC y con pases de grada-binadora en ME. En este último caso, mientras en el 2007 no se pudo dar ningún pase por haber ocurrido la invasión de malas hierbas de forma tardía y las plantas de maíz demasiado altas para permitir el paso de maquinaria sin causar daños en las mismas, en el 2008 se realizaron dos pases con las plantas en estado de cuatro y seis hojas desplegadas respectivamente.

El método de aprovechamiento consistió en la recogida de las líneas centrales de cada parcela elemental una vez retiradas las plantas de 0,5 m de borde al inicio y final de cada línea, cuando el grano de las cuatro repeticiones se encontraba en estado medio pastoso-vítreo (línea de leche situada entre 1/3 y 1/2 del ápice del grano). Los controles de campo realizados fueron el número de plantas y el peso verde de toda la parcela. Posteriormente se separaron 10 plantas al azar en cada parcela, en las que se determinó la altura de las plantas desde el suelo hasta el final del penacho, peso verde de las mazorcas y peso verde del follaje (tallos + hojas + espigas). Los controles se complementaron con el picado por separado de cada parte de la planta (follaje y mazorcas) para su secado en estufa de aire forzado a 60 °C durante 17 horas, el cálculo de los correspondientes contenidos en materia seca y el cálculo del índice de verdor como la relación entre el porcentaje de materia seca del follaje respecto al de la mazorca.

Para el análisis químico de las muestras (una por parcela), una vez mezclados el follaje y el grano proporcionalmente según los datos de pesos secos de cada una de las partes, se procedió a la molienda de la muestra a 0,75 mm. y determinación del 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). El control de malas hierbas se realizó cortando toda la vegetación presente en dos entrecalles de las líneas de maíz por parcela elemental, midiendo el peso verde y seco de la misma y anotando las especies con mayor presencia.

Los datos fueron tratados mediante el paquete estadístico SPSS, realizando un análisis de varianza en cada año para el factor sistema de producción y para los dos años un modelo de dos factores cruzados de efecto fijo: sistema de producción por año.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características productivas del cultivo (véase Tabla 2)

El número de plantas recogidas, a igual dosis de siembra, fue significativamente superior ( $p < 0,001$ ) en MC que en ME, con un 8,4 % de diferencia entre ambos. La preparación del suelo en el sistema convencional, a pesar de realizarse con aperos que pueden crear suelo de labor (arado y rotovator) frente a las labores más verticales de los aperos utilizados en el sistema ecológico (grada de discos), fue más fina en su capa superior, lo que facilitó la germinación de las semillas voluminosas como son las del maíz. Este aspecto quedó más de manifiesto en 2008 que en 2007 debido a que las condiciones de tempero del suelo fueron inferiores después de las cuantiosas lluvias primaverales de este año.

**Tabla 2. Características productivas del maíz cultivado con dos sistemas de producción: convencional vs ecológico.**

	Sistema de producción						Significaciones					
	Convencional			Ecológico			2007	2008		S	A	S x A
	2007	2008	Media	2007	2008	Media	S	S				
Nº Plantas (x1000)	87,9	96,4	92,2	82,6	85,0	83,8	NS	**	***	*	NS	
Altura Planta (cm)	302	327	315	278	271	275	NS	***	***	NS	NS	
Peso Verde (t/ha)	66,6	75,7	71,1	48,6	42,2	45,4	*	***	***	NS	*	
MS Follaje (%)	28,3	19,5	23,9	29,5	27,2	28,3	NS	**	***	***	**	
MS Mazorca (%)	57,1	52,4	54,8	58,7	52,1	55,4	*	NS	NS	***	NS	
Índice Verdor	49,5	37,2	43,3	50,3	52,4	51,3	NS	*	**	*	**	
Follaje seco (%) <sup>(1)</sup>	58,1	52,6	55,3	51,2	51,5	51,3	***	NS	**	*	*	
Mazorca seca (%) <sup>(1)</sup>	41,9	47,4	44,7	48,8	48,5	48,7	***	NS	**	*	*	
Peso Seco (t/ha)	23,9	21,0	22,4	18,9	14,8	16,9	+	***	***	*	NS	
Malas hierbas (t /ha)	1,6	0,2	0,9	9,4	4,3	6,8	***	**	***	***	*	
Biomasa Total (t/ha)	25,5	21,1	23,3	28,3	19,1	23,7	NS	+	NS	***	+	

+  $P < 0,1$ ; \*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$ ; NS no significativo. **MS**: Materia seca. <sup>(1)</sup> Porcentaje respecto al total del forraje cosechado; **S**: Sistema de manejo; **A**: Año

Las plantas del maíz cultivado convencionalmente resultaron más altas ( $p < 0,001$ ) que las del que lo fueron con el sistema ecológico (315 cm de las primeras frente a 275 cm de las segundas). Esta diferencia fue mucho más clara en el año 2008, con 56 cm entre ambos sistemas ( $p < 0,001$ ) que en el 2007 donde esta diferencia fue de 26 cm, no resultando además estadísticamente significativa ( $p > 0,05$ ).

El índice de verdor, proporciona información acerca del estado de senescencia del follaje respecto a la maduración de la mazorca al relacionar el porcentaje de MS de ambos. Este índice fue 8,0 puntos inferior ( $p < 0,01$ ) para MC que para ME en la media de los dos años. Si bien en 2007 las plantas presentaron un estado de senescencia

similar en el momento de la recogida, en 2008 las manejadas ecológicamente estaban mas envejecidas que las del sistema convencional ( $p < 0,05$ ), con presencia de hojas básales secas.

El porcentaje que representa la mazorca en el total del material para ensilar fue superior ( $p < 0,01$ ) en ME, con un 48,7 %, frente al 44,7 % obtenido en MC. Sin embargo nuevamente el análisis estadístico de los resultados mostró diferencias entre los dos años estudiados. Mientras que en 2007 estas diferencias sí fueron significativas ( $p < 0,001$ ), no lo fueron en 2008 ( $p > 0,05$ ). Los resultados en cuanto al porcentaje que representa el forraje en el total del material son complementarios a los de la mazorca y sus variaciones similares, pero en sentido contrario a las descritas para la mazorca.

La producción media de materia seca para los dos años estudiados en las parcelas en MC fue de 22,4 t MS ha<sup>-1</sup>, resultando 5,5 t MS ha<sup>-1</sup> superior ( $p < 0,001$ ) a la de las que lo fueron en ME (16,9 t MS ha<sup>-1</sup>). Estas diferencias fueron mas acusadas en 2008 (6,2 t MS ha<sup>-1</sup>;  $p < 0,001$ ) que en 2007 (5,0 t MS ha<sup>-1</sup>;  $p < 0,1$ ).

El nivel de presencia de malas hierbas, medido en t MS ha<sup>-1</sup> de las mismas, fue 7,5 veces superior ( $p < 0,001$ ) en el sistema ecológico que en el convencional (6,8 t MS ha<sup>-1</sup> en el primer caso y 0,9 en el segundo). Éste es uno de los aspectos señalados como crítico en el desarrollo del cultivo ecológico del maíz. Trabajos anteriores (Pedrol y Martínez, 2005) muestran el efecto del cultivo precedente sobre la presencia de malas hierbas en el maíz, señalando, en este sentido, las ventajas de las praderas pluri-anales frente a los cultivos anuales. En el presente estudio, la contribución de las malas hierbas en el ME también fue superior ( $p < 0,01$ ) cuando el cultivo previo al maíz fue de corta duración que cuando el maíz fue precedido de una pradera sembrada dos años antes (2008), a pesar de que en este año las persistentes lluvias de la primavera no permitieron sembrar el maíz inmediatamente después de las primeras labores de preparación del suelo, posibilitando una mayor proliferación de vegetación espontánea que si las plantas de maíz hubiesen estado desarrollándose desde el primer momento tras el levantamiento de la pradera. Las especies de vegetación espontánea con mayor presencia en las parcelas fueron en todos los casos: *Amaranthus retroflexus*, *Echinochloa crus-galli* y *Chenopodium album*.

Es curioso constatar que, si bien la producción total del maíz fue significativamente superior en el MC y la contribución de malas hierbas lo fue en el ME, la suma de ambos parámetros, o biomasa total cosechada, apenas presentó diferencias ( $p > 0,05$ ) entre ambos sistemas de manejo con 23,3 y 23,7 t MS ha<sup>-1</sup> para MC y ME respectivamente.

### Parámetros de valor nutritivo (véase Tabla 3)

Solo hubo influencia negativa del ME en el contenido en proteína bruta (PB), con un 7,8 % sobre materia seca en MC y un 6,0 % en ME ( $p < 0,001$ ), como efecto de la restricción del uso de fertilizantes de síntesis. El resto de parámetros analizados sugieren un valor nutritivo superior del forraje conseguido en las parcelas manejadas en ecológico que en las que lo fueron en convencional. Así la FND lo fue un 2,1 % inferior ( $p < 0,05$ ) y el ALM, Dvivo, EM y UFL/kg MS lo fueron un 5,1 %, 1,1 %, 0,3 MJ/kg MS y 0,02 UFL/kg MS superior respectivamente, resultando estas diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,001$ ) en todos los casos.

**Tabla 3: Valor nutritivo y aporte energético del maíz cultivado con dos sistemas de producción: convencional vs ecológico.**

	Sistema de producción						Significaciones					
	Convencional			Ecológico			2007	2008		S	A	S x A
	2007	2008	Media	2007	2008	Media	S	S				
Cenizas (% sms)	4,1	4,5	4,3	3,6	3,6	3,6	***	**	***	+	NS	
PB (% sms)	6,8	8,9	7,8	5,4	6,6	6,0	**	***	***	***	+	
FND (% sms)	47,2	46,3	46,7	44,4	44,9	44,6	*	NS	*	NS	NS	
ALM (% sms)	24,4	24,2	24,3	30,9	27,8	29,4	***	**	***	*	*	
Dvivo (% sms)	73,5	73,4	73,5	74,6	74,7	74,6	*	*	***	NS	NS	
EM (MJ/kg MS)	11,3	11,2	11,2	11,5	11,5	11,5	**	**	***	NS	NS	
UFL/kg MS	0,93	0,93	0,93	0,95	0,96	0,95	**	*	***	NS	NS	

+  $P < 0,1$ ; \*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$ ; NS no significativo. **MS**: Materia seca. **PB**: Proteína bruta. **FND**: Fibra neutro detergente. **ALM**: Almidón. **Dvivo**: Digestibilidad in vivo predicha. **EM**: Energía metabolizable; **S**: Sistema de manejo; **A**: Año.

Estos resultados concuerdan y derivan de lo expuesto acerca de las características productivas del cultivo (Tabla 1) en cuanto al mayor porcentaje de mazorca en el peso total del forraje conseguido del sistema ecológico frente al convencional.

De estos resultados globales resulta llamativo el bajo valor del porcentaje de almidón sobre materia seca en el sistema convencional (24,3 %) con un 44,7 % de mazorca en el total del forraje (Tabla 2) respecto a lo conseguido en trabajos de evaluación de variedades comerciales de maíz (Martínez *et al.*, 2009) con una metodología de trabajo similar y para las mismas variedades utilizadas.

Los resultados expuestos (Tablas 2 y 3) muestran una tendencia similar en los dos años y situaciones estudiadas. Sin embargo, difiere el valor de las significaciones estadísticas en el análisis individual de cada año por separado, por lo que convendría continuar los trabajos debido a esta variabilidad interanual en las condiciones climáticas a las que estuvo sometido el cultivo (Tabla 1).

## CONCLUSIONES

Las plantas de maíz cultivadas con el sistema convencional resultaron más altas, con el forraje menos senescente a igualdad de estado de maduración de la mazorca y con menor porcentaje de mazorca en el total de forraje cosechado que las que lo fueron en ecológico.

La producción fue mayor y el peso de las malas hierbas inferior en el sistema convencional que en el ecológico.

Los parámetros analizados sugieren un valor nutritivo y un aporte energético superior del forraje obtenido bajo condiciones de manejo ecológico.



## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación por parte del INIA del proyecto (RTA2006-00082-C02) y a la colaboración del personal técnico y de campo del SERIDA.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.R.C., 1980. *The nutrient requirements of ruminant livestock*. Commonwealth Agric. Bureaux, 351 pp. England.
- MAPA, 2008. *Estadísticas sobre Agricultura Ecológica*. [www.mapa.es](http://www.mapa.es).
- MARTÍNEZ, A.; SOLDADO, A.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; DEL VALLE, J.D.; ALPERI, J., 2009. *Variedades de maíz. Actualización año 2008*. SERIDA, 17 pp.
- PEDROL, N.; MARTÍNEZ, A. 2005. Control de la flora arvense en rotaciones ecológicas con maíz forrajero. En: *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural*, 665-671. Ed: B. de la Roza, A. Martínez Fernández y A. Carballal. Gijón (España).
- REGLAMENTO CE, 2008. *Reglamento nº 889/2008 de la Comisión 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*.

## SUMMARY

### MAIZE FORAGE UNDER CONVENTIONAL vs. ORGANIC MANAGEMENT FOR ENSILING

This work was carried out in Grado (Asturias) during 2007 and 2008. The purpose was to determine differences in total yield, nutritive value and energy content in forage maize for ensiling obtained under conventional (CM) vs. organic (OM) management.

Plots under CM showed 8.4% plants ha<sup>-1</sup> upper than OM at harvest, with taller plants (315 vs. 275 cm) and less senescent forage related to corn ear maturation stage (leaf greenness index 8 points below). By contrast, the total corn ear percentage was lower (44.7 vs. 58.7%). The total yield was higher under CM (22.4 t DM ha<sup>-1</sup>) than OM (16.9 t DM ha<sup>-1</sup>), with less amount of weeds (0.9 and 6.8 t DM ha<sup>-1</sup> respectively). In these sense, plots with less amount of weeds were those obtained after a two years old meadow as previously crop.

Nutritive value parameters analysed and energy content suggested higher quality in forages obtained under OM than those ones from CM.

**Key words:** Agronomic and morphologic crop parameters, weeds, nutritive value.





## EFFECTO DE LA DENSIDAD EN POBLACIONES LOCALES DE MAÍZ PARA GRANO

L. CAMPO, J. MORENO

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Instituto Galego de Calidade Alimentaria (INGACAL). Apartado 10. 15080. A Coruña. [laura.campo.ramirez@xunta.es](mailto:laura.campo.ramirez@xunta.es)

### RESUMEN

La mejora genética de maíz ha estado centrada, fundamentalmente, en la producción de líneas puras e híbridos, de modo que la mejora de poblaciones está generalmente orientada al desarrollo de material base para la obtención de líneas puras e híbridos. En vista a desarrollar una población de maíz grano que obtenga unos resultados aceptables de rendimiento y mayor calidad añadida en una agricultura sostenible, se desarrolló un ensayo preliminar donde se probaron cinco poblaciones locales de maíz en tres densidades de siembra 6, 7,5 y 9 pl/m<sup>2</sup>. El objetivo final del ensayo fue determinar la densidad de siembra más adecuada para poblaciones de maíz grano y su efecto sobre los principales caracteres agronómicos y de rendimiento.

Al aumentar la densidad, la altura de la planta y del punto de inserción de la mazorca fue mayor, la precocidad de la planta y la producción aumentaron, y el encamado también lo hizo encontrando diferencias significativas entre las densidades para todos estos caracteres. En base a los resultados podríamos recomendar densidades cercanas a 9 pl/m<sup>2</sup> como las más apropiadas para llevar a cabo estudios sobre poblaciones de maíz grano ya que en esta densidad se alcanzaron los valores más altos de producción (7344 kg/ha), un encamado intermedio (7,2), mayor precocidad y menor humedad del grano.

**Palabras clave:** rendimiento grano, *Zea mays* L., encamado.

### INTRODUCCIÓN

Hoy en día la agricultura sostenible supone un compromiso entre la producción a corto y largo plazo, con una mejor utilización de los recursos, como agua, luz, fertilizantes orgánicos y una mejor conservación del medio. En este contexto las variedades locales y las poblaciones derivadas de ellas adquieren una relevante importancia, ya que su amplia base genética puede ofrecer ciertas ventajas en términos de estabilidad cuando empeoran las condiciones de cultivo o disminuye la disponibilidad de insumos como agua, herbicidas, insecticidas y abonos inorgánicos. También pueden ofrecer mayor calidad y valor añadido como, por ejemplo, la harina de maíz para repostería utilizada en la elaboración de bollas, empanadas, filloas, pan (Revilla *et al.*, 2008), o

el maíz forrajero ecológico para la alimentación de ganado y la posterior elaboración de productos ecológicos, como quesos, yogures y demás derivados lácteos que alcanzan mayores precios en el mercado.

Los estudios sobre densidades de siembra para híbridos de maíz, tanto grano como forrajero son abundantes. Algunos trabajos afirman que se puede aumentar la producción de materia seca de maíz forrajero con mayores densidades de planta (Karlen *et al.*, 1985; Campo y Moreno-González, 1998; Latournerie *et al.*, 2001), sin variaciones en el valor nutritivo (Graybill *et al.*, 1991; Cusicanqui y Lauer, 1999), o con variaciones significativas (Campo, 1999; Latournerie *et al.*, 2001). En estudios llevados a cabo sobre híbridos de maíz grano el aumento positivo del rendimiento respecto de la densidad, sólo se observó hasta las 9 pl/m<sup>2</sup> (Campo, 1999), ya que densidades mayores producían un mayor estrés competitivo entre las plantas. Peláez *et al.* (2005), establecieron densidades óptimas de siembra para maíz grano en la zona costera de Asturias entre 9 y 10 pl/m<sup>2</sup>, al igual que Fairey (1982) que sugiere una densidad próxima a 10 pl/m<sup>2</sup> para híbridos forrajeros.

Los estudios sobre densidades óptimas de siembra en variedades locales son muy escasos y suponen el primer paso en el uso de las mismas dentro de una agricultura sostenible. Por ello el objetivo de este trabajo fue determinar la densidad de siembra más adecuada entre poblaciones locales y comprobar si existe interacción entre población y densidad.

## MATERIAL Y MÉTODOS

En el año 2008 se llevó a cabo un estudio preliminar para determinar la densidad óptima de siembra en poblaciones de maíz para grano. El diseño experimental fue un "Split-plot" con tres repeticiones, donde las parcelas principales fueron las densidades de siembra (6, 7,5 y 9 pl/m<sup>2</sup>) y las subparcelas los genotipos de maíz. El ensayo se llevó a cabo en Mabegondo (A Coruña) a 97 m sobre el nivel del mar.

El material vegetal utilizado fueron 5 poblaciones locales de diverso origen, (Sarreaus, Tuy, AS-3, Lagarin y Oia) perteneciente a la MBG-CSIC y al INGACAL-CIAM y tres híbridos comerciales utilizados como testigos (Nthermo, PR36B08, LG3303). Las poblaciones elegidas se caracterizaron por su elevado rendimiento de grano o por su alto valor panadero, en estudios preliminares (Alonso *et al.*, 2007; Revilla *et al.*, 2008).

Los datos que se tomaron en las diferentes fases del desarrollo vegetativo y en la recolección fueron los siguientes: vigor temprano y tardío (VTE y VTA), floración femenina y masculina (FEM, FMAS), altura total de la planta (HTOT), altura de inserción de la hoja de la mazorca (HMAZ), encamado o porcentaje de plantas caídas (ENC), porcentaje de humedad del grano (HUM) en el momento de la cosecha y rendimiento de grano ajustado al 15% de humedad (REND). El análisis de varianza del encamado se realizó con los valores transformados según la expresión  $(E+0,5)^{1/2}$  (Steel y Torrie, 1985), donde E representa el porcentaje de la suma del encamado de tallo y raíz, debido a que los errores experimentales no guardan una distribución normal. Las comparaciones establecidas entre genotipos, para este carácter, se realizaron con los valores transformados.

En el análisis estadístico de los resultados se empleó el programa *Proc glm* (SAS) (SAS System V8) (Tabla 1). Las parcelas principales (densidades), fueron tomados como efectos fijos y las subparcelas (los genotipos) como efectos aleatorios.

**Tabla 1. Análisis de varianza**

F.V.	g <sup>(1)</sup>	CM <sup>(2)</sup>	CME	F
Rep	r-1	CMr	$\sigma^2 e + g \sigma^2 d + dg \sigma^2 r$	(CMr / CMrd)
Dens	d-1	CMd	$\sigma^2 e + g \sigma^2 d + r \sigma^2 dg + rg \sigma^2 d$	(CMd + CMe) / (CMrd + CMdg)
Error(A)	(r-1)(d-1)	CMrd	$\sigma^2 e + g \sigma^2 d$	
G	g-1	CMg	$\sigma^2 e + r \sigma^2 dg$	CMg/CMe
Dens xG	(d-1)(g-1)	CMdg	$\sigma^2 e + r \sigma^2 dg$	CMdg/CMe
Error(B)	(r-1)(d-1)(g-1)	CMe	$\sigma^2 e$	

<sup>(1)</sup> R:n.º de repeticiones; d: n.º de densidades; g: n.º de genotipos. <sup>(2)</sup> CM: cuadrados medios de las repeticiones (r) las densidades (d), los genotipos (g), el error (e) y las interacciones repetición\*densidad (rd) y densidad\* genotipos (dg) respectivamente. FV: fuente de variación; Rep: repeticiones; Dens.: densidades; G: genotipos.

La separación de medias entre las poblaciones y densidades de siembra se realizó mediante el test LSD ( $p < 0,05$ ) según (Steel y Torrie, 1985), donde:

$$LSDd = [\sqrt{(2 * (CMrd + CMdg - CMe) / r * g)}] * t_{0,05,gl d}$$

$$LSDg = [\sqrt{(2 * CMe) / r * d}] * t_{0,05,gl g}$$

donde d son las densidades, g los genotipos, r las repeticiones, CM los cuadrados medios y gl los grados de libertad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza (Tabla 2) encontramos que las repeticiones sólo muestran diferencias significativas para el carácter de encamado y altura total de la planta. El genotipo indujo a diferencias altamente significativas ( $p < 0,001$ ) en todos los caracteres evaluados, lo que pone de manifiesto la importante variabilidad que hay entre las poblaciones evaluadas, lo cual es importante porque permite hacer una mejor selección de los genotipos con mayor potencial de rendimiento grano.

Los coeficientes de variación (cv) mostraron un rango de 1,5 a 19,6% que es bastante aceptable y dan fiabilidad de los resultados obtenidos. El encamado presentó un cv de 23,1% que es aceptable ya que el efecto densidad incrementa el encamado y además los datos originales están tomados en porcentaje.

**Tabla 2: Cuadrados medios de los caracteres agronómicos y de rendimiento en genotipos de maíz grano.**

F variación	gl	VTE		VTA		FFEM		FMAS		HTOT	
Rep	2	1,17	ns	1,85	ns	44,22	ns	43,51	ns	3591	*
Dens	2	1,17	ns	1,26	ns	21,68	*	22,72	**	2439	***
Error (A)	4	2,33		0,78		7,22		7,12		402	
G	7	1,78	***	6,82	***	139,2	***	162,8	***	1989	***
Dens x G	14	0,18	ns	0,17	ns	1,65	ns	1,17	ns	290	ns
Error (B)	42	0,31		0,20		1,62		1,60		168	
cv		19,6		12,0		1,5		1,5		6,9	
LSDg(5%)		0,62		0,50		1,42		1,41		14,50	
F variación	gl	HMAZ		ENC		HUM		REND			
Rep	2	1920	ns	9,82	*	0,67	ns	14564125	ns		
Dens	2	1328	*	9,92	***	1,63	ns	11654416	*		
Error (A)	4	563,5		1,07		6,21		4758932			
G	7	970,8	***	49,90	***	176,6	***	83399431	***		
Dens x G	14	127,8	ns	2,73	ns	3,30	ns	297837	ns		
Error (B)	42	150		2,73		4,03		703401			
cv		14,8		23,1		6,3		12,2			
LSDg(5%)		13,6		1,84		2,24		935			

VTE, VTA: vigor temprano y tardío; FFEM, FMAS: floración femenina y masculina (días); HTOT: altura total de la planta (cm); HMAZ: altura de la planta hasta el nudo de inserción de la hoja de la mazorca (cm); ENC: encamado; HUM: humedad del grano en el momento de la recolección (%); REND: rendimiento grano (kg/ha); LSDg(5%): mínimas diferencias significativas entre genotipos gl: grados de libertad; Rep: repeticiones; Dens: densidades; G: genotipos; cv: coeficiente de variación. \*, \*\*, \*\*\*significativo al nivel de probabilidad 0,05, 0,01 y 0,001, respectivamente. ns: no significativo

La densidad de siembra influyó en el comportamiento de los genotipos para algunos de los caracteres estudiados como son floración (FFEM, FMAS), altura de la planta (HTOT y HMAZ), encamado (ENC) y rendimiento de grano (REND). Latourneire *et al.* (2001), también constataron un aumento del encamado y el rendimiento relacionado con la densidad en un estudio sobre híbridos de maíz forrajero evaluados a tres densidades de siembra, 6, 8 y 12 pl/m<sup>2</sup>. Al incrementar la densidad de la población, aumenta la competencia entre las plantas y los tallos tienden a ser más delgados (fenómeno de ahilamiento), lo que favorece el incremento del encamado (Campo, 1999).

En cuanto a la interacción densidad por genotipo (Dens x G) no fue significativa para ninguno de los caracteres evaluados lo que indica que los genotipos evaluados responden de forma similar a las altas densidades. En estudios anteriores, sí que se han encontrado diferencias significativas Dens x G para altura de la planta, pero no para rendimiento forrajero ni encamado (Latourneire *et al.*, 2001). Por el contrario Graybill *et al.* (1999) sí que hallaron diferencias significativas Dens x G en el rendimiento de híbridos forrajeros.

La densidad de siembra sí influyó en el comportamiento de los genotipos para el rendimiento de grano (Tabla 3). El mayor rendimiento lo encontramos en la densidad más alta (9 pl/m<sup>2</sup>), con 7344 kg/ha aunque la diferencia con el rendimiento de la densidad de 7,5 pl/m<sup>2</sup> no fue significativa (7185 kg/ha). En otros estudios se han hallado diferencias significativas entre densidades hasta la densidad de 9 pl/m<sup>2</sup> en el rendimiento de grano en híbridos de maíz (Campo, 1999). Mangado (2002) tampoco encontró diferencias significativas entre densidades altas para cultivo de híbridos de maíz forrajero ecológico, recomendando densidades entre 8 y 9,5 pl/m<sup>2</sup>.

**Tabla 3: Medias de los caracteres agronómicos y de rendimiento en densidades de siembra**

Dens (pl/m <sup>2</sup> )	VTE	VTA	FFEM	FMAS	HTOT	HMAZ	ENC	HUM	REND
6	2,6	3,5	86,3	85,6	180	78	6,5	31,8	6066
7,5	3,0	4,0	84,4	83,7	191	86	7,8	31,9	7185
9	2,9	3,8	85,0	84,3	193	89	7,2	31,4	7344
LSDd(5%)	0,53	0,31	0,96	0,93	8,20	8,34	0,37	0,84	748
sig.est.	ns	ns	*	**	***	*	***	ns	*

VTE, VTA: vigor temprano y tardío; FFEM, FMAS: floración femenina y masculina (días); HTOT: altura total de la planta (cm); HMAZ: altura de la planta hasta el nudo de inserción de la hoja de la mazorca (cm); ENC: encamado; HUM: humedad del grano en el momento de la recolección (%); REND: rendimiento grano (kg/ha); LSD(5%): mínimas diferencias significativas entre densidades. ns: no significativo.

El aumento de la densidad favorece la precocidad siendo las diferencias significativas entre las densidades de 6 y 7,5 pl/m<sup>2</sup>, pero no entre las densidades más altas. En la densidad de 7,5 pl/m<sup>2</sup> se localizó el mayor encamado, 7,8, siendo significativas las diferencias entre las tres densidades evaluadas. Fairey (1982) concluye que la alta densidad de población incrementa la producción de materia seca digestible y sugiere una densidad cercana a 10 pl/m<sup>2</sup> para maximizar la producción, la digestibilidad y la calidad del forraje. Latourneire *et al.* (2001), encontraron los mayores rendimientos a la densidad de 12 pl/m<sup>2</sup> aunque no la recomiendan por disminuir notablemente el valor nutritivo y aumentar el encamado en un 14,5%. Campo (1999) concluye que la producción por planta en los híbridos disminuyó al aumentar la densidad pero este descenso quedó compensado y superado por el aumento del número de plantas cuando se estimó el rendimiento de grano por unidad de superficie, hasta la densidad de 9 pl/m<sup>2</sup>. Además el aumento de la densidad se encuentra correlacionado negativamente con la calidad del forraje.

La presente información es limitada dado que el experimento se realizó en una sola localidad, pero los resultados nos proporcionan información importante sobre la zona de estudio y suponen un punto de partida para subsecuentes ensayos con poblaciones locales en agricultura sostenible y cultivo ecológico.

## CONCLUSIONES

Al aumentar la densidad la planta se hizo más alta, el punto de inserción de la mazorca se elevó, la precocidad de la planta y la producción aumentaron, siendo sig-

nificativas las diferencias entre las densidades de 6 y 7,5 pl/m<sup>2</sup>, pero no entre las dos densidades más altas. En el encamado se han encontrado diferencias significativas entre todas las densidades, alcanzando los valores más altos en la densidad intermedia de 7,5 pl/m<sup>2</sup>. En base a estos resultados podríamos recomendar densidades cercanas a 9 pl/m<sup>2</sup> como las más apropiadas para llevar a cabo estudios sobre poblaciones locales en agricultura sostenible ya que en esta densidad se alcanzaron los valores más altos de producción (7344 k/ha), un encamado intermedio (7,2), mayor precocidad y menor humedad del grano. Si a esto le añadimos la menor presencia de malas hierbas a altas densidades podemos elegir esta densidad como una referencia en siembras de poblaciones locales de maíz grano en agricultura sostenible y ecológica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, R.; BRICHETTE, I.; EVGENIDIS, G.; KARAMALIGKAS, CH.; MORENO-GONZÁLEZ, J., 2007. Variability in European maize (*Zea mays* L.) landraces under high and low nitrogen inputs. *Genetic Resources and Crop Evolution*, **54**, 295-308.
- 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.; MORENO-GONZÁLEZ, J., 1998. Efecto de la densidad de plantas en la superficie foliar y la producción de maíz forrajero en Galicia. *Actas de la XXXVIII Reunión Científica de la SEEP para el Estudio de los Pastos*, 181-184. Soria (España).
- CUSICANQUI, J.A.; LAUER, J.G., 1999. Plant density and hybrid influence on corn forage yield and quality. *Agronomy Journal*, **91**, 911-915.
- FAIREY, N.A., 1982. Influence of population density and hybrid maturity on productivity and quality of forage maize. *Canadian Journal of Plant Science*, **62**, 427-434.
- GRAYBILL, J.S.; COX, W.J.; OTIS, D.J., 1991. Yield and quality of forage maize as influenced by hybrid, planting date and plant density. *Agronomy Journal*, **83**, 559-564.
- KARLEN, D.L.; CAMP, C.R.; ZUBLENA, J.P., 1985. Plant density, distribution and fertilizer effects on yield and quality of irrigated corn silage. *Soil Science Plant Analysis*, **16(1)**, 55-70.
- LAUTOURNERIE, L.; RODRÍGUEZ, S.A.; URQUIZA, J.A.; CASTAÑÓN, G.; MENDOZA, M.; LÓPEZ, A., 2001. Potencial forrajero de veintidós híbridos de maíz evaluados en tres densidades de siembra. *Agronomía Tropical*, **51(3)**, 405-419.
- MANGADO, J.M., 2002. Relación de la dosis de siembra con la producción y calidad de maíz para uso forrajero cultivado bajo cultivo ecológico. En: *Producción de forrajes, pastos y céspedes*, 295-301. Ed. C. CHOCARRO, F. SANTIVERI, R. FANLO, I. BOVET, J. LLOVERA. Lleida (España).
- PELÁEZ, R.; GONZÁLEZ, B.; ALONSO, L.F.; FERNÁNDEZ, L., 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*, 649-656. Ed. B. DE LA ROZA DELGADO, A. MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, A. CARBALLAL SAMALEA. Asturias (España).
- REVILLA, P.; LANDA, A.; RODRIGUEZ, V.M.; ROMAY, M.C.; ORDÁS, A.; MALVAR, R.A., 2008. Maize for bread under organic agriculture. *Spanish Journal of Agricultural Research*, **6(2)**, 241-247.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H., 1985. *Bioestadística: principios y procedimientos*. Ed. McGraw-Hill 2ª ed. (México).

## SUMMARY

### EFFECT OF THE DENSITY IN LOCAL GRAIN MAIZE POPULATIONS

The genetic maize breeding program has been centered, essentially, in the development and selection of hybrid and inbred lines, so that the maize population breeding was generally oriented to the development of material base for the obtaining of inbred lines and hybrid. In view to develop a grain maize population that obtains acceptable results of yield and larger quality added in a sustainable agriculture development a preliminary test where five local maize populations have tried on in three densities of sowing 6, 7.5 and 9 pl/m<sup>2</sup>. The objective of this study was to determine the optimum density of the maize populations and their effect on the main agronomic characters and of yield. When increasing the density, the height of the plant and the point of insertion of the maize-cob was greater, the earliness of the plant and the yield increased, and the lodging one also did it finding significant differences between the densities for all characters. On the basis of the results we could recommend the optimum density of 9 pl/m<sup>2</sup> like carrying out studies on grain maize populations because it provided the highest yield (7344 k/ha), a lodging mean (7,2), larger earliness and the smallest grain moisture.

**Key words:** grain yield, *Zea mays* L., lodging.





## EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS EXPERIMENTALES PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ GRANO

L. CAMPO, A.B. MONTEAGUDO, J. MORENO

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Instituto Galego de Calidade Alimentaria (INGACAL). Apartado 10. 15080 A Coruña. [laura.campo.ramirez@xunta.es](mailto:laura.campo.ramirez@xunta.es)

### RESUMEN

En la selección de híbridos de maíz grano adaptados al Norte de España se busca mejorar el encamado, el rendimiento de la mazorca, el contenido de humedad del grano en el momento de la recolección y la precocidad de la planta.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la Aptitud Combinatoria Específica de varias líneas aleatorias S3 derivadas de la población (EC136 x EC151) F2 mediante cruzamientos con un probador (“*tester*”) heterótico EC214. Treinta y dos cruzamientos de líneas (EC136 x EC151)F2S3 por el tester EC214, tres híbridos experimentales del CIAM y siete híbridos comerciales testigos fueron evaluados, estimándose un índice de selección a fin de determinar las líneas con mejor aptitud para la producción de maíz grano. Diecisiete de los cruzamientos evaluados fueron superiores a la media de los testigos evaluados y por lo tanto, son buenos híbridos a tener en cuenta en la producción de maíz grano y las líneas (EC136 x EC151) F2S3 presentan buena aptitud combinatoria.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., Aptitud Combinatoria Específica, índice de selección grano.

### INTRODUCCIÓN

En el caso del cultivo del maíz las variedades locales recolectadas en todo el mundo han jugado un papel primordial en el desarrollo de líneas puras, poblaciones mejoradas o híbridos. Sin embargo, el germoplasma de maíz utilizado en el desarrollo de híbridos comerciales está restringido a muy pocas variedades locales. El germoplasma de la mayoría de los híbridos americanos de la “Corn Belt” está basado en dos variedades, la Reid Yellow Dent y la Lancaster Sure Crop (Hallauer, 1990). Sin embargo, posteriormente, se ha desarrollado en el Centro Internacional de Mejora del Maíz y Trigo (CIMMYT) un germoplasma de origen tropical que se adapta a las condiciones templadas (Vasal *et al.*, 1992a, 1992b, 1992c). Análogamente a lo que ocurre en América en el norte de Europa, la mayoría de las líneas puras son de endospermo liso y pertenecen a un germoplasma muy restringido emparentado con líneas procedentes del sur de Francia y norte de España (Ordás *et al.*, 1994). En el caso de Galicia se ha demostrado que una buena estrategia es cruzar líneas puras lisas de origen local con dentadas

de origen americano para la obtención de híbridos adaptados a las condiciones del norte de España (Campo y Moreno-González, 2006; Moreno-González, 1988a, 1988b; Moreno-González *et al.*, 1997; Malvar *et al.*, 1996). El germoplasma local proporciona vigor temprano, precocidad y adaptación al medio, mientras que el material americano introduce la producción y la resistencia al encamado.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Origen del material vegetal

El material de partida fueron 32 líneas que proceden de la población F2 del cruce entre las líneas EC136 X EC151, más tres híbridos experimentales y siete híbridos comerciales utilizados como testigos. Este cruce EC136 X EC151 fue elegido porque ambas líneas parentales pertenecen al mismo grupo heterótico "*Reid yellow dent*" (RYD) y, además, mantienen una razonable distancia genética, como lo demuestra su pedigrí y su evaluación agronómica.

La línea pura EC136 fue derivada del "topcross" de la línea pura B73 seleccionada de la población SSS para precocidad, mientras que la línea pura EC151 se derivó del cruce topcross entre la línea pura A632 y la población BS10, seleccionada para maduración temprana (Moreno-González *et al.*, 2004). La línea EC151 ha mostrado ser la más resistente a la inoculación del hongo *Fusarium graminearum* Schwabe causante de la podredumbre de raíz, mientras que la línea EC136 ha mostrado una resistencia intermedia (Andrés *et al.*, 2004; Moreno-González *et al.*, 2004). La línea EC151 es de talla baja mostrando acortamientos de los entrenudos comprendidos entre la mazorca y el penacho y se ha caracterizado por su gran resistencia al encamado (Moreno-González *et al.*, 2004).

En el año 2007 se realizaron los cruzamientos testcross de las 32 líneas de la generación S3 derivadas de la población EC136 x EC151F2 y de dos de los tres híbridos experimentales (con diferente origen al de las líneas), por el tester heterótico EC214 perteneciente al grupo heterótico *Lancaster*. Las líneas S3, fueron utilizadas como hembras y polinizadas en un campo aislado utilizando como macho la línea EC214 que produce híbridos resistentes al encamado.

### Evaluación fenotípica de los cruzamientos

El experimento para la evaluación fenotípica en campo fue llevado a cabo en la localidad de Puebla de Brollón (Lugo) en el año 2008. El diseño experimental utilizado fue un diseño Látice con tres repeticiones. Se evaluaron 32 líneas (EC136 x EC151F2S3) x EC214, tres híbridos experimentales del CIAM y siete híbridos comerciales. Los tres híbridos experimentales son híbridos desarrollados en el CIAM para maíz grano o forrajero pero con diferente origen a los del estudio y fueron incluidos como testigos junto a los híbridos comerciales. Los híbridos comerciales pertenecen a los ciclos 200, 300 y 400, fueron los utilizados en el 2008 por el registro de variedades comerciales (INSVIT) en sus ensayos agronómicos.

Los datos que se tomaron en las diferentes fases del desarrollo y en la recolección fueron los siguientes: vigor temprano (VTE), floración femenina (FFEM), altura total de la planta (HTOT), altura de inserción de la hoja de la mazorca (HMAZ), porcentaje de plantas caídas (ENC) y porcentaje de humedad del grano (HUM) en el momento de la cosecha y rendimiento grano ajustado al 15% de humedad (REND).

La selección de los mejores cruzamientos se realizó en función de un índice de selección empleado por el Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero (INSPV) para la evaluación de híbridos grano (Martínez Yáñez, 1997), adaptado a precocidad en el CIAM (Campo y Moreno-González, 2008). En este índice se combinaron el rendimiento, la tolerancia al encamado, la humedad del grano y la precocidad en la floración.

siendo:

$$IS_i = \frac{REND_i}{REND_t} [100 (HUM_i - HUM_t) - 0,3(FFEM_i - FFEM_t) - 0,5 (ENC_i - ENC_t)]$$

IS: índice de selección; REND: rendimiento grano (kg/ha); HUM: humedad del grano en el momento de la recolección (%); FFEM: tiempo transcurrido desde la siembra hasta la floración femenina (días); ENC: plantas encamadas (tallo+raíz) (%). Los subíndices i y t hacen referencia al genotipo de las líneas evaluadas y a la media de los híbridos utilizados como testigos, respectivamente.

En el análisis estadístico de los resultados se realizó un análisis Lattice utilizando el programa *Proc lattice* (SAS) (SAS System V8). La separación de medias entre los genotipos se realizó mediante el test LSD cuando se obtenía un test F significativo ( $P < 0,05$ ) en el ANOVA.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las medias de los caracteres agronómicos y de rendimiento de los cruzamientos de las líneas S3 evaluadas son mostradas en la Tabla 1. Sólo encontramos diferencias significativas entre las medias de los cruzamientos y los híbridos testigos para los caracteres de altura total de la planta, siendo superiores las alturas de los testigos. En el resto de caracteres no encontramos diferencias significativas siendo los valores de rendimiento grano de 6814 kg/ha para la media de los cruzamientos y 6708 kg/ha para la media de los híbridos testigos. De manera análoga los valores de encamado y humedad del grano fueron de 2,0 y 33,2 en la media de los cruzamientos y 2,2 y 33,4 en la media de los testigos.

A pesar de estos resultados tan homogéneos, cuando observamos los resultados del índice de selección grano (IS) (Tabla 1), encontramos que 17 de los cruzamientos evaluados presentaron IS por encima de 100 lo que implica que más de la mitad de todos ellos se encuentran por encima de los híbridos testigos y por lo tanto la aptitud combinatoria de estas líneas EC136 x EC214F2S3 es muy buena. Las líneas con mayores IS en su cruzamiento con el tester EC214 fueron la 13, con un valor de 138 y las líneas 69, 65, 212 y 77 con valores de 125 para las dos primeras, 123 y 120, respectivamente. De los 17 cruzamientos con IS superiores a la media de los testigos, seis de ellos no mostraron encamado alguno (65, 77, 23, 161, 36 y 74) y en todos los casos las producciones fueron superiores a la media de los testigos. El cruzamiento de la línea 38 por el tester se caracterizó por presentar el segundo menor contenido de humedad de todos los evaluados (29,4%) con una producción de 6549 kg/ha, un encamado de 0,9% y un IS de 102. En las condiciones de Galicia la precocidad, bajos contenidos de humedad del grano y del encamado, son esenciales para obtener cosechas de maíz viables debido a nuestras condiciones ambientales más húmedas y con temperaturas no muy altas (Moreno-González *et al.*, 2000).

**Tabla 1. Índice de selección (IS) y medias de los caracteres agronómicos y de rendimiento en la evaluación de líneas experimentales cruzadas por EC214 e híbridos testigos\* de maíz grano**

Línea x EC214 e híbridos testigos	VTE	HTOT	HMAZ	FFEM	ENC	HUM	REND	IS
2 EC136xEC151 F2S3	3	1,73	0,66	66	1,6	28,8	4886	76
13 EC136xEC151 F2S3	3	1,88	0,74	66	2,7	34,8	9369	138
23 EC136xEC151 F2S3	3	1,99	0,71	68	0,0	33,6	7954	119
25 EC136xEC151 F2S3	4	2,10	0,72	66	6,0	34,8	6406	92
26 EC136xEC151 F2S3	4	2,02	0,81	67	1,3	33,1	6874	103
<b>ANJOU 290</b>	3	1,93	0,66	62	0,0	31,1	6388	100
36 EC136xEC151 F2S3	4	2,03	0,76	68	0,0	33,9	7230	108
<b>EC169 x EC214</b>	3	2,02	0,71	64	4,6	31,3	6546	99
38 EC136xEC151 F2S3	4	1,96	0,74	66	0,9	29,4	6549	102
43 EC136xEC151 F2S3	4	2,11	0,78	70	0,0	34,7	6016	89
62 EC136xEC151 F2S3	3	2,04	0,79	65	1,2	34,0	6710	100
<b>MAVERIK</b>	3	2,10	0,79	78	3,0	39,0	6988	94
65 EC136xEC151 F2S3	3	2,08	0,85	64	0,0	34,5	8312	125
69 EC136xEC151 F2S3	3	1,99	0,77	69	3,5	34,2	8603	125
74 EC136xEC151 F2S3	3	1,96	0,72	63	0,0	33,4	7055	107
77 EC136xEC151 F2S3	4	2,08	0,85	67	0,0	35,0	8108	120
78 EC136xEC151 F2S3	2	2,15	0,87	72	0,0	34,8	6465	94
84 EC136xEC151 F2S3	3	1,89	0,73	65	0,0	33,0	6243	95
<b>PISUERGA</b>	3	2,06	0,72	65	0,0	30,5	8160	127
86 EC136xEC151 F2S3	3	1,98	0,76	65	2,9	32,7	7042	106
98 EC136xEC151 F2S3	3	1,95	0,72	67	3,2	33,0	7719	115
<b>EC133AxEC49A</b>	3	2,21	0,81	70	0,0	38,8	6503	92
104 EC136xEC151 F2S3	2	1,87	0,73	67	1,2	31,4	6049	92
305 EC136xEC151 F2S3	2	2,02	0,78	65	5,8	31,8	6588	98
111 EC136xEC151 F2S3	3	2,09	0,77	69	0,8	34,2	6405	95
112 EC136xEC151 F2S3	3	2,04	0,71	66	0,9	33,1	6968	105
<b>FURIO</b>	3	1,97	0,67	67	3,7	32,2	6564	98
126 EC136xEC151 F2S3	3	1,86	0,66	67	2,5	33,8	5786	86
140 EC136xEC151 F2S3	3	2,07	0,73	68	0,0	33,8	6341	95
145 EC136xEC151 F2S3	2	1,88	0,66	62	7,8	32,5	5020	74
150 EC136xEC151 F2S3	3	1,91	0,65	63	4,6	31,1	6869	105
161 EC136xEC151 F2S3	3	1,93	0,74	67	0,0	31,5	7037	108
<b>NTHERMO</b>	3	1,97	0,58	62	2,8	32,8	6619	100
<b>LG3303</b>	4	1,93	0,71	61	2,6	32,2	5389	82
212 EC136xEC151 F2S3	3	1,87	0,58	64	7,0	32,9	8374	123
214 EC136xEC151 F2S3	2	1,89	0,65	68	3,7	34,1	5377	79
<b>(A632xCM105)xEC214</b>	3	2,01	0,77	65	4,5	33,1	7261	108
292 EC136xEC151 F2S3	2	1,63	0,56	63	6,6	31,9	6992	105
236 EC136xEC151 F2S3	3	2,15	0,87	66	0,0	32,5	5901	90
250 EC136xEC151 F2S3	3	2,09	0,76	68	0,0	33,9	6402	96
264 EC136xEC151 F2S3	3	2,15	0,86	71	0,0	35,9	6413	93
<b>DUKLA</b>	3	2,13	0,79	66	1,0	32,8	6666	100
<b>Media líneas</b>	<b>3,0</b>	<b>1,98</b>	<b>0,74</b>	<b>66</b>	<b>2,0</b>	<b>33,2</b>	<b>6814</b>	<b>102</b>
<b>Media testigos*</b>	<b>3,2</b>	<b>2,03</b>	<b>0,72</b>	<b>66</b>	<b>2,2</b>	<b>33,4</b>	<b>6708</b>	<b>100</b>
<b>LSD/(5%)</b>	0,90	0,15	0,198	5,40	6,50	2,50	2644	
<b>LSDm/t(5%)</b>	0,23	0,04	0,05	1,38	1,67	0,64	677	
<b>significación estadística /t</b>	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	
<b>Eficiencia Látice</b>	104	149	162	120	103	118	100	

VTE: vigor temprano; HTOT: altura total de la planta (cm); HMAZ: altura de la planta hasta el nudo de inserción de la hoja de la mazorca (cm); FFEM: floración femenina (días); ENC: encamado (%); HUM: humedad del grano en el momento de la recolección (%); REND: rendimiento grano (kg/ha); LSD(5%): mínimas diferencias significativas entre líneas (l) y entre la media de las líneas y los testigos (mht) \*testigos: híbridos comerciales y experimentales del CIAM con diferente origen a las líneas evaluadas (en negrita)

## CONCLUSIONES

Diecisiete de los 32 cruzamientos evaluados presentaron índices de selección para rendimiento grano por encima de la media de los híbridos testigos, lo que implica que las líneas EC136 x EC151F2S3 presentan buena aptitud combinatoria y pueden dar origen a buenos híbridos de maíz grano. Las líneas 65 EC136 x EC151F2S3, 77 EC136 x EC151F2S3, 23 EC136 x EC151F2S3, 161 EC136 x EC151F2S3, 36 EC136 x EC151F2S3 y 74 EC136 x EC151F2S3 no presentaron encamado alguno, por lo tanto, serían las líneas candidatas para la selección de maíz grano. Estos resultados preliminares deben corroborarse con ensayos en diferentes ambientes a fin de constatar la consistencia de los mismos.

Los ciclos F2S3 de las poblaciones EC136 x EC151 evaluadas presentan cambios positivos en los caracteres agronómicos derivados del proceso de selección, lo que contribuye al incremento en el índice de selección.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación recibida del INIA, Proyecto RTA2004-00135-000 y RTA2008-00104-00-00.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRÉS ARES, J.L.; MORENO-GONZÁLEZ, J.; ALONSO FERRO, R.; CAMPO RAMÍREZ, L., 2004. Short Communication: *Fusarium graminearum* Schwabe, a maize root pathogen isolated from root lodged plants in northwest Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research*, **2**, 249-252.
- CAMPO, L.; MORENO-GONZÁLEZ, J., 2008. Evaluación de la aptitud forrajera en ecotipos de maíz. *Actas de Horticultura N° 51*, 175-176. IV Congreso de Mejora Genética de Plantas. Ed: C.M. Ávila, S.G. Atienza, J.I. Cubero, M.T. Moreno, Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla (España).
- CAMPO, L.; MORENO-GONZÁLEZ, J., 2006. Millo para gran e forraxe nas explotacións gallegas. En: *Día de campo. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo*, 9-13. Ed. Consellería do Medio Rural, Xunta de Galicia. Santiago de Compostela (España).
- HALLAUER, A.R., 1990. Methods used in developing maize inbreds. *Maydica*, **35**, 1-16.
- MALVAR, R.A.; ORDÁS, A.; REVILLA, P.; CARTEA, M.E., 1996. Estimates of genetic variances in two Spanish populations of maize. *Crop Science*, **36**, 239-242.
- MARTÍNEZ YAÑEZ, I., 1994. *Transferencia de alelos favorables desde poblaciones a líneas puras de maíz (Zea mays L.) grano y forrajero*. Tesis doctoral, 335 pp. Santiago de Compostela (España).
- MORENO-GONZÁLEZ, J., 1988a. Evaluation, development and improvement as source breeding materials of maize for cold regions. En: *Maize breeding and Production. Euromaize*, **88**, 21-34. Serbia.
- MORENO-GONZÁLEZ, J., 1988b. Diallel Crossing System in Sets of Flint and Dent Inbred Lines of Maize (*Zea mays* L.). *Maydica*, **33**, 37-49.
- MORENO-GONZÁLEZ, J.; RAMOS-GOURCY, F.; LOSADA, E., 1997. Breeding Potential of european flint and earliness-selected US Corn Belt dent maize populations. *Crop Science*, **37**, 1475-1481.

- MORENO-GONZÁLEZ, J.; LÓPEZ, A.; CAMPO RAMÍREZ, L.; BRICHETTE, I.; ORDÁS, A.; MALVAR, R.A., 2000. Desarrollo de material genético de maíz adaptado a Galicia y Norte de España a partir de germoplasma autóctono y exótico (CIMMYT, USA). En: *Memoria C.I.A.M. 1998*. Ed. Consellería do Medio Rural, Xunta de Galicia, 61-63. Santiago de Compostela (España).
- MORENO-GONZÁLEZ, J.; ANDRÉS ARES, J.L.; ALONSO FERRO, R.; CAMPO RAMÍREZ, L., 2004. Genetic and statistical models for estimating genetic parameters for maize seedling resistance to *Fusarium graminearum* Schwabe. *Euphytica*, **137**, 55-61.
- ORDAS, A.; MALVAR, R.A.; DE RON, A.M., 1994. Relationships among american and spanish population of maize. *Euphytica*, **79**, 149-161.
- VASAL, S.K.; SNIRIVASAN, G.; CROSSA, J.; HAN, G.C.; GONZÁLEZ, F., 1992a. Heterotic pattern of eighty-eight white subtropical CIMMYT maize lines. *Maydica*, **37**, 319-327.
- VASAL, S.K.; SNIRIVASAN, G.; CROSSA, J.; BECK, D.L., 1992b. Heterosis and combining ability of CIMMYT's subtropical and temperate early-maturity maize germplasm. *Crop Science*, **32**, 884-890.
- VASAL, S.K.; SNIRIVASAN, G.; GONZÁLEZ F.; HAN, G.C.; SHIVAJI, P.; BECK, D.L.; CROSSA, J., 1992c. Heterosis and combining ability of CIMMYT's tropical x subtropical maize germplasm. *Crop Science*, **32**, 1483-1489.

## SUMMARY

### EVALUATION OF EXPERIMENTAL HYBRIDS FOR EAR YIELD.

The selection of grain maize hybrids adapted to North of Spain looks for to improve plant lodging, ear yield, earliness and slight grain moisture. The objective of this work was to evaluate the specific combining ability of several random S3 lines derived from the EC136 x EC151F2 population crossed to the heterotic inbred tester EC214. 32 populations (EC136 x EC151F2S3) x EC214. Three experimental hybrids of CIAM and seven commercial hybrids were evaluated being considered a selection index in order to determine the lines with the best specific combining ability for the ear yield. Seventeen of the evaluated testcross were superiors to the average of the evaluated commercial hybrids and therefore, they are good hybrids to consider in ear yield and lines EC136 x EC151 F2S3 present good specific combining ability.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., Specific combining ability, ear selection index.



**PARTE TERCERA**

# **PRODUCCIÓN ANIMAL CON BASE EN PASTOS**







## CAPÍTULO INTRODUCTORIO

### LA GANADERÍA EXTENSIVA EN ECOSISTEMAS SEMIÁRIDOS: LAS BARDENAS REALES, MIL AÑOS DE PASTOREO Y MULTIFUNCIONALIDAD EN LA ENCRUCIJADA

A. URMENETA<sup>1</sup>, V. FERRER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Comunidad de Bardenas Reales. C/ San Marcial, 19. 31500 Tudela. Navarra.

<sup>2</sup>Consultor agroambiental. C/ Batondoa 3 entreplanta B. 31600 Burlada. Navarra.  
[urmeneta.bardenasreales.es](http://urmeneta.bardenasreales.es)

*Los autores de esta ponencia no pueden dejar de hacer una mención especial a Miguel Donézar, recientemente fallecido, técnico en el que muchos intentamos mirarnos durante nuestro quehacer diario. Sabemos lo mucho que querías este proyecto y por eso te lo dedicamos*

#### RESUMEN

El Parque Natural y Reserva de la Biosfera de Bardenas Reales constituye un territorio de 41 845 ha situado al sureste de Navarra. El uso de sus recursos corresponde, por concesiones reales otorgadas entre los siglos IX y XVIII, a 22 entidades denominadas “congozantes”, representadas por la Comunidad de Bardenas. Siendo un territorio que ha mantenido durante siglos una importante ganadería extensiva, ésta se ha visto totalmente supeditada a la agricultura como consecuencia del auge de la misma a partir de mediados del siglo XX. El sistema de explotación ganadero actual, denominado pastoreo “a la revuelta” con uso en común de pastos, apriscos, balsas, etc., presenta importantes limitaciones socioeconómicas, ambientales y sanitarias. Para resolver esta situación, la Comunidad de Bardenas se plantea la creación de áreas individualizadas de pastoreo (distritos agrícola-ganaderos). Para ello, se realizaron dos proyectos técnicos: “Ordenación del Uso Agrícola y Ganadero del Parque Natural de Bardenas Reales de Navarra” y “Delimitación de Distritos Agrícola-Ganaderos en el territorio de Las Bardenas Reales de Navarra”. En este trabajo se resumen los objetivos, metodología y resultados de ambos proyectos, a la vez que se describe el origen histórico y administrativo y los usos históricos y actuales de Bardenas Reales.

**Palabras clave:** secanos semiáridos, rotación de cultivos, distritos agrícola-ganaderos, ordenación pascícola, SIG.

## INTRODUCCIÓN

El territorio de Bardenas Reales ocupa una extensión de 41 845 hectáreas situadas al sureste de la Comunidad Foral de Navarra, en el centro de la Depresión del Ebro (Figura 1). Constituye el área más extensa de pastos comunales de Navarra. El derecho de uso de sus recursos pertenece por concesiones reales a 22 entes “congozantes” (20 municipios limítrofes más o menos próximos, un monasterio cisterciense y los valles pirenaicos de Roncal y Salazar). La gestión y administración del territorio corresponde a la Comunidad de Bardenas, entidad jurídica de representación de cada ente congozante.

Las Bardenas Reales poseen unos elevados valores ambientales (paisajísticos, geológicos, botánicos y faunísticos) y culturales (históricos, etnográficos) a los que los aprovechamientos tradicionales (agrícola, ganadero, cinegético) no son ajenos. Por ello, el territorio está declarado como Parque Natural desde el año 1999 y como Reserva de la Biosfera desde el 2000. Se encuentra además incluido en el Lugar de Importancia Comunitaria de Bardenas Reales de la Red Natura 2000.

La ganadería extensiva ha sido durante siglos el uso principal del territorio, hasta que fue relegada a un segundo plano por el auge de la agricultura acaecido a mediados del siglo pasado. Actualmente, aproximadamente la mitad de la superficie se dedica al cultivo en secano, predominantemente de cereal de invierno (cebada y, en menor medida, trigo) cultivado bajo el sistema de “año y vez”. Los rendimientos se encuentran en el límite o por debajo del umbral de rentabilidad. Los residuos de cosecha, junto a los pastos naturales que ocupan el resto del territorio, son la base alimenticia de una cabaña ganadera de unas 100 000 cabezas, mayoritariamente ovino de carne de raza autóctona “Navarra”, de las que cerca de 20 000 son trashumantes. El aprovechamiento de los pastos es “a la revuelta”, expresión que indica el uso en común de pastos, apriscos, abrevaderos y majadales. Los rebaños compiten entre ellos por los recursos, lo que, entre otras, tiene importantes consecuencias sobre el medio (sobrepastoreo de los recursos, degradación de los suelos, pérdida de biodiversidad, daños sobre la fauna, etc.). Pero además, este sistema supone un alto riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas y parasitosis.

Ante esta problemática, la Comunidad de Bardenas considera como posible solución la división del territorio en unidades de manejo ganadero individualizado, lo que se ha denominado “Distritos Agrícola-Ganaderos”, y aplicar en ellos sistemas productivos que garanticen la actividad y rentabilidad agrícola y ganadera, y que a su vez aseguren la complementariedad entre las dos actividades y, todo ello, con criterios de respeto y potenciación del medio natural. Para ello, la citada Comunidad encargó la realización de dos proyectos técnicos cuyos objetivos, metodología y principales resultados se exponen en el presente trabajo.

## EL TERRITORIO DE LAS BARDENAS: MEDIO FÍSICO Y BIÓTICO

El territorio de Bardenas Reales está situado al sureste de la Comunidad Foral de Navarra. Sus ejes máximos son de 45 km en dirección Norte-Sur y de 24 km en dirección Este-Oeste. Limita con un total de trece municipios navarros y por el Este con la Comunidad Autónoma de Aragón. Sus altitudes oscilan entre 280 y 659 m s.n.m.

El clima de la zona es mediterráneo continental, con precipitaciones escasas (350 mm anuales), irregulares, torrenciales y de carácter equinoccial, con máximos en pri-

mavera y otoño, muy ocasionalmente en forma de nieve o granizo. La estación seca es larga, los veranos cálidos y los inviernos bastante fríos. La temperatura media es de 14°C. Un componente fundamental del clima bardenero es el cierzo, fuerte viento de componente noroeste, frío y seco, presente durante más de un tercio de los días, con velocidades medias de 20 a 30 km/hora. En sentido opuesto se produce un viento de menor entidad, el bochorno, más suave y cálido.

La Bardena está situada en la margen noroccidental de la Unidad Geológica de la Depresión del Ebro, formada por materiales del Terciario y el Cuaternario. La mayoría de su superficie se incluye en la formación Tudela, constituida principalmente por calizas, margas, lutitas, yesos y areniscas, dispuestas habitualmente en capas alternas (Instituto del Suelo y Concentración Parcelaria de Navarra, 1988). Esa sucesión de litologías de distinta dureza, en la que predominan claramente los materiales blandos y su disposición casi horizontal, unido al clima de la zona, han permitido actuar a la erosión, conformando un conjunto de cabezos, barrancos y cerros testigo que constituye un paisaje de singular belleza.

De manera general, en el relieve de Bardenas se diferencia una gran depresión cruzada por barrancos laberínticos, conocida como La Blanca, donde destacan los cerros testigos o cabezos en forma de mesa. Dicha depresión se encuentra enmarcada por un conjunto de relieves tabulares, que son El Plano por el Norte y La Bardena Negra por el Sur.

Las características de los suelos son muy variadas (Instituto del Suelo y Concentración Parcelaria de Navarra, 1988). Así, en las topografías más llanas se forman cambisoles, que son los suelos más profundos y aptos para el cultivo, a veces con abundantes cantos, gravas o fragmentos de rocas. En las laderas de las planas y cabezos y en las zonas llanas arcillosas, aparecen suelos menos profundos y fértiles que los anteriores (regosoles y xerosoles). En el fondo limoso de La Blanca se forma un tipo especial de suelo constituido por numerosas capas superpuestas de escaso espesor, que le dan un aspecto de hojalдре (fluvisoles). Están formados por los aportes de materiales acarreados por la escorrentía y se erosionan con facilidad. Debido a la abundancia de sales y yesos en el sustrato geológico, y a la aridez del clima, es frecuente encontrar fases salinas en muchos de estos suelos.

Las Bardenas forman parte del subsector Bardenero, unidad fitogeográfica centrada en Navarra. Este subsector, con una aridez atenuada respecto al Monegrino, forma parte del sector Bardenero-Monegrino, el centro de mayor aridez de la provincia Aragonesa que se extiende por toda la Depresión del Ebro. El termotipo es mesomediterráneo y el ombrotipo semiárido (Peralta 2002). La vegetación es fiel reflejo de las condiciones naturales del medio y de los usos del territorio, antiguos y actuales, por parte del hombre. Todos estos factores han configurado un variado y heterogéneo conjunto de fitocenosis de carácter estepario y mediterráneo de alto valor ecológico, que dotan al paisaje de una elevada biodiversidad.

De manera general, se pueden diferenciar tres unidades de paisaje vegetal que coinciden con las tres áreas diferenciadas desde el punto de vista geomorfológico (Elósegui y Ursúa, 1990). Al sur, en La Bardena Negra, la vegetación natural, fundamentalmente coscojares, sabinares y pinares de pino carrasco, se ubica en las áreas de mayor pendiente bordeando a las planas donde se localizan los cultivos. La Bardena

Blanca es de aspecto más estepizado. En esta unidad, formando mosaico con los cultivos, se desarrollan matorrales halófilos y halonitrófilos (matorrales de *Suaeda vera*, ontinares, sisallares y orgazales, etc.), tomillares, aliagares y romerales, pastos herbáceos xerófilos de anuales y vivaces, espartales de albardín, praderas juncuales halófilas, tayarales, etc. La tercera unidad paisajística corresponde a la bardena tabular de El Plano, que está ocupada en la mayor parte de su extensión por cultivos. Es de destacar que gran parte de las comunidades vegetales que se desarrollan en Bardenas están consideradas como hábitats de interés o prioritario en la Directiva 92/43/CE.

Por otra parte, la existencia de este paisaje estructurado en mosaico constituye el hábitat de importantes comunidades faunísticas representadas por abundantes especies de anfibios, reptiles, peces, aves y mamíferos, siendo la presencia de aves la que marca el carácter de la zona por su trascendencia no a nivel local, sino en cómputo europeo. La comunidad de aves supera el centenar de especies, destacando las rapaces, con veinticuatro especies presentes habitualmente y las esteparias, como Avutarda (*Otis tarda*), Sisón (*Tetrax tetrax*), Alcaraván (*Burhinus oediconemus*) y Ganga (*Pterocles alchata*) entre otras, incluidas en su mayoría en el Anexo I de la Directiva de Aves 79/409.

## ORIGEN HISTÓRICO Y ADMINISTRATIVO DE LAS BARDENAS REALES DE NAVARRA

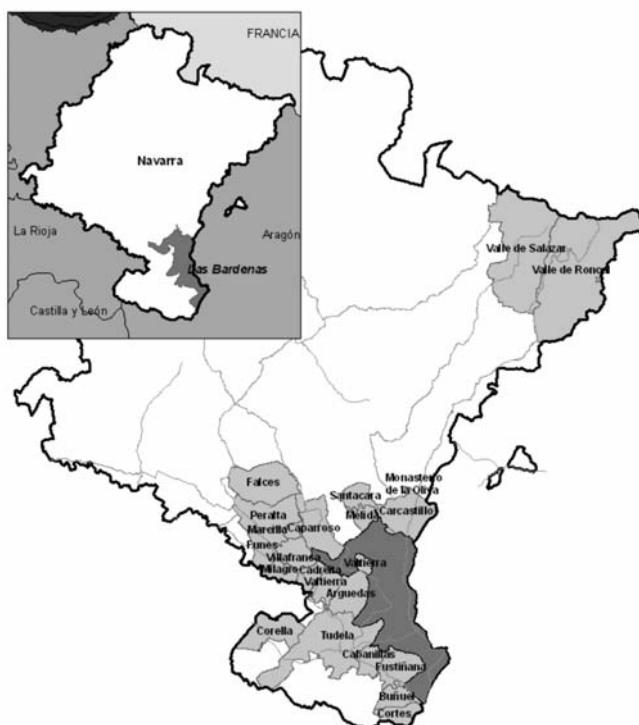
La delimitación del término administrativo de las Bardenas Reales de Navarra debió fraguarse en los siglos IX-X durante el proceso de reconquista de los territorios ocupados por los árabes, ya que pasó a manos del rey navarro por derecho de conquista.

Podemos intuir que tras la conquista de cada pueblo o ciudad, con el objetivo de mantener y afianzar a la población cristiana, el rey concedería determinados fueros a sus habitantes, posibilitando el uso y disfrute de los terrenos conquistados. Con los medios y las necesidades de la época, el radio de acción de esas personas no debía alejarse demasiado de los propios pueblos, por lo que se fue delimitando el perímetro de una enorme área despoblada, que quedó bajo el dominio directo del rey: las Bardenas Reales de Navarra.

Los habitantes de los valles pirenaicos navarros fueron los que inicialmente apoyaron al monarca en la Reconquista y, en consecuencia, también debieron ser los primeros en recibir compensaciones. La concesión de privilegios sobre La Bardena se inició con la prestada al Valle del Roncal hacia el año 882 por el Rey D. Sancho García, como contraprestación por la colaboración en la lucha contra los musulmanes (Junta de Bardenas, 1977). No nos equivocáramos demasiado al afirmar que ese fue el origen de la ganadería ovina extensiva bardenera. Las concesiones reales se sucedieron a lo largo de ocho siglos hasta que, finalmente, un total de veintidós entidades obtuvieron títulos de aprovechamiento en La Bardena (Figura 1).

Las últimas concesiones datan de 1693 y, en 1705 las veintidós entidades beneficiarias (denominadas “congozantes”) obtienen de Felipe V, rey de España, una real cédula que unifica sus derechos de uso y los reconoce a perpetuidad y en exclusividad.

Poco a poco, los partícipes irían adquiriendo conciencia de comunidad, que les llevaría, por una parte, a defender su derecho frente a los no titulares, y por otra, a ad-



**Figura 1. Localización geográfica de Bardenas Reales y de las entidades congólicas, y principales vías pecuarias.**

vertir la necesidad de ponerse de acuerdo para llevar a cabo un mejor aprovechamiento común del territorio. En 1820 aprobaron las primeras Ordenanzas reguladoras de tales disfrutes, en las que ya se habla de la “Comunidad”, se establece una disciplina entre los “usuarios”, una Junta o Comisión como órgano de gobierno y un inicio de fondos comunes.

## USOS HISTÓRICOS Y ACTUALES

### Usos humanos hasta finales del siglo XIX

Las primeras Ordenanzas reflejan de manera indiscutible la importancia del uso ganadero respecto de todos los demás, como agricultura, extracción de leña, piedra, cal, yeso, estiércol, etc.

No hay datos sobre citas de ganados que utilizaban La Bardena en la Edad Media, pero se baraja la cifra de 300 000 las cabezas que llegaban a utilizar los pastos de Bardenas a principios de la edad moderna (Elósegui y Ursúa, 1990). En nuestra opinión, esta cantidad debe manejarse con prudencia por dos motivos fundamentales. En primer lugar, dado que la mayoría del ganado provendría de los valles pirenaicos y de Tudela, esos números podrían referirse a máximos puntuales de carácter estacional. En segundo lugar, posiblemente se estaría englobando en las Bardenas Reales a gran parte del tercio Sur y oriental de Navarra, quizás desde el término conocido como “Bardena de Cáseda” e incluso parte de las vecinas Cinco Villas de Zaragoza (La Bardena Aragonesa), de tanta tradición pastoril por parte de los roncaleses.

Lo que sí tenemos perfectamente documentado es la forma en que se ha realizado el aprovechamiento ganadero en Bardenas (Floristán, 1949a; Floristán, 1952). Se trata del pastoreo “a la revuelta”, expresión que indica el uso en común de pastos, apriscos, abrevaderos y majadales. Nadie tiene pastos o puntos de agua propios, y aún los corrales, que sí son propiedad, pueden ser utilizados por cualquier ganadero cuando su dueño se marcha. Este modo de aprovechamiento apenas ha variado en mil años, siendo, como se verá posteriormente, el que se sigue utilizando hoy en día.

Tampoco ha cambiado mucho la marcada estacionalidad del uso ganadero, fiel reflejo de su origen trashumante, que alcanza su máxima expresión con la veda estival de pastos. Al menos desde 1820 existe una veda de pastos en verano, a buen seguro establecida por los ganaderos montañeses para preservar esta facería para el otoño y el invierno, cuando la nieve impide el pastoreo en las montañas. Su duración ha sufrido variaciones importantes, y desde hace cuarenta años se estableció entre el primero de julio y el diecisiete de septiembre.

Por lo que respecta a la agricultura, la escasa información disponible sugiere que, hasta más o menos 1880, estaba limitada a las vegas de los grandes ríos, apoyada por regadíos más o menos regulares (Floristán, 1949b). La práctica totalidad de los secanos deberían permanecer yermos (existen referencias que cifran en apenas 3250 ha las tierras de cultivo existentes en La Bardena en esa época).

### **El auge de la agricultura en el siglo XX**

A finales del XIX, tanto en Bardenas, como en Navarra y en gran parte de España, tuvo lugar el salto de la agricultura a los secanos. En lo que a nosotros nos ocupa, en poco más de cincuenta años se roturó la mitad de la superficie bardenera, con especial atención a las tierras más productivas.

Aunque con seguridad este proceso tuvo que suponer un golpe durísimo para el sector ganadero, sobre todo para la mentalidad del uso en común de los recursos que la agricultura estaba truncando, podemos suponer que hasta mediados del siglo pasado podría hablarse todavía de un cierto equilibrio entre ambos aprovechamientos. Esto era así por diferentes motivos, entre los que cabe mencionar la escasez de medios técnicos agrícolas (la mecanización era casi nula), la baja eficacia de la labranza (laboreo muy superficial de las tierras más aptas que incrementa la producción de hierbas) y su lentitud (sin acabar la labranza de los últimos rastros ya iría saliendo la hierba en los primeros barbechos). La recolección era igualmente poco eficaz (permitiendo incluso la existencia de cuadrillas de “respigadores” aprovechando ese recurso) e igualmente lenta (la tarea duraba tres meses, por lo que gran parte del grano iba cayendo al suelo). Por otro lado, la agricultura necesitaría de la ganadería para controlar las malas hierbas y para el suministro del estiércol, único abono disponible, lo cual permitía al ganadero un cierto control sobre la actividad agrícola.

Aún partiendo de esa cierta simbiosis inicial, en la medida que esas limitaciones se fueron subsanando gradualmente en beneficio de la agricultura, el ganado se fue supeditando poco a poco a las tareas agrícolas.

En la segunda mitad del siglo XX, en un contexto europeo de economía de posguerra, todos los recursos se pusieron al servicio de la agricultura para lograr el autoabastecimiento alimentario. Tuvo lugar la denominada “revolución verde”, que en poco tiempo puso al servicio de la agricultura toda la tecnología mecánica, biológica y

química que hoy conocemos, con tres efectos determinantes: las tareas agrícolas son cada vez más rápidas (la labranza o cosecha se realizan en pocas semanas, antes eran meses), mejora mucho la eficiencia (en la recolección de grano y paja, eliminación de malas hierbas, etc.) y se desarrollan nuevas variedades de cereal (con mayor producción, ciclos más cortos y menor pérdida de grano).

Las consecuencias para la ganadería también fueron drásticas, aunque más bien en sentido contrario. Así por ejemplo, la superficie de pastoreo se redujo de manera significativa (los secanos ofrecen un pasto cada vez más efímero, imprevisible y estacional.), el tiempo de estancia de los ganados es menor (el secano únicamente ofrece pastos en las rastrojeras de verano y otoño), los costes de alimentación del ganado aumentan debido al incremento en la proporción de alimentación suplementaria, los regadíos se intensifican al máximo, produciendo grandes ofertas de comida que han de aprovecharse rápidamente ante la necesidad de implantar otro cultivo, etc.

Todo ello tuvo como consecuencia el cambio en la “forma” de realizar la ganadería. En efecto, el aprovechamiento ganadero pasa a desarrollarse de manera frenética, con cargas instantáneas muy altas y concentradas en el tiempo. En la mentalidad del pastor, no por desconocimiento o irresponsabilidad, prima más la necesidad de alimentar al ganado en cada momento que el correcto aprovechamiento de los recursos, ante la incertidumbre de no saber si mañana va a encontrar en el campo lo que ha quedado hoy.

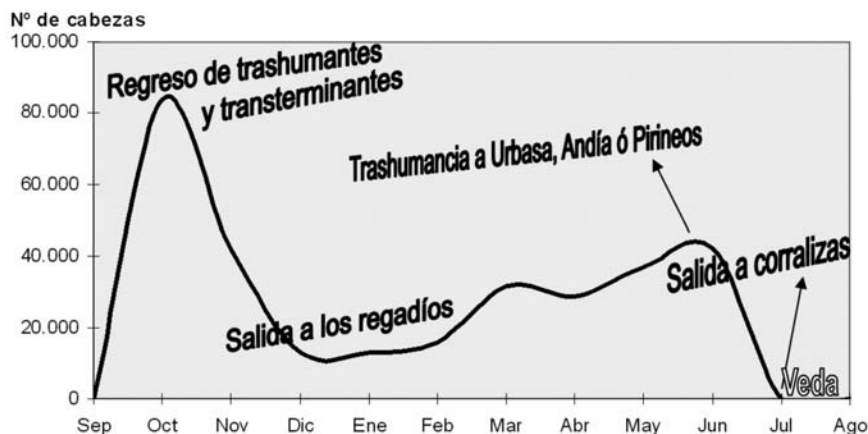
En consecuencia, se produce la completa disociación de ambos sectores por la total divergencia de sus intereses, de manera que la ganadería queda totalmente dependiente de la agricultura.

Pero este proceso también tuvo importantes repercusiones sobre el medio natural. Son de destacar la contaminación por el uso creciente de agroquímicos, la alta tasa de erosión debida a los continuos laboreos, la pérdida de diversidad derivada del monocultivo de cereal, el cambio rapidísimo de los hábitats ligados al medio agrario (en un par de semanas desaparecen los sembrados o los rastrojos), la propia velocidad de la maquinaria que incrementa enormemente los accidentes y atropellos de fauna, a lo que se le une la escasez de alimento para la misma (aunque la oferta de alimento en invierno y primavera es alta en los sembrados, el resto del año llega a escasear, por lo que se reduce su capacidad reproductora), el sobrepastoreo de los cerros por el necesario desplazamiento del ganado a las zonas no cultivadas durante invierno y primavera, la reducción del banco de semillas silvestres, etc.

### **Situación en el siglo XXI**

En la actualidad la superficie cultivada en Bardenas asciende a 22 520 ha (1750 ha en regadío y el resto en secano). En los secanos el cultivo predominante es cereal de invierno (cebada y, en menor medida, trigo), cultivado bajo el sistema de “año y vez”. El clima incierto, unido a la escasa productividad de los suelos, determina bajos rendimientos de las cosechas que se encuentran en el límite o por debajo del umbral de rentabilidad. Los residuos de las cosechas y los pastos naturales son la base alimenticia de una cabaña ganadera, mayoritariamente ovino de carne de raza autóctona “Navarra”, de unas 100 000 cabezas pertenecientes a unas 95 explotaciones, de las que cerca de 20 000 son trashumantes de los valles pirenaicos de Roncal y Salazar.





**Figura 2. Movimientos estacionales del ganado ovino en La Bardena.**

Tal como se representa en la Figura 2, el año ganadero empieza el día dieciocho de septiembre, momento en que se levanta la tradicional veda estival y comienza la mejor época de pastoreo en La Bardena, porque los rebaños encuentran 10 000 ha de rastrojos “limpios”. Tras la cosecha del cereal en junio, si no llovió en verano, el grano y gran parte de la paja estarán casi intactos; y si llovió, para entonces habrá comenzado a mover el ricio. La carga ganadera alcanza entonces el máximo anual, y en apenas un mes habrá agotado el pasto. Los rebaños comenzarán a salir a los regadíos situados fuera de La Bardena, a consumir los restos de hortalizas y a esperar la cosecha del maíz. Pasa el invierno con la cabaña en sus niveles más bajos, habrá un pequeño repunte en primavera, y a finales de mayo comienza la trashumancia a las grandes sierras del norte, o la transterminancia hacia las corralizas de secano más o menos próximas a Bardenas Reales.

En la actualidad, y desde el punto de vista económico, ambos aprovechamientos, agrícola y ganadero, se encuentran en el límite de la rentabilidad, incluso computando los importantísimos subsidios agrarios. Socialmente, hay un goteo constante de explotaciones que desaparecen, sobre todo en el sector ganadero; las tasas de incertidumbre y la baja calidad de vida desmotiva al profesional agrario y dificulta la renovación. En cuanto al medio ambiente, la situación no es mejor. El aumento en tamaño de las explotaciones (más hectáreas por agricultor y más ovejas por ganadero) hace que las afecciones se vayan agravando. Las labores agrícolas se hacen aún más deprisa, con mayor empleo de plaguicidas; los rebaños son mayores, agotan antes los pastos y sobrepastorean las áreas de vegetación natural (muchas de ellas catalogadas como hábitat prioritarios o de interés).

En definitiva, el sistema agropecuario de La Bardena en particular, y del secano semiárido de Navarra en general, está inmerso en un proceso de rentabilidad decreciente, cada vez menos sostenible y de efectos perniciosos para los ecosistemas. No se considera que la situación en grandes áreas del secano español sea mucho más boyante, por lo que estamos ante un problema muy importante.

La sociedad entera debería reflexionar sobre este hecho evidente, ya que en apenas una generación, gran parte del sector primario español está llegando a una situación real de absoluto desguace.

## INICIATIVAS EN BUSCA DE SOLUCIONES

Consciente de la situación descrita en epígrafes anteriores, la Comunidad de Bardenas y el Gobierno de Navarra han desarrollado algunas iniciativas que cuentan con una base conceptual muy clara: el territorio de Bardenas posee unos muy elevados valores ambientales (paisajísticos, geológicos, botánicos y faunísticos) y culturales (históricos, etnográficos), a los que los aprovechamientos tradicionales no son ajenos. El papel de las actividades agrarias en la conservación de los valores ambientales y culturales es lo que ahora se conoce como multifuncionalidad. Se debe, y sin duda se tiene que poder, encontrar la manera de compaginar esos valores y esos usos humanos, hasta alcanzar un equilibrio satisfactorio para todos los intereses.

Sin ninguna duda, el gran punto de inflexión en este devenir histórico tuvo lugar en el año 1996, momento en que la Comunidad de Bardenas, por decisión propia, decidió acometer la elaboración de un Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN), ayudada por el Gobierno de Navarra (Comunidad de Bardenas, 1998).

La redacción de este documento acabó en septiembre de 1998, cuando fue aprobado por el Gobierno Foral y no se hicieron esperar los siguientes acontecimientos, ya que ese mismo año se pusieron en marcha las primeras medidas agroambientales, y en abril de 1999 el Parlamento navarro declaró Bardenas como Parque Natural. Un poco más tarde, en noviembre de 2000, la UNESCO también declaró Bardenas como Reserva de la Biosfera. Creemos conveniente prestar un poco de atención a estos eventos, porque tienen implicaciones relevantes con los usos tradicionales.

La elaboración del Plan de Ordenación de los Recursos Naturales y medidas agroambientales, marcó un antes y un después en la historia de la Comunidad de Bardenas. Por vez primera, supuso una reflexión serena para los sectores agrícola y ganadero, que llegaron incluso a reconocer que había que introducir cambios en la gestión, porque no se estaban satisfaciendo las necesidades y expectativas de los usuarios, y además se estaban produciendo problemas ambientales.

Después de realizar un análisis bastante detenido de la situación, el propio PORN detalló una serie de medidas que podían ponerse en práctica, las justificó y cuantificó económicamente. El documento pasó a manos del Gobierno de Navarra, quien inmediatamente acomodó esa batería de medidas al contexto del Reglamento (CEE) nº 2078/92, sobre métodos de producción agraria compatibles con las exigencias de protección del medio ambiente y la conservación del espacio natural.

Pocos meses después, casi el ochenta por ciento de la superficie agrícola de secano y un tercio de la cabaña ovina estaban poniendo en práctica el primer paquete de medidas agroambientales. Estas medidas son actuaciones para la mejora del medio natural que voluntariamente aceptan el agricultor o el ganadero, y les comprometen a hacer, o a dejar de hacer, determinadas prácticas, a cambio de una compensación económica.

Bardenas fue declarado Parque Natural en abril de 1999 basándose en el PORN aprobado seis meses antes y las medidas agroambientales recién estrenadas. Fue un proceso de dos años en el que, de alguna manera, la alta participación social conseguida vino a afianzar una convicción que rompía estereotipos preexistentes: La Bardenas tiene unos valores paisajísticos y naturales muy altos, una personalidad propia que la diferencia y distingue, y su historia y los usos humanos han colaborado en ello.

Al contrario de lo que hemos visto y padecido en otros lugares que se han protegido, la acción humana debe seguir, los usos tradicionales deben mantenerse, pero hay que corregir todos los factores de perturbación que sean necesarios.

Fruto de una iniciativa del Gobierno de Navarra, el Comité MaB de la UNESCO declaró a Bardenas como Reserva de la Biosfera en noviembre de 2000. Con ello, no sólo hacía suyo el contenido de los párrafos anteriores, sino que reconocía en estos modos de uso humano de los secanos semiáridos un modelo extrapolable a otras zonas del mundo con características similares.

A pesar de todo el trabajo realizado y los reconocimientos dentro y fuera de nuestras fronteras, la realidad era que nuestra agricultura y nuestra ganadería seguían inmersas en una evolución negativa, las iniciativas que se habían tomado no conseguían invertir el proceso. Así a fecha 24 de abril de 2001, la Junta General, el máximo órgano de gobierno de la comunidad bardenera tenía claras dos líneas de trabajo: a) conociendo los problemas evidentes en cuanto a la rentabilidad de las explotaciones agrícolas y ganaderas de La Bardena, era indispensable estudiar la posibilidad de una modificación de ambos aprovechamientos que pudiera facilitar su viabilidad; b) a la vista de los graves problemas sanitarios que se estaban detectando en toda la Unión Europea (encefalopatías y otros) se consideró indispensable y urgente la sustitución del actual sistema de pastoreo “a la revuelta” por otro de aprovechamiento individualizado, de manera que cada rebaño pase a utilizar de forma exclusiva una superficie que se denominó “distrito ganadero”, que evitara el contacto entre las diferentes explotaciones.

Con el objetivo de analizar la situación de los dos aprovechamientos más importantes y buscar alternativas viables para el futuro, la Comunidad de Bardenas buscó un equipo de trabajo que fuera capaz de acometer esa labor, cuyos integrantes fueron:

- Los Institutos Técnicos de Gestión ganadera y agrícola, cuya dilatada experiencia en la materia era fundamental, además de su trato diario con el sector sobre el terreno. De manera muy especial, se valoraron los conocimientos que habían adquirido a partir de varios años de trabajo en la finca experimental de Valtierra que linda con Bardenas (Sayés, 2006; Ochoa, 2006).

- La empresa Trabajos Catastrales S.A. (TRACASA), encargada de traspasar toda la información existente con anterioridad y la nueva generada en estos trabajos, a un Sistema de Información Geográfica, instrumento preciso para la delimitación y caracterización de los distritos.

- Técnicos independientes o de otras administraciones o instituciones de carácter científico, expertos en temas de pastos y en medio natural, tanto flora como fauna silvestres.

- Los técnicos de la Comunidad de Bardenas.

- La Sección de Suelos y Climatología del Departamento de Agricultura, como fuente de información y conocimientos técnicos indispensables.

El trabajo se estructuró en dos equipos, íntimamente interconectados, pero con objetivos diferentes.

El primero redactó el proyecto titulado “**Ordenación del Uso Agrícola y Ganadero del Parque Natural de Bardenas Reales de Navarra**” (Comunidad de Bardenas, 2004;

Mangado *et al.* 2004), que llevó a cabo cuatro cometidos básicos: 1) analizar las alternativas forrajeras (cultivos y rotaciones) susceptibles de ser aplicadas en La Bardena, con un detenido estudio de sus costes económicos y producción de raciones de comida para el ganado; 2) seleccionar la rotación de cultivos más adecuada a los objetivos establecidos; 3) establecer el tamaño de un rebaño tipo, capaz de ocupar a una persona a tiempo completo y de producir recursos económicos para sustentar a una familia; 4) determinar las necesidades que debe satisfacer un distrito ganadero.

El segundo equipo se ocupó de la “**Delimitación de Distritos Agrícola-Ganaderos en el territorio de las Bardenas Reales de Navarra**” (Comunidad de Bardenas Reales, 2003; Ferrer *et al.* 2003; Albizua *et al.* 2005; Albizua *et al.* 2006), con dos misiones fundamentales: 1) conocer la oferta de pastos de todo el territorio bardenero según la rotación propuesta en el proyecto anterior; 2) delimitar mediante una herramienta SIG los distritos que técnicamente eran viables en el territorio bardenero.

Desde el inicio mismo de su trabajo, los técnicos y la entidad gestora, de una manera más o menos implícita, consensuaron varias premisas de trabajo. Así, se consideró indispensable el establecimiento de los distritos ganaderos de uso individualizado como unidad de gestión, muy especialmente desde el punto de vista higiénico y sanitario. Además, el equipo redactor debería valorar con similar detenimiento los condicionantes económicos, sociales y ambientales de las propuestas y decisiones a ofrecer. El objetivo productivo a buscar debía ser la producción de carne de calidad para consumo humano, bien fuera directamente a través del ganado, o de productos agrícolas para alimentación de los animales. Otra de las premisas fue el mantenimiento de los sistemas de aprovechamiento extensivo, y ello, por sus importantes implicaciones ambientales. Por último, todas las actuaciones debían acomodarse a las disposiciones de la Política Agraria de la Unión Europea.

Sintetizaremos a continuación la metodología y contenidos de ambos proyectos.

## **ORDENACIÓN DEL USO AGRÍCOLA Y GANADERO DEL PARQUE NATURAL DE BARDENAS REALES DE NAVARRA**

Este primer proyecto fue desarrollado por el Instituto Técnico de Gestión Ganadero (ITGG) en colaboración con los técnicos de la Comunidad de Bardenas. Se estructuró en cuatro partes fundamentales que se resumirán a continuación. Pero antes hay que destacar una importantísima labor previa realizada por el Instituto Técnico de Gestión ganadera del Gobierno de Navarra en su finca experimental “El Serrón” ubicada en el municipio de Valtierra (Sayés, 2006; Ochoa, 2006). La totalidad de las experiencias y ensayos de cultivos y su interés forrajero que más adelante se mencionarán, fueron desarrollados aquí.

Podríamos resumir el espíritu de este proyecto de la siguiente manera: de las 41 845 ha de Bardenas, casi 21 000 ha se dedican al cultivo de cereal en régimen de año y vez, tradicional y mayoritariamente cebada. Por lo tanto, la producción de estas tierras y el trabajo de los agricultores van destinados a la alimentación animal; el cliente final del agricultor no es otro que el ganadero. El agricultor culmina su trabajo con la cosecha del cereal y su transporte hasta las cooperativas. De ahí, el grano irá a parar a las fábricas de pienso o a los propios ganaderos, que lo volverán a llevar a La Bardena para dárselo a las ovejas en el pesebre.

Dado que la oveja es capaz de aprovechar directamente estos cultivos, ¿podrían verse beneficiados ambos sectores si una parte de ese grano se aprovechara en pie y con ello se redujeran los gastos de cosecha y transporte?, ¿Tendría algún interés para ambos sectores implantar otros cultivos de carácter forrajero que mejoraran ese sistema?. Estas fueron algunas de las cuestiones clave a las que había que dar respuesta.

Las cuatro fases del trabajo fueron las siguientes:

### Caracterización y valoración de recursos pastables

La primera parte del proyecto se dedicó al análisis de los cultivos de interés forrajero que pudieran tener viabilidad en Bardenas. Se partió del sistema de cultivo en año y vez, que se entiende como el más aconsejable para este tipo de tierra, para compaginar los usos agrícolas y ganaderos y de importancia vital para el medio natural.

Se escogieron los tipos de cultivo más viables desde el punto de vista agrícola y más interesantes para el ganadero y el medio ambiente, diferenciándolos según la hoja en que tuviera lugar su implantación, esto es si correspondía al año de cultivo o de reposo (Tabla 1). La “hoja en descanso” se correspondería con la parte que en el cultivo tradicional en año y vez se ha venido dejando en barbecho. Hay que aclarar que en ella se incluyen los “semillados”, que en realidad son cultivos directos que consisten en la potenciación de determinadas especies mediante siembra directa en otoño.

**Tabla 1. Cultivos analizados en la hoja cultivada y en la de descanso.**

Hoja en cultivo	Hoja en descanso
<p><b>Cereal de invierno</b> Cultivos de cebada, trigo duro o triticale que podrían cosecharse o no; en este último caso, la planta se pastaría entera, seca y en pie.</p>	<p><b>Rastrojo (ricio)</b> Corresponde a la germinación otoñal del grano caído tras cosechar y que no fue pastado en el verano.</p>
<p><b>Avena-guisante</b> Siembra de cultivo intercalar con avena y guisante, cuyo destino es el pastoreo directo en verde cuando el cereal llega a floración.</p>	<p><b>Rastrojo sin labrar</b> Vegetación adventicia que se desarrolla en los rastrojos cuando se retrasa la fecha de laboreo hasta bien entrada la primavera (mayo).</p>
<p><b>Rastrojo</b> A diferencia de los anteriores no es un cultivo activo, sino que se refiere al grano y la paja que queda en el suelo tras cosechar. Aunque los ricios también forman parte de los rastrojos, por el propio ciclo agrícola se han incluido en la hoja en descanso.</p>	<p><b>Rastrojo semillado</b> Siembra sobre el rastrojo de pratenses (<i>Lolium rigidum</i>, <i>Vicia sativa</i> o <i>L. rigidum-Vicia sativa</i>) en otoño, con mínimo laboreo.</p>
<p><b>Rastrojo con banda periférica sin cosechar</b> Recurso constituido sobre una misma parcela por los residuos de cosecha y la banda periférica de tres metros de anchura resultante de la aplicación de las medidas agroambientales. Se considera que la producción de la banda representa el 5% de la total obtenida por unidad de superficie.</p>	<p><b>Barbecho</b> Recurso pastable que se obtiene tras labrar los rastrojos. Es incierto y muy dependiente de la climatología y el sistema de labranza.</p>

Para cada uno de estos cultivos o recursos se elaboró una ficha con seis apartados fundamentales: descripción, labores de implantación, rendimiento productivo, periodo de aprovechamiento ganadero, costes de implantación e interés ganadero, agrícola y/o medioambiental del cultivo o recurso. Para calcular el rendimiento productivo se tomaron como referencia la antes referida finca experimental “El Serón”, así como otras experiencias realizadas en rastrojos (Ferrer y Mangado, 2001; Salvatierra, 2002). La unidad de rendimiento es la ración, entendiendo por tal el alimento que una oveja pasta en un día logrando cubrir todas sus necesidades nutritivas. Desde un punto de vista energético, una ración equivale a 1,2 UFL (unidades forrajeras leche: 1 UFL equivale a la energía suministrada por un kilo de grano de cebada).

### **Posibles rotaciones de los cultivos anteriores**

Entendemos como rotación a una serie de cultivos ordenados en el espacio y que se suceden en el tiempo de manera determinada. El proyecto planteó un total de siete rotaciones, y las analizó desde los puntos de vista agrícola, ganadero y ambiental. En todas ellas se mantiene el sistema tradicional de explotación agrícola en año y vez, diferenciándose la hoja en cultivo y la de descanso tradicional.

Todas las rotaciones se estudian bajo la premisa de la implantación efectiva de los distritos agrícola-ganaderos, es decir, considerando que cada rebaño va a disponer de un área de pastoreo individualizada y va a estar formado por un número de cabezas predeterminado. Las dos primeras rotaciones tienen carácter descriptivo, porque son situaciones reales. La primera se refiere al cultivo tradicional de cereal en secano y régimen de año y vez, y la segunda detalla ese mismo cultivo pero teniendo en cuenta la aplicación de medidas agroambientales (programa 2003 a 2008). Las cinco rotaciones siguientes han sido ideadas en el marco de este proyecto, y se han configurado de manera secuencial. Esto quiere decir que cada rotación intenta mejorar a la anterior, en el sentido de garantizar la oferta de alimento necesario para cubrir los requerimientos nutritivos del ganado en pastoreo durante el mayor tiempo posible y de forma continuada. El planteamiento de las rotaciones procura a su vez estar en consonancia con los intereses de los agricultores y con la mejora de los ecosistemas y de la flora y fauna asociada a ellos.

Las siete rotaciones estudiadas se enumeran y describen sucintamente en la Tabla 2.

De cada rotación se analizaron los siguientes aspectos: cultivos integrantes, distribución anual y labores, secuenciación, recursos pastables, rendimiento productivo, distribución mensual de raciones, periodo de pastoreo de cada cultivo o recurso, carga ganadera y días de pastoreo a ración completa, ocupación del suelo y diversidad de hábitats.

**Tabla 2. Rotaciones de cultivos estudiadas.**

Rotación	Descripción
1.- <i>Sistema tradicional</i>	Se trata del sistema de cultivo en año y vez que se viene realizando en estos secanos. La mitad de la superficie se siembra y la otra mitad se deja en barbecho.
2.- <i>Agroambientales</i>	Incluye las modificaciones derivadas de la puesta en práctica de las medidas agroambientales, establecidas para el fomento de métodos de producción compatibles con la protección del territorio. Contempla novedades en la hoja de cultivo como dejar una banda periférica de tres metros de cereal sin recolectar, o la siembra de leguminosa grano. En cuanto a la hoja de descanso, la mitad se deja en barbecho, una cuarta parte se siembra con leguminosa y otro tanto queda como rastrojo hasta mayo.
3.- <i>Ampliación del sembrado</i>	Es una variante de la anterior, donde se deja mayor proporción de banda periférica sin cosechar y se siembra el doble.
4.- <i>Rotación con pastoreo en la mitad de la hoja cultivada con ciclo de cuatro años</i>	Su novedad fundamental es que la mitad de la hoja de cultivo se siembra de avena-guisante, que se aprovechará a diente. La mitad de la hoja en descanso se resiembra con lluejo o lluejo-veza.
5.- <i>Rotación con pastoreo en la mitad de la hoja cultivada con ciclo de ocho años:</i>	Es similar a la anterior, pero la mitad de la hoja de cultivo que antes se sembraba de avena-guisante se reparte entre cereal y avena-guisante, lo cual introduce mejoras en la optimización y secuenciación del aprovechamiento a diente. Y algo parecido ocurre con el sembrado, que ahora se reparte entre lluejo-veza y sólo lluejo.
6.- <i>Rotación con pastoreo en toda la hoja cultivada con ciclo de cuatro años:</i>	Similar a la número cuatro, pero ahora todo el cereal se aprovecha en pastoreo directo.
7.- <i>Rotación con pastoreo en toda la hoja cultivada con ciclo de ocho años</i>	Similar a la número cinco, pero toda la hoja en cultivo se pastorea a diente.

### **Análisis comparativo de las rotaciones**

El paso posterior fue comparar las siete rotaciones estudiadas, para identificar las que podían cumplir mejor los objetivos del proyecto. Recordamos en este momento que la propuesta final sería la que fuera capaz de ofrecer una respuesta más integral a los tres tipos de factores limitantes detectados (de carácter social, ambiental y económico).

Se encontraron un total de treinta y ocho parámetros o variables que debían permitir comparar las siete rotaciones. Para cada uno de ellos, se definió la premisa u objetivo que debería cumplir la rotación. Y para estimar su grado de adecuación a ese objetivo, se estableció un gradiente de mayor a menor a partir de la rotación (o rotaciones) que más se ajustaban a la premisa. Para evitar interpretaciones subjetivas, siempre se intentó cuantificar esos grados de cumplimiento.



En las siguientes Tablas 3, 4 y 5 se resumen, a modo de ejemplo, los resultados de diferentes valoraciones.

**Tabla 3. Resumen de la valoración social de las siete rotaciones**  
(+++ = respuesta satisfactoria, ++ = respuesta parcial, + = respuesta inapropiada).

	Sistema tradicional	Agroamb.	Ampliación sembrado	Pastoreo en mitad cultivo (4 años)	Pastoreo en mitad cultivo (8 años)	Pastoreo en todo el cultivo (4 años)	Pastoreo en todo el cultivo (8 años)	
Horas de trabajo del agricultor	+++	+++	+++	++	++	+	+	
Actividades complementarias	Comercialización abonos	+	+	+++	++	+++	++	+++
	Comercialización semillas	+	++	+++	+++	+++	+++	+++
	Comercialización fitosanitarios	+++	+++	+++	+	++	+	++
	Uso de cosechadoras	+++	+++	+++	++	++	+	+
	Manejo estiércol-compost	+	+	+	++	++	++	+++
Número de distritos <i>(satisfacción de la demanda)</i>	+	++	++	+++	+++	+++	+++	
Grado de motivación	Del agricultor	+	+	+	++	++	+	+
	Del ganadero	+	+	+	++	+++	+++	+++



**Tabla 4. Resumen de la valoración ambiental de las siete rotaciones**  
(+++= respuesta satisfactoria, ++= respuesta parcial, += respuesta inapropiada).

1.- USO GANADERO		Sistema tradicional	Agroamb.	Ampliación sembrado	Pastoreo en mitad cultivo (4)	Pastoreo en mitad cultivo (8)	Pastoreo en todo el cultivo (4)	Pastoreo en todo el cultivo (8)
Evitar el pastoreo en altas pendientes		<i>EL OBJETIVO NO DEPENDE DE LAS ROTACIONES</i>						
Evitar el pastoreo en días de lluvia		<i>EL OBJETIVO NO DEPENDE DE LAS ROTACIONES</i>						
Vegetación natural primavera		+	+	++	+++	+++	+++	+++
Fomento plantas arvenses		+	+	++	++	+++	++	++
Afecciones fauna	Pastoreo primavera	+	+	++	+++	+++	+++	+++
	Reducción desplazam.	<i>EL OBJETIVO NO DEPENDE DE LAS ROTACIONES</i>						
2.- USO AGRÍCOLA		Sistema tradicional	Agroamb.	Ampliación sembrado	Pastoreo en mitad cultivo (4)	Pastoreo en mitad cultivo (8)	Pastoreo en todo el cultivo (4)	Pastoreo en todo el cultivo (8)
Diversidad de hábitat	Sembrado	+	++	+	+++	++	+++	++
	Semillado	+	++	+++	++	+++	++	+++
	Rastrojo	+	++	++	+++	+++	++	++
	Barbecho	++	+++	++	++	+++	++	+++
	Diversidad total	+	++	++	+++	+++	++	++
Mejora agronómica del suelo	Aporte orgánico	+	+	+	++	++	++	+++
	Leguminosas	+	+	+	+++	++	+++	++
	Cubierta vegetal	+	++	+++	+++	++	+++	+++
Fomento plantas arvenses	Rastrojo primav.	+	++	+++	++	++	+++	+++
	Uso herbicida	+	+	+	++	++	+++	+++
Accidentes por uso de maquinaria	Labranza	++	++	++	+++	+++	+++	+++
	Cosecha	+	++	++	+++	+++	+++	+++
	Empacado	<i>EL OBJETIVO NO DEPENDE DE LAS ROTACIONES</i>						
Abandono tierras marginales		<i>EL OBJETIVO NO DEPENDE DE LAS ROTACIONES</i>						

**Tabla 5. Resumen de la valoración económica de las siete rotaciones**  
(+++= respuesta satisfactoria, ++= respuesta parcial, += respuesta inapropiada).

		Sistema tradicional	Agroamb.	Ampliación sembrado	Pastoreo en mitad cultivo (4)	Pastoreo en mitad cultivo (8)	Pastoreo en todo el cultivo (4)	Pastoreo en todo el cultivo (8)
Rendimiento productivo, estacionalidad y despilfarro	Nº de raciones	+	+	+	++	++	+++	+++
	Distribución mensual de raciones	+	+	+	++	++	+++	+++
	Días a ración completa	+	+	++	++	++	++	+++
	% necesidades cubiertas	+	+	+	++	++	++	+++
	Despilfarro de raciones	+++	+++	+++	++	+++	+	++
Margen bruto agricultor		+	+++	+	++	++	+++	+++
Costes asumibles por el ganadero		+	+	++	+++	+++	+++	+++
Producto bruto con PAC en Bardenas		+	++	+++	+++	+++	++	+++
Margen neto en Bardenas		+	++	++	++	+++	++	+++

### Propuesta técnica

En las tablas anteriores puede comprobarse que las rotaciones de las columnas de la izquierda presentan más valoraciones insuficientes (una sola cruz), como corresponde a una situación actual con muchas carencias. Conforme nos desplazamos por las tablas hacia las columnas de la derecha, las respuestas van mejorando.

Una vez efectuado este análisis, se desprende que para el cumplimiento de los objetivos sociales, ambientales y económicos trazados en el proyecto, la rotación más idónea es la denominada “*pastoreo en la mitad de la superficie en cultivo con ciclo de ocho años*”. El esquema de dicha rotación queda señalado en la Figura 3.

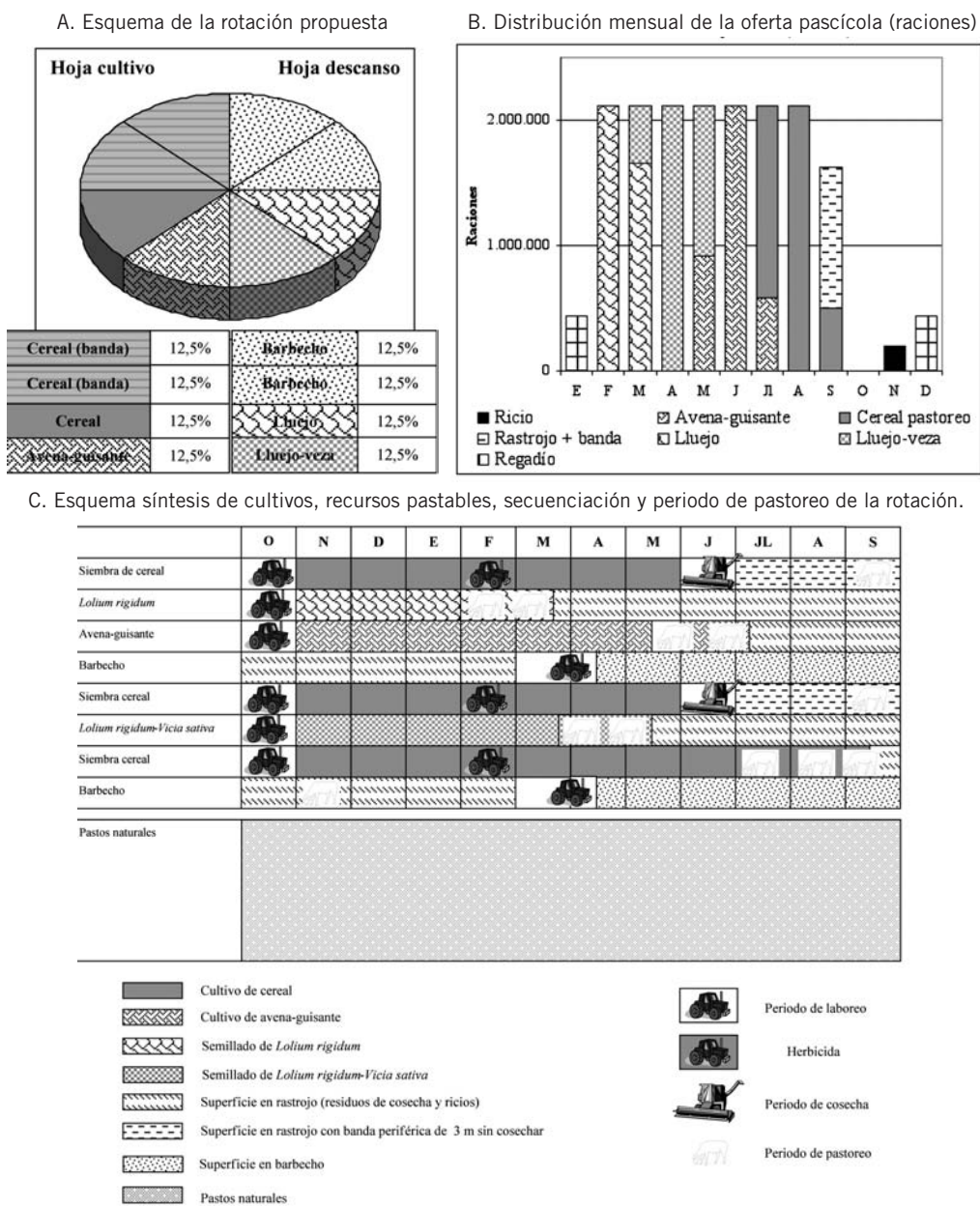


Figura 3. Esquema síntesis de la rotación propuesta para cada distrito ganadero de Bardenas.

Tal como se puede observar, la rotación está formada por cinco tipos de recursos diferentes distribuidos en ocho partes (Figura 3 A). Tres cuartas partes de la “hoja en cultivo” se siembran con cereal y, el resto (1/4), con un cultivo intercalado de avena y guisante. Dos de las tres proporciones sembradas con cereal se cosechan (excepto una banda periférica de tres metros), la otra parte es pastada por ganado con el grano maduro. El cultivo de avena-guisante se pasta en fase de grano inmaduro.

La mitad de la “hoja en descanso” se deja en barbecho (laboreo en marzo-abril). La otra mitad se siembra con lluejo (*Lolium rigidum* Gaud.) (25% de la hoja) y con un cultivo asociado de lluejo-veza (*Lolium rigidum-Vicia sativa*). Ambos se utilizan en verde, a diente por el ganado.

Se trata por tanto de una rotación a ocho años cuya secuenciación es la siguiente:

cereal → lluejo → avena-guisante → barbecho → cereal → lluejo-veza → cereal → barbecho.

En comparación con la situación actual, con la aplicación de esta rotación se obtienen importantes beneficios tanto desde el punto de vista social, económico y ambiental. En efecto, como se tendrá ocasión de explicar más adelante, la aplicación de la rotación en Bardenas permite dividir el territorio en 87 zonas de pastoreo individualizado (Distritos). El número de explotaciones que en los últimos años vienen haciendo uso de los pastos de Bardenas es del orden de 90-100. Por lo tanto, el número de distritos resultantes es muy similar a la demanda existente. Por otro lado, el sistema planteado contribuye a mantener e incluso incrementar la ilusión y motivación por la actividad agrícola y ganadera.

Es una rotación muy productiva en número de raciones (Figura 3 B), siendo el modelo de distribución mensual de éstas muy homogéneo. Este hecho permite un pastoreo continuado durante prácticamente ocho meses (Figura 3 C); durante 248 días se satisface el 100% de las necesidades nutritivas del rebaño.

Desde un punto de vista medioambiental las ventajas de la rotación son asimismo numerosas y evidentes. Se posibilita la mejora gradual de las propiedades físico-químicas del suelo por la propia alternancia de cultivos y por el efecto directo del ganado, lo que lleva asociado el mantenimiento y desarrollo de la fauna edáfica. Por ello, se favorece sucesivamente los incrementos productivos de los cultivos. Por otro lado, el pastoreo secuencial de los distintos recursos posibilita un uso más homogéneo del territorio que en la actualidad y, consecuentemente, un reparto más equilibrado de la fertilidad asociada a las deposiciones de los animales. Desaparece la dependencia de pastar en los cerros gracias al aporte de raciones en los terrenos de cultivo, lo que contribuye a la regeneración de la cubierta vegetal natural, que en algunos casos presenta importantes signos de degradación. Gracias a la creación de un importante mosaico de cultivos que se alternan en el espacio y en el tiempo, así como los modos y fechas de llevarlos a cabo, se mejora la calidad del hábitat para la fauna, incrementando la oferta de alimento y refugio. Al no ser cosechada la mitad de la superficie cultivada, disminuye a la mitad el riesgo de muertes de la fauna asociado a los atropellos por maquinaria.

## DELIMITACIÓN DE DISTRITOS AGRÍCOLA-GANADEROS EN EL TERRITORIO DE LAS BARDENAS REALES DE NAVARRA

Una vez realizada la propuesta de gestión técnicamente más apropiada para el futuro distrito bardenero, se acometió la tarea de su delimitación física sobre el terreno. En este caso el proyecto fue desarrollado por la empresa Trabajos Catastrales S.A. (TRACASA) en colaboración con la Sección de Suelos y Climatología y técnicos de la Comunidad de Bardenas. Las fases de este trabajo fueron tres:

### Recopilación, integración y análisis de la información existente

La información utilizada fue la siguiente: Mapa digital de Cultivos y Aprovechamientos de Navarra a escala 1/25 000; mapa digital de Series de Vegetación a escala 1/25 000; mapa digital de Suelos a escala 1/25 000; base de Datos Catastral a escala 1/5 000; ortofoto color digital a escala 1/5 000; Modelo Digital del Terreno; mapa topográfico digital a escalas 1/5 000 y 1/25 000; localización de construcciones ganaderas (cabañas y corrales); ubicación de puntos de abrevada (balsas y abrevaderos); descripción de vías de comunicación (cañadas, carreteras y caminos); territorios incluidos en figuras de protección (reservas naturales, ZEPAS, etc.).

### Cartografía de tipos de pastos y valoración pascícola del territorio

El punto de partida es la valoración pascícola del territorio, representada de manera cartográfica por un *Mapa Base* en el que a cada recinto diferenciado se le ha asignado un valor pascícola expresado en UF/ha-año.

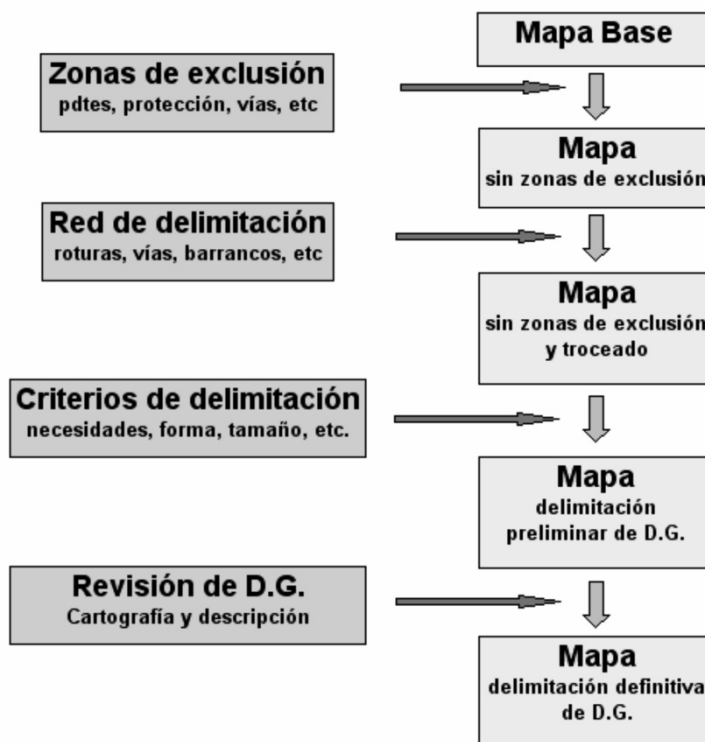
Para ello se ha tomado como referencia el recintado del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de Navarra (1/25 000), diferenciándose por un lado la superficie en cultivo y, por otro, el terreno forestal. La superficie agrícola se clasificó posteriormente en cuatro categorías en función de su potencial productivo, determinado según los tipos de suelo. A cada recinto agrícola se le asignó su valor pascícola en función de los rendimientos obtenidos en el proyecto anterior en la rotación planteada. En la superficie forestal se diferenció los distintos tipos de pasto por fotointerpretación y comprobaciones sobre el terreno. La valoración de los recursos naturales se estimó en función de la información aportada por el proyecto de "Tipificación, valoración pascícola y cartografía 1/25 000 de los recursos pastables de Navarra" de la Sección de Evaluación de Recursos Agrarios del Gobierno de Navarra.

### Procesamiento de la información y delimitación de los Distritos Agrícola-Ganaderos mediante herramientas SIG

La delimitación final de los distritos ganaderos se realizó mediante la superposición, análisis y tratamiento de las capas de información preexistente, más las que se fueron elaborando para el proyecto. El procedimiento fue el siguiente (Figura 4):

1º.- *Mapa base*: tal como se ha señalado en el punto anterior, la información preexistente nos permitió elaborar un mapa de partida en el que a cada recinto o polígono tenía asignado un valor pascícola.

2º.- *Mapa con zonas de exclusión*: en el mapa anterior se establecieron aquellas áreas que deben ser excluidas del aprovechamiento ganadero por criterios medioambientales, legales o de accesibilidad (zonas protegidas en las que el pastoreo está limi-



**Figura 4. Esquema de procesamiento de la información en la delimitación de distritos en Bardenas.**

tado, áreas que por su uso militar tampoco pueden ser utilizadas, zonas de pendiente superior al 20% por los riesgos de erosión asociados al pastoreo, carreteras (incluida una banda de protección de tres metros) y las vías pecuarias que cruzan el territorio) (Figura 5).

*3°.- Establecimiento de la red de límites de los distritos:* Los límites de los distritos deben apoyarse en elementos estructurales del territorio que sean estables y de fácil localización. De esta forma, sobre el mapa base de valoración pascícola y una vez eliminadas las áreas de exclusión, se representaron los límites de referencia para definir los Distritos Ganaderos (áreas de cambio brusco de pendiente, carreteras, cañadas, caminos principales y secundarios, barrancos y límites de parcelas catastrales).

*4°.- Delimitación de los distritos ganaderos:* En el marco global del proyecto desarrollado en Las Bardenas, se establecieron una serie de requisitos que esta delimitación final de distritos agro-ganaderos debía satisfacer. Así, se consideró que un distrito debe ser capaz de cubrir las necesidades nutritivas de un rebaño-tipo de 650 ovejas madres (más corderas de reposición y machos), de la forma más continuada y sostenida posible a lo largo del tiempo, sin que se produzca degradación del medio ni de los recursos. Por ello, aunque pueden presentar superficies distintas, deben ofrecer una similar oferta de raciones. Sus límites deben apoyarse en elementos estructurales del territorio que sean estables y de fácil localización (camino, carreteras, barrancos, vías pecuarias...). Así mismo, deben evitarse formas alargadas e irregulares para minimizar los desplazamientos del ganado. Conviene que los distritos no traspasen algunos límites, bien por seguridad, como por ejemplo, las carreteras, o por riesgo de erosión,



**Figura 5. Mapa de zonas excluidas al pastoreo en La Bardena.**

como las líneas de rotura de pendiente. Por último, todos los distritos deben contar con puntos de agua adecuados y camino de acceso de razonable calidad.

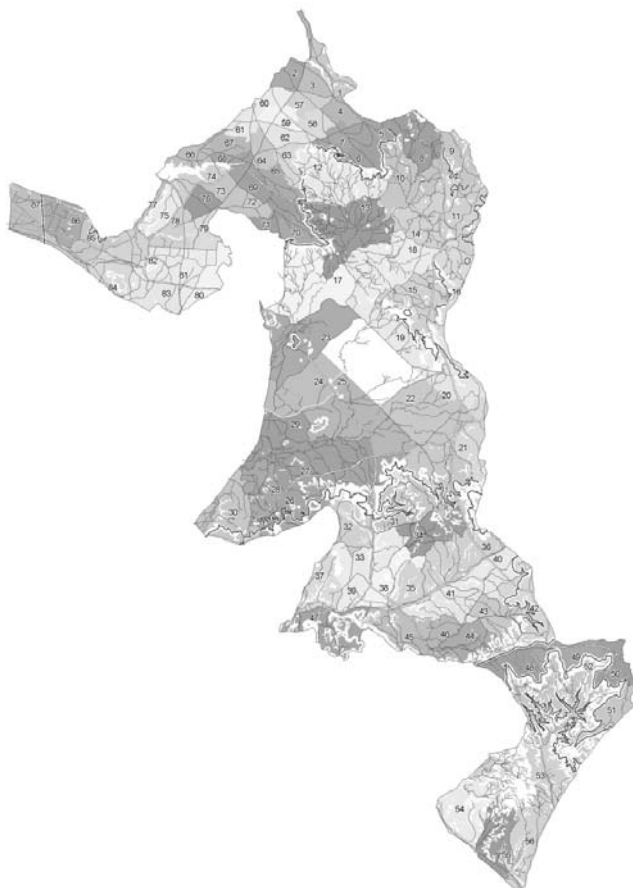
Para facilitar el diseño de los distritos se desarrolló una herramienta en el entorno SIG que permitía manejar la información gráfica y alfanumérica disponible. Dicha herramienta permitía ir adicionando recintos cumpliendo los criterios establecidos, así como conocer en cada momento la oferta pascícola total.

En función de los criterios generales del proyecto y considerando la rotación de cultivos planteada se obtuvo un mapa con la delimitación de Bardenas en 87 distritos agrícola-ganaderos (Figura 6). Para cada distrito delimitado se elaboró una ficha descriptiva en la que se recoge de manera sintética sus principales características alfanuméricas (parcelas catastrales contenidas, superficie total del distrito y superficie pastable, etc.) como gráficas (localización general en Bardenas, visión general sobre base topográfica, límites geográficos sobre ortofoto, etc.).

## CONCLUSIONES

La iniciativa de la Comunidad de Bardenas de desarrollar el proyecto de los distritos agrícola-ganaderos se enmarca en la búsqueda de soluciones a la situación cada vez más difícil de la ganadería extensiva en los secanos semiáridos. En él se busca la integración de los distintos usos del territorio de forma compatible con la conservación





**Figura 6. Mapa de distribución de distritos agrícola-ganaderos en Bardenas Reales según la rotación planteada.**

de los valores medioambientales de este espacio natural protegido, de acuerdo con la actual filosofía implícita en el concepto de multifuncionalidad de la agricultura y la ganadería. Los dos proyectos desarrollados para ello ofrecen respuestas factibles a los objetivos establecidos tanto desde el punto de vista social, como económico y medioambiental. No obstante, la aplicación del sistema que se propone no está exenta de dificultades como son la necesidad de agrupar las parcelas agrícolas, la planificación de los cultivos sobre el terreno, la necesidad de sufragar los gastos generados por el sistema, etc.

## AGRADECIMIENTOS

Esta publicación se sustenta en el ingente trabajo realizado por dos equipos de profesionales por encargo de la Comunidad de Bardenas Reales de Navarra. El primero de ellos realizó el proyecto “Ordenación del Uso Agrícola y Ganadero del Parque Natural de Bardenas Reales de Navarra” y estuvo formado por las siguientes personas: Vicente Ferrer<sup>2</sup>, Jesús M<sup>a</sup> Mangado<sup>3</sup>, Jesús Ochoa<sup>3</sup>, Pedro Pérez<sup>3</sup>, Jesús Sayés<sup>3</sup> y Alejandro Urmeneta<sup>1</sup>. El segundo trabajo fue la “Delimitación de Distritos Agrícola-Ganaderos en el

territorio de las Bardenas Reales de Navarra”, en el que participaron Lourdes Albizua<sup>4</sup>, Miguel Donézar<sup>5</sup>, Vicente Ferrer<sup>2</sup>, Ana Leránoz<sup>4</sup>, Alejandro Urmeneta<sup>1</sup> y Moisés Zalba<sup>4</sup>. La relación de autores se ha escrito según el orden alfabético de sus apellidos.

<sup>(1)</sup> Comunidad de Bardenas Reales. C/ San Marcial, 19. 31500 Tudela. <sup>(2)</sup> Consultoría de Estudios y Proyectos de Pastos. C/ Batondoa 3, Entr. B. 31006 Burlada. <sup>(3)</sup> I.T.G. Ganadero. Avda. Serapio Huici, 22 Edif. Peritos. 31610 Villava. <sup>(4)</sup> Área de Ingeniería Territorial. Trabajos Catastrales S.A. C/ Cabárceno, 6. 31621 Sarriguren. <sup>(5)</sup> Sección de Evaluación de Recursos Agrarios del Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación del Gobierno de Navarra.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBIZUA, L.; LERÁNOZ, A.; ZALBA, M.; FERRER, V.; URMENETA, A.; DONEZAR, M., 2005. Delimitación de distritos agrícola-ganaderos en el territorio de Bardenas reales (Navarra). *Revista de Teledetección*, **24**, 79-83.
- ALBIZUA L; LERÁNOZ, A; ZALBA, M.; FERRER, V.; URMENETA, A; DONEZAR, M., 2006. Delimitation of agricultural and cattle districts in Bardenas Reales. *Proceedings of the 21st General Meeting of the European Grassland Federation*. EGF-SEEP. 53-55.
- COMUNIDAD DE BARDENAS, 1998. *Plan de Ordenación de los Recursos Naturales*. Inédito (disponible en <http://www.bardenasreales.es/inicio.php>).
- COMUNIDAD DE BARDENAS, 2003. *Delimitación de Distritos Agrícola-Ganaderos en el territorio de Las Bardenas Reales de Navarra*. Comunidad de Bardenas Reales-TRACASA. Inédito.
- COMUNIDAD DE BARDENAS, 2004. *Ordenación del Uso Agrícola y Ganadero del Parque Natural de Bardenas Reales de Navarra*. Comunidad de Bardenas Reales-ITGG. Inédito.
- ELÓSEGUI, J.; URSÚA, C., 1990. *Las Bardenas Reales*. Gobierno de Navarra. Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente, 63 pp.
- FERRER, V.; MANGADO, J.M<sup>a</sup>., 2001. Evaluación de la oferta pastable de los residuos de cosechas de cereal de invierno en los secanos de la Ribera del Ebro de Navarra. *Actas de la XLI Reunión Científica de la SEEP-I Foro Iberoamericano de Pastos*, 555-561. Alicante.
- FERRER, V.; ZALBA, M.; LERÁNOZ, A.; ALBIZUA, L.; URMENETA, A.; DONEZAR, M., 2003. Delimitación de distritos ganaderos en el Parque Natural de las Bardenas Reales (Navarra) mediante la utilización de un sistema de información geográfica. *Actas de la XLIII Reunión Científica de la SEEP*, 771-777. Ed. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Granada.
- FLORISTÁN, A., 1949a. Una descripción de las Bardenas Reales en el siglo XVIII. *Príncipe de Viana*, **10**, 475-481. Pamplona.
- FLORISTÁN, A., 1949b. Transformaciones económicas de las Bardenas (Navarra) y de las vegas del Aragón y Ebro circundantes. *Union Géographique Internationale. Comptes Rendus*, **III**, 254-285. Lisbonne.
- FLORISTÁN, A., 1952. Juntas y Mestas ganaderas de las Bardenas de Navarra. *Actas del Primer Congreso Internacional de Estudios Pirenaicos*, **V(IV)**, 111-130. Zaragoza.
- INSTITUTO DEL SUELO Y CONCENTRACIÓN PARCELARIA DE NAVARRA, 1988 *Estudio Básico del Plan de Ordenación del Medio Físico de Bardenas Reales*. Gobierno de Navarra. Inédito.



- JUNTA DE BARDENAS, 1977. *Reseña histórica de los títulos que tienen los pueblos congozantes de las Bardenas Reales de Navarra*. Tudela. Informe inédito.
- OCHOA, J., 2006. Finca experimental del Serrón de Valtierra (II): El rebaño. 1995-2005. *Navarra Agraria*, **157**, 29-40.
- PERALTA, J., 2002. *Series de vegetación y sectorización fitoclimática de la Comarca Agraria VII. Memoria y Mapa*. Servicio de Estructuras Agrarias. Dpto. De Agricultura, Ganadería y Alimentación. Gobierno de Navarra. Informe inédito.
- MANGADO, J.M<sup>a</sup>; FERRER, V.; OCHOA, J.; PÉREZ, P.; SAYÉS, J.; URMENETA, A., 2004. Ordenación del uso agrícola y ganadero en el Parque Natural de Bardenas Reales (Navarra). *Actas de la XLIV Reunión Científica de la SEEP*, 709-714. Salamanca.
- SALVATIERRA, M<sup>a</sup>.A., 2002. *Evaluación de la oferta pastable de los residuos de cosecha de cereal de invierno en los secanos de Navarra*. Trabajo fin de carrera. Universidad Pública de Navarra, 72 pp.
- SAYÉS, J., 2006. Finca experimental del Serrón de Valtierra: Agricultura y ganadería compatibles en los secanos semiáridos. *Navarra Agraria*, **154**, 49-64.

## SUMMARY

### **THE EXTENSIVE LIVESTOCK IN SEMIARID ECOSYSTEMS: THE BARDENAS REALES, THOUSAND YEARS OF GRAZING AND MULTIFUNCTIONALITY IN THE CROSSROADS**

The Natural Park of the Bardenas Reales is an important territorial base for a large number of cattle exploitations on the banks of the Ebro river in the Ribera region of Navarra and for some migrating flocks from the Pyrenees of Navarra. The farming use of this natural space is in crisis and a radical change is coming. In order to distribute the uses of pasture resources rationally, favouring profitable exploitation systems, the park management group have considered dividing the region into individual agricultural and cattle districts. To reach this goal, two projects have been developed: "Ordination of farming use in the Natural Space Bardenas Reales" and "Delimitation of agricultural and cattle districts in Bardenas Reales". In this paper is presented the principal results of both projects.

**Key words:** semi-arid pastures, crop rotation, agricultural and cattle districts, grazing management plan, GIS.

## DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA, AMBIENTAL Y SOCIAL EN SISTEMAS AGROGANADEROS. APLICACIÓN EN VACUNO DE LECHE

A. ARANDIA<sup>1</sup>, J.M. INTXAURRANDIETA<sup>2</sup>, P. SANTAMARIA<sup>3</sup>, O. DEL HIERRO<sup>4</sup>, L. NAFARRATE<sup>5</sup>, C. ICARAN<sup>3</sup>, E. LOPEZ<sup>3</sup>, M. PINTO<sup>4</sup>, J.M. MANGADO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dpto. de Gestión de Empresas, UPNA, Campus Arrosadia, 31014 Pamplona. <sup>2</sup>ITG Ganadero. Avda. Serapio Huici, 22 Edif. Peritos. 31610 Villava (Navarra). <sup>3</sup>IKT, Granja Modelo s/n, 01192 Arkaute, Vitoria-Gasteiz. <sup>4</sup>NEIKER, Berreaga 1, 8160 Derio (Bizkaia). <sup>5</sup>SERGal, c/ La Paloma, 4 bajo, 01002, Vitoria-Gasteiz. [jmangado@itgganadero.com](mailto:jmangado@itgganadero.com)

### RESUMEN

La sociedad europea contempla la actividad agraria no solamente como productora de alimentos sino también de otra serie de bienes y servicios de difícil cuantificación y, en la actualidad, sin valor de mercado, pero que serán claves para la viabilidad futura de las explotaciones. En un intento de cuantificar estas externalidades se propone una batería de indicadores en los ámbitos económico, ambiental y social que sirve para caracterizar explotaciones y sistemas agroganaderos y evaluar su sostenibilidad a largo plazo. Se ha desarrollado una herramienta informática para la recogida y el tratamiento de los datos y que proporciona una salida gráfica que facilita la comprensión y el análisis de los resultados obtenidos. En esta comunicación se describen los indicadores propuestos y se muestra un ejemplo de su aplicación sobre cuatro explotaciones de vacuno de leche pertenecientes a los centros de gestión técnico-económica de la Comunidad autónoma vasca (CAV).

**Palabras clave:** multifuncionalidad, indicadores, viabilidad, sistemas agroganaderos.

### INTRODUCCIÓN

Los ciudadanos europeos demandan a la actividad agraria la producción de alimentos seguros y de calidad, condiciones de bienestar en la producción animal y compatibilidad con el medio natural. La producción agraria es una actividad económica que se desarrolla en el medio rural, genera riqueza, crea puestos de trabajo y fija la población, siendo uno de los motores para una vertebración social de calidad en los territorios. Por ello la agricultura ha pasado de ser considerada como mera productora de alimentos a ser productora de otra serie de bienes y servicios, en la actualidad sin valor de mercado, agrupados bajo el concepto de multifuncionalidad. Hasta fechas recientes los criterios únicos de evaluación de la viabilidad y sostenibilidad de las explotaciones agrarias han sido los económicos. La introducción de criterios ambientales

y sociales enriquecerá el análisis y reflejará de forma más completa la situación actual y perspectivas de futuro de las explotaciones. Con estos objetivos se ha desarrollado una metodología para la evaluación de la sostenibilidad de las explotaciones mediante la aplicación y cuantificación de indicadores en los ámbitos económico, ambiental y social. Por otra parte esta caracterización de explotaciones y sistemas puede dar a las Administraciones una visión rápida y global, necesaria para adoptar medidas y políticas que discriminen positivamente a las más sostenibles. En esta comunicación se presenta un ejemplo de la utilización de la aplicación informática desarrollada sobre cuatro explotaciones de vacuno de leche de la Comunidad autónoma vasca integradas en centros de gestión técnico-económica. Se explican, de forma somera, los indicadores utilizados, su cuantificación y las salidas de caracterización que proporciona el programa.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

El equipo de trabajo ha propuesto tres baterías de indicadores y subindicadores de sostenibilidad dentro de los ámbitos económico, ambiental y social de las explotaciones. Los criterios de elección empleados han sido: facilidad en la obtención de los datos, significación de los resultados obtenidos y coherencia del sistema. Los indicadores propuestos son:

### **Indicadores económicos**

La perdurabilidad de las explotaciones depende, por supuesto, de su viabilidad económica, pero además se consideran otros requisitos de sostenibilidad en el tiempo como es la capacidad de adaptación ante cambios en la política o en los mercados. Por ello se incorporan indicadores que reflejan el grado de autonomía financiera, grado de especialización o diversificación y de estabilidad de los diferentes sectores productivos. En la Tabla 1 se presentan los indicadores y subindicadores propuestos en el ámbito económico. La rentabilidad es el resultado económico del proceso productivo cumpliendo su objetivo si el resultado es positivo. La autonomía es la capacidad de generar estrategias de adaptación a los cambios en los procesos productivos y de comercialización. Cuando estos cambios dependen de centros de decisión ajenos el productor puede ver mermados sus ingresos. La diversificación se valora tanto en producción (variedad de productos) como de comercialización (variedad de canales y clientes). Se considera que ligar la producción a los ratios de rentabilidad mejora el conocimiento de la explotación y permite valorar mejor sus estrategias. La estabilidad es estimar las expectativas de la explotación a medio y largo plazo en función del sector y de los productos que desarrolla. Se analiza la evolución en los últimos 10 años y la predictibilidad de esa evolución a medio plazo. El indicador de estructura de costes permite valorar la distribución de los costes de producción referidos a parámetros de dimensión de la explotación.

### **Indicadores ambientales**

En la selección de los indicadores ambientales se han seguido las metodologías Dialecte y Planète (Solagro 2004, 2007) de evaluación del impacto ambiental de la actividad agraria. Los temas, indicadores y subindicadores ambientales propuestos se presentan en la Tabla 2. En el tema I se valora la adecuación entre ganado y superficie

**Tabla 1. Indicadores económicos.**

Rentabilidad	Autonomía	Diversificación	Producción	Estabilidad	Estructura de costes
Disponibilidad del empresario por UTA	Autonomía frente a subvenciones	Variabilidad de producción	Ingresos ajenos a la explotación / ingresos totales	Capacidad de predicción de precios y producciones	Gastos variables / UDE
Margen neto por unidad de dimensión económica (UDE)	Autonomía financiera	Número de clientes por tipo de producción	Margen neto / ingresos totales	Tendencia general de precios y producciones	Gastos variables / coste total
Rentabilidad del capital	Autonomía en alimentación	Importancia de la producción con mayor cuota	Margen neto / ventas		Alimentación / coste total
	Autonomía en mano de obra		Margen bruto / ingresos totales		Gastos estructurales / coste total
	Autonomía en superficie		Margen bruto / ventas		Gastos estructurales / UDE
					Intereses + amortizaciones / total ingresos

desde dos perspectivas: autonomía forrajera y gestión de deyecciones. En el tema II se valora la situación de la explotación respecto a la protección del suelo, el riego y el uso de fitosanitarios. Para el cálculo de los temas III, VII y VIII se ha utilizado la metodología propuesta por Schils *et al.* (2005). El balance de nutrientes se calcula tanto por la diferencia entre las entradas y salidas a nivel de explotación como a escala de suelo. El balance de energía se calcula por la diferencia entre la energía consumida (directa o indirecta) y la producida a escala de explotación. Para el cálculo de emisiones GEI se utilizan factores de emisión tomados de la literatura (IPCC 1997, Velthof y Oenema, 1997). En el tema IV se analizan las infraestructuras de gestión de efluentes y sus grados de recogida. En el V se valora la situación de los elementos naturales en la explotación y en el VI se analiza si la explotación se integra en alguna dinámica medioambiental.

### Indicadores sociales

Siguiendo lo propuesto por Van Calker *et al.* (2005) se divide la dimensión social de la sostenibilidad en dos categorías: **interna** que recoge temas relacionados con el trabajo en explotación y **externa** que recoge lo que la sociedad percibe de la actividad agraria. En la Tabla 3 se recoge la propuesta de temas e indicadores sociales.

En la dimensión interna se valora la capacidad de los sistemas agroganaderos para: 1.- mantener la agricultura familiar, que fomente el asociacionismo y que facilite el acceso de la mujer y de jóvenes a la titularidad como fuente principal de rentas (ATP).

**Tabla 2. Indicadores ambientales**

TEMA	INDICADOR	SUBINDICADOR
<b>I</b>	<b>Cabaña ganadera y base territorial</b>	UGM/SAU kg N orgánico/SAU UGM/superficie forrajera % utilización forrajes propios Uso de comunales
<b>II</b>	<b>Gestión de la SAU</b>	% SAU de prado permanente % SAU de pradera número de especies % SAU sembrada anualmente % SAU en riego % SAU tratada con pesticidas % SAU que recibe maniería orgánica
<b>III</b>	<b>Balance de nutrientes</b>	kg N orgánico/ha y año kg N mineral/ha y año balance N Corpen (kg N/ha) balance P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Corpen (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha) N “surplus”/ha N “surplus”/1000 l (leche) eficiencia N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> “surplus”/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> “surplus”/1000 l (leche) eficiencia P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
<b>IV</b>	<b>Gestión de efluentes</b>	capacidad de fosas y estercoleros recogida de pluviales recogida de aguas sucias
<b>V</b>	<b>Elementos naturales y biodiversidad</b>	longitud de setos/ha SAU longitud de lindes forestales/ha SAU % longitud de río con vegetación riparia
<b>VI</b>	<b>Gestión global</b>	superficie acogida a medidas agroambientales superficie en agricultura ecológica superficie en producción integrada planes de abonado
<b>VII</b>	<b>Balance energético</b>	“equivalentes fuel”/1000 l (leche) eficiencia energética
<b>VIII</b>	<b>Emisiones GEI</b>	t CO <sub>2</sub> equivalente/ha

2.- generar empleo dignamente remunerado y con la menor inversión en capitales, derechos PAC y tierras. 3.- permitir calidad de vida con disponibilidad de tiempo libre, participación en actividades sociales, formación y viajes y una apreciación subjetiva positiva. 4.- generar trabajo de calidad, con autonomía en las decisiones, minimizando riesgos laborales y momentos “punta” de trabajo y con una autovaloración positiva.

**Tabla 3. Indicadores sociales**

Titularidad	Dimensión interna			Dimensión externa		
	Generación de empleo	Calidad de vida	Calidad de trabajo	Bienestar animal	Paisaje y tradición	Calidad de productos y proximidad
ATP	Ocupación del territorio	Disponibilidad de tiempo	Autonomía de decisión	Frecuencia de visitas	Elementos naturales	Requisitos microbiológicos
Mujer	Activos materiales	Actividades sociales	Valoración de calidad	Libertad de movimientos	Elementos singulares	Origen DO / IGP
Joven	Activos inmateriales	Formación, viajes	Horas trabajadas	Estabulación	Movimientos de ganado	Otras certificaciones
Figura societaria	Viabilidad socioeconómica	Días libres	Nivel de concentración	Sanidad animal	Valoración del entorno	Producción ecológica
Continuidad	Remuneración hora	Vacaciones	Días > 12 horas		Razas	No OGM
Agricultura familiar		Valoración final				Agroturismo
						Visitas de grupos
						Comercialización (circuitos, ferias, venta directa)

En la dimensión externa se tiene en cuenta lo que la sociedad valora en: 5.- el bienestar de los animales, su atención y cuidados y el desarrollo de su comportamiento. 6.- el mantenimiento de elementos singulares, paisaje, patrimonio cultural, tradiciones, estética y patrimonio ganadero. 7.- calidad y diferenciación de los productos, acercamiento entre productores y consumidores, proximidad, mercados cortos.

Los subindicadores se han cuantificado por los rangos de valores que pueden alcanzarse en las situaciones habituales de las explotaciones de nuestro entorno. Para valorar cada indicador se ha reducido a base 10 las aportaciones de todos sus subindicadores correspondientes. De esta forma todos los indicadores son equivalentes tanto dentro de cada ámbito como entre ámbitos.

Se ha diseñado una herramienta informática .xls para la recogida, tratamiento y conversión de los datos requeridos de las explotaciones analizadas en indicadores cuantificados, con una salida gráfica en forma de “tela de araña” para cada uno de los ámbitos de trabajo y otra que resume la cuantificación en los tres ámbitos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se ha aplicado la propuesta de indicadores de sostenibilidad sobre cuatro explotaciones de vacuno de leche como actividad exclusiva, situadas en Álava e integradas

en un grupo de gestión técnico-económica. Sus características globales se recogen en la Tabla 4. La obtención de la información de partida resulta sencilla en el caso de los datos económicos (son explotaciones de gran tradición en gestión técnico-económica) y ambientales ya que, previamente, se recogió esta información dentro del Programa de “Diagnósticos Ambientales”. La obtención de información social es novedosa tanto para el encuestador como para el encuestado pero se ha desarrollado de forma ágil. La significación de los resultados obtenidos es relativa, sobre todo en el ámbito económico, ya que se trata de los resultados de un año concreto en el que la coyuntura de precios no tiene por qué ser representativa de tendencias. En general, existe un patrón que se repite en las cuatro explotaciones pudiéndose observar que, aunque elegidas al azar, resultan ser muy similares en muchos aspectos (coherencia). Por ello la aplicación individual de esta metodología no aporta diferencias importantes entre explotaciones, sin embargo la media de los valores de los indicadores obtenidos en cada explotación sí nos aporta una razonable caracterización de un sistema que podríamos definir como “producción especializada de leche de vaca (OTE 41) ligada a base territorial”. Para ilustrar el análisis se recoge en la Figura 1 la representación gráfica de los valores obtenidos en los tres ámbitos de análisis y la valoración global de la media de indicadores de las cuatro explotaciones y para las dos que obtienen la mayor y la menor puntuación global.

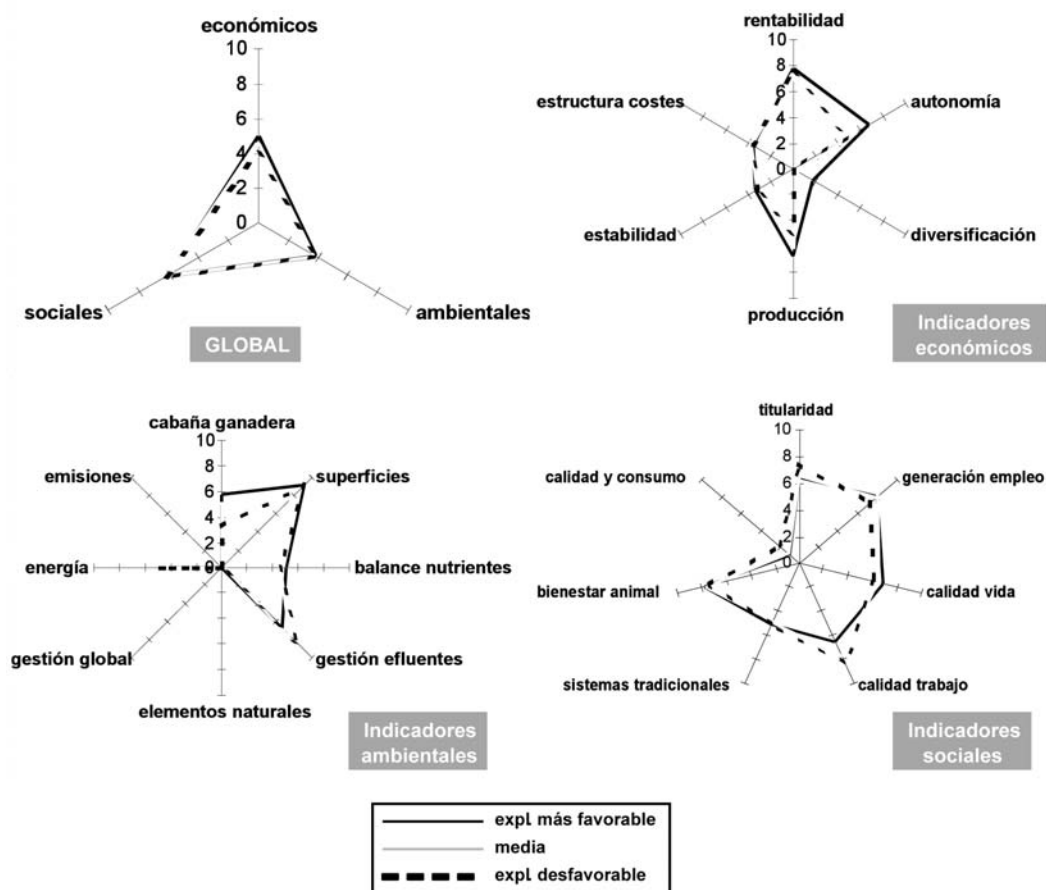


Figura 1. Indicadores de sostenibilidad. Salida gráfica.

**Tabla 4. Características de las explotaciones.**

	1	2	3	4
<b>nº vacas</b>	113	71	120	72
<b>UGM</b>	144	96	165	98
<b>SAU (ha)</b>	56.04	45.36	52.93	64.18
<b>UGM/ha</b>	2.57	2.11	3.11	1.53
<b>producción (l. leche)</b>	997 853	647 917	976 051	706 020
<b>UTA (unidad trabajo año)</b>	3	2.25	3	2.5
<b>vacas/UTA</b>	37.6	31.6	40	28.8
<b>litros/UTA</b>	332 618	287 963	325 350	282 408

El sistema definido solamente supera la puntuación 5 en el ámbito social (6.04) y no llega en los ámbitos económico (4.41) ni ambiental (3.72). En el primer ámbito incide positivamente el hecho de que se trata de explotaciones asociativas, con titulares jóvenes y alguna mujer. La explotación más favorable alcanza o supera la puntuación 5 en los ámbitos social (5.94) y ambiental (4.99) aunque en el primero es superada por la explotación desfavorable (6.20) que se ve desfavorecida en el ámbito económico (4.00). En el ámbito ambiental alcanzan, ambas, puntuaciones similares y bajas (3.78-3.75). El sistema definido no alcanza la puntuación de 5 en los indicadores “diversificación” (0.42), “estabilidad” (3.26) y “estructura de costes” (3.87) del ámbito económico; en los indicadores “elementos naturales” (0), “gestión global” (0), “emisiones” (0), “balance de nutrientes” (4.56) y “energía” (4.82) en el ambiental y “calidad y consumo” (1.25) y “sistemas tradicionales” (4.85) en el social. Posiblemente habrá que revisar los patrones de valoración de los subindicadores que integran los indicadores que han presentado valor 0 ajustando los rangos a situaciones que produzcan variabilidad y diferenciación.

## CONCLUSIONES

La utilización de esta herramienta nos permite mejorar el nivel de conocimiento y análisis de la gestión global de las explotaciones, de su sostenibilidad y de los sistemas de producción. El trabajo de diagnóstico se facilita si las explotaciones sobre las que se trabaja están integradas dentro de programas de gestión.

## AGRADECIMIENTOS

“Diagnóstico de la sostenibilidad de sistemas agroganaderos. Incorporación de indicadores de carácter social y ambiental a programas de gestión técnico-económica”, proyecto INIA RTA2005-00174-C02.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IPCC, 1997. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Ginebra (Switzerland).



- SCHILS, R.; VERHAGEN, A.; AARTS, H. y SEBEK, L., 2005. A farm level approach to define successful mitigation strategies for GHG emissions from ruminant livestock systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **71**, 163-175.
- SOLAGRO, 2004. *DIALECTE. Diagnostic agri-environnemental d'exploitation*. Versión 4.0. Toulouse (Francia).
- SOLAGRO, 2007. *PLANETE. Pour l'analyse énergétique de l'exploitation agricole*. Version Juillet 2007. Toulouse (Francia).
- VAN CALKER, K.; BERENTSEN, G.; GIESEN, G. y HUIRNE, R., 2005. Identifying and ranking attributes that determine sustainability in Dutch dairy farming. *Agriculture and Human Values*, **22**, 53-63.
- VELTHOLF, G. y OENEMA, O., 1997. Nitrous oxide emission from dairy farming systems in The Netherlands. Animal production, economics and environmental. *J. Agric. Sci.*, **45**, 347-360.

## SUMMARY

### **DEVELOPMENT OF A TOOL TO DIAGNOSE ECONOMIC, ENVIRONMENTAL AND SOCIAL SUSTAINABILITY OF ANIMAL HUSBANDRY SYSTEMS. APPLICATION TO DAIRY FARMING**

European society sees agriculture not only as food production, but also as provider of other goods and services, difficult to quantify, but key to the future viability of farm holdings. With the intent of quantifying these externalities, a range of social, economic and environmental indicators are proposed. These indicators are used to characterise both farms and agricultural systems and to assess their long term sustainability. A software tool has been developed for data collection and processing. This tool also produces a graphical output that facilitates understanding and analysis of the results. In this communication the proposed indicators are described. Likewise, an example of their application to four dairy farms from the technical-economic management centres of the CAV is presented.

**Key words:** multifunctionality, indicators, sustainability, dairy farming.

## DIAGNOSIS DE LA GANADERÍA ECOLÓGICA Y EL SUMINISTRO DE MATERIAS PRIMAS PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL EN CATALUÑA

F. LÓPEZ-GELATS<sup>1</sup>, N. PANELLA<sup>2</sup>, M. GISPERT<sup>2</sup>, E. FÀBREGA<sup>2</sup>, J. BARTOLOMÉ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departament de Ciència Animal i dels Aliments, Grup de Recerca en Remugants, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès). <sup>2</sup>Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) Finca Camps i Armet s/n, 17121 Monells (Girona). [feliu.lopez.gelats@uab.cat](mailto:feliu.lopez.gelats@uab.cat)

### RESUMEN

La producción agroalimentaria ecológica es un sector en crecimiento en Europa, también en Cataluña. Sin embargo, hay algunas deficiencias estructurales que pueden representar una amenaza para el devenir futuro de este sistema de producción. Una de estas carencias es el desequilibrio existente entre un buen número de explotaciones ganaderas y un número menor de explotaciones agrícolas vinculadas a la alimentación animal. Para evaluar las consecuencias de este desequilibrio y el comportamiento al respecto de las ayudas a la producción ecológica en Cataluña hemos llevado a cabo una serie de entrevistas estructuradas a ganaderos y también agricultores ecológicos. Se ha detectado que las ayudas a la producción ecológica son a menudo un complemento a la renta de ganaderos de zonas marginales y en cambio se muestran menos efectivas a la hora de incentivar a la conversión a granjeros de orientaciones ganaderas y regiones más productivas. Finalmente subrayar el alto grado de especialización observado, así como el bajo nivel de integración entre las fincas agrícolas y las ganaderas ecológicas.

**Palabras clave:** producción agroalimentaria ecológica, pluriactividad, entrevista estructurada.

### INTRODUCCIÓN

La producción agroalimentaria ecológica es un sector en crecimiento en toda Europa. En Cataluña el número de operadores y superficie inscrita no ha parado de aumentar durante los últimos años. En 2008 se contabilizan más de mil doscientos operadores y sesenta mil hectáreas (CCPAE, 2008). Cataluña es además la comunidad autónoma con un mayor número de empresas agroalimentarias dedicadas a la elaboración de alimentos ecológicos (DAR, 2009) y más de un 64% de la población afirma haber consumido alguna vez alimentos ecológicos (Institut Cerdà, 2007). Sin embargo, existen una serie de deficiencias estructurales que amenazan la buena salud de este tipo de producción agroalimentaria, como la comercialización, el intrusismo de la opción convencional, etc. El desequilibrio entre explotaciones ganaderas y superficie agrícola destinada a la producción de alimento para el ganado es una de ellas también.

Para evaluar las consecuencias de este desequilibrio y el comportamiento al respecto de las ayudas a la producción ecológica en Cataluña, en este artículo presentamos algunos de los resultados obtenidos en un estudio que llevamos a cabo conjuntamente el Departament de Ciència Animal i dels Aliments de la Universitat Autònoma de Barcelona y el Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA), Tecnología de los Alimentos, con la colaboración del Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural. Así pues los objetivos específicos de este artículo son los siguientes: (a) caracterizar las explotaciones ganaderas ecológicas y las explotaciones agrícolas vinculadas a la ganadería; (b) evaluar el nivel de suplementación en la alimentación del ganado ecológico; (c) estimar el grado de intrusismo de la opción convencional dentro de la ecológica; y finalmente (d) valorar la percepción de los ganaderos y agricultores ecológicos respecto a este sistema de producción.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se ha dividido en dos bloques, por un lado el análisis del comportamiento y características de las explotaciones ganaderas y por el otro de las explotaciones agrícolas. Por explotaciones ganaderas entendemos aquéllas que venden productos derivados del ganado, ya sea carne, leche, huevos o miel; por agrícolas aquéllas que venden productos agrícolas, en este caso forraje o grano; y finalmente por explotaciones mixtas aquéllas que venden tanto productos ganaderos como agrícolas.

Se efectuaron un total de 84 visitas a explotaciones, elegidas aleatoriamente del registro del CCPAE (consejo regulador de la producción ecológica en Cataluña), durante los meses de julio, agosto y septiembre del 2008: 65 a ganaderas, 15 a agrícolas y 4 a mixtas. Esta muestra representa un 21% de los ganaderos ecológicos catalanes. La metodología utilizada fue la de entrevistas estructuradas. Éstas estaban organizadas en cinco secciones: (a) censo del ganado, (b) producción y ciclos ganaderos, (c) base territorial y alimentación del ganado, (d) mano de obra y mecanización, y finalmente (e) percepción de la producción ecológica.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **Caracterización de las explotaciones ganaderas ecológicas**

La mayoría de las explotaciones ganaderas se concentran en alturas superiores a los 800 m snm y particularmente en la región del Pirineo leridano (48%). La producción ecológica se encuentra muy especializada en la ganadería bovina (56%) y en menor medida la ovina (17%). Cabe subrayar que estas explotaciones presentan una gran variabilidad de tamaño, que fluctúa entre 10 y 260 Unidades de Ganado Mayor (UGM) en el caso del bovino y entre 2 a 150 UGMs para el ovino. Las explotaciones de equino y pollos de carne son de mucha menor importancia (por debajo de las 12 UGMs y constituyendo un 6% del total de granjas en los dos casos), y las explotaciones de leche son escasas (un 3% del total de granjas son de bovino de leche y un 4% de caprino de leche). Destaca también que haya tan pocas explotaciones ecológicas en porcino (1%) y avícola (6% granjas de pollos y 3% granjas de gallinas ponedoras), cuando son las orientaciones ganaderas más importantes en Cataluña. Más aún si tenemos en cuenta que hoy en día se importa carne de porcino ecológica. Referente a la superficie disponible, las explotaciones ganaderas ecológicas disponen en general de

una base territorial bastante extensa. Sin considerar los pastos alpinos comunales, un 40% de explotaciones disponen de más de 25 ha. Lo que implica que más de la mitad de las explotaciones entrevistadas presentan cargas ganaderas inferiores a 2 UGM/ha, sin considerar los pastos alpinos de verano. En general se trata pues de explotaciones de manejo muy extensivo. Hay que tener en cuenta que exceptuando los casos de las explotaciones avícolas, porcícolas y de leche, las demás hacen un uso generalizado de los recursos pascícolas de los pastos comunales de verano durante unos cuatro meses.

En términos de mano de obra, las explotaciones de leche, tanto de bovino como de caprino, son claramente las más intensivas con medias de casi tres trabajadores a tiempo completo. Sin embargo, en general la disponibilidad de mano de obra es muy baja. La media de todas las explotaciones se sitúa alrededor de 1,5 unidades de trabajo agrícola (UTA). Hay que destacar otra vez la gran variabilidad existente, entre 0,25 y 4 UTAs. A pesar de la baja disponibilidad de mano de obra, el grado de mecanización es también muy bajo, con una media de 100 CVs por explotación. Sin embargo, una vez más, la variabilidad es elevada. Hay un buen número de explotaciones que no disponen de mecanización. Las granjas de bovino y ovino son las orientaciones ganaderas que presentan un mayor grado de mecanización, alrededor de los 120 CVs. Las explotaciones de equino y caprino de carne muestran grados de mecanización mínimos (entre 30 y 40 CVs), pues son sistemas basados totalmente en el pastoreo. En el caso de las granjas de pollos de carne, la mecanización es tan reducida (30 CVs) debido a su manejo intensivo en que el alimento es comprado de fuera de la explotación en su totalidad. Otra característica destacable de la ganadería ecológica es los elevados niveles de pluriactividad que se detectan entre los ganaderos. El 60% de los ganaderos ecológicos compaginan la actividad agropecuaria con otros trabajos. Destaca que todos los ganaderos de equino entrevistados son pluriactivos. En el caso de los ganaderos de bovino se trata del 70%. En cambio, todos los ganaderos de leche entrevistados llevan a cabo su labor a dedicación completa. Un 86% de los ganaderos pluriactivos completan sus rentas trabajando en el sector de los servicios, en el turismo rural principalmente.

Respecto a la comercialización, los ganaderos ecológicos utilizan principalmente la venta directa y la venta a intermediarios. En el caso del bovino y el equino la venta a cebadores es también relevante. El destino de los productos de los ganaderos ecológicos es esencialmente la misma comarca o el resto de Cataluña. Únicamente hemos detectado una explotación de bovino de cría y una de porcino que vendan al resto de España. No se ha observado ninguna explotación que venda al extranjero.

### **Caracterización de las explotaciones agrícolas vinculadas a la alimentación animal**

A diferencia de las fincas ganaderas, las agrícolas se localizan principalmente a alturas menores a los 400 m snm (un 63% de ellas), en zonas más productivas. Esta separación geográfica, junto con el bajo número de explotaciones mixtas detectadas en la muestra (cuatro), apunta a un grado bajo de integración agropecuaria. De promedio una explotación agrícola presenta 9,4 ha de cultivos de grano y 6,4 ha de cultivos de forraje. No obstante, de las 19 explotaciones que venden productos agrícolas para la alimentación de ganado ecológico sólo tres de ellas producen tanto forraje como grano. La diversidad media de especies cultivadas por explotación agrícola es de 1,5 especies

forrajeras y 2,5 especies para grano. Alfalfa y gramíneas son los cultivos forrajeros más comunes, en menor medida la veza y la avena. Por lo que respecta al grano, la superficie media por explotación es de 7,8 ha de cereales y 1,7 ha de leguminosas. La avena es el cultivo más utilizado. También son importantes el trigo, el centeno, el maíz y la cebada. Por lo que respecta a la comercialización, los agricultores ecológicos venden sus productos principalmente mediante la venta directa a ganaderos. En el caso del grano, éste se vende también bastante a cooperativas y en algún caso a fábricas de concentrado.

### Grado de suplementación en la alimentación del ganado ecológico

En general, la suplementación más habitual y cuantiosa es la de forraje, sobretodo en forma de alfalfa y paja. Las explotaciones de bovino, equino, ovino y caprino son claramente compradoras de forrajes, también de grano y concentrado pero en cantidades muy menores (Figura 1). En cambio las explotaciones avícolas manifiestan una dependencia absoluta de la compra de concentrado y además en cantidades notables. Sólo las explotaciones de bovino y ovino compran cantidades destacables de grano. Mientras en las explotaciones de ovino destaca la avena, en las de bovino el trigo y la cebada. Destaca el peso casi nulo del maíz.

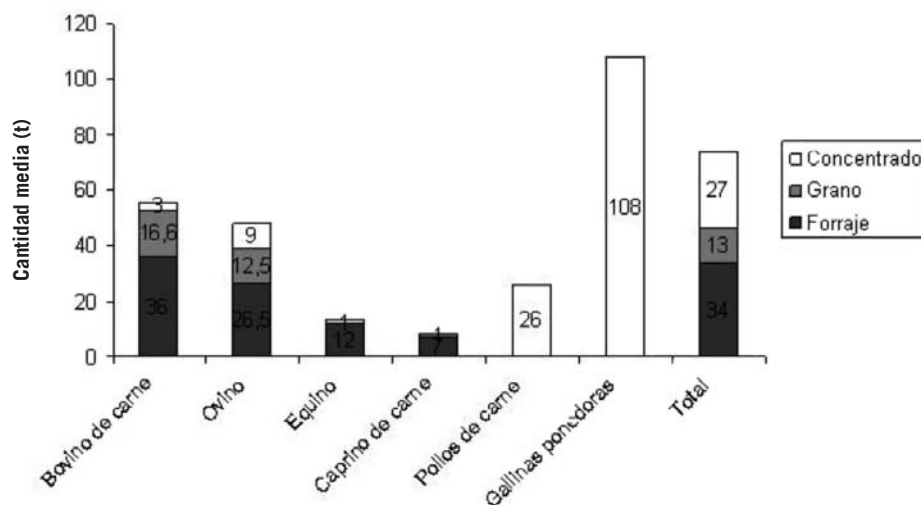


Figura 1. Cantidad media de suplemento comprado por explotación ecológica en 2007.

En relación a la procedencia de la suplementación, el comportamiento es similar tanto en el caso del forraje como del grano y el concentrado. En los tres casos los productos se adquieren mayoritariamente en la misma comarca o en el resto de Cataluña. Un 10% se compra en el resto de España y únicamente se ha detectado un caso de compra de concentrado en el extranjero. Relativo a la evolución de las cantidades de suplementos compradas los últimos años, no se han detectado variaciones significativas. La mayoría de explotaciones (80%) afirman haber mantenido las cantidades. Tan sólo un 7 y un 10% de las explotaciones han disminuido las cantidades compradas de forraje y concentrado respectivamente.

### **Intrusismo de la opción convencional dentro de la ecológica**

En este apartado hacemos hincapié en aquéllas fases del sistema de producción ecológico en las que se producen mayores grados de intromisión por parte del sistema convencional. En relación a la suplementación, mientras todo el concentrado y gran parte del grano (sólo la mitad de la avena comprada no está certificada y se trata de 12 Tm. para granjas de ovino) que compran las explotaciones está certificado, éste no es el caso en el forraje. Particularmente alarmante es la falta de paja ecológica, pues la mitad de la paja que compran los ganaderos ecológicos es convencional. Hay que señalar también que mientras que las explotaciones de bovino de engorde compran menos de un 10% de forraje convencional, en las explotaciones de bovino de cría este porcentaje sube hasta el 30%. En las granjas de bovino de leche también de media se compra un 30% de forraje como convencional. En el caso de las explotaciones de ovino es del 10%.

Respecto al grano y forraje que venden las explotaciones agrícolas, mientras que el grano se vende prácticamente todo de modo certificado, la situación es distinta en el caso de los forrajes. Más de la mitad de las explotaciones agrícolas que cultivan alfalfa lo venden como convencional. Lo mismo pasa en el caso de la avena y la cebada, y gran parte de la veza. Acerca de la comercialización del ganado, una tercera parte de las explotaciones de bovino de cría venden los terneros como convencional y un 20% en el caso de las de engorde. Este porcentaje se eleva hasta el 70% en las explotaciones de ovino y hasta el 100% en las de equino. En cambio, todas las explotaciones avícolas visitadas lo venden todo certificado.

### **Percepción de los ganaderos y agricultores de la producción ecológica**

En general, la valoración que hacen los ganaderos de su participación en la producción ecológica no es satisfactoria. Tan sólo un 1% la considera muy positiva y un 24% positiva, mientras que un 32% la considera muy negativa y un 18% simplemente negativa. Las motivaciones que mencionan para enrolarse a la producción ecológica son varias. Un 25% afirma que la conversión es fácil e implica cobrar unas ayudas económicas. Un 17% remarca que la producción ecológica es una opción de vida que los hace sentir mejor. Un 16% señalan el hecho que la producción ecológica supone diferenciar un producto para ser más competitivo en el mercado. A la pregunta de cuáles creen que son los retos más importantes a los que se enfrenta la producción ecológica, los ganaderos respondieron mayoritariamente que la comercialización (59%). También señalan la coexistencia con los organismos modificados genéticamente (12%) y la necesidad de rebajar los precios para los consumidores (12%).

En el caso de los agricultores, la valoración que hacen de su participación en la producción ecológica es también muy crítica. En ningún caso se estima como muy positiva, aunque un 37% la considera simplemente positiva. En un 26% se evalúa como negativa y en otro 26% como muy negativa. A diferencia de los ganaderos, las motivaciones que citan los agricultores para justificar su participación en la producción ecológica es principalmente por razones ambientalistas y de mejora de la calidad de vida. El 43% de los agricultores afirman que el motivo principal es llevar a cabo una opción de vida que los hace sentir mejor. En segundo lugar, un 37% esgrimen razones de respecto al medio ambiente. Hay que tener en cuenta que mientras una gran parte de los ganaderos ecológicos son de zonas marginales, principalmente montañosas, en el caso

de los agricultores la situación es la contraria, como hemos señalado anteriormente. A la pregunta de cuáles creen que son los retos más importantes a los que se enfrenta la producción ecológica, los agricultores expresan esencialmente dos preocupaciones: por un lado la mejora de la comercialización (38%) y por otro el acceso a materias primas (un 21% se muestra preocupado por la coexistencia con los transgénicos y otro 21% por la dificultad de acceso a materias primas).

## CONCLUSIONES

En Cataluña existen dos tipologías de explotaciones ecológicas. Por un lado, granjas viables económicamente y con una dedicación a tiempo completo del ganadero. Se trata especialmente de granjas de bovino u ovino de más de 100 UGMs que disponen de un elevado grado de mecanización. Por otro lado, granjas que presentan dificultades para ser viables. Se trata principalmente de granjas de bovino, ovino, equino y caprino que tienen pocas cabezas de ganado y en las que el ganadero a menudo lo es a tiempo parcial. El grado de mecanización es muy bajo. Mientras las explotaciones del primer grupo muestran una vocación productiva, las del segundo grupo se mantiene por afición o tradición familiar. Además, las ayudas a la producción ecológica funcionan a menudo como un complemento a la renta de ganaderos de zonas marginales y en cambio se muestran menos efectivas a la hora de incentivar a ganaderos de orientaciones y zonas más productivas. Finalmente, hay que subrayar el elevado grado de especialización y el bajo nivel de integración agropecuaria detectados. Es ésta una tendencia preocupante para el futuro de la producción ecológica y que sería interesante desincentivar.

## AGRADECIMIENTOS

Los resultados mostrados en este artículo forman parte del estudio 'Diagnosi del sector agropecuari i carni ecològic a Catalunya' encargado por el Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural de la Generalitat de Catalunya. Los autores agradecen el apoyo de la Unitat PAE del Servei de Producció Agrícola del DAR. Nuestra gratitud también para todos los ganaderos y agricultores que nos atendieron.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CCPAE (Consell Català de la Producció Agrària Ecològica), 2008. *Estadístiques 2008*. <http://www.ccpae.org/>.
- DAR (Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural), 2009. *Pla d'Acció per a l'alimentació i l'agricultura ecològiques 2008-2012*. Generalitat de Catalunya. Barcelona (España).
- INSTITUT CERDÀ, 2007. *Estudio de mercado. Observatorio del Consumo y la Distribución Alimentaria. Monográfico Productos Ecológicos*. MAPA. Barcelona (España).

## SUMMARY

**DIAGNOSIS OF THE ORGANIC LIVESTOCK FARMING AND THE SUPPLY OF RAW MATERIALS FOR ANIMAL FEED IN CATALONIA**

Organic production is a growing sector throughout Europe. This is also the case in Catalonia. However, some structural shortcomings are detected which might pose a threat to the future evolution of this production system. One of these weaknesses comes from the imbalance situation generated by the fact that the number of livestock farms is certainly larger than the number of agricultural operations which produce feed for animals. In order to consider the consequences of this disproportion and the influence on it of the organic subsidies in Catalonia, we have conducted a set of structured interviews to organic farmers. It has been observed that organic subsidies often work as an income complement to farmers located at marginal areas, whereas they are less effective in converting to organic production farmers of more productive regions and forms of farming. Finally, it should be highlighted the high level of specialisation showed by organic farms, as well as the low degree of integration between livestock and agricultural operations.

**Key words:** organic production, pluriactivity, structured interview.





## GESTIÓN PASCÍCOLA EN LOS SECANOS SEMIÁRIDOS DEL SUR DE NAVARRA MEDIANTE HERRAMIENTAS GIS

U. IRAGUI, C. ASTRAIN

*Gestión Ambiental, Viveros y Repoblaciones de Navarra, S.A. c/ Padre Adoain 219 bajo. 31015 Pamplona. uxue.iragui@gavrn.com*

### RESUMEN

Aplicando un método de valoración de la capacidad forrajera en dos municipios de los secanos semiáridos del sur de Navarra, este trabajo pretende mostrar el potencial de los GIS (Sistemas de Información Geográfica) como herramienta para facilitar las tareas de evaluación, interpretación, planificación y toma de decisiones en la gestión pascícola. La tecnología GIS permite cuantificar, de una manera rápida, sencilla y transparente, las consecuencias de la aplicación de unas medidas de gestión concretas, en este trabajo enfocadas a mejorar el balance estacional de la oferta forrajera, distribuir el ganado de forma más homogénea en el paisaje, y evitar el pastoreo en primavera sobre la vegetación natural, para elaborar una propuesta de gestión ganadera sostenible. Con el GIS, además, se realiza una aproximación a la valoración económica de cada corraliza en función de su capacidad de pasto. El contexto dispar a través del cual cada uno de los dos municipios estudiados elabora su plan de gestión parece indicar que la metodología seguida es aplicable a otras regiones con antecedentes, necesidades, y características naturales y paisajísticas diversas.

**Palabras clave:** conservación ambiental, oferta forrajera, propuesta de gestión, variables.

### INTRODUCCIÓN

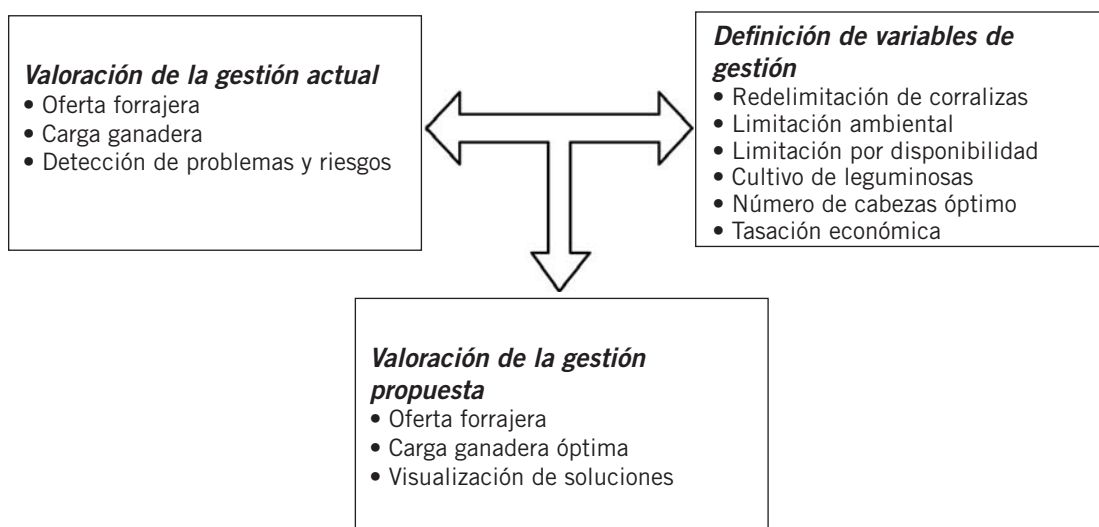
Los Ayuntamientos de Ablitas y Tudela tienen la necesidad de elaborar un nuevo modelo de aprovechamiento pascícola en sus sectores ganaderos de pastoreo (corralizas). Ablitas incluye el espacio protegido de Natura 2000 “Peñadil, Montecillo y Monterrey”, cuyo Plan de Gestión reclama la elaboración de un plan de gestión pascícola, que afecta a 5044 ha. Tudela, por otro lado, pretende replantear el modelo tradicional de explotación pascícola que se encuentra en declive, unido a los actuales cambios en el paisaje como consecuencia del aumento del suelo industrial y urbano en el municipio, y envuelve 11 283 ha. Ambos municipios están localizados en el Sur de Navarra, con un modelo pascícola tradicional basado en el pastoreo extensivo de ovino en espacios de vegetación natural en mosaico con secanos cerealistas de rotación bianual con barbecho, y en cultivos hortícolas de regadío.

Existen numerosos trabajos relativos a métodos de valoración y establecimiento de unas bases para la ordenación de territorios pascícolas (Lasanta *et al.*, 2006; García-

González y Marinas, 2008; Fina, 2008) pero no tantos que estimen las consecuencias de la gestión llevada a cabo con la aplicación práctica de los resultados y conclusiones obtenidos en los mismos. Este trabajo pretende ir más allá de la mera valoración de la gestión pascícola actual, diseñando una metodología GIS estandarizada que sirva de herramienta para elaborar una propuesta de gestión pascícola futura, específica para cada municipio. En dichas propuestas se definen unas medidas de gestión concretas que integran, de forma sinérgica y necesaria, las prácticas agrícolas y ganaderas, a la vez que se favorece la conservación de los hábitats esteparios de la zona, y las especies de flora y fauna que en ellos conviven. Con la tecnología GIS se valoran los efectos de la aplicación de dichas medidas sobre el territorio, ya que permite la integración y análisis de distintas fuentes de información espacial, y ayuda a la interpretación de datos, facilitando el proceso de planificación y toma de decisiones (Mandaluniz *et al.*, 2005; Muzein, 2007; Wehn, 2008).

## MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología de evaluación del plan de ordenación se realiza utilizando el software ArcGIS 9.2. (ESRI), y sigue tres fases de trabajo (Figura 1).



**Figura 1. Fases de trabajo llevadas a cabo en la metodología con el uso de GIS.**

En primer lugar, se realiza una valoración de la gestión actual tradicional, para conocer la problemática y riesgos existentes en cada municipio. En función de los problemas observados, se definen una serie de medidas o variables de gestión que los Ayuntamientos podrían poner en marcha para solucionarlos. Por último, se valora el escenario de gestión futuro, en el que se aplican las medidas de gestión propuestas, para valorar su viabilidad.

### Valoración de la gestión actual

La estimación de la gestión pascícola actual se realiza siguiendo la metodología tradicional adoptada, y descrita por ejemplo en el trabajo de García-González y Marinas

(2008), calculando la oferta forrajera y carga ganadera por corraliza y estación a partir de la integración de las distintas fuentes de información disponibles (Tabla 1).

**Tabla 1. Cartografía e información utilizada para la valoración de la oferta forrajera, y carga ganadera actual.**

Cartografía e información	Escala	Fuente
Sectores ganaderos o Corralizas	1:5000	Ayuntamientos de Ablitas y Tudela (comunicación personal)
Mapa de SIGPAC Navarra	1:5000	Gobierno de Navarra, 2007
Mapa de cultivos y aprovechamientos de Navarra	1:25 000	Gobierno de Navarra, 2006
Mapa de hábitats y taxones de Navarra	1:25 000	Gobierno de Navarra, 1997
Oferta forrajera estacional de los recursos pastables en los municipios de estudio	Información alfanumérica	Remón, 2004; Ferrer <i>et al.</i> , 2004
Número de cabezas por explotación y movimiento estacional del ganado en las corralizas	Información alfanumérica	Ayuntamientos y ganaderos de Ablitas y Tudela (comunicación personal)
Demanda energética anual de una oveja	Información alfanumérica	Instituto Técnico y de Gestión Ganadero (comunicación personal)

En primer lugar se definen las corralizas de estudio. A nivel de recinto SIGPAC, se define el tipo de vegetación o uso predominante en cada subparcela, utilizando los mapas de cultivos y hábitats disponibles. Se definen 23 usos del suelo, de los cuales 14 son pastables (entre cereales de secano, cultivos en regadío, vegetación natural y zonas forestales). A cada uso se le asigna un valor de unidades forrajeras según su disponibilidad estacional, obteniendo un mapa de oferta forrajera a escala 1:5000 por corraliza y estación. Se realiza una aproximación a la carga ganadera que soporta cada corraliza relacionando la oferta forrajera con la demanda ganadera, según la distribución estacional de cada rebaño en los sectores ganaderos que maneja cada explotación.

Los resultados obtenidos permiten visualizar los problemas de gestión y riesgos existentes en cada municipio, al conocer cuáles son las corralizas más castigadas o la localización de las zonas de mayor interés ambiental y su estado de degradación.

### **Definición de variables de gestión**

*Redelimitación de las corralizas:* sin variar en exceso la delimitación tradicional, se asegura que todas tengan acceso a balsas de agua, así como a un corral en uso (Putfarken *et al.*, 2008).

*Limitación de pasto por razones ambientales:* zonas de interés ambiental que por su grado de degradación o fuerte pendiente se vedan al pastoreo, favoreciendo su recuperación.

*Limitación de pasto por razones de disponibilidad:* se aprovechan las corralizas cuando su oferta forrajera sea alta, vedando el pastoreo en otras estaciones. Se pretende favorecer el movimiento rotacional del ganado, atenuando los efectos del sobre-subpastoreo, que tan perjudiciales son para el paisaje estepario (Perevolotsky, 2005; Muzein, 2007).

*Cultivo de leguminosas para su pastoreo en primavera:* la falta de recursos en primavera puede solucionarse con el sembrado de leguminosas en barbechos (Sayés, 2006). Aleja al ganado de la vegetación natural, permitiendo la regeneración de la flora y fauna en la estación de mayor actividad biológica, especialmente de aves esteparias (Fondell y Ball, 2004).

*Número de cabezas óptimo:* conociendo la disponibilidad de forraje tras la aplicación de las medidas, se calcula el número de cabezas óptimo en cada corraliza (Ganskopp *et al.*, 2007).

*Tasación económica:* pueden realizarse tanto cálculos de primas compensatorias como un reajuste del precio de arrendamiento de cada corraliza.

### **Valoración de la gestión propuesta**

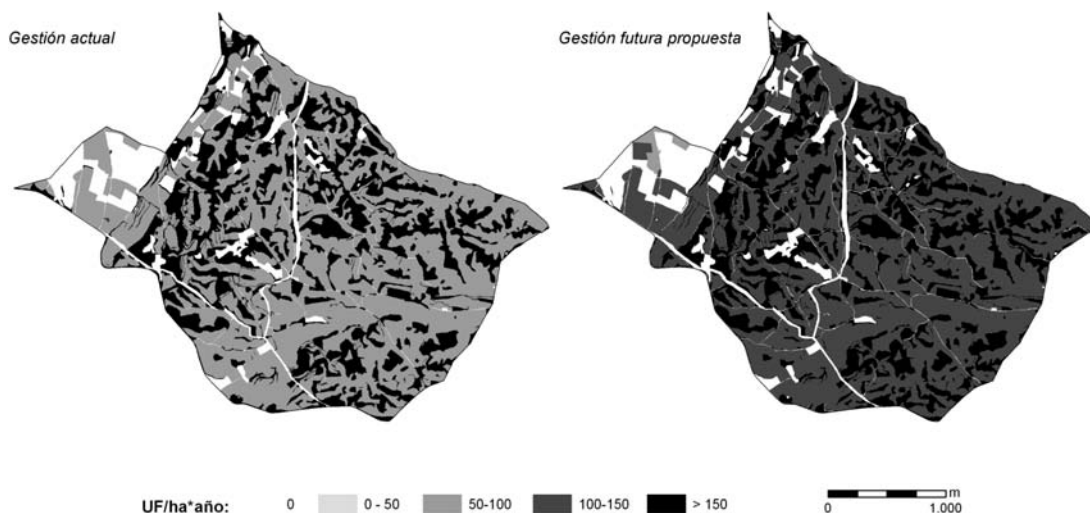
Se ajustan los datos de gestión actual a las condiciones de una gestión futura donde se aplican las variables definidas. A las zonas con limitaciones de pastoreo se les aplica un valor de aprovechamiento ganadero nulo durante el periodo de veda. A su vez, la superficie agrícola aumenta su valor forrajero al introducir las leguminosas en primavera. Con el nuevo cálculo de oferta forrajera futura por corraliza y estación, se calcula la carga ganadera óptima en cada corraliza, ofreciendo unas cifras que pueden orientar a los Ayuntamientos a la hora de limitar el número de cabezas por corraliza en la nueva gestión pascícola.

La cuantificación de la situación de gestión actual y futura propuesta en el plan de gestión permite una comparación entre ambas, valorando la pérdida o ganancia de unidades forrajeras en cada corraliza como consecuencia de las variables adoptadas. Esto permite conocer los efectos de la puesta en marcha de la nueva gestión, lo cual facilita la toma de decisiones al poder cuantificar las consecuencias de la aplicación de una determinada medida.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La tecnología GIS se muestra como una herramienta operacional en la gestión pascícola, ya que permite la estimación cualitativa y cuantitativa de los recursos, así como la identificación y valoración de riesgos ambientales y posibles soluciones (Ronchi y Nardone, 2003). El GIS posibilita la creación de modelos predictivos, al permitir la integración y estimación de distintas medidas de gestión sobre una situación de partida conocida, representando las consecuencias.

Los resultados obtenidos en Ablitas y Tudela parecen indicar que el conjunto de medidas de gestión propuestas pueden ser beneficiosas para la gestión ganadera y ambiental. Desde el punto de vista ganadero, la distribución anual de la oferta forrajera propuesta es más homogénea que en la situación actual, y, a pesar de que se realizan limitaciones de pasto espaciotemporales, curiosamente el número total de raciones forrajeras aumenta, gracias a la siembra de un cultivo de leguminosa, de gran potencial forrajero (Figura 2).



**Figura 2. Ejemplo de Unidades Forrajeras por hectárea y año estimadas en el modelo de gestión actual y futuro en la corraliza “Lote 2 de Monte Alto” de Tudela.**

Desde el punto de vista ambiental, se intuye que las medidas propuestas contribuyen directamente a la conservación y mejora de la vegetación, fauna, suelo y paisaje estepario (dados los fines de las variables aplicadas y descritas anteriormente), además de todos los beneficios indirectos que conlleva.

Para sostener económicamente la gestión, en Ablitas, con un espacio protegido de Natura 2000, pueden aplicarse primas compensatorias con las ayudas Natura 2000 y Agroambientales en zonas esteparias del Programa de Desarrollo Rural de Navarra 2007-2013. En Tudela se propone un reajuste homogéneo en el precio de arrendamiento de cada corraliza, basado en el valor €/UF\*año que se considere necesario.

El uso de diferentes fuentes cartográficas multiescalares con la tecnología GIS como herramienta de trabajo permite elaborar, de una manera sencilla y rápida, distintos escenarios de trabajo, y reflejar las consecuencias de la toma de decisiones adoptada en la gestión del espacio (Fina, 2008). Puesto que el proceso de valoración de una variable es sencillo e independiente de las demás, la inclusión de nuevas medidas de gestión o eliminación de otras existentes no supone un obstáculo a nivel técnico o de recursos. En este trabajo se valora la influencia de las variables en su conjunto, si bien es posible, en caso necesario, estudiar los efectos de cada una por separado sobre el total del escenario futuro de gestión, lo cual podría facilitar la adopción o no de una determinada medida.

El plan de gestión pascícola propuesto en Ablitas y Tudela recoge unas recomendaciones adaptadas al contexto de cada municipio, lo cual parece indicar que la flexibilidad de la metodología seguida es aplicable a otras zonas con características socioeconómicas, problemas, necesidades y objetivos diferentes.

## CONCLUSIONES

El futuro de la gestión pascícola sostenible depende de la aplicación de nuevas estrategias de gestión (Ronchi y Nardone, 2003). En este sentido, la adopción del GIS

en el proceso de toma de decisiones y diseño de nuevos planes de gestión pascícola es clave, ya que permite conocer las posibles repercusiones que tendrán las nuevas medidas adoptadas. La metodología GIS se ha utilizado en los secanos semiáridos de Navarra para la elaboración de dos propuestas de gestión pascícola a distintos municipios, si bien dada la flexibilidad del método, puede ser aplicable a otras condiciones ambientales con problemas y necesidades diferentes.

## AGRADECIMIENTOS

A los técnicos Fernando Mendoza, Asun Berastegi, Vicente Ferrer, Ana Iriarte, y la paciencia de los ganaderos de Ablitas y Tudela. A los Ayuntamientos de Ablitas y Tudela por su colaboración, y al Gobierno de Navarra, que ha financiado los dos proyectos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FERRER, V.; URMENTA, A.; SAYÉS, J. J.; OCHOA, J. L.; PÉREZ, P. J.; MANGADO, J. M., 2004. *Estudio de alternativas para la ordenación y gestión en distritos agrícola-ganaderos en el Parque Natural de Bardenas Reales*. Informe inédito. Gobierno de Navarra.
- FINA, S., 2008. Advanced land use modelling and land suitability ranking using GIS. *4th International Symposium "Networks for Mobility 2008"*. Stuttgart (Alemania).
- FONDELL, T. F.; BALL, I. J., 2004. Density and success of bird nests relative to grazing on Western Montana grasslands. *Biological Conservation*, **117(2)**, 203-213.
- GANSKOPP, D. C.; GEORGE, M.; BAILEY, D.; BORMAN, M.; SURBER, G.; HARRIS, N., 2007. *Factors and practices that influence livestock distribution*. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, 20 pp. Oakland (EEUU).
- GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; MARINAS, A., 2008. Bases ecológicas para la ordenación de territorios pastorales. En: *Pastos del Pirineo*, 229-253. Ed. F. FILLAT, R. GARCÍA-GONZÁLEZ, D. GÓMEZ, R. REINÉ. CSIC. Madrid (España).
- GOBIERNO DE NAVARRA, 1997. *Mapa de hábitats y taxones de Navarra*. Servicio de Conservación de la Biodiversidad. Gobierno de Navarra.
- GOBIERNO DE NAVARRA, 2006. *Mapa de cultivos y aprovechamientos de Navarra*. Servicio de Información y Gestión Económica. Gobierno de Navarra.
- GOBIERNO DE NAVARRA, 2007. *Mapa de SIGPAC Navarra*. Servicio de Agricultura. Gobierno de Navarra.
- LASANTA, T.; GONZÁLEZ-HIDALGO, J. C.; VICENTE-SERRANO, V. S.; SFERIA, E., 2006. Using landscape ecology to evaluate an alternative management scenario in abandoned Mediterranean mountain areas. *Landscape and Urban Planning*, **78**, 101-114.
- MANDALUNIZ, N.; BERNUÉS, A.; AGUIRREZABAL, A.; RIEDEL, J. L.; CASASÚS, I.; OREGUI, L. M., 2005. Tools for sustainable grazing management of mountain pastures. The example of three protected natural areas. *Options mediterraneennes*, **67**, 33-38.
- MUZEIN, B., 2007. *Remote Sensing & GIS for Land Cover/ Land Use Change Detection and Analysis in the Semi-Natural Ecosystems and Agriculture Landscapes of the Central Ethiopian Rift Valley*. Saechsische Landesbibliothek - Staats- und Universitaetsbibliothek Dresden, 166 pp. Dresden (Alemania).
- PEREVOLOTSKY, A., 2005. Livestock grazing and biodiversity conservation in Mediterranean environments: The Israeli experience. *Options mediterraneennes*, **67**, 51-56.

- PUTFARKEN, D.; DENGLER, J.; LEHMANN, S.; HARDTLE, W., 2008. Site use of grazing cattle and sheep in a large-scale pasture landscape: A GPS/GIS assessment. *Applied Animal Behaviour Science*, **111**, 54-67.
- REMÓN, J. L., 2004. *Plan de Ordenación Pascícola del Lugar de Importancia Comunitaria (LIC ES2200042) Peñadil, El Montecillo y Monterrey (Ablitas)*. Informe inédito. Gobierno de Navarra.
- RONCHI, B.; NARDONE, A., 2003. Contribution of organic farming to increase sustainability of Mediterranean small ruminants livestock systems. *Livestock Production Science*, **80(1)**, 17-31.
- SAYÉS, J. J. 2006. Finca experimental "El Serrón" de Valtierra. Agricultura y ganadería compatibles en los secanos semiáridos. *Navarra Agraria*, **154**, 49-64.
- WEHN, S., 2008. A map-based method for exploring responses to different levels of grazing pressure at the landscape scale. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **129**, 177-181.

## SUMMARY

### GRAZING MANAGEMENT IN THE SEMI-ARID CROPLAND OF THE SOUTH OF NAVARRE USING GIS

By means of the application of a method to evaluate the seasonal forage availability in two municipalities of the semi-arid cropland in the south of Navarre, the aim of this work is to show the potential of GIS to facilitate the tasks of evaluation, interpretation, planning and decision making in grazing management. GIS technology allows quantifying the consequences of the application of precise management measures in a fast, simple and transparent manner. In this work these measures are focused on improving the seasonal balance of the forage supply, homogenizing the distribution of livestock in the landscape, and avoiding the spring grazing when plants are most vulnerable, elaborating a new and sustainable grazing management proposal. In addition, GIS allows an approach to evaluate the economical value of each management unit, based on its forage supply. The different contexts in which the study areas of both municipalities elaborate their new grazing management plan shows the flexibility of the methodology followed, and indicates that it could be applied to other regions with a different background, needs, as well as natural and landscape characteristics.

**Key words:** environmental conservation, forage supply, management proposal, variables.





## FICHAS DE MANEJO Y GESTIÓN DE LAS GRANDES ÁREAS DE PASTOS EN COMÚN DE NAVARRA

I. ITURRIAGA, J.M. MANGADO, F. MAEZTU

*ITG Ganadero. Avda. Serapio Huici, 22 Edif. Peritos. 31610 Villava (Navarra). iiturriaga@itgganadero.com*

### RESUMEN

Las grandes áreas de pastos en común de Navarra son de suma importancia tanto económica (creación de riqueza) como ambiental (gestión del territorio) y social (asentamiento de la población). Existe una gran casuística en su forma de gestión por lo que se ha llevado a cabo un trabajo de recopilación y síntesis de las informaciones referentes a los usos ganaderos de estos territorios. Se ha recopilado información de 17 territorios y de cada uno de estos trabajos se han realizado una ficha resumen que contiene, de forma abreviada, los aspectos más importantes para poder ser consultadas de forma rápida y sencilla.

Cada ficha se divide en tres apartados. En el primero se realiza una caracterización general del medio físico (localización, climatología, botánica, ecología, etc.). En el segundo se recogen los aspectos más relevantes del uso ganadero actual (fechas de acceso y de salida, tasas, identificación, especies, etc.) y en el tercero se incluyen datos sobre la gestión y administración del área (ordenanzas, órgano de gestión, guarderío y otros).

**Palabras clave:** ganadería extensiva, monte público, uso ganadero, ordenanzas, multifuncionalidad.

### INTRODUCCIÓN

Navarra por su particular historia y peculiar organización administrativa ha sido capaz de conservar extensos territorios bajo titularidad pública. En una comunidad con el 90% de superficie de carácter rural los terrenos comunales representan el 40,8% de la superficie total de Navarra y más del 60% de la superficie de monte es de uso público.

En la sociedad agraria tradicional, los montes comunales constituían para las comunidades rurales el principal ámbito de abastecimiento de un conjunto de recursos útiles en la actividad diaria (leña, madera, helecho, pastos, etc.). Por otro lado el ganado, especialmente el lanar, encontraba en los montes no sólo pastos sino también chozas y refugios que le servían de cobijo y cuya utilización quedaba a disposición de cada usuario, siempre y cuando éstos estuvieran desocupados (Alberdi, 2004).

Los montes públicos continúan suministrando unos recursos fundamentales para el desarrollo de la ganadería extensiva en forma de pastos herbáceos, arbustivos y con arbolado. El uso pascícola de estos territorios ha permitido el desarrollo de explotaciones ganaderas locales que producen alimentos de calidad; generan actividad económica y asientan a la población en el medio rural, conforman el paisaje y gestionan el territorio hacia situaciones cada vez más apreciadas por la sociedad; aprovechan unos recursos (pastos) que de otra forma se perderían, y que han creado y mantenido una cultura ligada al manejo ganadero (usos, costumbres, industrias, artesanía, tradiciones, megalitos, arquitectura, etc.) de un altísimo valor etnográfico.

En un tiempo en el que tanto se habla de ganadería sostenible y de la multifuncionalidad de la actividad agraria, los sistemas ganaderos que utilizan estas grandes áreas pueden constituir un modelo de eficiencia en el aprovechamiento de recursos endógenos y de sostenibilidad económica, social y ambiental.

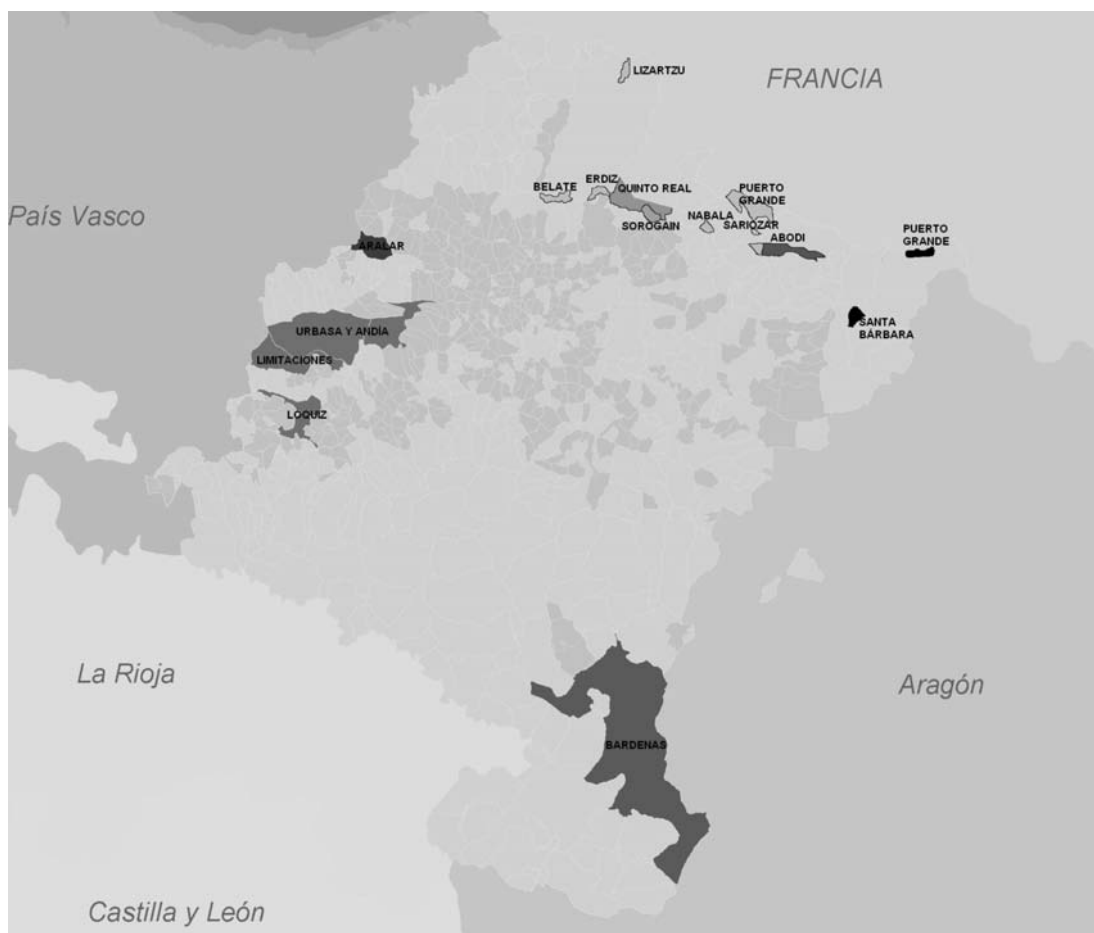
A pesar del carácter tradicional de esta actividad, otros usos de los montes (caza, turismo, etc.) y la demanda o las exigencias de una sociedad cada vez más urbana (calidad y seguridad alimentaria, sanidad, medio ambiente, ocio, etc.) han provocado alteraciones en la práctica de los aprovechamientos del monte que estaban regulados por costumbres y ordenanzas milenarias. La inserción de preocupaciones medioambientales en las estructuras de las organizaciones agrarias está provocando, en algunos casos, su reordenación y adecuación a las nuevas exigencias de los sistemas de explotación tradicionales como es la propia organización y aprovechamiento de los montes comunales para usos ganaderos (Alberdi, 2004).

En torno a los pastos comunales y su aprovechamiento, se han creado a lo largo de los siglos organizaciones que, si bien son similares en sus fines, tienen peculiaridades que las diferencian; se trata de pazonerías, uniones, bozues, hermandades, facerías, corralizas, etc. (G.N., E.J., 2000).

Dada la gran diversidad en las características ecológicas y en la gestión de las diferentes áreas de pastos en común de la Comunidad Foral de Navarra, que varían en función de la situación geográfica, la tradición, la importancia y el impacto que tiene su uso en el entorno, el grado de implicación de las administraciones, el tipo de órgano de gestión, etc., se ha llevado a cabo un trabajo de recopilación y sistematización de las informaciones referentes a los aprovechamientos ganaderos de estos territorios. En esta comunicación se presentan los criterios utilizados en la recopilación de la información, el documento de síntesis y el modelo de ficha resumen elaborado, para cada una de las áreas de pasto en común, con el objetivo de ser una herramienta de conocimiento y divulgación de comprensión y uso sencillo.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

Se ha trabajado sobre un total de 17 grandes áreas de pastos en común en Navarra. En la Figura 1 se presenta su ubicación geográfica y la extensión relativa de cada una de ellas. Existen áreas pertenecientes a cada una de las tres provincias corológicas presentes en Navarra. Así Bardenas, al S, pertenece a la provincia aragonesa de la región mediterránea, las áreas del extremo NE pertenecen a la provincia pirenaica y el resto a la provincia cantabro-atlántica, ambas dentro de la región eurosiberiana (Rivas Martínez, 1987).



**Figura 1. Localización de las grandes áreas de pastos en común de Navarra.**

Las especies domésticas que valorizan los recursos pascícolas pertenecen en su totalidad a razas autóctonas (“pirenaica” en vacuno, “latxa” y “navarra” en ovino y “jaca” y “burguete” en caballar).

Cada uno de los trabajos se divide en tres apartados. En el primero se realiza una caracterización general del medio físico; en el segundo se recogen los aspectos del uso ganadero de los pastos y en el tercer apartado se resume la gestión y administración del área caracterizada. La estructura común a todos ellos es:

### **Medio físico**

*Localización:* ubicación y comarca agraria a la que pertenece.

*Superficie:* total y por usos del suelo a partir de los datos aportados por SIGPAC.

*Climatología:* temperaturas y precipitaciones medias, diagrama ombrotérmico y tipo de clima según la clasificación agroclimática de Navarra.

*Geología:* zona geológica a la que pertenece y el sustrato litológico.

*Orografía:* se describe la orografía del terreno destacando el rango altitudinal.

*Hidrología:* cuencas, cursos de agua permanentes y esporádicos.

*Edafología:* descripción de la textura, pH, materia orgánica y contenido de nutrientes.

*Botánica:* tipos de vegetación y superficie ocupada por cada uno de ellos. Rangos de valoración de la oferta pascícola en unidades forrajeras en base a la información aportada por trabajos previos elaborados por el Gobierno de Navarra.

*Ecología:* unidad corológica, piso bioclimático, ombroclima y vegetación potencial.

### **Uso ganadero**

*Explotaciones:* número de explotaciones usuarias de los pastos y orientación productiva.

*Censos ganaderos:* cabezas de ganado introducidas en los pastos en los últimos años.

*Entrada y salida del ganado:* fechas habituales de inicio y fin de pastoreo, por especies.

*Tasas:* tarifas abonadas por los ganaderos por el uso de los pastos.

*Marcas de identificación:* se indica la exigencia del marcaje del ganado usuario de los pastos, tipos de marcas de identificación.

*Ordeño:* se señala si es una práctica habitual en los pastos. Solamente en ovino de leche

*Conducción y vigilancia del ganado:* práctica de vigilancia y manejo del ganado, por especies. Conducción diaria o frecuencia de visitas.

*Suplementación:* prácticas habituales de suplementación del ganado durante su estancia en los pastos (pienso, forraje, pan, sal, otros).

*Reproductivo:* manejo de sementales, pariciones y lactaciones en los pastos.

*Sanidad:* problemas sanitarios más frecuentes y tratamientos sistemáticos en los pastos.

*Accidentes:* accidentes más frecuentes durante la temporada de pastoreo.

*Seguros:* existencia de pólizas comunes o particulares de aseguramiento ante accidentes o responsabilidad civil durante la temporada de pastoreo.

### **Gestión y administración**

*Órgano de gestión:* naturaleza administrativa (Concejo, Ayuntamiento, agrupación de Entidades locales, derechos de Realengo, acuerdos internacionales).

*Norma reguladora:* ordenanzas particulares de regulación de los aprovechamientos.

*Guarderío:* existencia de la figura específica de guarderío de los pastos y funciones.

*Gestión de cadáveres:* prácticas habituales en el tratamiento de los despojos.

*Infraestructuras ganaderas:* descripción de las infraestructuras existentes para facilitar el uso ganadero de los pastos (cierres, mangas, balsas y abrevaderos, etc.)

*Limitaciones:* en el acceso a los pastos, uso de pistas, vehículos, caza u otras.

*Proyectos de mejora:* realización reciente o previsión de actuaciones de mejora de pastos (desbroces, quemas, encalados, abonados, siembras) o infraestructuras ganaderas.

Las principales fuentes utilizadas para caracterizar el medio físico han sido el Sistema de Información Territorial de Navarra (SITNA) y la página web de Infraestructuras de Datos Espaciales de Navarra (IDENA). También se han utilizado diversos trabajos específicos de cada zona.

Las informaciones sobre el uso, gestión y administración se han obtenido a través de entrevistas personales con secretarios, alcaldes y presidentes de los órganos de gestión así como con los guardas responsables de las áreas.

Toda la información recogida se sintetiza en un documento base. Para facilitar su uso y difusión se extractan los apartados de mayor trascendencia y se elabora con ellos una ficha resumen con la misma estructura que el documento base, que contiene de forma abreviada los aspectos más importantes de cada uno de los puntos desarrollados. Estas fichas tienen forma de separatas coleccionables que se irán publicando en cada número de la revista de divulgación Navarra Agraria.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las grandes áreas de pastos en común en Navarra sobre las que se ha trabajado presentan unas diferencias notables en las características que se han recopilado. Se presentan algunos ejemplos de esta diversidad.

Se encuentran periodos de veda al uso pascícola contrarios en las diferentes áreas de pastos en común estudiadas. Así en las Bardenas Reales (comarca agraria VII, área mediterránea, clima semiárido y la mitad de su territorio de “tierra de labor” en manejo de “año y vez”) la temporada de pastos comienza el 18 de Septiembre y finaliza el 24 de Junio, mientras en Sorogain (comarca agraria II, área pirenaica, clima subalpino, pastos herbáceos), las fechas de acceso son en Mayo y se utilizan los pastos hasta Noviembre. La existencia de estas marcadas diferencias ecológicas y de uso y la relativamente corta distancia entre las áreas al N y al S de la Comunidad ha hecho que la trashumancia haya sido un sistema ganadero de gran implantación en otras épocas, aunque en la actualidad se encuentra en declive.

Las prácticas de manejo del ganado varían con la orientación productiva de las explotaciones, con la tradición ganadera y con las características de los titulares de la explotación. Recogemos varios ejemplos.

El ordeño de ovino de leche en algunos pastos en común (Aralar, Urbasa) es cada vez más minoritario, pero es una actividad tradicional, ligada a la elaboración de queso y de un notable reconocimiento por parte de los consumidores. En el caso de la conducción diaria del ganado, ésta es una práctica habitual en pastores trashumantes entre los valles pirenaicos (Puerto Grande, Abodi) y el valle del Ebro (Bardenas) que no practican los ganaderos estantes usuarios de los pastos del área atlántica.

La frecuencia de visitas de control del ganado varía en función de la especie ganadera (ovino, vacuno, caballo) de mayor a menor, y de la dedicación del ganadero (mayor frecuencia de agricultores a título principal frente a los que no lo son).

En cuanto al aspecto reproductivo, se dan diferencias por especies en partos y lactación. En caballo la cubrición, parición y lactación ocurre en los pastos de uso común, mientras que en ovino solamente se da la cubrición. En vacuno, en general, no se da ninguno de estos estados durante su estancia en los pastos de uso común.

Las exigencias sanitarias para el acceso a los pastos son idénticas en todos los territorios (Ley Foral de Sanidad animal 11/2000), pero durante la estancia en los pastos en común existen diferentes patologías según la especie ganadera (sarna en ovino, papearas en caballar, queratoconjuntivitis en vacuno, etc.).

Existe una casuística muy variada en la gestión de las diferentes áreas de pastos en común de la Comunidad Foral de Navarra. Cuando la zona de pasto pertenece a un único término municipal el uso y disfrute corresponde a sus vecinos, pudiendo también existir acuerdos faceros (figura de derecho privado que consiste en el disfrute compartido de cierta heredad por varios municipios, de igual o distinta provincia, comunidad o país) con otros Municipios. Puede darse el caso de que el área de pastos se encuentre enmarcada en dos o más términos municipales. En ese caso la gestión la lleva a cabo una entidad pastoril (unión, mancomunidad). Un tercer supuesto es el de aquellos territorios que, sin pertenecer a un término municipal concreto (Bardenas Reales, Aralar), su uso y disfrute corresponde por tradición a distintos Municipios y otros entes, y la gestión de sus recursos se regula desde Juntas integradas por estas entidades. Por último, cuando el territorio es propiedad del Gobierno de Navarra (Urbasa-Andía) el derecho de uso es de todos los vecinos de la Comunidad y la regulación de su disfrute corresponde al propio Gobierno.

El marco normativo básico que regula los aprovechamientos de los bienes comunales, y entre ellos los pastos en común, en Navarra es la Ley Foral 6/1990 de Administración Local. Dentro de este marco cada órgano de gestión puede recoger en una Ordenanza específica las particularidades o las costumbres locales de uso.

La implicación por parte de las administraciones o del órgano de gestión es otro punto que condiciona en gran medida la gestión de estos territorios. Así, en aquellas zonas donde la actividad ganadera tiene mayor peso económico y social y los sistemas ganaderos son más dependientes de estos recursos, las Entidades locales y órganos de gestión son más sensibles y se implican más en la gestión y mejora de estos recursos. En general estas áreas son las de gestión más directa, con mejores dotaciones de infraestructuras ganaderas y mayor seguimiento del estado de los pastos (planes de manejo anuales) del ganado (identificación, estado sanitario, accidentes) y de las infraestructuras. En contrapartida o como consecuencia de ello, son los que exigen mayores tasas por el uso de los recursos pascícolas.

La figura de guarderío es una pieza clave en la gestión de los pastos. El personal y la dedicación dependen de la extensión del área y la importancia económica y social que tenga su uso. Suelen depender del órgano de gestión, y las funciones que realizan son principalmente la vigilancia y mantenimiento de las infraestructuras, el control documental del ganado que accede, el seguimiento de las actuaciones de manejo y mejora de los pastos, la vigilancia del estado sanitario y de accidentes del ganado y el control del acceso del ganado a zonas reforestadas.

El cumplimiento de la normativa vigente exige el aviso al servicio de recogida de cadáveres para su gestión según los procedimientos establecidos. Sin embargo la dificultad para la detección rápida de los animales que mueren o la de acceso a los lugares en los que se encuentra el cadáver hace que la mayor parte de los animales que mueren durante su estancia en los pastos de uso común sean consumidos por la fauna carroñera, buitres fundamentalmente.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados se evidencia la gran diversidad en la localización, manejo y gestión de las grandes áreas de pastos en común en Navarra por lo que se considera necesaria la recopilación de sus características de forma individualizada. Por otro lado se ha detectado una falta de conocimiento sobre el uso, manejo y gestión de las diferentes zonas por parte de personas ajenas a las zonas estudiadas, así como una falta de conocimiento y comunicación entre las distintas áreas. La elaboración de fichas resumen de estas características, sencillas y prácticas, se espera que sea una buena forma de mejorar su conocimiento y facilitar su divulgación.

## AGRADECIMIENTOS

A las Entidades locales, órganos de gestión y guarderío de las grandes áreas de pastos en común que han aportado las informaciones necesarias para la realización de este trabajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERDI, J.C., 2004. Usos ganaderos en espacios comunales: actividad básica en la sostenibilidad de los medios de montaña del País Vasco. *Sancho el Sabio*, **20**, 11-34. Dpto. de Geografía de la UPV. Vitoria-Gasteiz.
- G.N., E.J. (GOBIERNO DE NAVARRA, EUSKO JAURLARITZA), 2000. *Ganadería y pastoreo en Vasconia*. Ed. Instituto Labayru, 1020 pp. Derio (Bizkaia).
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., 1987. *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. ICONA. Madrid.

## SUMMARY

### USE AND MANAGEMENT CARDS OF THE BIG COMMUN GRAZING LAND IN NAVARRA

The big common grazing land in Navarra are very important, both economically (wealth creation) environmental (land management) and social (settlement of the population). There are a lot of different ways of managing grazing areas, because of that, in this work a compilation of different Works including the information about the livestock resources use in these areas has been carried out. Information of 17 different areas has been summarized in cards, where it could be consulted quickly and easily, in abbreviated form, the most important aspect of each one.

Every card is divided in three sections. The first part is a Physical Environment characterization (location, climatology, botany, ecology, etc.). In the second one the most important aspects of the current cattle use are showed (shepherding dates, taxes, identification marks, etc.) In the third one, the management control and administration of the area are included on (regulation, management organ, forest keeper and others).

**Key words:** extensive livestock, cattle use, public mountains, regulations, multifunctionality.





## ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO Y DE CONSUMO EN VACAS NODRIZAS ALIMENTADAS CON UNA MEZCLA FORRAJERA COMPLETA

J. ÁLVAREZ, I. CASASÚS, A. SANZ

*Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria, Gobierno de Aragón, Av. Montañana, 930, 50059 Zaragoza. jalvarezr@aragon.es*

### RESUMEN

Se describieron las actividades de mantenimiento y de ingestión de una mezcla forrajera completa en vacas de carne con dos planos alimenticios (0,75 x mantenimiento (M) vs. 1 x M) y en dos razas (Parda de Montaña vs. Pirenaica). Se realizaron 3 controles de comportamiento durante 24 horas en las semanas 3, 8 y 13 de lactación por muestreo instantáneo cada 10 minutos.

El nivel de alimentación no afectó a ninguna actividad de mantenimiento (tiempos de pie o tumbadas). Sin embargo, el tiempo de consumo de la mezcla fue inferior en 0,75 x M que en 1 x M, mientras que el tiempo de exploración y/o consumo de paja del suelo fue superior en 0,75 x M que en 1 x M. Ambas razas mostraron similar duración de la mayoría de actividades, excepto el tiempo que permanecieron en reposo de pie, que fue superior en la Parda que en la Pirenaica. Esta diferencia se compensó ligeramente con una menor actividad de consumo de paja del suelo en la raza Parda. Las vacas de ambos genotipos pasaron más tiempo de pie que tumbadas, pero el tiempo de reposo en esta última posición fue superior.

**Palabras clave:** vacuno de carne, mezcla completa, comportamiento, lactación.

### INTRODUCCIÓN

Los sistemas de explotación de vacuno de carne en España tienden a maximizar la utilización de recursos pastables durante una gran parte del año. Sin embargo, existen períodos de menor disponibilidad forrajera, especialmente en otoño e invierno, que limitan el aprovechamiento en pastoreo y obligan a recurrir al uso de alimentos obtenidos en la propia explotación o comprados. Entre estos recursos se encuentran las mezclas completas a base de forraje y concentrado, que pueden ser de naturaleza seca (cuando los forrajes son desecados) o húmeda (con forrajes ensilados).

En los sistemas extensivos, el período de invernada es, además, el único en que el ganadero puede intervenir en las decisiones de racionamiento del rebaño, que debería adaptar en función de las ganancias de reservas corporales que hayan mostrado los animales durante el período de pastoreo.

El plano alimenticio durante el período invernal condiciona el nivel de cobertura de las necesidades de las vacas, y puede alterar tanto su comportamiento ingestivo (ritmo y duración del consumo de alimento y de agua), como la actividad de rumia (Metz, 1975), pudiendo depender dicha respuesta del genotipo de los animales (Dürst *et al.*, 1993).

Así mismo, el nivel de alimentación desencadena adaptaciones en los resultados productivos de las vacas (nivel de producción de leche y evolución del peso vivo) (Petit y Micol, 1981), que podrían afectar a la distribución de sus actividades de mantenimiento (duración del reposo de pie y tumbada).

La Parda de Montaña (PA) y la Pirenaica (PI) son dos razas españolas (censo: 25-30 y 20-23 miles de cabezas, respectivamente) que se utilizan para la producción de terneros pastencos, aunque la primera se utilizó antiguamente por su doble aptitud carne-leche ya que posee un potencial de producción ligeramente más elevado que la PI. En este trabajo nos planteamos describir las actividades de mantenimiento y las pautas de ingestión de una mezcla forrajera completa en vacas de carne y estudiar el efecto del plano alimenticio en el post-parto (0,75 x mantenimiento (M) vs. 1 x M) y de la raza (PA vs. PI).

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Animales y diseño experimental

Se utilizaron 20 vacas multíparas lactantes, 14 de raza Parda de Montaña (PA) (peso vivo al parto  $559 \pm 52$  kg) y 6 de raza Pirenaica (PI) (peso vivo al parto  $578 \pm 75$  kg), procedentes del rebaño con parto en otoño e invierno de la Finca Experimental “La Garcipollera” (Pirineo Oscense, España), con el objetivo de comparar el efecto del nivel de alimentación (1 x M vs. 0,75 x M) en la raza Parda de Montaña y el efecto de la raza (PA vs. PI) con un nivel de alimentación de mantenimiento (1 x M).

### Controles de comportamiento

Las vacas recibieron una mezcla forrajera completa (Tabla 1) una vez al día (10:00 horas). Se suministraron  $10,5 \text{ kg}\cdot\text{cabeza}^{-1}$  a las vacas de 0,75 x M (PA) y  $13 \text{ kg}$  (PA) o  $12 \text{ kg}$  (PI) $\cdot\text{cabeza}^{-1}$  a las de 1 x M. Estas raciones se establecieron para cubrir un 75% y un 100% de las necesidades de una vaca PA de 560 kg de peso vivo y 9 kg de producción de leche estandarizada y de una vaca PI de 585 kg de peso y 8 kg de leche estandarizada (NRC, 2000).

Los controles se realizaron en grupos de 3-4 parejas vaca-ternero con similar fecha de parto que se alojaban durante 48 horas (24 horas de aclimatación+24 horas de control) en un corral de dimensiones 4,5 m x 7,5 m, en las semanas 3, 8 y 13 de lactación. El corral disponía de un comedero de tipo longitudinal (3,5 m longitud x 68 cm anchura) y de un bebedero individual de tipo cazoleta (20 cm de diámetro) y de cama de paja de cebada. Se colocaron collares del mismo color en cada pareja para permitir su identificación.

Las observaciones se realizaron por muestreo instantáneo a intervalos de 10 minutos en grabaciones de video visualizadas por un observador entrenado. La duración de cada actividad se extrapó al intervalo entre registros. Se anotó la posición de la

vaca: (a) de pie, (b) tumbada, así como la actividad de mantenimiento o consumo realizada en el momento del registro: (1) reposo, (2) comiendo la mezcla completa, (3) explorando y/o comiendo paja del suelo, (4) bebiendo. Se calculó el ritmo de ingestión dividiendo la cantidad de alimento suministrado a cada animal entre la duración del consumo. Otras actividades relacionadas con el amamantamiento y la interacción con su ternero, los ajenos y otras vacas se registraron y han sido recogidas en otros trabajos (Álvarez-Rodríguez *et al.*, 2009a, Álvarez-Rodríguez *et al.*, 2009c). El corral se iluminó artificialmente durante la noche para permitir monitorizar el ciclo circadiano total (24 horas).

**Tabla 1. Composición química de la mezcla completa †.**

Materia seca (MS) (g·kg <sup>-1</sup> )	903
Extracto etéreo (g·kg <sup>-1</sup> DM)	12
Cenizas (g·kg <sup>-1</sup> DM)	77
Proteína bruta (g·kg <sup>-1</sup> DM)	94
Fibra neutro-detergente (g·kg <sup>-1</sup> DM)	538
Fibra ácido-detergente (g·kg <sup>-1</sup> DM)	297

† Materias primas (g·kg<sup>-1</sup> materia fresca): paja de cebada (470), cebada en grano (126), alfalfa deshidratada (100), pulpa de remolacha (80), pulpa de cítricos (72), harina de gluten de maíz (54), harina de soja (38), harina de colza (38), alfalfa granulada (12) y suplemento vitamínico-mineral (10). El suplemento vitamínico mineral contenía por kg de materia fresca: 107 g Ca, 85 g P, 156 g Cl, 9 g Mg, 102 g Na, 20 g S, 4 g Fe, 12 g Zn, vitamina A 12000 UI·kg<sup>-1</sup>, vitamina D3 1200 UI·kg<sup>-1</sup>, vitamina E ( $\alpha$ -tocoferoles 91%) 53 mg·kg<sup>-1</sup>, Cu 20 mg·kg<sup>-1</sup>.

### Análisis químicos de la mezcla

Se tomaron muestras semanales del alimento durante las 13 semanas de ensayo, que se mezclaron en muestras quincenales para su análisis. Se secó la mezcla a 63° C hasta conseguir peso constante y se molieron con un tamiz de un mm. Se determinó la materia seca, cenizas, extracto etéreo y proteína bruta (N x 6,25) según los métodos de la AOAC (1999). La fibra neutro-detergente y la fibra ácido-detergente se analizaron con el procedimiento secuencial de van Soest *et al.* (1991). Todos los valores se expresan corregidos sin el contenido de cenizas.

### Análisis estadísticos

Los resultados se evaluaron con el paquete estadístico SAS (version 9.1., SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) por medio de un análisis de varianza con un modelo mixto (PROC MIXED):

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + d_j + \beta_k + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:  $y_{ijk}$  = variable dependiente,  $\mu$  = media general,  $\alpha_i$  = efecto fijo de la raza o del nivel de alimentación,  $d_j$  = efecto aleatorio del animal  $j$ ,  $\beta_k$  = efecto fijo de la semana de lactación y  $\varepsilon_{ijk}$  = error residual.

Los datos se expresan como medias cuadráticas y sus errores estándares asociados. Las comparaciones entre efectos se realizaron con el test de Tukey (PDIFF option). El nivel de significación se estableció en 0,05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efecto del nivel de alimentación

La duración diaria de las actividades de mantenimiento y de consumo se expone en la Tabla 2 y 3, respectivamente. En la raza PA, el nivel de alimentación no afectó a ninguna actividad de mantenimiento (tiempos de pie o tumbadas) ( $P > 0,10$ ). Sin embargo, como era de esperar, el tiempo de consumo de la mezcla fue inferior en 0,75 x M que en 1 x M ( $P < 0,001$ ), mientras que el tiempo de exploración y/o consumo de paja del suelo fue superior en 0,75 x M que en 1 x M ( $P < 0,05$ ). Así mismo, el ritmo de ingestión fue superior en 0,75 x M que en 1 x M, aunque la diferencia no resultó significativa ( $P > 0,10$ ). Estos resultados indican que una ligera subnutrición durante la internada no modifica la duración de actividades con una clara asociación con el descanso, como es el tiempo de reposo de la vaca en posición tumbada (Haley *et al.*, 2001). Además, la vaca trata de compensar su potencial de ingestión comiendo forraje de calidad mediocre que se provee como cama. A través de este mecanismo las vacas llegaron a producir cantidades similares de leche para sus terneros que las alimentadas con niveles de mantenimiento pero presentaron pérdidas de peso superiores en los 3 primeros meses de lactación (Álvarez-Rodríguez *et al.*, 2009a, Álvarez-Rodríguez *et al.*, 2009b). La restricción alimenticia no provocó cambios en el tiempo dedicado a beber ( $P > 0,10$ ).

### Efecto de la raza

Ambos genotipos mostraron similar duración de la mayoría de actividades de mantenimiento, excepto el tiempo que permanecieron en reposo de pie, que fue superior en la raza PA que en la PI (Tabla 2,  $P < 0,05$ ). Esta diferencia se compensó ligeramente con una menor actividad de exploración y/o de consumo de paja del suelo en la PA (Tabla 3,  $P > 0,10$ ), pero no podría atribuirse a una distinta duración de la actividad de amamantamiento, que fue similar entre razas (1 hora/día, en ambas razas; Álvarez-Rodríguez *et al.*, 2009c). Las vacas de ambos genotipos pasaron más tiempo de pie que tumbadas, pero el tiempo de reposo en esta última posición fue superior.

**Tabla 2. Duración de las actividades de mantenimiento en vacas nodrizas alimentadas con una mezcla completa durante la lactación †.**

	PA (0,75 x M)	PA (1 x M)	PI (1 x M)	Efecto	
				NA	R
De pie (horas/día)	14,7 ± 0,6	14,6 ± 0,6	13,8 ± 0,5	NS	NS
Reposo de pie (horas/día)	7,6 ± 0,5	7,7 ± 0,5	6,1 ± 0,4	NS	*
Tumbada (horas/día)	9,3 ± 0,6	9,5 ± 0,6	10,2 ± 0,5	NS	NS
Reposo tumbada (horas/día)	9,3 ± 0,6	9,4 ± 0,6	10,1 ± 0,5	NS	NS

† NA=nivel de alimentación (0,75 x M vs. 1 x M), R=Raza (PA vs. PI), NS= $P > 0,10$ , \*= $P < 0,05$ .

Aunque la raza PA recibió un kg de mezcla más al día para cubrir el mismo nivel de necesidades teóricas que la PI, su tiempo de consumo no difirió entre razas ( $P > 0,10$ ), alcanzando ritmos de ingestión similares entre genotipos ( $P > 0,10$ ). La raza PA acudió durante menos tiempo al bebedero que la PI, aunque de nuevo las diferencias

no fueron significativas ( $P>0,10$ ). El tiempo de consumo de la mezcla fue extraordinariamente inferior al tiempo de consumo de hierba de prado ofrecida a voluntad en vacas lactantes durante la primavera (9,5 horas/día en ambas razas; Casasús *et al.*, 2000) o en vacas secas en pastoreo de puertos de alta montaña durante el verano (8,2 horas·día<sup>-1</sup>; Villalba *et al.*, 1995). En realidad, éstos son más aproximados a la suma del tiempo de consumo de la mezcla con el tiempo de exploración y/o consumo de paja del suelo (5,4 y 6,0 horas·día<sup>-1</sup>, en PA y PI, respectivamente). A pesar de que la cantidad de energía y proteína aportada con la mezcla forrajera cubre las necesidades de racionamiento teórico, parece existir una marcada necesidad fisiológica de consumo de forraje, probablemente con el fin de estimular la rumia y, con ello, la digestión mecánica y química de la fibra. Por tanto, el elevado tiempo dedicado al consumo de paja del suelo (superior incluso al dedicado a consumir la dieta ofrecida), podría ser debido a la necesidad de consumo de fibra para favorecer el proceso de masticación y salivación del alimento y mantener un equilibrio iónico adecuado en el rumen.

**Tabla 3. Duración de las actividades de consumo en vacas nodrizas alimentadas con una mezcla completa durante la lactación †.**

	PA (0,75 x M)	PA (1 x M)	PI (1 x M)	Efecto	
				NA	R
Consumiendo mezcla completa (horas/día)	1,5 ± 0,2	2,6 ± 0,3	2,3 ± 0,2	***	NS
Ritmo de ingestión de la mezcla (g MS/minuto)	134 ± 27	80 ± 9	87 ± 7	NS	NS
Explorando y/o consumiendo paja del suelo (horas/día)	3,7 ± 0,4	2,9 ± 0,7	3,7 ± 0,6	*	NS
Bebiendo (horas/día)	0,3 ± 0,1	0,2 ± 0,3	0,5 ± 0,2	NS	NS

† NA=nivel de alimentación (0,75 x M vs. 1 x M), R=Raza (PA vs. PI), NS= $P>0,10$ , \*= $P<0,05$ , \*\*\*= $P<0,001$ .

### Efecto de la semana de lactación

La semana de lactación únicamente afectó a la duración de la exploración y/o consumo de paja del suelo en el nivel de alimentación de 1 x M ( $P<0,01$ ), que fue superior en la semana 3 que en la 8 y la 13 de lactación (4,6 vs. 2,9 y 2,4±0,6 horas·día<sup>-1</sup>). Este resultado concuerda con la mayor demanda energética ligada a la mayor producción de leche estándar en esa semana (8,2 vs. 7,6 y 7,2 kg, respectivamente, Álvarez-Rodríguez *et al.*, 2009b).

## CONCLUSIONES

En conclusión, un plano alimenticio restringido (75% de las necesidades teóricas de mantenimiento y producción de leche) no afectó a las actividades de mantenimiento de las vacas durante la invernada, pero disminuyó el tiempo de consumo de la mezcla completa y aumentó el tiempo de exploración y/o consumo de paja del suelo.

Las razas Parda de Montaña y Pirenaica alimentadas al 100% de sus necesidades teóricas se diferenciaron en el tiempo dedicado a reposar de pie, ya que la Pirenaica dedicó más tiempo al consumo de paja del suelo que la Parda de Montaña, aunque mostraron un ritmo de ingestión de la dieta ofrecida similar.

El tiempo diario de reposo en posición tumbada siempre superó al tiempo de reposo en posición de pie, lo que podría tomarse como criterio de valoración del grado de bienestar en los rebaños de vacas nodrizas.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el ministerio de Ciencia e Innovación (INIA RTA 2005-0231, RZP-2004-08). Los autores expresan su agradecimiento al personal de 'La Garcipollera' (J.M. Acín, J. Casaus, M.A. Pueyo, N. Mladenov, S. Latorre, A. Alcay y J. Ferrer).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ-RODRÍGUEZ, J.; PALACIO, J.; CASASÚS, I.; REVILLA, R.; SANZ, A., 2009a. Performance and nursing behaviour of beef cows with different types of calf management. *Animal* (en prensa).
- ÁLVAREZ-RODRÍGUEZ, J.; PALACIO, J.; SANZ, A., 2009b. Metabolic and luteal function in winter-calving Spanish beef cows as affected by calf management and breed. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* (en prensa).
- ÁLVAREZ-RODRÍGUEZ, J.; PALACIO, J.; CASASÚS, I.; SANZ, A., 2009c. Maternal behaviour in two breeds of beef cows nursing once-daily or *ad libitum*. *Applied Animal Behaviour Science* (en evaluación).
- AOAC, 1999. *Official Methods of Analysis*, 16th edition. AOAC International, Maryland, USA.
- CASASÚS, I.; FERRER, R.; SANZ, A.; VILLALBA, D.; REVILLA, R., 2000. Performance and ingestive activity of Brown Swiss and Pirenaica cows and their calves during the spring on valley meadows. *Archivos de Zootecnia*, **49**, 445-456.
- DÜRST, B.; SENN, M.; LANGHANS, W., 1993. Eating patterns of lactating dairy cows of three different breeds fed grass *ad lib*. *Physiology & Behavior*, **54** (4), 625-631.
- HALEY, D.B.; DE PASSILLÉ, A.M.; RUSHEN, J., 2001. Assessing cow comfort: effects of two floor types and two stall designs on the behaviour of lactating dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, **71**, 105-117.
- METZ, J.H.M., 1975. *Time patterns of feeding and rumination in domestic cattle*. Wageningen University dissertation no. 636.
- NRC, 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*, 7th ed. (updated). National Academy Press. Washington, DC, USA.
- PETIT, M.; MICOL, D., 1981. Evaluation of energy requirements of beef cows during early lactation. *Livestock Production Science*, **8**, 139-153.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A., 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, **74**, 3583-3597.

VILLALBA, D.; BLANCH, M.; CASASÚS, I.; REVILLA, R., 1995. Pautas de comportamiento espacial y alimenticio de vacas en puertos de alta montaña. *ITEA Producción Animal, Vol. Extra*, **16**, 153-155.

## SUMMARY

### **MAINTENANCE AND INTAKE ACTIVITIES IN SUCKLER COWS FED A TOTAL MIXED RATION**

This study analysed the maintenance and intake activities of suckler cows fed a total mixed ration at two planes of nutrition (0.75 x maintenance (M) vs. 1 x M) and in two breeds (Parda de Montaña vs. Pirenaica). Three behaviour recordings were conducted throughout 24 hours on weeks 3, 8 and 13 of lactation by scan sampling every 10 minutes.

The level of feeding did not affect any maintenance activity (time standing or lying). However, the time devoted to consume the total mixed ration was lower in 0.75 x M than in 1 x M, whereas the time exploring and/or consuming straw bed was greater in 0.75 x M than in 1 x M. Both genotypes showed similar duration of most of activities, except the time that they were standing idling, which was greater in Parda breed than in Pirenaica. This difference was offset slightly by a lower straw bed consumption activity in the Parda breed. Cows from both breeds spent more time standing than lying, but the time idling in the latter position was greater.

**Key words:** beef cattle, total mixed ration, behaviour, lactation.





# PASTOREO DE OVINO SOBRE ROTACIONES FORRAJERAS EN SECANO SEMIÁRIDO EN MANEJO CONVENCIONAL Y ECOLÓGICO. COSTES ECONÓMICOS Y AMBIENTALES

J.M. MANGADO, J.P. AZPILICUETA, J. OIARBIDE, A. BARBERIA

ITG Ganadero. Avda. Serapio Huici, 22 Edif. Peritos. 31610 Villava (Navarra). [jmangado@itgganadero.com](mailto:jmangado@itgganadero.com)

## RESUMEN

Se presentan en esta comunicación los resultados preliminares obtenidos en los tres primeros años de pastoreo de una rotación de cultivos adaptados a las condiciones edafoclimáticas del Valle del Ebro y manejados bajo criterios convencional y ecológico. Se aportan los datos de producción vegetal y los de raciones de mantenimiento de ovino carne obtenidas por su aprovechamiento por pastoreo. Se presentan los costes económicos y los costes ambientales medidos como la energía necesaria e imputación de los gases de efecto invernadero de las raciones obtenidas en cada manejo. Se concluye que los cultivos más adaptados y de mayor producción y menores costes son los de la asociación “lluejo+veza” y el cultivo de triticale. A partir del segundo año de ensayo las producciones en manejo ecológico superan a las obtenidas en manejo convencional. Los costes económicos en manejo ecológico suponen un 80% de los de manejo convencional y los costes ambientales en manejo ecológico suponen un 50% de los de manejo convencional.

**Palabras clave:** producción forrajera, raciones de mantenimiento, euro, coste energético, gases de efecto invernadero.

## INTRODUCCIÓN

Las explotaciones de ovino carne ligadas al aprovechamiento de subproductos de cultivos cerealistas (rastrosos y barbechos) y pastos arbustivos constituyen sistemas agropastorales muy representados en la España semiárida (Correal y Sotomayor, 1998). La escasez de precipitaciones y la alta variabilidad climática interanual se transmite a la producción agrícola y dificulta la planificación de los recursos pastorales. Por otra parte, la actividad agraria se integra en el medio natural lo cual unido a la creciente preocupación de la sociedad por la preservación del medio ambiente hace que se deban considerar otros aspectos en la estimación de su eficacia. La inclusión de criterios ambientales y sociales, junto con los económicos, contribuirá al análisis y caracterización de los sistemas y no solamente desde la perspectiva de su rentabilidad económica (Arandia *et al.*, 2008). ITG Ganadero gestiona en la ribera del Ebro de Navarra la finca

“El Serrón” (J. Sayés, 2006), finca de referencia de sistemas de ovino carne en seco semiárido. En ella se ha diseñado una rotación de cultivos para aprovechamiento a diente que, respetando el sistema de “año y vez” sembrando los barbechos, maximiza los períodos de pastoreo y logra una aceptable secuenciación entre ellos. En 2006 se inició una experiencia para conocer las raciones obtenidas en pastoreo sobre la rotación de cultivos manejados bajo criterios convencional y ecológico. El objeto de esta comunicación es presentar datos acerca de los costes económicos y ambientales de las producciones ganaderas obtenidas por el pastoreo de estos recursos forrajeros en ambos manejos. Se presentan los datos de los tres primeros años de ensayo quedando un cuarto año para completar la rotación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La experiencia se lleva a cabo en la ribera del Ebro de Navarra, en ambiente semiárido a seco de la región mediterránea. Lo suelos son franco arcillosos, con abundante canto rodado en todo el perfil, pH alcalino, niveles medios en materia orgánica, fósforo y potasio y no salinos. La rotación de cultivos es: [Iluejo (**LR**) (*Lolium rigidum* Gaud.) + veza (**VS**) (*Vicia sativa* L.)], cebada (**HV**) (*Hordeum vulgare* L.), [avena (**AS**) (*Avena sativa* L.) + guisante (**PS**) (*Pisum sativum* L.)] y triticale (**TT**) (*x Triticum secale*). En las Tablas 1 y 2 se presentan las labores, rendimientos y materias primas utilizadas en la producción vegetal. En ellas quedan reflejadas las diferencias entre los manejos convencional y ecológico. Sobre cada parcela de cultivo se hacen tres exclusiones que se siegan al final de cada pastoreo. Se mide la producción en materia verde y se separan fracciones (grano/forraje) en los cultivos que se aprovechan en grano inmaduro o maduro. Las muestras se envían a laboratorio para determinar los parámetros de calidad (materia seca, cenizas, proteína bruta, fibra bruta y fibra neutro detergente). El pastoreo sigue la secuencia mostrada en la Figura 1. Se inicia a finales de febrero sobre LR+VS. Tras el consumo de la oferta y un



Figura 1. Secuencia de pastoreo.

período de rebrote de 25-30 días se hace un segundo pastoreo hasta agotar la oferta. El rebaño pasa entonces a pastar AS+PS y después, consecutivamente, HV y TT. El pastoreo se realiza con ovejas de raza “Navarra”, de 3-4 años de edad y vacías, en lotes con similar peso medio y desviación estándar. Los animales se pesan en el inicio de cada pastoreo y cada cinco días, a la misma hora, durante su estancia en cada parcela. El pastoreo sobre cada cultivo se da por finalizado cuando, tras su evolución durante el período de pastoreo, el peso medio de los animales de cada lote se iguala al peso de entrada a cada cultivo. La producción animal así obtenida se mide en “raciones de mantenimiento” obtenidas sobre cada cultivo y manejo. Para cada manejo (convencional-ecológico) existen cuatro parcelas sobre las que se lleva a cabo la rotación de cultivos de una forma sucesiva. Así, al cabo de cuatro años, cada parcela habrá sustentado todos los cultivos de la rotación. La parcela elemental tiene una superficie de 20x39 m<sup>2</sup> y los lotes de pastoreo lo integran 8 ovejas de las características descritas. Todas las labores se hacen por contrata y se valoran por los precios facturados. Las materias primas son adquiridas y se valoran a precio de mer-

cado. La estimación de los costes ambientales se hace utilizando dos criterios: el primero es el del consumo energético de los “inputs” necesarios para obtener las producciones esperadas, en nuestro caso las raciones de mantenimiento de ovino de carne de 50-60 kg de peso vivo obtenidas por el pastoreo de los recursos forrajeros; el segundo es el de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) de todos los procesos de obtención de los equipos y materias primas necesarios para obtener dichas producciones. La herramienta que se utiliza es el programa PLANETE® desarrollado por la empresa SOLAGRO (Fr) (Solagro, 2007). El objeto de este método es cuantificar a escala de explotación las entradas y salidas de energía y evaluar las emisiones de GEI ligados a las prácticas agrarias y al consumo de “inputs”. La unidad energética básica que utiliza es el “megajulio” (MJ), propuesta por el sistema internacional de medidas. La medición de GEI la hace midiendo las emisiones de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y monóxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O) de los procesos y materias primas y mediante coeficientes de equivalencia, transformados en “equivalentes en CO<sub>2</sub>”. La analítica de forrajes se llevó a cabo en el Laboratorio Agrario NASERSA. Para el tratamiento de datos se utilizó el paquete estadístico SPSS 8.0.

**Tabla 1. Manejo agrícola. Labores, equipos y rendimientos (h/ha).**

LABOR	EQUIPO	LR+VS		AS+PS		HV		TT	
		C	E	C	E	C	E	C	E
carga estiércol	tractor 90 cv		0,5		0,5		0,5		0,5
estercolado	tractor 120 cv		2,5		2,5		2,5		2,5
estercolado	remolque 12 t		2,5		2,5		2,5		2,5
laboreo	tractor 120 cv (2)	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
laboreo	chisel 3 m (2)	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
abonado siembra	tractor 90 cv	0,6		0,6		0,6		0,6	
abonado siembra	abonadora 1 t	0,6		0,6		0,6		0,6	
siembra	tractor 120 cv	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
siembra	sembradora 3 m	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
herbicida	tractor 90 cv					0,6		0,6	
herbicida	cuba 1200 l					0,6		0,6	
1.ª cobertera	tractor 90 cv	0,6		0,6		0,6		0,6	
1.ª cobertera	abonadora 1 t.	0,6		0,6		0,6		0,6	
2.ª cobertera	tractor 90 cv	0,6							
2.ª cobertera	abonadora 1 t.	0,6							

C=manejo convencional E=manejo ecológico

**Tabla 2. Materias primas y dosis.**

SEMILLAS	kg/ha	OTRAS	dosis por ha
lluejo	25	estiércol	25.6 t (06)//34 t (07)//35.9 t(08)
veza	100	9-23-30	300 kg
avena	70	urea	70 kg
guisante	110	NAC 33.5	90 kg
cebada	160	iloxán	0,72 l m.a.
triticale	160	granstar	15 g m.a.

## RESULTADOS

### Producción vegetal

Si observamos los resultados de la Tabla 3 encontramos una alta variabilidad interanual en las producciones fruto de la alta variabilidad climática propia de estos entornos. Las producciones de los cultivos LR+VS (1º), HV y TT en manejo ecológico son todos los años superiores a las de manejo convencional y en dos años de los dos primeros cultivos se encuentran diferencias significativas entre ellas. En los cultivos LR+VS (2º) y AS+PS no se marcan tendencias y no se encuentran diferencias significativas entre manejos.

**Tabla 3. Producción de forraje (kg ms/ha) o de grano (kg/ha)**

		CONVENCIONAL	ECOLÓGICO	p-valor	sig.
<b>LR + VS</b> <b>1.º pastoreo</b>	2006	3872	5129	0,032	*
	2007	3525	4195	0,227	NS
	2008	1543	4675	0,003	**
<b>LR+VS</b> <b>2.º pastoreo</b>	2006	6820	4961	0,189	NS
	2007	4198	5093	0,329	NS
	2008	3360	3619	0,551	NS
<b>AS + PS</b>	2006	6615	4606	0,055	NS
	2007	6328	4472	0,347	NS
	2008	5388	9636	0,250	NS
<b>HV (grano)</b>	2006	5060	5454	0,544	NS
	2007	3755	5545	0,015	*
	2008	1420	3613	0,049	*
<b>TT (grano)</b>	2006	4372	5399	0,337	NS
	2007	5502	9508	0,053	NS
	2008	2707	3186	0,646	NS

t Student \*p<0,05, \*\*p<0,01, \*\*\*p<0,001, NS no significativa.

### Producción animal

La producción animal se mide como el número de raciones de mantenimiento de ovejas vacías de 50-60 kg de peso vivo calculadas según el procedimiento descrito en el apartado de métodos. La Tabla 4 recoge los resultados obtenidos en los tres años de ensayo.

En el primer año los resultados en manejo convencional y ecológico son similares y en los años posteriores el número de raciones obtenidas en manejo ecológico son superiores con incrementos del 32% en 2007 y del 24% en 2008. Por cultivos es en LR+VS 1º donde las raciones obtenidas en manejo ecológico superan, todos los años, a las obtenidas en manejo convencional y HV se comporta prácticamente igual. En el resto de cultivos no se encuentra una tendencia estable.

**Tabla 4. Raciones obtenidas en pastoreo (raciones/ha).**

	2006		2007		2008	
	convencional	ecológico	convencional	ecológico	convencional	ecológico
<b>LR+VS 1.º</b>	1795	2115	1333	2154	962	2372
<b>LR+VS 2.º</b>	2154	1949	1846	1949	1333	1538
<b>AS+PS</b>	1333	1333	2256	1949	1744	1949
<b>HV</b>	923	923	2359	3218	923	1346
<b>TT</b>	1026	1026	3282	5372	2667	2244
<b>TOTAL</b>	<b>7231</b>	<b>7346</b>	<b>11076</b>	<b>14642</b>	<b>7629</b>	<b>9449</b>

### Costes económicos

Se obtienen imputando los costes de laboreo y materias primas de los cultivos a las raciones obtenidas. A partir de este momento se agrupan las raciones obtenidas en los dos pastoreos de LR+VS para facilitar la interpretación de los resultados. Se observa una notable variación interanual del coste medio de las raciones en ambos manejos fruto de la alta variabilidad climática. El coste medio de la ración obtenida el primer año de ensayo es similar en ambos manejos (Tabla 5) mientras que en los años posteriores el coste de las raciones obtenidas en manejo ecológico suponen el 77-80% de las de manejo convencional. A partir del segundo año de ensayo son los cultivos de LR+VS y TT sobre los que se obtienen las raciones más económicas y en el primero de ellos siempre más económicas las raciones obtenidas en manejo ecológico. Para cualquier año y manejo las raciones obtenidas sobre HV resultan las más costosas.

**Tabla 5. Costes económicos de las raciones en pastoreo (€/ración).**

	2006		2007		2008	
	convencional	ecológico	convencional	ecológico	convencional	ecológico
<b>LR+VS</b>	0,108	0,102	0,142	0,103	0,213	0,12
<b>AS+PS</b>	0,26	0,283	0,161	0,195	0,238	0,227
<b>HV</b>	0,407	0,379	0,165	0,11	0,446	0,288
<b>TT</b>	0,391	0,366	0,125	0,07	0,166	0,187
<b>MEDIA</b>	<b>0,291</b>	<b>0,282</b>	<b>0,148</b>	<b>0,119</b>	<b>0,266</b>	<b>0,205</b>

### Costes energéticos

En todos los casos, años o cultivos, el coste energético de los “inputs” necesarios para obtener una ración de mantenimiento en manejo ecológico es inferior a ese mismo coste en manejo convencional (Tabla 6). Como media anual el coste energético de la ración en manejo ecológico oscila entre un 45 y un 57% del convencional. Analizando los datos a partir del segundo año de ensayo se observa que en manejo convencional, la ración de menor coste energético es la obtenida sobre TT y tras él la obtenida sobre LR+VS. La de mayor coste energético es la obtenida sobre HV. En manejo ecológico, en general, el menor coste energético es el de la ración obtenida sobre LR+VS y, tras

él, sobre TT, siendo superiores los costes energéticos de las raciones obtenidas sobre AS+PS y HV.

**Tabla 6. Costes energéticos de las raciones en pastoreo (MJ/ración).**

	2006		2007		2008	
	convencional	ecológico	convencional	ecológico	convencional	ecológico
<b>LR+VS</b>	2,829	1,348	3,515	1,354	4,981	1,425
<b>AS+PS</b>	7,271	4,408	4,296	3,053	5,49	3,061
<b>HV</b>	11,098	6,311	4,342	1,833	10,97	4,396
<b>TT</b>	9,984	5,678	3,121	1,098	3,796	2,637
<b>MEDIA</b>	<b>7,795</b>	<b>4,436</b>	<b>3,818</b>	<b>1,834</b>	<b>6,309</b>	<b>2,88</b>

### Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)

Las emisiones GEI anuales medias imputables a las raciones obtenidas en manejo ecológico suponen un 45-55% de las obtenidas en manejo convencional (Tabla 7).

Estas menores emisiones se encuentran en todos los cultivos y en todos los años de ensayo. En general son los cultivos de LR+VS y TT los que aportan raciones con menor imputación de GEI tanto en manejo convencional como ecológico.

**Tabla 7. Emisiones de GEI (kg eq. CO<sub>2</sub>/ración).**

	2006		2007		2008	
	convencional	ecológico	convencional	ecológico	convencional	ecológico
<b>LR+VS</b>	0,331	0,158	0,411	0,163	0,582	0,172
<b>AS+PS</b>	0,904	0,518	0,534	0,367	0,686	0,37
<b>HV</b>	1,327	0,729	0,519	0,217	1,317	0,522
<b>TT</b>	1,194	0,656	0,373	0,13	0,456	0,313
<b>MEDIA</b>	<b>0,939</b>	<b>0,515</b>	<b>0,459</b>	<b>0,219</b>	<b>0,76</b>	<b>0,344</b>

## DISCUSIÓN

El objetivo del ensayo es la comparación relativa de cultivos y manejos, no el aportar datos absolutos. Por ello se plantea de forma que no resulten limitantes los medios de producción (labores y materias primas) en ambos manejos. Dada la incertidumbre climática propia de estos entornos agroclimáticos la tendencia es la de adecuar los “inputs” a las condiciones climáticas del año en curso pero, actuando de esta forma, la comparación interanual de resultados uniría a la variabilidad climática la del manejo de los cultivos, lo que dificultaría aún más su interpretación. Por otra parte todas las labores se valoran a precios de contrata y esto, unido a lo anterior, hace que los costes económicos y ambientales de las raciones obtenidas sean superiores a los habituales. La variabilidad de las condiciones climáticas interanuales influye en la producción vegetal y animal y dado que los factores de producción se mantienen a lo largo de los años, esta variabilidad de producciones se transmite con efecto inverso a los costes

de las raciones obtenidas. Se hace necesario prolongar el ensayo hasta el cierre de la rotación de cultivos, como mínimo, para tener una serie que amortigüe la variabilidad interanual.

## CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en los tres primeros años de ensayo se puede avanzar que tanto la producción vegetal como las raciones de pastoreo obtenidas con manejo ecológico superan a las obtenidas en manejo convencional. Los costes económicos y sobre todo los ambientales, medidos estos como energía necesaria para la obtención de raciones en pastoreo y como emisiones de gases de efecto invernadero imputables a esas mismas raciones, son inferiores en manejo ecológico frente a manejo convencional. Bajo los criterios de producción y costes los cultivos para manejo en pastoreo más adaptados a las condiciones del secano semiárido del valle del Ebro resultan los de la asociación lluejo+veza para su aprovechamiento en primavera en estado vegetativo y triticale para pastoreo en verano sobre grano maduro.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARANDIA, A.; INTXAURRANDIETA, J.M.; MANGADO, J.M.; PINTO, M.; DEL HIERRO, O.; SANTAMARIA, P.; ICARAN, C. y NAFARRATE, L., 2008. Incorporación de indicadores sociales y ambientales a programas de gestión técnico-económica de explotaciones agrarias de Navarra y la CAV. *III Congreso de la Asociación Hispano Portuguesa de Economía de los Recursos Naturales y Ambientales* (AERNA). Palma de Mallorca.
- CORREAL, E.; SOTOMAYOR, J., 1998. Sistemas ovino-cereal y su repercusión sobre el medio natural. *Pastos*, **XXVIII** (2), 137-179.
- SAYES, J., 2006. Finca experimental “El Serrón” de Valtierra. Agricultura y ganadería compatibles en los secanos semiáridos. *Navarra Agraria* **154**, 49-64. Pamplona.
- SOLAGRO, 2007. *PLANETE. Pour l'analyse énergétique de l'exploitation agricole*. Version Juillet 2007. Toulouse (Francia).

## SUMMARY

### **SHEEP GRAZING IN DRY-FARMING SEMIARID ROTATIONS UNDER CONVENTIONAL AND ORGANIC MANAGEMENT. ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL COSTS**

In this communication, preliminary results of the three first grazing years of a rotation adapted to the edafoclimatic conditions of the Ebro valley and managed under conventional and organic criteria are presented. Data on vegetal production and on meat sheep maintenance rations obtained by grazing are presented. Also, economic costs as well as environmental costs, measured as the energy needed and greenhouse gas emission of the rations obtained, both under conventional and organic management, are presented. We conclude that the best adapted, most productive and lowest cost crop is the association *Lolium rigidum* + *Vicia sativa* and *Triticale*. After the second year, organic yields exceed those of conventional systems. Organic economic and environmental costs represent 80% and 50% of conventional economic and environmental costs, respectively.

**Key words:** forage production, maintenance rations, euro, energy cost, greenhouse gases.





## CONSIDERACIONES PRÁCTICAS PARA EL DISEÑO DE BALSAS GANADERAS

V. FERRER<sup>1</sup>, R.M. CANALS<sup>2</sup>, A. IRIARTE<sup>1</sup>, L. SAN EMETERIO<sup>2</sup>, E. VILLANUEVA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Consultoría Vicente Ferrer. Estudios y Proyectos de Pastos. C/ Batodoa 3, 31600 Burlada. Navarra. <sup>2</sup>Dpto. Producción Agraria. UPNA. Campus Arrosadia s/n. 31006 Pamplona. [rmcanals@unavarra.es](mailto:rmcanals@unavarra.es)

### RESUMEN

El agua es un nutriente esencial para los animales y objeto de atención principal en cualquier explotación ganadera. En superficies extensas de pasto aprovechadas por pastoreo libre, la localización y el diseño de los puntos de agua afecta a aspectos claves de la explotación como son el bienestar y la producción animal y el estado de conservación de los pastos, entre otros. A pesar de ello, existen escasas publicaciones que traten sobre la construcción de balsas con fines ganaderos. Este trabajo recoge, a modo de ejemplo, información de 49 balsas ganaderas sitas en dos grandes áreas de comunal navarro, y analiza aspectos claves de su diseño y estado de conservación, aportando criterios útiles para la construcción y el mantenimiento de este tipo de infraestructuras.

**Palabras clave:** puntos de abrevada, infraestructura ganadera, ordenación pascícola, necesidades hídricas del ganado.

### INTRODUCCIÓN

El agua ejerce un papel esencial en las funciones básicas de un animal, entre ellas el crecimiento, la reproducción, la lactación y la termorregulación. Debido a su importancia, se suele dar por sentado que siempre se cumplen los requisitos mínimos de su acceso (disponibilidad ilimitada, calidad óptima, etc.). Sin embargo, esto no siempre es así, repercutiendo negativamente en la producción, sanidad y bienestar animal.

Nuestra reciente participación en diversos planes de ordenación pascícola en zonas de comunal navarro utilizadas por ganadería extensiva nos ha sensibilizado especialmente sobre esta problemática (Canals y Ferrer, 2008; Ferrer y Canals, 2008). A pesar del interés que el tema suscita, existe un importante vacío de conocimiento. La mayor parte de las publicaciones existentes abordan el diseño y la construcción de reservorios de agua con fines agrícolas (Dal-re, 2003), pero no acometen los aspectos particulares de las balsas ganaderas. En este trabajo presentamos los datos recabados de 49 balsas ganaderas de dos grandes superficies de comunal navarro y aportamos nuestras experiencias y sugerencias sobre el diseño de estas infraestructuras ganaderas.

## METODOLOGÍA

El trabajo recoge información de dos grandes áreas de comunal navarro, de uso tradicional extensivo, situadas en el sector W y N de la comunidad: las Sierras de Urbasa y Andia (15 800 ha) y el comunal del valle de Aezkoa (6 400 ha). En ellas se han localizado, inventariado y tipificado las balsas existentes, de las que se ha recogido información referente a sus dimensiones, a la utilización o no de material impermeabilizante, existencia de cierre perimetral y tipo, si cuentan con abrevaderos conectados, etc., así como al estado actual de las mismas y las actuaciones necesarias para su buen funcionamiento y mantenimiento en perfecto estado. Las Sierras de Urbasa y Andia acogen unas 34 700 cabezas de ovino, 4 200 de vacuno y 2 600 de equino en los momentos de máxima afluencia. En el caso del comunal del Aezkoa los censos en las épocas de mayor presencia de ganado son de aproximadamente 3 200 cabezas de ovino, 750 de vacuno y 270 de equino. En ambos casos la estancia promediada del ganado es de unos 5-6 meses al año, aunque en especies como el caballar es habitual periodos de pastoreo más dilatados.

## RESULTADOS

Se han estudiado un total de 49 balsas ganaderas, 45 ubicadas en las Sierras de Urbasa y Andia y 4 en el comunal del Valle de Aezkoa. El 47% de las balsas estudiadas tiene una superficie igual o menor a 500 m<sup>2</sup> y un 10% de ellas superan los 2 000 m<sup>2</sup>. En un 68% de las balsas el suministro de agua es permanente, mientras que en las restantes el aporte es estacional.

La mayor parte de balsas estudiadas carece de impermeabilización y en las que la tienen, se han utilizado materiales plásticos (policloruro de vinilo y polietileno) o, en algunas de más reciente construcción, geocompuestos de bentonita (Figura 1). El 40% de las balsas dispone de un sistema de cerramiento constituido por mallas, espinos, combinación de ambos o, en algún caso, por muros de piedra. Las balsas cercadas están conectadas a un único abrevadero en la mayoría de los casos (Figura 2). El estado de conservación de los materiales de construcción es bueno en la mitad de las balsas estudiadas y deficiente en un 16% de los casos. Únicamente el 3% de las balsas presentan un buen estado higiénico (Figura 3).

## DISCUSIÓN

### Localización de los reservorios de agua

Entre los principales factores a considerar en la localización de las balsas están las características del sustrato y las posibilidades de recogida de agua, bien sea de fuentes o regatas mediante las correspondientes arquetas, por escorrentía natural, etc. No obstante, éstos no deben ser los únicos criterios. Desde el punto de vista ganadero, es fundamental que los animales no tengan que recorrer largas distancias para abrevar, ya que esto repercute en un mayor gasto energético, mayores problemas de control del ganado y un aprovechamiento irregular del pasto. Por ello, es recomendable establecer una red de puntos de agua que permita al ganado abrevar sin tener que recorrer distancias mayores a 2-2,5 km.

Asimismo, se debe evitar localizar los reservorios de agua en áreas donde exista un importante componente arbóreo, por los posibles aportes de hojarasca al vaso, que repercuten en la calidad del agua y obligan a realizar labores de limpieza más frecuentes.

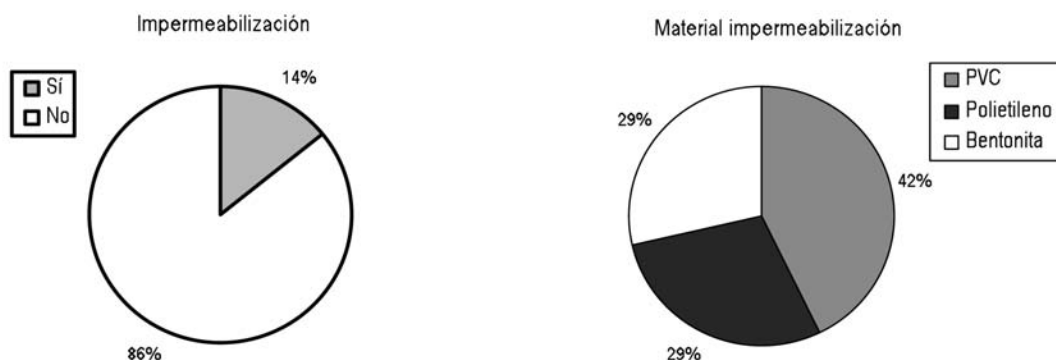


Figura 1. Grado de impermeabilización y materiales empleados en 49 balsas estudiadas.

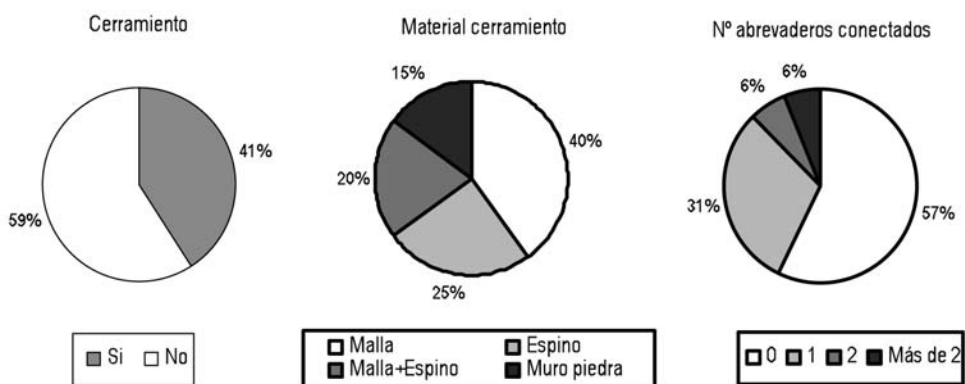


Figura 2. Características del acceso al agua en las 49 balsas estudiadas.

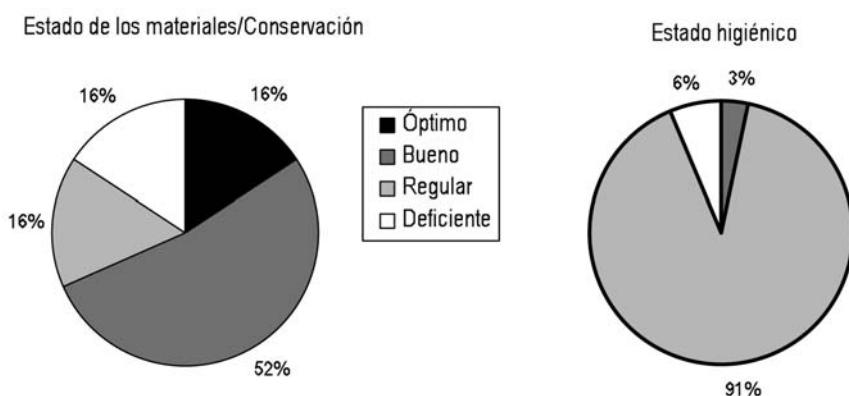


Figura 3. Estado de conservación y estado higiénico de las 49 balsas estudiadas.

### **Dimensionamiento y diseño del vaso**

Las dimensiones de las balsas deben calcularse en función de las necesidades hídricas del ganado y del caudal de entrada de agua al vaso, de modo que se garantice en todo momento un aporte continuado de agua al ganado. El agua puede provenir de cursos superficiales y subterráneos, de capas freáticas, de escorrentía, o directamente de la precipitación. En lugares donde el aporte hídrico proviene de cursos deficitarios, pueden diseñarse otros tipos de recipientes alternativos a las balsas, como son los depósitos y los aljibes. Se trata de recipientes con una menor relación superficie/volumen, lo que garantiza menores pérdidas de agua por evaporación. Debe tenerse en cuenta que las pérdidas por evaporación en superficies de agua libre dependen en gran medida de la meteorología (radiación, temperatura, humedad relativa y viento) pero también de las características de diseño de la superficie evaporativa (profundidad y superficie del recipiente, material aislante empleado, etc.).

En algunos casos se ha contemplado la apertura de zanjas de recogida de agua de escorrentía para facilitar un rápido llenado del vaso. Esta práctica no es aconsejable dado que puede desencadenar procesos erosivos y colmatar de finos la entrada de agua a la balsa. Por ello, se debe priorizar la búsqueda de puntos de recogida natural de escorrentía para la localización de las balsas, y también considerar la posibilidad de llenado del vaso a partir de la precipitación atmosférica en lugares donde ésta es elevada, realizando una estimación de las pérdidas y entradas anuales para dimensionar y diseñar adecuadamente el vaso. Algunas de estas estimaciones se sintetizan en el Anexo 1.

### **Impermeabilización del vaso**

Para asegurar un eficaz almacenamiento del agua es conveniente que el vaso del reservorio esté impermeabilizado. La mayor parte de las balsas estudiadas no lo están, aunque en las de reciente construcción sí es frecuente impermeabilizar. Así, es habitual el empleo de polietileno (PE) y policloruro de vinilo (PVC) en diferentes espesores y densidades. También pueden utilizarse otros materiales plásticos, dada la amplia oferta existente, como el polipropileno. En los últimos años, en áreas de alto valor faunístico se está priorizando el uso de materiales geotextiles compuestos como *Bentofix*. El soporte inferior es un geotextil tejido de polipropileno, mientras que el superior es un geotextil agujereado. El estrato central es bentonita sódica natural micronizada y encapsulada entre los geotextiles superior e inferior.

Los materiales plásticos tienen la ventaja frente a los geotextiles de permitir una mayor facilidad en la realización de las labores periódicas de limpieza y dragado del vaso, y la detección y resolución de problemas (fugas, etc.) es más sencilla. Tienen además un menor coste económico, tanto por el precio más bajo por unidad de material, como por la menor superficie a impermeabilizar a igualdad de volumen de la balsa (se pueden usar en taludes de mayor pendiente que la bentonita). Sin embargo, su compatibilidad con la fauna silvestre se ve reducida por la propia naturaleza del material empleado. Los materiales plásticos alcanzan altas temperaturas durante la época estival que ocasionan la muerte de anfibios y favorecen el desarrollo de microorganismos que afectan la calidad del agua. Los diseños de balsas con materiales geotextiles no suponen una barrera a los ciclos vitales de los anfibios, ni favorecen resbalamientos y posibles ahogos por imposibilidad de salida del vaso de la fauna salvaje.

## Acceso de los animales al agua

Desde el punto de vista ganadero, es conveniente que los animales beban en los abrevaderos y que las balsas estén cercadas perimetralmente para evitar el acceso directo del ganado y disminuir así los riesgos de contaminación, pérdida de calidad del agua, transmisión de enfermedades y peligro de caída. Los cerramientos de las balsas deben estar contruidos con materiales resistentes, que no ocasionen daño o heridas a los animales (mallas vs. espinos) y que, a su vez, permitan un acceso fácil al interior para realizar los trabajos de mantenimiento. Las balsas cercadas con mampostería o muros de piedra, además de su elevado coste, complican el mantenimiento posterior, a no ser que se disponga de vías de entrada para la maquinaria.

Un asunto controvertido y que merece una atención especial es el hecho de que los cerramientos dejen pasar o no, a los animales salvajes. Cuando no existen en la cercanía otros punto de abrevada naturales (nacederos, cursos de agua,..) o cuando se trata de animales de pequeño tamaño que no pueden beber de los mismos abrevaderos, se hace necesario que los cerramientos permitan el paso de la fauna salvaje. Ello puede suponer un importante foco de infección y pérdida de la calidad del agua de abrevada (por deposición de heces, caídas fortuitas en el interior de las balsas,...). En todo caso, es necesario que las balsas dispongan de sistemas de seguridad para casos de accidentes, como es el diseño de taludes de baja pendiente o la instalación de empalizadas, cuerdas o geotextiles rugosos que faciliten la salida.

En el caso de una importante presencia de vida salvaje, es conveniente realizar análisis periódicos de la calidad del agua de los abrevaderos y, en caso de encontrar valores significativos de contaminación, buscar soluciones locales para solventar la problemática. Por ejemplo, en los últimos años, se observa una mayor presencia de buitres en las balsas ganaderas de los comunales navarros, donde acuden a beber y a refrescarse, ensuciando el agua. Una medida recomendable para evitar esta afluencia es el cercado de la balsa por la parte superior de la mota, dejando un corto espacio entre el cierre y el borde del vaso para limitar la superficie de aterrizaje/despegue disponible para estas aves, acondicionando, al mismo tiempo, zonas específicas para su refrescamiento, independientes de las balsas ganaderas.

## Criterios generales sobre los puntos de abrevada

Los puntos de abrevada deben localizarse de manera estratégica en la superficie de pastoreo, en número suficiente para satisfacer las necesidades de los herbívoros. Siempre que sea posible, se conectará más de un abrevadero a la balsa, y se repartirán de forma homogénea en el territorio, cubriendo la mayor superficie pastable posible y evitando su concentración en áreas concretas. Se debe evitar la construcción de abrevaderos en barrancos y vaguadas en las que el ganado pueda provocar fenómenos erosivos, así como en zonas en las que la carga ganadera pueda afectar negativamente la calidad del pasto (invasión de especies nitrófilas, etc.). Por el contrario, una ubicación estratégica de abrevaderos en pastos poco frecuentados por el ganado puede ser una eficaz herramienta para mejorar su calidad.

Los abrevaderos deben dimensionarse en función de la carga y tipo de ganado pastante y construirse con materiales resistentes, dotándose de boya de regulación de entrada de agua, tapa metálica de protección, sistema de desagüe y sistemas antibui-

tres en los casos en que se considere oportuno. Es conveniente la instalación de una solera amplia para evitar encharcamientos y denudación del suelo en el entorno del abrevadero. Con el mismo fin, se debe canalizar el desagüe del abrevadero a barrancos, vaguadas, etc. contiguos.

### **Mantenimiento de los puntos de agua**

Es frecuente observar que el estado higiénico de las balsas diste bastante del deseable (color verdoso, crecimiento de algas,...) para un uso ganadero. Las labores de limpieza periódicas (en las épocas de menor carga ganadera), mediante el dragado de la cubeta, son la mejor forma de garantizar un suministro de agua de calidad al ganado. Es importante que los materiales utilizados en la construcción del vaso faciliten estas labores y que las balsas dispongan de los oportunos sistemas de desagüe de aguas, canalizados a barrancos contiguos con el fin de evitar encharcamientos y problemas de erosión en la salida de los mismos. Los abrevaderos y las conducciones que los conectan al vaso deben recibir también labores periódicas de limpieza y mantenimiento. En las zonas de mayor altitud y en abrevaderos construidos con materiales menos resistentes, es conveniente mantenerlos vacíos durante las épocas de mayor riesgo de helada, con el fin de evitar roturas y alargar así su vida útil.

En ocasiones, el interés ganadero diverge del interés faunístico, que prefiere un estado naturalizado de las balsas. Ante una incompatibilidad de usos, es posible adoptar soluciones intermedias (p.e., labores de dragado fuera del periodo crítico para los anfibios que habitan la balsa) o bien optar por la construcción de reservorios de agua con diferentes finalidades.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- CANALS, R.M.; FERRER, V., 2008. *Proyecto de ordenación de los recursos pascícolas forestales de los montes Sierra de Urbasa y Sierra de Andía*. Documento interno.
- DAL-RÉ, R. (ed.), 2003. *Pequeños embalses de usos agrícola*. Ed. Mundi-Prensa.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O., 1976. *Las necesidades de agua de los cultivos*. Estudio FAO 24: Riego y drenaje.
- FERRER, V.; CANALS, R.M., 2008. *Proyecto de ordenación de los recursos pascícolas forestales del monte Aezkoa nº 1 del CUP*. Documento interno.
- MARTINEZ, V.; MOLINA, J.M.; GONZÁLEZ-REAL, M.M.; BAILLE, A., 2005. Simulación de la evaporación horaria a partir de datos meteorológicos. *Ingeniería del agua*, **12**, 39-51.

### **Anexo 1. Ejemplo de cálculo aproximado del tiempo de llenado de una balsa por precipitación**

Las tasas de evaporación de un recipiente de agua se pueden determinar: 1) directamente a partir de la información de las cubetas evaporimétricas (presentes en algunas estaciones meteorológicas y en centros de investigación), 2) a través de modelos empíricos basados en datos meteorológicos (Martínez *et al.*, 2005), o 3) de modo indirecto, a partir de datos estimados de evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>). En este último caso, según el estudio FAO 24 (Doorenbos y Pruitt, 1976):

$$ET_o \text{ (mm/ día)} = K_p \times E_{pan} \text{ donde: } K_p: \text{ Coeficiente de cubeta. } E_{pan}: \text{ Evaporación en cubeta}$$

Según los datos de la estación meteorológica de Urbasa, la ET<sub>o</sub> calculada por el método de Thornthwaite es de 625 mm anuales. Considerando unas condiciones de humedad ambiental medias (40-70%)

y vientos débiles (<175 km/día), estimamos un Kp de 0,75. Ello corresponde a una Epan de 830 mm anuales, que en una balsa con una superficie expuesta de 500 m<sup>2</sup>, suponen 415 m<sup>3</sup> de evaporación anual. Si la pluviometría media anual es de 1320 mm, la balsa recibe unos 660m<sup>3</sup> de agua de precipitación. Restada la evaporación, la balsa podría llenarse a razón de unos 245 m<sup>3</sup> anuales. Si suponemos una capacidad del vaso de 750 m<sup>3</sup> (profundidad media estimada de 1,5 m) la balsa necesitaría unos 3 años para llenarse en su totalidad (aunque ya podría suplir de agua al ganado antes de su llenado total). Si la superficie expuesta de la balsa fuera menor (p.e. 300 m<sup>2</sup>), las pérdidas por evaporación disminuirían (249 m<sup>3</sup> anuales), pero también lo harían las entradas por precipitación (396 m<sup>3</sup> anuales) necesitándose un periodo de tiempo bastante mayor para el llenado de un vaso de la misma capacidad volumétrica.

Los valores aquí expuestos son orientativos, dado que no contemplan factores como los aportes por precipitación horizontal (nieblas, brumas,..), que en zonas de montaña pueden ser relevantes, las pérdidas episódicas en los lixiviaderos en épocas de elevada pluviometría, el tipo de aislamiento de la balsa, que puede favorecer un mayor o menor grado de evaporación, etc. También deben estimarse y descontarse en estos cálculos las necesidades de abrevada en función de las cabezas, el tipo de ganado y la duración del periodo de pastoreo. En pastoreo, el consumo diario aproximado de agua depende básicamente del estado fisiológico del animal y de la temperatura ambiente. Una aproximación general a las necesidades diarias es calcular un consumo de 10,5 litros por cada 100 kg. de peso vivo, aumentando estas cantidades conforme lo hacen los gastos energéticos del animal (lactación, gestación, termorregulación,...).

## SUMMARY

### LIVESTOCK POND CONSTRUCTION: SOME PRACTICAL CONSIDERATIONS

Water is a basic nutrient for animals that requires particular consideration in farming. In free-grazed rangelands, optimal livestock pond design ensures the most favourable conditions for animal production, welfare and grassland preservation. In this manuscript we analyse some relevant traits of 49 livestock ponds located at two big rangeland areas of the Navarra county and give some practical guidelines about the construction of these types of livestock facilities.

**Key words:** livestock water facility, grazing management plan, livestock water requirements.





## APLICACIÓN DE UNA HERRAMIENTA TECNOLÓGICA PARA EL SEGUIMIENTO DE GANADO EN PASTOREO LIBRE

M. AGUILAR, I. ITURRIAGA, M. VILLANUEVA, A. PÉREZ DE MUNIAN, F.A. MAEZTU

Instituto Técnico y de Gestión Ganadero, S.A. Avda. Serapio Huici, 22. C.P. 31610. Villava (Navarra). [maguilar@itgganadero.com](mailto:maguilar@itgganadero.com)

### RESUMEN

Las herramientas tecnológicas pueden suponer una gran ayuda para el desempeño de ciertas actividades tradicionales del sector ganadero, como es el caso del control del pastoreo. La combinación de nuevas tecnologías de comunicación, como la navegación por satélite, la telefonía móvil e Internet, permiten a los ganaderos realizar un seguimiento de los animales de forma remota, sin necesidad de estar presente físicamente. Precisamente, con el objeto de facilitar estas tareas de localización y de seguimiento del ganado, el Instituto Técnico y de Gestión Ganadero de Navarra pretende poner en marcha en 2009 un servicio basado en tecnologías GPS (Sistema de Posicionamiento Global), GSM (Sistema Global para la Comunicación Móvil) e Internet. A lo largo de 2008 se han llevado a cabo varias pruebas de control de animales para conocer el comportamiento de los equipos de localización y de los collares en condiciones de campo. Los resultados son buenos en cuanto a resistencia y fiabilidad de los equipos, sin embargo la disponibilidad de cobertura GPS y GSM va a condicionar en gran medida su funcionalidad y autonomía.

**Palabras clave:** GPS-GSM, localización, control de animales, yeguas, Betizu.

### INTRODUCCIÓN

Las nuevas tecnologías pueden suponer una gran ayuda para el desempeño de ciertas actividades tradicionales del sector ganadero, como es el caso del control del pastoreo y la gestión de los recursos pastorales. En este sentido son destacables los trabajos realizados por Frost *et al.* (1997), Aparicio *et al.* (2007) y Bartolomé Rodríguez *et al.* (2008), entre otros, para el seguimiento de animales mediante tecnologías GPS-GPRS. Como mencionan estos autores, los sistemas de localización GPS-GPRS permiten disponer de datos en tiempo real, lo que, además de ser una atractiva herramienta para el ganadero, puede ayudarnos a comprender el comportamiento de los animales durante el pastoreo sin presencia humana que pueda interferir sobre los resultados.

Precisamente, con el objeto de facilitar y promocionar la actividad ganadera en pastoreo, el Instituto Técnico y de Gestión Ganadero de Navarra (I.T.G. Ganadero)

próximamente pondrá en marcha un servicio de localización de animales a distancia mediante la utilización de nuevas tecnologías de comunicación: navegación por satélite (GPS), telefonía móvil (GSM) e internet, el cual nace como consecuencia del trabajo realizado en el Proyecto INTERREG III Arco Atlántico COREA y cofinanciado por el FEDER. Este servicio permitirá a los usuarios conocer en tiempo real dónde se encuentra su ganado, evitando las largas jornadas de búsqueda que tradicionalmente han tenido que destinar a la localización de los animales que pastan libremente por los valles y montes. A lo largo de 2008 se han llevado a cabo varias pruebas de control de animales para conocer el comportamiento de los equipos de localización y de los collares en condiciones de campo. Concretamente, se colocaron un total de 5 equipos, 4 de ellos en yeguas de la raza Jaca y Burguete y el quinto dispositivo en un toro de la raza Betizu, en diferentes regiones de la geografía Navarra. El objeto de este artículo es presentar los elementos que componen el servicio de localización de I.T.G. Ganadero, así como los resultados obtenidos en estas pruebas de campo preliminares.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El funcionamiento del sistema de localización se basa en que el ganadero, a través de un portal de Internet, puede solicitar el posicionamiento GPS de los equipos ubicados en sus animales y visualizar las coordenadas pocos minutos después, sobre una imagen aérea. El dispositivo de posicionamiento GPS-GSM utilizado es el modelo "Trimtrac Locator", desarrollado por la empresa "Trimble Navigation Limited" para el control de flotas de vehículos. Los motivos que justifican la elección de este equipo son su reducido peso, unos 300 g incluyendo las 4 pilas alcalinas, así como su robustez, estanqueidad y autonomía de larga duración, características esenciales para nuestra aplicación. Concretamente, el localizador se aloja dentro de un compartimento especialmente diseñado para ello, en el collar de los animales, de tal forma que se encuentra protegido frente a las condiciones ambientales y del comportamiento animal (Figura 1). Además, es destacable su bajo coste, 288 euros, en relación con otros equipos de seguimiento similares. Mencionar que la comunicación con el equipo puede realizarse tanto por vía SMS (Servicio de Mensajes Cortos) como utilizando la tecnología portadora GPRS (Servicio General de Paquetes por Radio), orientada exclusivamente a la transmisión de datos. En cualquier caso, la transmisión de información se realiza a través de la red GSM, por lo que la cobertura de telefonía móvil va a ser un factor determinante en el adecuado funcionamiento del servicio de localización. El



**Figura 1. Equipos de seguimiento en el toro Betizu y en la yegua Burguete.**

servidor es una computadora ubicada en las oficinas de I.T.G. Ganadero en Villava en la que se ha instalado el software “Rastrac Web Server 5.3” de la compañía “Mannig NavComp”. Este programa permite a los usuarios que hayan sido dados de alta previamente, acceder al sistema a través de cualquier navegador Web y realizar peticiones de posición y de información a los equipos localizadores situados en los animales, siendo mostradas las posiciones recibidas en planos georreferenciados. Para realizar dichas peticiones y mantener una comunicación fluida con los dispositivos, el sistema incorpora un módem GSM/GPRS capaz de recibir y enviar mensajes a los dispositivos.

### **Experiencia con yegua Burguete**

La raza Burguete es una raza autóctona Navarra considerada en peligro de extinción. Se encuentra presente en gran parte de la Comunidad Foral, estimándose la existencia de un total de 3700 yeguas. El sistema de explotación es en semilibertad y consiste en la conducción del ganado a los montes o sierras circundantes a los valles, donde permanecen en libertad durante el final de primavera, verano y parte del otoño. Durante la estación invernal, los animales se sustentan en zonas próximas al pueblo ya sean comunales o prados.

La experiencia de seguimiento de la yegua Burguete tuvo una duración total de 136 días y transcurrió en dos zonas diferentes de la geografía Navarra. Así, del 14 de marzo al 30 de abril, la yegua se encontró en las cercanías de Idocin, mientras que desde el día 1 de mayo hasta el día 27 de julio, el seguimiento se llevó a cabo en los pastos de verano situados en las proximidades de la localidad de Usetxi. Idocin se halla al Sur de la Peña Izaga, a una altitud de unos 850 m. La precipitación media es de 800 mm y la temperatura media de 13°C. La vegetación de la zona son masas forestales muy abiertas (fracción de cabida cubierta de tan sólo el 50%) de *Quercus humilis* Mill. (Roble pubescente) con árboles diseminados de *Pinus sylvestris* L. (Pino silvestre), y recintos arbustivos de matorral mediterráneo. Usetxi se localiza al Sur-Oeste del pantano de Eugui, a una altitud de unos 1000 m. La precipitación media es de 1500 mm y la temperatura media de 9°C. La vegetación del territorio son pastizales con recintos de *Buxus sempervirens* L. (Boj) y *Juniperus communis* Lam. (Enebro) y zonas de brezal-argomal. Entre ellos se entremezclan masas forestales de *Fagus sylvatica* L. (Haya), pinos silvestres y robles pubescentes. El equipo de seguimiento se programó durante los primeros 19 días para que enviara una posición cada 6 horas. Posteriormente y hasta el final del estudio, se reprogramó a distancia para que enviara una posición cada 24 horas.

### **Experiencias con yeguas Jaca**

La Jaca Navarra es también una raza autóctona en peligro de extinción. La población actual se estima en unos 470 ejemplares. El sistema de explotación es similar al de raza Burguete. El I.T.G. ganadero gestiona un núcleo de conservación y referencia de este animal en la finca de Sabaiza desde 1982, en el cual se llevó a cabo esta experiencia de seguimiento en dos ejemplares de Jaca Navarra. La finca se localiza en la vertiente meridional de la Sierra de Izko. Las cotas varían de los 500 m a los 1035 m. La precipitación media anual es de 700 mm y la temperatura media de 13°C. El 98% de la superficie es arbolado con un porcentaje de cabida cubierta muy elevado (entre 80-90%). Se trata principalmente de repoblaciones de *Pinus nigra* J.F.Arnold (Pino laricio) en masas puras y mezcladas con pino silvestre en las zonas más altas y *Pinus*

*halepensis* Mill. (Pino carrasco) en las zonas más bajas. Un 1% de la finca es matorral mediterráneo y otro 1% son praderas y pastizales. El sistema de explotación de la finca de Sabaiza es extensivo. Únicamente se recogen los animales para realizar el destete o para aplicar alguna medida sanitaria.

Se colocaron dos equipos de seguimiento GPS-GSM sobre dos yeguas de la finca de Sabaiza el día 27 de junio. En uno de los ejemplares permaneció un total de 75 días y mientras que en el otro permaneció 121 días. Ambos equipos se programaron para que se posicionaran cada 12 horas.

### **Experiencias con toro Betizu**

Se tiene constancia desde hace muchos años que en las montañas Vascas, Navarras y del País Vasco Francés se asienta una población de vacuno denominado Betizu, que vive en régimen de semilibertad, sometido a un escaso o nulo manejo por parte del hombre. El aprovechamiento de este ganado ha ido encaminado al consumo familiar, ya que se trata de animales de escasa vocación carnicera, de manera que una vez al año se realizan batidas para recoger los terneros y separar el desvieje. Los censos de vacuno Betizu en Navarra son: 254 cabezas, distribuidas en 11 explotaciones, lo que implica que se considere un ganado en peligro de extinción. El ITG Ganadero posee un rebaño de Betizu cedido por el Gobierno de Navarra que se ubica en la Finca de Sastoya (Urraul Alto). El estudio se llevó a cabo en las proximidades de la misma, a una altitud entre los 600 y 1000 m. La precipitación media anual es de 1000 mm y la temperatura media de 10°C. La vegetación del territorio son bosques de pino silvestre entremezclado en algunas zonas con roble pubescente con porcentajes de cabida cubierta elevados. Por todo el territorio se intercalan masas arbustivas de boj entremezcladas con *Crataegus monogyna* Jacq. (Espinosa) y especies del género *Rubus* (Zarzas).

La experiencia comenzó el día 24 de abril, cuando tras anestesiar e inmovilizar un ejemplar de toro Betizu, se colocó uno de los equipos GPS-GSM en él. El seguimiento tuvo una duración total de 117 días, hasta el 18 de agosto. La programación del equipo fue, durante la mayor parte de este periodo, de una posición al día, exceptuando 23 días en los que el equipo se configuró remotamente para que se posicionara cada 6 horas.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En general, el comportamiento del equipo en condiciones de campo es aceptable en cuanto a robustez y autonomía, estando su funcionamiento muy condicionado por la programación que se realice y por la cobertura GPS y GSM existente. En la Tabla 1 se muestra los resultados obtenidos. El número de ausencias es muy reducido en todos los casos exceptuando en el toro Betizu, donde ascendían al 46% del total de mensajes enviados. Esto probablemente fue debido a la escasez de cobertura GSM existente en la zona de Sastoya. Así, tras recuperar el equipo, logramos descargar un total de 45 posiciones almacenadas en su memoria, de las cuales únicamente consiguió enviar 15. El número de mensajes enviados sin posición está comprendido entre el 17% y el 39%, en función de los casos. Estos mensajes son generados cuando el equipo tiene cobertura GSM pero no es capaz de posicionarse,

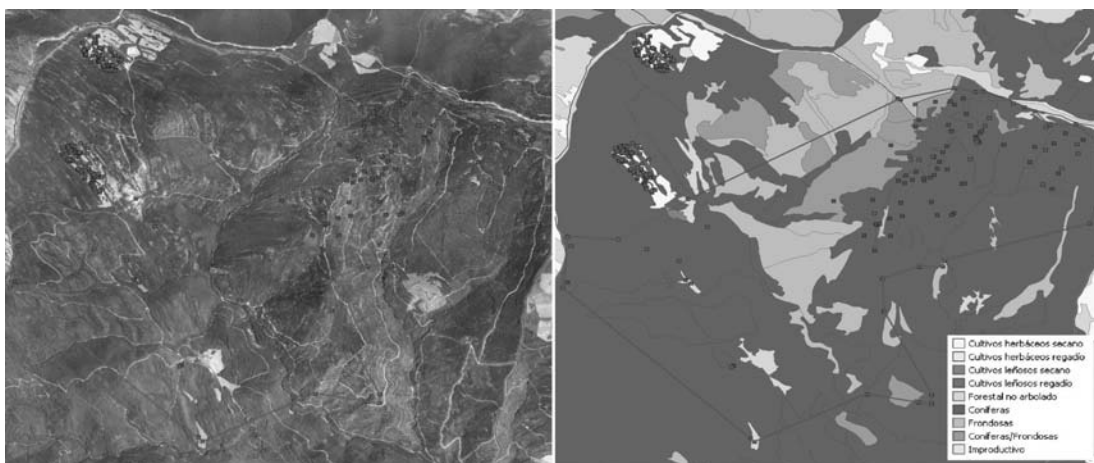
es decir, no puede captar la señal de los satélites. Habitualmente hay dos causas que pueden generar este tipo de mensajes sin coordenadas. La primera es que el animal se encuentre en zonas frondosas, con mucho arbolado. La segunda es que el collar donde se ubica el equipo se haya desplazado, quedando la antena del dispositivo demasiado baja. Es por este motivo, por lo que es necesario colocar un contrapeso al collar, es decir, un cencerro. En cuanto al consumo de baterías, está muy condicionado tanto por la programación del equipo, es decir, por el intervalo entre posiciones que se configure, así como por la cobertura GPS y GSM, de tal forma que, cuanto más deficiente sea ésta, menor será la duración de las pilas. Se observa que, durante los primeros 40-50 días el consumo energético es reducido, de entorno al 10%, como puede verse en el equipo colocado en la Yegua Burguete cuando estuvo en Idocin, para después pasar a descender más rápidamente. De todas formas la autonomía de los equipos en las zonas estudiadas, superaba en la mayoría de los casos los 4 meses, bajo coberturas no excesivamente buenas. La excepción ha sido el dispositivo colocado en la Jaca 1 de Sabaiza, el cual estuvo operativo únicamente durante 75 días debido a que la yegua logró desprenderse del collar, rompiendo parte de los remaches que sujetaban el compartimento que albergaba al equipo. Mencionar que era el segundo uso que se le daba al collar, lo que nos lleva a pensar que, aunque son lo suficientemente robustos y fiables como para trabajar con estos animales y en condiciones de campo adversas, conviene no prolongar su utilización por más de un año.

**Tabla 1. Resultados obtenidos en los estudios de seguimiento.**

Dispositivo	Nº de posiciones enviadas	Nº de mensajes enviados sin posición (sin cobertura GPS)	Nº ausencias (sin cobertura GSM)	Nº total de mensajes enviados	Nº total de mensajes esperados	Consumo batería (%/día)
Yegua Burguete (48 días-Idocin)	73 (62%)	37 (31%)	1 (0,8%)	117 (99%)	118	0,16
Yegua Burguete (88 días-Usetxi)	66 (65%)	20 (20%)	5 (5%)	97 (95%)	102	0,75
Yegua Burguete (136 días-Total)	139 (63%)	57 (26%)	6 (3%)	214 (97%)	220	0,58
Yegua Jaca 1 (75 días-Sabaiza)	110 (54%)	34 (17%)	13 (6%)	191 (94%)	204	0,86
Yegua Jaca 2 (121 días-Sabaiza)	91 (36%)	120 (47%)	27 (10%)	228 (89%)	255	0,68
Toro Betizu (117 días-Sastoya)	15 (11%)	52 (39%)	62 (46%)	72 (54%)	134	0,64

\* Entre paréntesis se muestra el porcentaje respecto del número total de mensajes esperados.

A modo de ejemplo, en la Figura 2, se muestran las posiciones registradas por las jacas en Sabaiza. Se pueden distinguir claramente las zonas de pastos, donde las yeguas se encontraban recogidas durante el primer mes de seguimiento, de las zonas que



**Figura 2. Posiciones registradas por las jacas sobre ortofoto y plano de Aprovechamiento y Cultivos de Sabaiza. Perímetro del área recorrida en libertad.**

recorrieron cuando se encontraban en libertad, principalmente pobladas de coníferas, donde desciende claramente la cobertura GPS y por lo tanto, las posiciones enviadas.

Por último, cabe señalar que la información conseguida en estos estudios preliminares, no es suficiente como para obtener conclusiones etológicas, debido a que se instalaron pocos equipos en cada rebaño de animales y a que los dispositivos se configuraron para posicionarse de forma muy espaciada en el tiempo. Sin embargo, pensamos que la versatilidad de estos equipos nos permite la posibilidad de plantear futuras experiencias orientadas al estudio del comportamiento del ganado, conocer el recorrido diario del animal y sus preferencias.

## CONCLUSIONES

Podemos concluir que tanto los equipos como los collares parecen ser lo suficientemente robustos y fiables como para trabajar con ganado y en condiciones adversas. Los animales parecen aceptar con naturalidad el hecho de portar los equipos, ya que se ubican en collares similares a los tradicionales, y tampoco suponen un incremento excesivo en cuanto a peso y dimensiones. Señalar que el funcionamiento del equipo está muy condicionado por la programación que se realice y por la cobertura GPS y GSM existente, de tal forma que su autonomía será variable en función de la zona de pastoreo. De todas formas, la duración media de las pilas obtenida en las experiencias es aceptable, situándose en torno a los 4 meses.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APARICIO, M.A.; ATKINSON, A.; PRIETO, L.; ROBLEDO, J.; GONZÁLEZ, F.; VARGAS, J.D.; ANDRADA, J.A., 2007. Monitorización del pastoreo en sistemas extensivos. *Pequeños Rumiantes*, **8 (3)**, 27-36.
- BARTOLOMÉ RODRIGUEZ, D.J.; GARCÍA GARCÍA, J.; POSADO FERRERAS, R.; OLMEDO DE LA CRUZ, S.; ALONSO DE LA VARGA, M.; VARGAS GIRALDO, J.; APARICIO TOVAR, M.A.;



GAUDIOSO LACASA, V., 2008. Aplicación de las nuevas tecnologías GPS-GPRS para el estudio del comportamiento y mejora de la producción del ganado vacuno extensivo. *Tierras*, **143**, 62-66.

FROST, A.R.; SCHOFIELD, C.P.; BEAULAH, S.A.; MOTTRAM, T.T.; LINES, J.A.; WATHES, C.M., 1997. A review of livestock monitoring and the need for integrated systems. *Computers and Electronic in Agriculture*, **17**, 139-159.

## SUMMARY

### **APPLICATION OF A TECHNOLOGICAL TOOL FOR LIVESTOCK MONITORING UNDER FREE RANGING**

Technological tools can make certain traditional activities of the livestock sector easier, for example the livestock monitoring at grazing areas. The combination of new communication technologies such as satellite navigation, mobile telephony and Internet, enables farmers to monitoring their animals, without being present. In order to facilitate these tasks, finding and monitoring livestock, the Technical Institute of Livestock Management located in Navarra, expects to launch in 2009 a service based on GPS technology (Global Positioning System), GSM (Global System for mobile communication) and Internet. In the course of 2008, several tests have been carried out in order to check the performance of this location equipment under field conditions. Satisfactory results were obtained in terms of strength and reliability of equipment; however the availability of GPS and GSM coverage will largely determine its functionality and also, the battery life.

**Key words:** GPS-GSM, localization, grazing, mares, Betizu.





## EFFECTO DE LA OFERTA Y DISPONIBILIDAD DIARIA DE HIERBA SOBRE LA COMPOSICIÓN MORFOLÓGICA DEL PASTO

A.I. ROCA<sup>1</sup>, M. O'DONOVAN<sup>2</sup>, J. CURRAN<sup>2</sup>, A. GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dpto. de Producción Animal. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). INGACAL. Xunta de Galicia. Apdo. 10 - 15080, A Coruña. <sup>2</sup>Dairy Production Department. Moorepark Dairy Production Research Centre. TEAGASC. Fermoy, Co. Cork (Irlanda). [anairf@ciam.es](mailto:anairf@ciam.es)

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la oferta de hierba pre-pastoreo y la disponibilidad de hierba sobre la estructura del pasto a dos alturas (< y > 4 cm). Se midió la producción total y el contenido de hojas, tallos y materia muerta del pasto y se determinaron sus características y composición morfológica. Se ensayaron 4 tratamientos (LL, LH, HL, HH) con 64 vacas de partos de primavera con dos ofertas de pasto: baja (L=1600 kgMS ha<sup>-1</sup>) o alta (H=2400 kgMS ha<sup>-1</sup>) y dos disponibilidades: baja (L=15 kgMS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) o alta (H= 20 kgMS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>).

Se observó una interacción entre oferta y disponibilidad en alturas post-pastoreo. El tratamiento HH muestra menor utilización del pasto y mayor pasto residual que el LH y que los dos de baja disponibilidad. Con baja oferta de pasto, disminuyeron las alturas pre- y post-pastoreo. Con baja disponibilidad, 15 kgMS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, la altura post-pastoreo fue menor (P<0,001), mostrando una mayor utilización. La producción total y el contenido de hojas, tallos y muerto (>4 cm) fue inferior (P<0,001) con baja oferta de pasto. La proporción de tallos (<4 cm) fue significativamente (P<0,05) menor en el tratamiento LH.

**Palabras clave:** manejo en pastoreo, tasa de crecimiento, senescencia de hojas, estructura del pasto, muerte de tallos.

### INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores retos existentes en la actualidad para una adecuada optimización de los sistemas de nutrición animal en ganado vacuno de leche consiste en reconocer la influencia que ejercen el pastoreo y la composición morfológica del pasto sobre la producción de leche (Dillon *et al.*, 2005).

Las características y la composición morfológica del pasto afectan a la actividad fotosintética y dinámica del rebrote, por lo que tienen un gran impacto en la eficiencia general del sistema de manejo del pasto debido a su influencia en el consumo de

forraje, su valor nutritivo, la eficiencia de pastoreo y en la productividad animal (Mena *et al.*, 2007).

La producción de forraje de una pradera, representa el balance entre la tasa de crecimiento y la de pérdida de tejido por senescencia y descomposición. Los factores que influyen en el crecimiento de las especies forrajeras sirven para determinar la frecuencia de pastoreo y optimizar una producción de alta calidad (Hodgson, 1990).

La oferta de hierba, la densidad del pasto, la disponibilidad diaria de hierba, el manejo en pastoreo y la suplementación son los principales factores que afectan a la ingestión de materia seca del pasto y a la producción de leche (Combellas y Hodgson, 1979; Peyraud *et al.* 1996). El desafío consiste en lograr altas ingestiones de pasto, que cubran en lo posible el potencial máximo de producción del animal, teniendo en cuenta la estacionalidad de crecimiento y las características nutritivas del pasto (Wales *et al.*, 2005).

En los últimos años gran parte de las investigaciones se han centrado en la identificación de efectos tales como la disponibilidad, entendida como la dificultad o facilidad relativa con la que el forraje puede ser cosechado por el animal, y la oferta de pasto ejercen sobre la ingestión total de pasto y en definitiva sobre la producción de leche (Hoogendoorn *et al.*, 1992; Kennedy *et al.*, 2007, McEvoy *et al.*, 2009).

Mayne *et al.* (1987) muestran una significativa reducción en la digestibilidad de la materia orgánica con un pastoreo suave a partir de mediados de junio. Holmes *et al.* (1992) y Hoogendoorn *et al.* (1992) observan una menor digestibilidad y producción de leche con una alta oferta de pasto que con una baja oferta, para una misma disponibilidad diaria.

El efecto conjunto de estos factores, oferta y disponibilidad, en la producción de leche varía al avanzar la estación de pastoreo debido a cambios en la estructura del pasto, tras cada intervalo de pastoreo. Hay un número relativamente pequeño de estudios que intentan evaluar las relaciones existentes entre la ingestión de materia seca y la oferta de pasto en la producción de leche (Combellas y Hodgson, 1979; Wales *et al.*, 1999).

El objetivo de este trabajo fue estudiar los efectos a largo plazo que la oferta de pasto y la disponibilidad diaria de hierba ejercen sobre la composición morfológica del pasto a lo largo de toda la estación de pastoreo con vacas de partos de primavera.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en Moorepark Dairy Production Research Centre, Fermoy, Co. Cork, Ireland (50° 09'N; 8°16'O) durante 8 meses, de marzo a octubre. El tipo de suelo utilizado fue una tierra parda ácida bien drenada de textura franco-arcillo-arenosa.

**Tratamientos y Diseño Experimental:** El área de ensayo consistió en 5 bloques, 3 de pastoreo rotacional y 2 para pastoreo y ensilado de hierba, con un total de 20 parcelas de 2,5 ha cada una de pradera de raigrás inglés (*Lolium perenne* L.). Las diferencias en oferta de pasto se establecieron durante las semanas previas al ensayo en un pastoreo a priori. Se aportó un total de 250 kg N/ha tras cada evento de pastoreo. Se suministró Ca y Mg a diario a las vacas para garantizar una adecuada ingesta de Mg en el inicio de la lactación.

El diseño experimental fue en bloques al azar en un modelo de cuadrado latino replicado ( $n=2$ )  $4 \times 4$ . Los tratamientos fueron dos niveles de oferta ( $L=1600$  y  $H=2400$   $\text{kgMS ha}^{-1}$ ) y dos niveles de disponibilidad ( $L=15$  y  $H=20$   $\text{kgMS vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ).

Los 4 tratamientos ( $n=16$ ) en pastoreo (LL, LH, HL y HH) tenían sesenta y cuatro vacas Holstein Friesian de partos de primavera del 2008 (40% primíparas y 60% multíparas). No se suministró concentrado alguno a los grupos durante el período experimental. En las seis semanas anteriores al inicio del ensayo las vacas recién paridas pastoreaban praderas de raigrás inglés con similar disponibilidad diaria de hierba y eran suplementadas además con 4  $\text{kg vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$  de concentrado pasando a 2  $\text{kg vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$  en las dos semanas previas al comienzo del ensayo.

**Determinaciones:** El cálculo de la oferta de pasto pre-pastoreo ( $>4$  cm) se hizo tras 4 cortes directos, en un recorrido de 10 m, con Agria machine (Etesia UK Ltd., Warwick, UK), pesada en balanza electrónica y recogida de 0,5 kg de muestra de pasto para análisis en laboratorio. Una submuestra de 100 g se seca en estufa a  $95^{\circ}\text{C}$  durante 16 horas y se determina la MS. Se realizaron también 10 medidas de altura (pre- y post-pastoreo) recorriendo los 10 m de área de corte con un platómetro electrónico (Urban y Caudal, 1990). La altura media del pasto se calculó tras realizar 150 medidas en las dos diagonales antes y después de cada pastoreo. Con ello, se ajustó el manejo en pastoreo a cada tratamiento.

El efecto del tratamiento fue calculado para cada rotación de acuerdo con la metodología propuesta por Hoden *et al.* (1986) y el porcentaje de utilización del pasto ( $>4$  cm) se calculó de acuerdo con el método descrito por Delaby y Peyraud (1998).

Se determinó además la densidad de tallos del pasto en oferta y la tasa de crecimiento del pasto. Una vez por semana se recogieron muestras a ras de suelo en cada tratamiento para el cálculo de la densidad de pasto y se determinó la composición morfológica del pasto en oferta mediante separación a dos alturas ( $>$  y  $<4$  cm) y cálculo de las diferentes proporciones y contenidos en MS de hojas, tallos y materia muerta del pasto en oferta.

El análisis de los datos se realizó usando el programa estadístico SAS (2005). Los factores seleccionados para su estudio empleando el modelo ANOVA fueron la oferta de pasto, la disponibilidad diaria de hierba y la interacción existente entre ambos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se observa una interacción muy significativa ( $P<0,001$ ) entre la oferta total y la disponibilidad diaria de la hierba para la altura post-pastoreo. El tratamiento con alta oferta y disponibilidad HH presentó una cantidad de pasto residual significativamente ( $P<0,001$ ) superior que el tratamiento LH y que los dos tratamientos con baja disponibilidad. Con alta de oferta de pasto se consiguió un aumento significativo ( $P<0,001$ ) en la altura pre-pastoreo. Manteniendo alta oferta y disponibilidad HH se consiguieron mayores alturas pre- y post-pastoreo, pero menores porcentajes de utilización del pasto y menores ratios hojas-tallos.

Los tratamientos con baja disponibilidad presentaron unos porcentajes de utilización (98%) significativamente superiores a los de alta (90%). Estos resultados han supuesto una importante mejora en el manejo del pasto para incrementar su calidad morfológica en nuestras condiciones. En este ensayo, manteniendo baja la oferta total

y la disponibilidad, tratamiento LL, se consiguieron producciones de leche superiores (21,3 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) al tratamiento de alta HH (18,9 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>).

Chapman y Lemaire (1993) encuentran que durante el rebrote, tras una defoliación severa, se alcanza la mayor producción neta de hojas y enfatizan que el momento óptimo de pastoreo debe ser cuando la tasa de acumulación neta de forraje alcanza este valor máximo. Se logra así un manejo más eficiente en términos de producción animal por unidad de superficie. Fulkerson y Donaghy (2001) llegan a recomendar el pastoreo cuando hay 3 hojas por tallo de raigrás y la iniciación de una nueva hoja coincide con la muerte de la cuarta hoja más vieja.

La producción total y el contenido en MS de hojas, tallos y muerto (>4 cm) para los 8 meses en ensayo fueron significativamente superiores (P<0,001) en los tratamientos con alta oferta. Sin embargo, la proporción de hojas mostró una tendencia aunque no significativa a aumentar con baja oferta. Un análisis por períodos (I, marzo-junio y II, julio-octubre) demostró que la proporción de hojas (> y <4 cm) resultó significativamente (P<0,001) superior con baja oferta por lo que se consiguió mejorar la estructura morfológica del pasto. La proporción de tallos (<4 cm) fue significativamente menor (P<0,05) en el tratamiento de baja oferta LH que en el de alta oferta y alta disponibilidad HH.

**Tabla 1. Efecto de la masa de hierba (HM) y del suministro diario de hierba (DHA) sobre la altura del pasto, porcentaje de utilización y composición morfológica del pasto (> y < 4 cm) durante el pastoreo.**

HM (kg MS ha <sup>-1</sup> ) DHA (kg vaca <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	Tratamientos				SED	Significación		
	1600 kg		2400 kg			HM	DHA	HM*DHA
	LL	LH	HL	HH				
Oferta pasto (kg vaca <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	14,8 <sup>a</sup>	19,5 <sup>b</sup>	14,8 <sup>a</sup>	19,6 <sup>b</sup>	0,26	NS	***	NS
Pre-pastoreo (cm)	11,9 <sup>a</sup>	11,5 <sup>a</sup>	14,4 <sup>b</sup>	14,3 <sup>b</sup>	0,60	***	NS	NS
Post-pastoreo (cm)	4,2 <sup>a</sup>	4,7 <sup>b</sup>	4,2 <sup>a</sup>	5,2 <sup>c</sup>	0,10	***	***	***
Utilización pasto (%)	97,7 <sup>a</sup>	91,3 <sup>b</sup>	98,2 <sup>a</sup>	88,2 <sup>c</sup>	0,02	NS	***	NS
<b>Altura &gt; 4 cm</b>								
MS total pasto (kg)	1601 <sup>a</sup>	1592 <sup>a</sup>	2375 <sup>b</sup>	2403 <sup>b</sup>	147,3	***	NS	NS
Proporción hojas (%)	0,75	0,74	0,71	0,72	0,03	NS	NS	NS
MS hojas (kg)	1211 <sup>a</sup>	1201 <sup>a</sup>	1690 <sup>b</sup>	1707 <sup>b</sup>	122,6	***	NS	NS
Proporción tallos (%)	0,14	0,15	0,16	0,15	0,02	NS	NS	NS
MS tallos (kg)	216 <sup>a</sup>	226 <sup>a</sup>	392 <sup>b</sup>	384 <sup>b</sup>	61,5	***	NS	NS
Proporción muerto (%)	0,11	0,11	0,13	0,13	0,02	NS	NS	NS
MS material muerto (kg)	174 <sup>a</sup>	166 <sup>a</sup>	295 <sup>b</sup>	312 <sup>b</sup>	33,6	***	NS	NS
<b>Altura &lt; 4 cm</b>								
MS total pasto (kg)	2429	2486	2305	2410	204,6	NS	NS	NS
Proporción hojas (%)	0,24	0,22	0,22	0,21	0,04	NS	NS	NS
MS hojas (kg)	598	539	511	504	116,4	NS	NS	NS
Proporción tallos (%)	0,37 <sup>ab</sup>	0,33 <sup>b</sup>	0,39 <sup>ab</sup>	0,41 <sup>a</sup>	0,032	*	NS	NS
MS tallos (kg)	870	813	872	952	86,2	NS	NS	NS
Proporción muerto (%)	0,39	0,45	0,39	0,38	0,05	NS	NS	NS
MS material muerto (kg)	960	1134	921	954	170,4	NS	NS	NS

<sup>a-c</sup> Medias en la misma fila con diferente superíndice difieren significativamente (P<0,05). \*\*\*, P<0,001; \*\*, P<0,01; \*, P<0,05; NS= No existen diferencias significativas; SED= Error de la diferencia.

Stakelum y Dillon (2007) observan en condiciones de pastoreo severo, mayor selección de pasto por el animal con forraje de alta digestibilidad y alto contenido en hojas verdes, aumentando la producción de leche. Mayne *et al.* (2004) para maximizar la producción de leche ven necesario que exista una alta ingestión de hierba de adecuada digestibilidad. En definitiva se busca un manejo que consiga un pasto con alto contenido en hojas verdes para lograr niveles satisfactorios de producción.

## CONCLUSIONES

En sistemas de pastoreo rotacional resulta esencial un conocimiento más profundo de la interacción entre la oferta de pasto y la disponibilidad diaria de hierba, por su importante repercusión sobre la composición morfológica del pasto y la severidad del pastoreo. El reto de los sistemas sostenibles de producción de leche está en conseguir alcanzar niveles óptimos de ambos factores para un adecuado manejo del pasto y mejorar su producción y calidad.

## AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) por la financiación del proyecto RTA2005-00204-00-00 y de la estancia predoctoral de Ana Isabel Roca Fernández en Moorepark Dairy Production Research Centre de TEAGASAC (Irlanda) bajo la supervisión del Dr. M. O'Donovan, Dr. P. Dillon y la Sra. N. Garvin.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE, G., 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *N. Z. J. Agric. Res.*, **26**, 159-168.
- 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.
- DELABY, L. ; PEYRAUD, J. L., 1998. Effect d'une réduction simultanée de la fertilisation azotée et du chargement sur les performances des vaches laitières et la valorisation du pâturage. *Annales of Zootechnia*, **47**, 17-39.
- DILLON, P.; ROCHE, J. R.; SHALLOO, L.; HORAN, B., 2005. Optimising financial return from grazing in temperate pastures. En: *Utilisation of Grazed Grass in Temperate Animal Systems*, 131-148. Ed. J. J. MURPHY. Wageningen Academic Publishers. Wageningen (The Netherlands).
- FULKERSON, W. J.; DONAGHY, D. J., 2001. Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence-key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **41**, 261-275.
- HODEN, A.; MICOL, D.; LIÉNARD, G.; MULLER, A.; PEYRAUD, J. L., 1986. Interpretation des essais de pasturage avec des bovines: terminologie, modes de calcul, bilans annuels. *Bulletin Technical. CRZV Theix*, **63**, 31-42.
- HODGSON, J. G., 1990. *Grazing Management: Science into Practice*. Longman Scientific & Technical, 204. Harlow (England).

- HOOGENDOORN, C. J.; HOLMES, C. W.; CHU, A. C. P., 1992. Some effects of herbage composition, as influenced by previous grazing management, on milk production by cows grazing on ryegrass/white clover pastures. 2. Milk production in late spring/summer: effects of grazing intensity during the preceding spring period. *Grass Forage Science*, **47**, 316-325.
- HOLMES, C. W.; HOOGENDOORN, C. J.; Ryan, M. P.; CHU, A. C. P., 1992. Some effects of herbage composition, as influenced by previous grazing management, on milk production on ryegrass/white clover pastures. 1. Milk production in early spring: effects of different re-growth intervals during the preceding winter period. *Grass Forage Science*, **47**, 309-315.
- KENNEDY, E.; O'DONOVAN, M.; MURPHY, J. P.; O'MARA, F.; DELABY, L., 2007. The effect of initial spring grazing date and subsequent stocking rate on the grazing management, grass dry matter intake and milk production of dairy cows in summer. *Grass and Forage Science*, **61**, 375-384.
- MAYNE, C. S.; NEWBERRY, R. D.; WOODCOCK, S. C. F.; WILKINS, R. J., 1987. Effect of grazing severity on grass utilization and milk production of rotationally grazed dairy cows. *Grass Forage Science*, **43**, 137-150.
- MAYNE, C. S.; ROOK, A. J.; PEYRAUD, J. L.; CONE, J.; MARTISSON, K.; GONZÁLEZ, A., 2004. Improving sustainability of milk production systems in Europe through increasing reliance on grazed pasture. *Grassland Science in Europe*, **9**, 584-586.
- McEVOY, M.; O'DONOVAN, M.; KENNEDY, E.; MURPHY, J. P.; DELABY, L.; BOLAND, T. M., 2009. Effect of pre-crazing herbage mass and daily herbage allowance on the lactation performance of Holstein Friesian dairy cows. *J. Dairy Science*, **92**, 414-422.
- MENA, M. A.; HERNÁNDEZ, A.; ENRÍQUEZ, J. F.; PÉREZ, J.; ZARAGOZA, J. L.; VELASCO, M. E.; AVELLANEDA, J., 2007. Efecto de asignaciones de forraje, en pastoreo, sobre pasto insurgente y producción de vaquillas en el trópico húmedo. *Agrociencia*, **41**, 1-12.
- PEYRAUD, J. L.; COMERON, E. A.; WADE, M. H.; LEMAIRE, G., 1996. The effect of daily herbage allowance, herbage mass and animal factors upon herbage intake by grazing dairy cows. *Annales of Zootechnia*, **45**, 201-217.
- SAS Institute, 2005. *SAS User's guide: Statistics*. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- STAKELUM, G.; DILLON, P., 2007. The effect of grazing pressure on rotationally grazed pastures in spring/early summer on subsequent sward characteristics. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, **46**, 15-28.
- URBAN, B.; CAUDAL, J. P., 1990. Herbometre Automatisé (Automatic platemeter). En: *Les Journées de la Mesure*, 57-59. Ed. INRA. Institut National de la Recherche Agronomique. Paris (France).
- WALES, W. J.; DOYLE, P. T.; STOCKDALE, C. R.; DELLOW, D. W., 1999. Effects of variations in herbage mass, allowance, and level of supplement on nutrient intake and milk production of dairy cows in spring and summer. *Australian J. Exp. Agriculture*, **39**, 119-130.
- WALES, W. J.; STOCKDALE, C. R.; DOYLE, P.T., 2005. Plant and sward characteristics to achieve high intake in ruminants. En: *Utilisation of grazed grass in temperate animal system*, 37-47. Ed. J. J. MURPHY. Wageningen Academic Publishers. Wageningen (The Netherlands).

## SUMMARY

### EFFECT OF HERBAGE MASS AND DAILY HERBAGE ALLOWANCE ON THE MORPHOLOGICAL COMPOSITION OF THE SWARD

The objective of this study was to investigate the effect of pre-grazing herbage mass and daily herbage allowance on the sward composition in the upper and lower sward horizon (< and > 4cm). Dry matter (DM) yield and leaf, stem and dead content and sward characteristics and herbage composition were determined. Sixty-four spring-calving dairy cows were balanced and randomly assigned to four grazing herds. The treatments (LL, LH, HL, HH) were based on two pre-grazing herbage masses, low (L=1600 kg DM ha<sup>-1</sup>) or high (H=2400 kg DM ha<sup>-1</sup>) and two daily herbage allowances, low (L=15 kg DM cow<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>) or high (H=20 kg DM cow<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>).

There was an interaction in post-grazing height between herbage mass on offer and daily herbage allowance. The HH treatment had lower sward utilization and higher residual than the LH treatment and the two low daily herbage allowance treatments. Pre- and post-grazing heights were significantly lower for the low herbage mass treatments. Post-grazing height was significantly lower with higher sward utilization ( $P<0.001$ ) when animals were allocated 15 kg DM cow<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>. Total DM production and leaf, stem and dead DM yield (> 4 cm) were significantly reduced in low herbage mass swards ( $P<0.001$ ). Stem proportion (< 4 cm) was significantly lower ( $P<0.05$ ) for the LH treatment.

**Key words:** grazing management, growth rate, leaf senescence, sward structure, tiller death.





## EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN SOBRE EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN LECHE DE VACA

A. I. ROCA<sup>1</sup>, A. GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ<sup>1</sup>, O. P. VÁZQUEZ<sup>1</sup>, J.A. FERNÁNDEZ-CASADO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dpto. de Producción Animal. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). INGACAL. Xunta de Galicia. Apdo. 10 – 15080, A Coruña (España). <sup>2</sup>Laboratorio Agrario y Fitopatológico de Galicia (LAFIGA). INGACAL. Xunta de Galicia. Apdo. 365 - 15640, A Coruña. [anairf@ciam.es](mailto:anairf@ciam.es)

### RESUMEN

Numerosas investigaciones han profundizado en el conocimiento del metabolismo de las grasas en el rumen y de su síntesis en la glándula mamaria. Se busca la posibilidad de modificar el perfil de ácidos grasos en leche a través de la ración e incrementar su nivel de ácidos grasos insaturados, en especial del ácido linoleico conjugado (CLA), del que se ha demostrado que es un factor antidiabético, anticancerígeno y antiaterogénico.

En este trabajo se determinaron parámetros de producción, calidad, perfil de ácidos grasos y contenido de CLA, por cromatografía de gases, en leche de tres rebaños de vacas estabuladas durante diez semanas con alimentación en base a ensilado de maíz y hierba. Se estudió el efecto de la suplementación con concentrado de semillas de oleaginosas (algodón), en dos dosis, comparado con un concentrado de cereal (maíz).

El ácido linoleico fue significativamente mayor en las dosis altas que en las bajas, 7 sobre 5 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, de concentrado, tanto usando algodón como con maíz. Para la dosis alta de concentrado hay una tendencia no significativa a tener más CLA utilizando algodón. Los ácidos grasos saturados, láurico y palmítico, disminuyeron en los tratamientos con algodón y el ácido linoleico aumentó significativamente en CA-7.

**Palabras clave:** ácido linoleico conjugado, cereales, ganado vacuno, grasa en leche, semillas de oleaginosas.

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha desarrollado mucho la investigación en el perfil de ácidos grasos de la leche, tras la bajada de consumo debida a la mala prensa que ha sufrido por tener Ácidos Grasos Saturados (AGS), a pesar de que en los rumiantes, la leche es muy baja en colesterol, con cerca del 15% del que tiene una ración típica de humanos (O'Donnell, 1993).

La composición en ácidos grasos de la leche de vaca es un factor determinante de su valor saludable y funcional (Jensen, 2002) tras demostrarse sus efectos positivos para la salud humana (Parodi, 1999). El perfil de ácidos grasos puede ser modificado mediante selección genética o más fácilmente, mediante la nutrición animal (Gagliostro, 1998).

En este sentido, se busca reducir los AGS de la leche de vaca, que se encuentran asociados al llamado riesgo de muerte por afección coronaria (Hu *et al.*, 1997), y aumentar los ácidos grasos insaturados (AGI) y, entre ellos el ácido linoleico conjugado (CLA) a partir de cambios en la ración del ganado vacuno lechero, dado que dichos cambios aparecen en un corto período de tiempo, son reversibles y permanecen en los derivados lácteos para su posterior venta (Palmquist *et al.*, 1993).

Se ha demostrado la bioconversión del ácido vaccénico (AV) a CLA en el hombre (Salminen *et al.*, 1998; Turpeinen *et al.*, 2002) de forma que un mayor consumo de AV en leche provoca un aumento de CLA en los tejidos, evitando la aparición de problemas de tipo cardíaco en el ser humano debido a su papel como ateroprotector (inhibidor de la agregación plaquetaria) y antidiabético (Schrezenmeir y Jagla, 2000; Stanton *et al.*, 2003).

Las estrategias alimenticias tratan de incrementar los valores basales de CLA (y de AV) en leche de vaca a base de aportar alimentos ricos en ácidos linoleico y linolénico, y de factores dietarios capaces de alterar el ambiente ruminal hacia una menor bioidrogenación del AV a ácido esteárico y a la interacción entre ambos factores (Griinari y Bauman, 1999).

Se espera además que una disminución de los AGS de cadena media influya favorablemente sobre el índice de aterogenicidad de la leche (Ulbricht y Southgate, 1991).

El ácido linoleico está presente en las semillas de oleaginosas (soja, girasol, colza y algodón) y el ácido linolénico se encuentra en la linaza y en los forrajes frescos, siendo éstos los principales ácidos grasos (AG) precursores de la síntesis del CLA (Chilliard *et al.*, 2001).

Los concentrados de cereales (cebada, maíz, avena y trigo) tienen el inconveniente de aumentar la hidrogenación del AV en el rumen a ácido esteárico. Se ha demostrado también que la reducción del pH ruminal provoca una disminución en el porcentaje de hidrogenación en ácidos grasos insaturados (AGI) (Doreau *et al.*, 1997).

Una suplementación adecuada debe tener en cuenta hoy en día a todos estos factores, sobre todo cuando se usan forrajes frescos, por su mayor impacto en la síntesis del CLA, aunque existe una gran variabilidad natural, en la leche bovina explicada además por otros factores como la edad del animal (Lal, y Narayanan, 1984), la raza (Lawless *et al.*, 1999; White *et al.*, 2001) y la propia variación individual (Khanal y Olson 2004).

En el CIAM se estudian desde hace años sistemas sostenibles de producción de leche, que se suplementan en épocas críticas con concentrados con diferente fuente de materias primas. Para evaluar el perfil de ácidos grasos presentes en la leche de vaca, y en particular los AGI y el CLA, se ha puesto a punto una técnica por el LAFIGA para su detección y cuantificación mediante cromatografía de gases.

El principal objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la suplementación sobre el perfil de ácidos grasos de la leche de vaca al suplementar con ensilado y concentrado de cereales (maíz), comparado con el aporte de semillas de oleaginosas (algodón) a dos dosis.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Durante 70 días en otoño de 2007 (septiembre a noviembre) se realizó un ensayo en los establos del CIAM con 36 vacas Holstein Friesian, de partos de primavera (media 19 febrero de 2007), tras 200 días de lactación. Se aplicaron tres tratamientos aportando 47 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> de silo fresco mezcla (hierba y maíz al 50%, del 33% de materia seca) y distinta fuente energética de concentrado: algodón a dos dosis (CA-5 y CA-7), 5 y 7 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, y concentrado con maíz (CN-7), 7 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. La composición analítica de las raciones utilizadas se detalla en otro trabajo presentado en esta misma Reunión Científica de la SEEP por González *et al.* (2009). La producción media de leche durante las dos semanas previas al inicio del ensayo era de 19 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>.

Se registró la producción diaria de leche y se analizaron los parámetros de calidad de la leche (grasa, proteína y urea) en todas las muestras recogidas semanalmente y en el tanque. Se evaluó la condición corporal y el peso de los animales quincenalmente.

Se determinó el perfil de ácidos grasos y el contenido de CLA durante diez semanas, en 5 muestras de leche recogidas por tratamiento y en el tanque, para su posterior análisis por cromatografía de gases en el LAFIGA. El análisis estadístico de los datos se realizó utilizando el programa SPSS 15.0. Los resultados se presentan como media  $\pm$  SEM.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Producción de leche y contenido en CLA.** En la Tabla 1 se muestra la producción y calidad de la leche en los tratamientos ensayados. Se encontró que la dosis alta de concentrado con maíz (CN-7) tuvo una producción significativamente superior a las del concentrado con algodón en ambas dosis (CA-7 y CA-5).

En general, estos resultados sugieren que la ingesta de diferente dosis y suplemento alimenticio influyó de forma notable la producción de leche pero no fue éste el único factor involucrado. Hubo diferencias en la eficiencia en la producción de CLA en leche, que parecen depender de otros factores que regulan la digestión ruminal y su suministro a los tejidos mamarios (Bauman *et al.*, 2001).

No se observaron diferencias significativas entre tratamientos en la condición corporal (valor medio de 3) en todas las vacas en ordeño. Sin embargo, al final del ensayo el peso vivo de los animales fue significativamente menor en la dosis baja de concentrado, CA-5 (567 kg vaca<sup>-1</sup>) que en la alta, tanto con algodón como con maíz (CA-7 y CN-7, 598 y 605 kg vaca<sup>-1</sup>).

El aumento de concentrado con algodón de 5 a 7 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> presentó un contenido en grasa similar, aunque significativamente menor que el concentrado con maíz CN-7. Los niveles de proteína fueron significativamente también más bajos con algodón, en CA-7 y en CA-5 que con maíz en CN-7. Los niveles de urea en leche re-

sultaron significativamente más elevados en CN-7 que en CA-7 y CA-5, aunque en los tres casos, próximos a los 150 mg L<sup>-1</sup>, recomendables para el establecimiento de una ración equilibrada.

**Tabla 1. Producción y calidad de la leche en los tres rebaños y el tanque (media ± SEM).**

	Tratamientos*			Tanque
	CA-5	CN-7	CA-7	
Concentrado (kg MS vaca <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	4,6	7	6,6	
Silo (kg MS vaca <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	16	15	15	
Producción de leche (kg vaca <sup>-1</sup> )	14,6 <sup>a</sup> ± 1,8	17,4 <sup>b</sup> ± 1,6	16,9 <sup>c</sup> ± 1,9	
Proteína (g kg <sup>-1</sup> )	32,6 <sup>a</sup> ± 1,4	34,1 <sup>b</sup> ± 1,9	31,7 <sup>c</sup> ± 1,4	31,4 <sup>c</sup> ± 0,6
Urea (mg L <sup>-1</sup> )	128,3 <sup>a</sup> ± 36,6	141,3 <sup>b</sup> ± 42	133,9 <sup>c</sup> ± 42,6	151,5 <sup>d</sup> ± 45,9
Grasa (g kg <sup>-1</sup> )	41,1 <sup>a</sup> ± 2,2	43,3 <sup>b</sup> ± 2,5	41,5 <sup>a</sup> ± 2	40,1 <sup>a</sup> ± 4,5
CLA (g kg <sup>-1</sup> )	3,5 <sup>a</sup> ± 0,7	3,7 <sup>a</sup> ± 0,5	3,9 <sup>a</sup> ± 0,4	4,9 <sup>b</sup> ± 0,1

\*Concentrado: CA: Algodón, 5 y 7 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>; CN-7: Maíz, 7 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. Silo (hierba-maíz, 50%). a,b,c: Medias dentro de una misma fila con distinto superíndice difieren significativamente (P<0,05).

El contenido de CLA mostró una tendencia no significativa a ser superior en CA-7 que en CA-5 y similar al contenido de CLA con maíz, CN-7, a pesar de tener éste un mayor contenido de grasa en leche (43,3 g kg<sup>-1</sup>). En el tanque se observó un aumento significativo de CLA y urea, manteniéndose la proteína y la grasa en unos valores similares a los del CA-7.

**Perfil de ácidos grasos.** La suplementación con semillas de oleaginosas es un camino para modificar el perfil de ácidos grasos de la leche de vaca y su contenido en CLA, como muestran los resultados de la Tabla 2.

**Tabla 2. Perfil de ácidos grasos en los tres rebaños y en el tanque (media ± SEM).**

Ácidos grasos (g kg <sup>-1</sup> )	Tratamientos*			Tanque
	CA-5	CN-7	CA-7	
C <sub>6:0</sub> , Ác. Caproico	20,7 <sup>a</sup> ± 1,6	21,6 <sup>b</sup> ± 1,7	22,1 <sup>b</sup> ± 1,7	22,1 <sup>ab</sup> ± 1,9
C <sub>8:0</sub> , Ác. Caprílico	11,8 <sup>a</sup> ± 1,2	12,6 <sup>b</sup> ± 1,3	12,4 <sup>ab</sup> ± 1,1	11,3 <sup>a</sup> ± 1,1
C <sub>10:0</sub> , Ác. Cáprico	25,8 <sup>a</sup> ± 2,1	28,1 <sup>b</sup> ± 3,4	26,8 <sup>ab</sup> ± 2,5	23,5 <sup>a</sup> ± 2,2
C <sub>12:0</sub> , Ác. Láurico	29,6 <sup>a</sup> ± 2,3	33,3 <sup>b</sup> ± 4,4	30,6 <sup>ab</sup> ± 2,7	26,1 <sup>c</sup> ± 2,4
C <sub>14:0</sub> , Ác. Mirístico	100,2 <sup>a</sup> ± 4,4	104,6 <sup>ab</sup> ± 7,1	105,5 <sup>b</sup> ± 5,8	92,6 <sup>c</sup> ± 5,7
C <sub>16:0</sub> , Ác. Palmítico	332,1 <sup>ab</sup> ± 18,6	337,7 <sup>a</sup> ± 18,9	329,4 <sup>b</sup> ± 14,4	300,1 <sup>c</sup> ± 18,4
C <sub>18:0</sub> , Ác. Esteárico	76,6 <sup>ab</sup> ± 11,7	67,3 <sup>a</sup> ± 8,7	84,1 <sup>b</sup> ± 12,9	88,7 <sup>bc</sup> ± 11,3
C <sub>18:1</sub> , Ác. Oleico	173,5 <sup>a</sup> ± 21,1	173,4 <sup>a</sup> ± 18,3	180 <sup>a</sup> ± 16,3	223 <sup>b</sup> ± 40,5
C <sub>18:2</sub> , Ác. Linoleico	19,6 <sup>a</sup> ± 2,3	21,1 <sup>a</sup> ± 1	23,7 <sup>b</sup> ± 2,5	26,7 <sup>c</sup> ± 3,4
C <sub>18:3</sub> , Ác. Linolénico	2,4 <sup>a</sup> ± 0,1	2,7 <sup>b</sup> ± 0,3	2,6 <sup>b</sup> ± 0,2	3,6 <sup>c</sup> ± 1,0

\*Concentrado: CA: Algodón, 5 y 7 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>; CN-7: Maíz, 7 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. Silo (hierba-maíz, 50%). a,b,c: Medias dentro de una misma fila con distinto superíndice difieren significativamente (P<0,05).

Los AG de cadena corta a media (caproico, caprílico y cáprico) fueron significativamente más bajos en CA-5 que en CN-7. Sin embargo, con dosis alta de concentrado no se vieron diferencias significativas entre algodón y maíz, CA-7 y CN-7.

Los AGS, laúrico y palmítico, mostraron una tendencia no significativa a disminuir en los tratamientos con algodón, lo que podría ayudar a mantener una dieta sana y equilibrada. El ácido mirístico resultó significativamente más bajo en la dosis baja de algodón que en la alta.

La inclusión en la ración de semillas de algodón provocó un aumento en los niveles de ácido esteárico en leche y se observó un incremento en la proporción de esteárico/oleico al compararlo con el concentrado con cereal. Se considera preferible, en cambio, una relación esteárico/oleico más baja, por el menor valor nutritivo del ácido esteárico para la especie humana (Harrison *et al.*, 1995). Sin embargo, el contenido en ácido oleico resultó mayor, aunque no significativo, en la leche de vacas del tratamiento CA-7 al compararlo con el resto.

El ácido linolénico resultó mayor en los tratamientos con alta dosis de concentrado (CA-7 y CN-7) y el ácido linoleico fue significativamente superior en CA-7, lo que nos llevaría a pensar que ésta sería la ración con mayores niveles de CLA y la más saludable.

En un análisis paralelo realizado en las muestras semanales recogidas en el tanque se observó un descenso significativo de los AGS (laúrico, mirístico y palmítico) y un aumento significativo de los AGI (oleico, linoleico y linolénico) lo cual podría ser explicado por un aumento en la calidad nutritiva de la leche producida por el conjunto del rebaño al verse suplementados dos de los grupos con semillas de algodón.

El desafío será lograr sistemas de producción de leche que conduzcan a respuestas eficientes para el ganadero destinadas a aumentar el valor añadido de la leche, al tiempo que mantener un alto nivel de producción. Para ello, se hace necesario evaluar ahora el efecto que ejerce la suplementación en establo con semillas de algodón sobre la respuesta productiva, la digestión ruminal, el metabolismo de la vaca y el perfil de ácidos grasos de la leche de vaca al compararlo con sistemas sostenibles de producción de leche en pastoreo (12 y 24 horas) suplementados con semillas de algodón y lino extrusionado (González *et al.*, 2009).

## CONCLUSIONES

La suplementación con dosis altas de concentrado con algodón aumentó significativamente el contenido de ácido linoleico, resultando una leche más favorable para la salud humana. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el contenido medio de ácido linoleico conjugado (CLA), entre suplementar la ración con maíz y algodón.

A nivel global del ensayo se observó un descenso significativo de los AGS y un aumento de los AGI y del CLA en el tanque, lo cual podría llegar a repercutir en el futuro en un aumento del valor añadido de la leche producida en las explotaciones gallegas, cuando el perfil de ácidos grasos sea tenido en consideración por las centrales lecheras.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se llevó a cabo en el marco del proyecto de investigación RTA2005-00204-00-00 financiado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAUMAN, D.; CORLBAUMGARD, B. L.; GRIINARI, J., 2001. Conjugated linoleic acid (CLA) and the dairy cow. En: *Recent Advances in Animal Nutrition*, 221-250. Ed. P. C. Garnsworthy, J. Wiseman. Nottingham University Press. Nottingham (UK).
- DOREAU, M.; CHILLIARD, Y., 1997. Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. *British Journal of Nutrition, Suppl.*, **1(78)**, 15-35.
- CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; DOREAU, M., 2001. Effects of different type of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livestock Production Science*, **70**, 31-48.
- GAGLIOSTRO, G. A., 1998. Suplementación con lípidos protegidos en vacas lecheras en lactancia temprana: efectos sobre la producción, la composición de la leche, la concentración de metabolitos plasmáticos y la respuesta a estímulos hormonales. *Revista Argentina de Producción Animal*, **18(2)**, 85-100.
- GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, A.; VÁZQUEZ YÁÑEZ, O. P.; ROCA FERNÁNDEZ, A. I.; FERNÁNDEZ CASADO, J. A., 2009. Contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) en leche de vacuno en sistemas de producción en pastoreo en zonas húmedas. *XLVIII Reunión Científica de la SEEP*. Huesca (España).
- GRIINARI, J. M.; BAUMAN, D. E., 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. En: *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, **1**, 180. Ed. M. P. YURAWECZ, M. M. MOSSOBA, J. K. G. KRAMER, M. W. PARIZA, G. J. NELSON. AOCS Press, Champaign. Chicago (Illinois).
- HU, F. B.; STAMPFER, M. J.; MANSON, J., 1997. Dietary fat intake and the risk of coronary heart disease in women. *New England Journal of Medicine*, **337**, 1491-99.
- JENSEN, R. G., 2002. The composition of bovine milk lipids. *Journal of Dairy Science*, **85**, 295-350.
- KHANAL, R. C.; OLSON, K. C., 2004. Factors Affecting Conjugated Linoleic Acid (CLA) Content in Milk, Meat, and Egg: A Review. *Pakistan Journal of Nutrition*, **3(2)**, 82-98.
- LAL, D.; NARAYANAN, K. M., 1984. Effect of lactation number on the polyunsaturated fatty acids and oxidative stability of milk fats. *Indian Journal of Dairy Science*, **37**, 225-229.
- LAWLESS, F.; STANTON, C.; L'ESCOP, P.; DEVERY, R.; DILLON, P.; MURPHY, J. J., 1999. Influence of breed on bovine milk *cis-9, trans-11* conjugated linoleic acid content. *Livestock Production Science*, **62**, 43-49.
- O'DONNELL, J. A., 1993. Future of milk fat modification by production or processing: Integrating of nutrition, food science and animal science. *Journal of Dairy Science*, **76**, 1797-1801.
- PALMQUIST, D. L.; BEAULIEU, A. D.; BARBANO, D., 1993. Feed and animal factors influencing milk fat composition. *Journal of Dairy Science*, **76**, 1753-1771.
- PARODI, P. W., 1999. Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk fat. *Journal of Dairy Science*, **82**, 1339-1349.

- SALMINEN, I.; MUTANEN, M.; JAUHAINEN, M.; ARO, A., 1998. Dietary trans fatty acids increase conjugated linoleic acid levels in human serum. *Journal of Nutritional Biochemistry*, **9**, 93-98.
- SCHREZENMEIR, J.; JAGLA, A., 2000. Milk and diabetes. *Journal of the American College of Nutrition*, **19**(2), 176-190.
- STANTON, C.; MURPHY, J.; Mc GRATH, E.; DEVERY, R., 2003. Animal feeding strategies for conjugated linoleic acid enrichment of milk. En: *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, **2**, 123-145. Ed. J. L. SÉBÉDIO, W. W. CHRISTIE, R. ADLOF. AOCS Press, Champaign. Chicago (Illinois).
- TURPEINEN, A. M.; MUTANEN, M.; ARO, A.; SALMINEN, I.; BASU, B.; PALMQUIST, D. L.; GRIINARI, J. M., 2002. Bioconversion of vaccenic acid to conjugated linoleic acid in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, **76**, 504-10.
- ULBRICHT, T. L. V.; SOUTHGATE, D. A. T., 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet*, **338**, 985-992.
- WHITE, S. L.; BERTRAND, J. A.; WADE, M. R.; WASHBURN, S. P.; GREEN, J. T.; JENKINS, T. C., 2001. Comparison of fatty acid content of milk from Jersey and Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*, **84**, 2295-2301.

## SUMMARY

### EFFECT OF SUPPLEMENTATION ON THE FATTY ACID COMPOSITION IN COWS MILK

A great number of researches on rumen fat metabolism and synthesis in the mammary gland were developed in recent years. It is possible now to modify the milk fatty acid composition through the ration, increasing the unsaturated fatty acids, mainly the conjugated linoleic acid (CLA), that have shown to be antidiabetic, anticarcinogenic and antiteratogenic.

The effect of supplementation with oilseeds (cotton) compared to concentrates with cereal grains (barley) was studied in order to establish differences between the fatty acid composition and the conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat of dairy cows. Parameters of production and milk quality, fatty acid composition and the content of CLA were analyzed by gas chromatography in three herds of cows during ten weeks at the end of lactation.

Linoleic acid was significantly higher with high rate of concentrate, 7 over 5 kg cow<sup>-1</sup>, with cotton or barley. At the high rate, more CLA appears in concentrate with cotton. Saturated fatty acids, lauric and palmitic, decreased in both treatments with cotton, while stearic fatty acids increased.

**Key words:** conjugated linoleic acid, cereal grains, dairy cows, milk fat, oilseeds.





## CONTENIDO DE ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO (CLA) EN LECHE DE VACUNO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN PASTOREO EN ZONAS HÚMEDAS

A. GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ<sup>1</sup>, O.P. VÁZQUEZ<sup>1</sup>, A.I. ROCA<sup>1</sup>, J.A. FERNÁNDEZ-CASADO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). INGACAL. Xunta de Galicia. Apdo. 10 – 15080, A Coruña. <sup>2</sup>Laboratorio Agrario y Fitopatológico de Galicia (LAFIGA). INGACAL. Xunta de Galicia. Apdo. 365- 15640, A Coruña. antonio.gonzalez.rodriguez@xunta.es.

### RESUMEN

Se ha demostrado que el ácido linoleico conjugado (CLA) de la leche tiene propiedades beneficiosas para la salud humana. Interesa conocer los factores de la dieta animal que modifican el contenido de este ácido graso. Se suelen encontrar los valores más altos en leche cuando la vaca consume mucho pasto verde, frente a forrajes conservados.

Determinamos su nivel en leche comparando vacas en pastoreo frente al consumo de ensilado, con aporte de lino en el concentrado, como precursor del CLA. Disponemos de 61 vacas en 5 rebaños con 6,5 kg vaca<sup>-1</sup> de concentrado: A, en establo con ensilado, 40 kg día<sup>-1</sup> B, en pastoreo 12 horas con 15 kg día<sup>-1</sup> de ensilado, y C, en pastoreo todo el día sin ensilado. En mayo, los rebaños B y C, se dividieron: uno sin (1) y otro con lino (2) en el concentrado.

En establo (A) se produjo un bajo nivel de CLA, 4,5 g kg<sup>-1</sup>, en leche. Los grupos que pastan medio día (B), tuvieron 9,1 g kg<sup>-1</sup> y los que pastan todo el día (C) alcanzaron su mayor contenido, 11,5 g kg<sup>-1</sup>. El pastoreo podría ser una herramienta capaz de elevar la calidad nutricional de la leche y ser ofrecida como alimento especial para mejorar la salud humana.

**Palabras clave:** lino extrusionado, perfil ácidos grasos, pastoreo, ensilado, calidad leche.

### INTRODUCCIÓN

El consumo de leche y derivados lácteos en la UE se ha mantenido constante y no se esperan cambios de tendencia ya que su grasa contiene los temidos ácidos grasos saturados (AGS) que están asociados a problemas como el colesterol y enfermedades cardiovasculares. Las actuales recomendaciones nutricionales en los EE.UU. limitan el consumo de grasas totales a 67 g día<sup>-1</sup>, el de AGS a 22 g día<sup>-1</sup> y el de colesterol a 0,30 g día<sup>-1</sup>. Tres vasos de leche entera aportarían 25, 17 y 0,16 g día<sup>-1</sup> respectivamente (Havel, 1997).

Se han identificado los factores de la dieta que causan la variación en el contenido de los ácidos grasos poli insaturados, como el CLA, y se puede aumentar su contenido en la grasa de la leche ya que se conoce la biosíntesis de este ácido. Hay muchos isómeros del CLA pero predomina el *cis-9, 11* CLA que es el que tiene propiedades anti carcinogénicas y al parecer los tumores mamarios se acortan cuando la alimentación tiene productos lácteos enriquecidos con CLA. Esto representa un área de investigación de importancia potencial para el desarrollo de alimentos funcionales, por las propiedades beneficiosas para la salud humana (anticancerígenas, control de la obesidad y reducción de enfermedades cardíacas), como ha demostrado Parodi (1997).

Las principales fuentes de síntesis de CLA son el ácido linoleico y linolénico, cuyos niveles son más altos en el pasto fresco (Elgersma *et al.*, 2004). El consumo de concentrados ricos en almidón puede reducir el pH y aumentar la velocidad de tránsito en el rumen, lo que evita la alteración de estos ácidos grasos insaturados (AGI) y favorece la producción de CLA. La grasa de la leche de vacas en pastoreo procede en un 40-45% de la dieta y de los microorganismos del rumen, un 10% del tejido adiposo y más de un 50% de la síntesis en la glándula mamaria (Walker *et al.*, 2004). El contenido de CLA en la grasa de la leche destinada al consumo es muy variable. Thorsdottir *et al.* (2004) mostraron que el CLA era inferior en los países nórdicos que en otros países europeos, y que la variación estacional puede doblar o triplicar su contenido. Estos efectos son explicados principalmente como consecuencia de la dieta suministrada a las vacas, ya que en los países nórdicos el verano es corto y el suministro de hierba verde es más limitado que en los países meridionales. El progreso real consiste en entender el metabolismo lipídico para poder alterar el perfil y la composición de los ácidos grasos que nos aportan los rumiantes, y con ello, mejorar la salud humana a largo plazo.

En primer lugar nos preocupa estudiar la influencia del manejo de la alimentación de la vaca sobre la leche producida en los sistemas que utilizan los recursos de la explotación en Galicia. Se pretende dar recomendaciones prácticas a productores e industrias para mejorar la calidad de la leche y llegar a crear una imagen de marca en pastoreo, de confirmarse la superior calidad nutricional de esta leche para el consumo humano, como ya sucede en alguna central lechera en Holanda (González y Vázquez, 2006).

En este trabajo determinamos el nivel de CLA en leche en un grupo de vacas alimentadas con ensilado y en dos grupos en pastoreo, uno de medio día con algo de ensilado y otro con solo pastoreo. Los grupos de vacas en pastoreo los dividimos en dos, según el concentrado, con algodón o con lino extrusionado, siendo éste el posible precursor del CLA.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El rebaño experimental del CIAM (61 vacas) con partos de otoño (media 29 noviembre 2007) se alimentó en establo con 40 kg día<sup>-1</sup> de ensilado y 6,5 kg vaca<sup>-1</sup> de pienso.

**Tratamientos:** Tras el invierno, 110 días de lactación, se dividió en tres grupos: A, (11 vacas) en establo toda la primavera con la misma alimentación. B, (27 vacas), que salieron al pasto en marzo, 12 horas, con 15 kg día<sup>-1</sup> de ensilado. C, (23 vacas) que pastorean todo el día, sin ensilado.

Todos los grupos recibieron el mismo ensilado (mezcla al 50% de hierba y maíz, con el 33% MS) y la misma dosis de concentrado durante toda la primavera.

En un primer período (P1): del 18 de mayo al 17-junio, 30 días, se controlan los niveles de CLA en los tres grupos. El siguiente período (P2), se forman 5 grupos, a partir de esta última fecha, dividiendo en dos el rebaño: el B en B1, (14 vacas) y B2, (13 vacas), y el C en C1, (12 vacas) y C2, (11 vacas), que pastorean por separado en áreas independientes, durante 64 días hasta que ya no fue posible el pastoreo, el 20 de agosto. En los grupos B2 y C2, se sustituye el algodón del concentrado por lino extrusionado, según las formulas de la tabla 1. En los últimos 20 días de este período, el número de vacas disminuyó por necesidad de secado, a 38, quedando los 5 tratamientos con: 5-10-8-7-8 vacas, respectivamente.

**Tabla 1. Composición del concentrado con maíz, lino o algodón.**

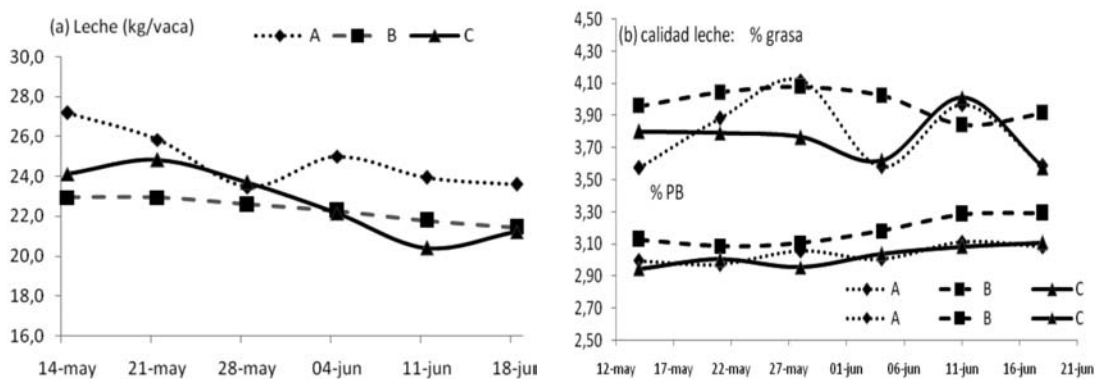
Concentrado (6,6 kg día <sup>-1</sup> )	MAÍZ	LINO	ALGODÓN
Harina de maíz	43,3%	29%	31%
Corrector	1%	1%	1%
Cascarilla de soja	28,5%	34%	34%
Harina de soja	23,5%	20%	20%
Semilla Algodón (NRC)	0%	0%	12%
Harina de cebada	1,4%	0%	0%
CO3Ca	1,5%	1%	1%
Fosfato bicálcico	1%	1%	1%
Lino extrusionado	0%	14%	0%
Composición	MAÍZ	LINO	ALGODÓN
ENL, Mcal día <sup>-1</sup>		28,26	28,26
Proteína Microbiana, kg día <sup>-1</sup>		1,74	1,71
Proteína Absorbida, kg día <sup>-1</sup>	2,85	1,92	1,90
Calcio, kg día <sup>-1</sup>	0,11	0,17	0,17
Fosforo, kg día <sup>-1</sup>	0,05	0,08	0,08
% M. grasas brutas	3,1	3,2	4,9
% FND	24,9	42,6	41,8
% PB	16,6	16,7	16,8
ENL, Mcal kg <sup>-1</sup>	1,84	1,58	1,59
% CNE	34,30	34,35	34,24
Ratio Ca/P	2,30	2,11	2,25

(ENL: energía neta leche, FND: fibra neutro detergente, PB: proteína bruta, CNE: carbohidratos no estructurales)

**Recogida y análisis de leche:** Cada semana se muestrearon los dos ordeños de las mismas 5 vacas por tratamiento, para determinar el CLA en leche. Se extrajo la grasa para posterior determinación por cromatografía de gases en el LAFIGA. La calidad química se determinó en el total de las vacas en cada tratamiento.

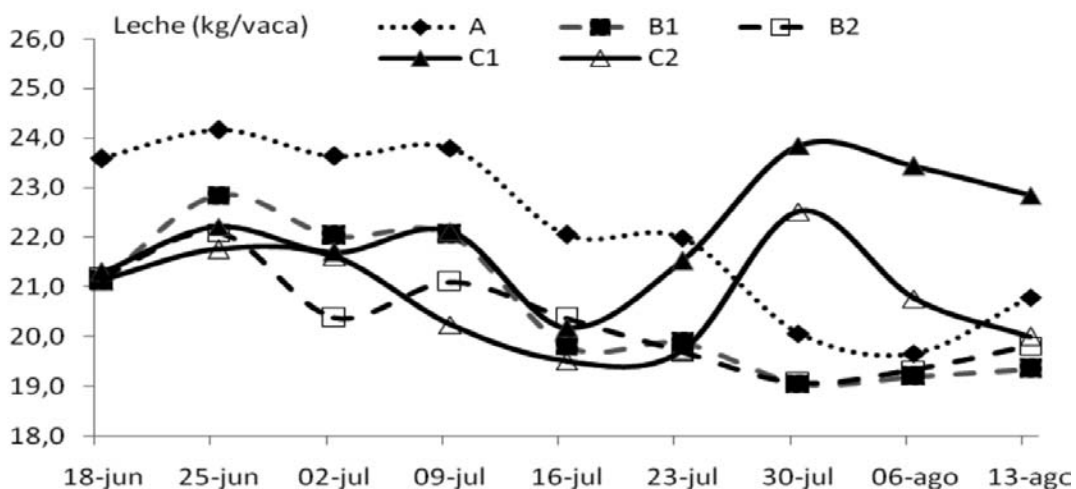
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el primer período (P1) de 30 días, no encontramos diferencias significativas de producción y calidad de leche (Figura 1a y b) en los 3 tratamientos, aunque el contenido de proteína bruta (Pb) en el grupo (B), que pasta medio día con algo de ensilado, (Figura 1b) parece ser mayor que los otros dos.



**Figura 1. Producción (a) y calidad (b) de leche de mayo a junio en tres rebaños: solo ensilado en establo (A), con ensilado y pastoreo medio día (B) y pastoreo, sin ensilado, todo el día (C).**

En el segundo período (P2) dos subgrupos en pastoreo (B2 y C2) son suplementados desde junio con concentrado con lino, durante 64 días (Figura 2).



**Figura 2. Producción de leche, media 7 semanas de junio a agosto, en rebaños en establo (A) y en pastoreo (B) medio día y (C) todo el día. Los rebaños B2 y C2 con lino.**

Las vacas estabuladas con ensilado (A) tuvieron una producción de leche algo mayor durante unos 30 días pero al final del período fue mayor en el grupo solo en pastoreo (C). El grupo C1 sin lino mantuvo mejores producciones de leche en agosto posiblemente debido a un efecto de manejo. La producción total media de los cinco rebaños al final de la lactación de 305 días fue de 7700 kg vaca<sup>-1</sup> recibiendo 2000 kg vaca<sup>-1</sup> de concentrado (0,260 g kg<sup>-1</sup>).

**Contenido en CLA:** En los primeros 30 días del ensayo, mayo-junio, del período 1, los tres rebaños mostraron diferencias muy significativas en el contenido de CLA (tabla 2-a), desde 4,4 a 12,0 g kg<sup>-1</sup> según incrementa el tiempo de pastoreo. En el siguiente período (P2) a partir de junio, se mantuvieron estas diferencias de CLA en leche (tabla 2-b) en función primordialmente de la alimentación: el grupo con solo ensilado (A) tenía 4,5 g kg<sup>-1</sup>, mientras que las que pastaban medio día (grupo B), subían a 9,1 g kg<sup>-1</sup> y si las vacas pastaban todo el día (grupo C) presentaban el mayor contenido de CLA, 11,5 g kg<sup>-1</sup>. Las diferencias en los grupos B1-B2 y C1-C2 que llevaban algodón o linaza en la ración no fueron significativas.

**Tabla 2. Contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) en g kg<sup>-1</sup> en leche**

		Media	Error típico de la media	Significación
(a) Media de cuatro semanas de mayo a junio				
A	Establo	4,41	0,122	c
B	Pasto12h	7,92	0,241	b
C	Pasto24h	12,05	0,349	a
T	Tanque	8,31	0,206	b
(b) Media de siete semanas de junio a agosto.				
A	Establo	4,54	0,189	c
B1	Pasto12h	9,12	0,380	b
B2	Pasto12h + lino	9,08	0,417	b
C1	Pasto24h	11,48	0,756	a
C2	Pasto24h + lino	10,91	0,623	a
T	Tanque	8,36	0,306	b

a,b,c: Medias en una misma columna con distinto letra difieren significativamente (P<0,05).

Entre los factores que afectan a la composición de los ácidos grasos en la leche, como es la época del año (Lock y Garnsworthy, 2003), la raza del animal (White *et al.*, 2001) y la variación individual (Khanal y Olson, 2004), que pueden presentar diferencias importantes en el contenido de CLA en leche entre vacas aún bajo las mismas condiciones de manejo, la mayoría de autores coinciden en que el factor más importante de variación parece ser la dieta animal (Bauman *et al.*, 2001). Se encuentra más CLA cuando la vaca consume más pasto fresco que conservado (Elgersma *et al.*, 2004), hay niveles altos con forraje verde (Kay *et al.*, 2004) y en pastoreo (Kelly *et al.*, 1998), y son menores con ensilado (Dewhurst *et al.*, 2003). En la suplementación con

raciones completas mezcladas (TMR) influye el aporte de aceite de plantas y de semillas (Khanal *et al.*, 2004). Flowers *et al.* (2008) suplementan vacas en pastoreo con diferentes cantidades de aceite de oleaginosas 0, 170, 340, y 510 g día<sup>-1</sup> de linaza en el concentrado y mejora el valor nutritivo de la leche, aumentando linealmente su contenido en CLA sin afectar a la producción de leche.

Es interesante hacer estudios sobre los factores capaces de modificar o incrementar el contenido de CLA en la leche, ya que el efecto de la dieta parece ser es rápido. Elgersma *et al.* (2004) encontraron que en solo 6 días disminuía de 24,3 a 4,3 g kg<sup>-1</sup> la grasa cuando se cambiaba una dieta con hierba verde a otra con una mezcla de silo de maíz y de hierba, al tiempo que aumentaban los AGS del 57% al 72%. También Nielsen *et al.* (2004) encontraron que el consumo de silo de maíz producía un nivel de CLA en la grasa de la leche mayor que el silo de hierba y la respuesta crecía al aumentar la densidad de energía en la dieta.

Nuestros resultados muestran el efecto beneficio del pastoreo, capaz de triplicar los niveles de CLA en leche, en contra de la baja respuesta al aporte de lino en el concentrado cuando las vacas están pastando. En otro ensayo con vacas estabuladas con ensilado en invierno, encontramos niveles bajos 4,0 g kg<sup>-1</sup>, y no hubo respuesta al aporte de algodón, supuesto precursor del CLA, comparado con el aporte de maíz (Roca *et al.*, 2009).

Encontramos destacable en nuestras condiciones es la capacidad muy significativa de incrementar los niveles de CLA en los sistemas sostenibles en pastoreo, aunque este sea solo durante medio día, con relación a las vacas que están en el establo con ensilado, para niveles similares de producción de leche. Es importante confirmar que los valores más altos de ácido linoleico y linolénico y de los precursores del CLA se encuentran cuando la vaca está en pastoreo, como sucedió en este ensayo. Este aumento del contenido de ácidos grasos poli insaturados y del CLA de modo natural supone conseguir productos lácteos más sanos que mejoran la imagen de la leche ante el consumidor y podría constituir un valor añadido a los sistemas sostenibles en Galicia

## CONCLUSIONES

El contenido de CLA en leche está muy determinado por la ingestión de pasto fresco. El rebaño en establo produjo el nivel más bajo, 4,5 g kg<sup>-1</sup>, mientras que los grupos que pastan medio día suben a 9,1 g kg<sup>-1</sup> y los que pastan durante todo el día alcanzan el mayor contenido, 11,5 g kg<sup>-1</sup>. Las diferencias de CLA al aportar algodón o linaza en el concentrado en pastoreo fueron muy bajas y no significativas.

El pastoreo ha mostrado ser una herramienta capaz de elevar la calidad nutricional de la leche a extremos de ser ofrecida como alimento especial para mejorar la salud humana.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agroalimentarias (INIA), proyecto RTA2005-00204-00-00.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAUMAN, D.; CORLBAUMGARD, B. L.; GRIINARI, J., 2001. Conjugated linoleic acid (CLA) and the dairy cow. En: *Recent Advances in Animal Nutrition*, 221-250. Ed. P. C. GARNSWORTHY, J. WISEMAN. Nottingham University Press. Nottingham, UK.
- DEWHURST, R.; FISHER, W. J.; TWEED, J. K. S.; WILKINS, R. J., 2003. Comparison of grass and legume silages for milk production. 1. Production responses with different levels of concentrate. *Journal of Dairy Science*, **86**, 2598-2611.
- ELGERSMA, A.; ELLEN, G.; VAN DER HORST, H.; BOER, H.; DEKKER, P.R.; TAMMINGA, S., 2004. Quick changes in milk fat composition from cows after transition from fresh grass to a silage diet. *Animal Feed Science and Technology*, **117**, 13-27.
- FLOWERS, G.; IBRAHIM, S. A.; ABUGHAZALEH, A. A., 2008. Milk Fatty Acid Composition of Grazing Dairy Cows When Supplemented with Linseed Oil. *Journal of Dairy Science*, **91**, 722-730.
- GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A.; VÁZQUEZ YÁÑEZ, O., 2006. Como conseguir unha composición do leite de maior calidade e san: o ácido linoleico conxugado (CLA). *Revista Cooperación*. Ed. AGACA, nº **79**. Cadernillo de divulgación técnica (16 pp.) (www.agaca.coop).
- HAVEL, R. J., 1997. Milk fat consumption and human health: recent NIH and other American governmental recommendations. En: *Milk composition, production and biotechnology*, 13-22. Ed. R.A.S. WELCH, D.J.W. RURNS, S.R. DAVIS, A.I. POPAY, C.G. PROSSER. Ag. Research New Zealand Pastoral Agriculture Research Institute Limited. Hamilton. New Zealand.
- KAY, J. K.; MACKLE, T. R.; AULDIST, M. J.; THOMSON, N. A.; BAUMAN, D. E., 2004. Endogenous synthesis of *cis*-9, *trans*-11 conjugated linoleic acid in dairy cows fed fresh pasture. *Journal of Dairy Science*, **87**, 369-378.
- KHANAL, R. C.; OLSON, K. C., 2004. Factors Affecting Conjugated Linoleic Acid (CLA) Content in Milk, Meat, and Egg: A Review. *Pakistan Journal of Nutrition*, **3(2)**, 82-98.
- KELLY, M. L.; KOLVER, E.S.; BAUMAN, D.E.; VAN AMBURGH, M. E.; MULLER, L. D., 1998. Effect of intake of pasture on concentrations of conjugated linoleic acid in milk of lactating cows. *Journal of Dairy Science*, **81**, 1630-1636.
- LOCK, A.L.; GARNSWORTHY, P. C., 2003. Seasonal variation in milk conjugated linoleic acid and delta9-desaturase activity in dairy cows, *Livest. Prod. Sci*, **79**, 47-59.
- NIELSEN, T. S.; SEJRSEN, K.; ANDERSEN, H. R.; LUND, P.; STRAARUP, E. M., 2004. Effect of silage type and energy concentration on conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat from dairy cows. *Animal and Feed Science*, **1(13)**, 697-700.
- PARODI, P.W., 1997. Cow's milk fat components as potential anticarcinogenic agents. *Journal of Nutrition*, **127**, 1055-1060.
- ROCA FERNÁNDEZ, A. I.; GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, A.; VÁZQUEZ YÁÑEZ, O. P.; FERNÁNDEZ CASADO, J. A., 2009. Efecto de la suplementación sobre el perfil de ácidos grasos en leche de vaca. *XLVIII Reunión Científica de la SEEP*. Huesca.
- THORSODDOTTIR, I.; HILL, J.; RAMEL, A., 2004. Short communication: seasonal variation in *cis*-9, *trans*-11 conjugated linoleic acid content in milk fat from Nordic countries. *Journal of Dairy Science*, **87**, 2800-2802.
- WALKER, G. P.; DUNSHEA, F. R.; DOYLE, P. T., 2004. Effects of nutrition and management on the production and composition of milk fat and protein: a review. *Australian Journal of Agriculture Research*, **55**, 1009-1028.



WHITE, S. L.; BERTRAND, J. A.; WADE, M. R.; WASHBURN, S. P.; GREEN J. R.; JENKINS, T. C., 2001. Comparison of fatty acid content of milk from jersey and Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*, **84**, 2295-2301.

## SUMMARY

### **MILK CONJUGATED LINOLEIC ACID (CLA) CONTENT IN GRAZING PRODUCTION SYSTEMS FROM HUMID AREAS**

Recent research shows that conjugated linoleic acid (CLA) in milk and dairy products has properties anti cancer. The interest of factors in the cow diet that can modify the CLA content in milk, are arisen. Greater values of CLA are always found in cow's milk with higher consumption of green pasture, rather than in preserved forages.

This work try to provide data on the effect of cow grazing, half or full day, or silage feeding, all with 6.5 kg cow<sup>-1</sup> of concentrate, based on cotton or oilseed (linseed) at grazing. A total of 61 cows were grouped in 5 herds: A, indoors with grass-maize 50% silage, 40 kg day<sup>-1</sup>. B, with a grazing time of 12 hours and 15 kg day<sup>-1</sup> silage, and C, grazing without silage. From May onwards the herds B and C, were split in two groups with the concentrate based on cottonseed (1) or linseed (2).

The group indoors (A) produced lower level of CLA 4.5 g kg<sup>-1</sup>. When cows were grazing half day (B), was 9.1 g kg<sup>-1</sup>, and grazing all day the cows reached 11.0 g kg<sup>-1</sup> of CLA. Groups B1 B2 and C1 C2 had not significative differences. Grazing milk could be consider a especial feed for human health

**Key words:** linseed, milk fatty acids, grazing time, silage, milk quality.

## EFFECTO DEL ACABADO Y DEL AUMENTO DEL PESO DE SACRIFICIO EN LA CANAL DE TERNEROS ALIMENTADOS CON ENSILADO DE MAÍZ

J. ZEA, M. D. DÍAZ

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. Apartado Correos 10. 15008 A Coruña.  
jaime.zea.salgueiro@xunta.es

### RESUMEN

En terneros alimentados con ensilado de maíz se realizaron acabados con 4 kg de pienso por cabeza y día o con pienso a voluntad durante 45 o 90 días y sacrificio a 400 kg de peso vivo. Los efectos se compararon con los del incremento del peso vivo de sacrificio (375, 410 y 450 kg).

Los acabados no presentaron ninguna ventaja sobre el incremento del peso de sacrificio en las mejoras de la canal. Tanto el acabado con pienso a voluntad como el incremento del peso de sacrificio mejoraron el rendimiento, la conformación y el engrasamiento canal. La única modificación en la composición de la canal se produjo en el contenido en grasa, que aumentó, tanto con los acabados como con el aumento del peso de sacrificio. Al aumentar el peso de sacrificio lo hace el área del *Longissimus thoracis*.

**Palabras clave:** calidad canal, composición canal.

### INTRODUCCIÓN

Para mejorar la calidad de las canales y de la carne de los animales alimentados a base de forrajes se suele recomendar la realización de acabados con pienso. Con ello se pretende mejorar la conformación y el engrasamiento. Igualmente, es conocido que el incremento del peso de sacrificio mejora, en general, la conformación y el engrasamiento de la canal, que son los mismos efectos que persiguen los acabados con pienso.

Parece oportuno entonces determinar cómo se pueden mejorar las canales de los animales alimentados a base de ensilado de maíz incrementando el peso de sacrificio, siempre dentro de los límites que fija el mercado para este tipo de producción con animales relativamente jóvenes, como es el caso del mercado gallego, y comparar estos efectos con los conseguidos con los acabados clásicos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para comparar los efectos de los acabados y del aumento del peso al sacrificio en la canal se realizaron tres experimentos (Tabla 1). En el primero se estudiaron acabados con 4 kg de pienso durante 45 o 90 días; en el segundo, igual, pero con pienso a voluntad. Los terneros se sacrificaron con 400 kg de peso vivo, de ahí que el peso con el que comienzan los acabados sea distinto en cada tratamiento. En el tercer experimento se fijaron tres pesos de sacrificio: 375, 410 y 450 kg de peso vivo. Al comienzo, y hasta los 270 kg todos los animales consumieron ensilado a voluntad y 1 kg de pienso. Luego, hasta el sacrificio o hasta el inicio del acabado, 1,5 kg de pienso. Los piensos a base de cebada y soja se formularon para que la ingesta resultase con el 14 o el 12 % de proteína bruta (PB), para terneros de menos o más de 270 kg, respectivamente. El maíz se ensiló por corte directo (10,61 MJ de EM/kg MS y 7,76% de PB en los experimentos de acabado y de 10,65 MJ de EM/kg MS y 7,79% de PB en el de peso de sacrificio). Se utilizaron 30 animales por tratamiento (10 de cada una de las razas Rubia Gallega, Holstein-Friesian y su cruce).

**Tabla 1. Diseños experimentales.**

Acabados			Peso de sacrificio
Experimento 1		Experimento 2	Experimento 3
Sin acabado <sup>(1)</sup>		Sin acabado <sup>(1)</sup>	375 kg peso vivo
45 días con 4 kg de pienso		45 días con pienso a voluntad	410 kg peso vivo
90 días con 4 kg de pienso		90 días con pienso a voluntad	450 kg peso vivo

(1): siguen con ensilado y 1,5 kg de pienso.

Las canales se clasificaron (Tabla 2) según las normas UE (Reglamentos CEE n° 1208/81 y 2930/81 y 2237/1.991).

**Tabla 2. Grados de conformación de la canal.**

P			O			R			U			E		
-	•	+	-	•	+	-	•	+	-	•	+	-	•	+
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Categorías para la conformación: Excelente (E), Muy buena (U), Buena (R), Menos buena (O) y Mediocre (P), precedidas por un signo “+” o “-”, con lo que la escala fue de 15 puntos.

La clasificación para el engrasamiento se basó en la cantidad y distribución de la grasa de cobertura. La escala fue: No grasa (1), Poco cubierta (2), Cubierta (3), Grasa (4), Muy grasa (5), completándose con un grado intermedio entre ellas, resultando una escala de 9 puntos (Tabla 3).

**Tabla 3. Grados de engrasamiento de la canal.**

Magra		Poco cubierta		Cubierta		Grasa		Muy grasa
•	+/-	•	+/-	•	+/-	•	+/-	•
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Se despiezó la media canal izquierda (Carballo *et al.*, 2000), sin rabo, testículos, ni grasa renal. A las 48 horas *postmortem* se cuarteó la media canal al nivel de la 5ª y 6ª costillas, para obtener el cuarto delantero y el trasero. Al retirar la falda en el cuarto

trazero da lugar a la pistola. En el concepto carne se incluye la grasa intramuscular, en el de grasa todos los depósitos excepto el intramuscular y en el de hueso se incluyen los cartílagos, periostio y tejidos conectivos. Al retirarse la grasa renal se determinó el porcentaje respecto a la canal (grasa de riñonada).

En la porción de lomo extraído se dibujó, sobre papel de acetato, el perímetro del músculo *L. thoracis* de las costillas 6ª y 10ª. Se planimetraron sus áreas y se midieron las distancias A (diámetro mayor en sentido dorsoventral) y B (diámetro máximo, perpendicular al A).

Cada experimento se analizó independientemente con el PROC ANOVA del paquete estadístico SAS (SAS Institute, 1985).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las ganancias de peso vivo y canal, así como los pesos en cada una de las fases experimentales (pesos iniciales y de inicio de acabado y sacrificio) se indican en la Tabla 4.

**Tabla 4. Pesos inicial y final y al comienzo de los acabados (kg), así como ganancias de peso (g/día).**

	A <sup>(1)</sup>	B <sup>(2)</sup>	C <sup>(3)</sup>	et	Sign.	Efecto
<b>Peso inicial</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	208,3	207,5	206,5	3,772	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	208,3	206,9	205,6	3,585	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	209,9	209,8	212,8	6,062	NS	No
<b>Peso inicio acabado</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	-	334,6 <sup>a</sup>	269,3 <sup>b</sup>	3,402	***	Si
Acabado con pienso a voluntad	-	330,6 <sup>a</sup>	261,8 <sup>b</sup>	3,392	***	Si
Incremento del peso de sacrificio	-	-	-	-	-	-
<b>Peso final</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	399,9	401,1	402,6	4,002	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	399,3	400,7	399,7	3,752	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	370,0 <sup>a</sup>	409,8 <sup>b</sup>	449,8 <sup>c</sup>	2,082	***	Si
<b>Ganancia peso vivo en el preacabado</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	1260	1252	1260	18,369	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	1260	1248	1210	18,429	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	-	-	-	-	-	-
<b>Ganancia peso vivo en el acabado</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	-	1500	1480	24,221	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	-	1558	1530	23,974	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	-	-	-	-	-	-
<b>Ganancia peso vivo (todo el ciclo)</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	1260 <sup>a</sup>	1329 <sup>b</sup>	1400 <sup>c</sup>	17,352	***	Si
Acabado con pienso a voluntad	1260 <sup>a</sup>	1345 <sup>b</sup>	1425 <sup>c</sup>	16,925	***	Si
Incremento del peso de sacrificio	1179 <sup>a</sup>	1223 <sup>ab</sup>	1266 <sup>b</sup>	21,224	***	Si
<b>Ganancia peso canal (todo el ciclo)</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	687 <sup>a</sup>	731 <sup>b</sup>	770 <sup>c</sup>	12,627	***	Si
Acabado con pienso a voluntad	687 <sup>a</sup>	768 <sup>b</sup>	817 <sup>c</sup>	12,303	***	Si
Incremento del peso de sacrificio	659 <sup>a</sup>	687 <sup>ab</sup>	719 <sup>b</sup>	16,629	***	Si

(1): A, sin acabado en los experimentos de acabado y sacrificio a 375 kg en el de peso de sacrificio. (2): B, acabado de 45 días en los experimentos de acabado y sacrificio a 410 kg en el de peso de sacrificio. (3): C, acabado de 90 días en los experimentos de acabado y sacrificio a 450 kg en el de peso de sacrificio. Sig: nivel de significación; \*\*\*: p<0,001; \*\*: p<0,01; \*: p<0,05; +: p<0,1; NS: no significativo. En la misma fila cifras con distinto superíndices (letras) son significativamente diferentes.

De las características estudiadas en las canales como rendimiento, conformación, engrasamiento de cobertura o grasa de riñonada, ninguna se vio modificada por el acabado con 4 kg de pienso; mientras que el acabado con concentrado a voluntad mejora el rendimiento canal, el engrasamiento de cobertura y la grasa de riñonada. El incremento del peso vivo de sacrificio, además de todo esto, mejora la conformación de las canales (Tabla 5).

**Tabla 5. Rendimiento (%), conformación, engrasamiento, grasa de riñonada (%) y áreas del *Longissimus thoracis*.**

	A <sup>(1)</sup>	B <sup>(2)</sup>	C <sup>(3)</sup>	et	Sign.	Efecto
<b>Peso canal (kg)</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	210,2	211,9	212,6	2,425	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	210,2	215,3	215,6	2,391	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	195,0	218,0	241,6	1,808	***	Si
<b>Rendimiento</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	52,56	52,82	52,85	0,334	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	52,56 <sup>a</sup>	53,73 <sup>ab</sup>	53,96 <sup>b</sup>	0,331	**	Si
Incremento del peso de sacrificio	52,65 <sup>a</sup>	53,22 <sup>ab</sup>	53,70 <sup>b</sup>	0,366	***	Si
<b>Conformación</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	7,03	7,30	7,30	0,288	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	7,03	7,40	7,53	0,274	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	6,63 <sup>a</sup>	7,27 <sup>b</sup>	7,50 <sup>b</sup>	0,219	***	Si
<b>Engrasamiento</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	3,67	3,90	3,97	0,159	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	3,67 <sup>a</sup>	4,17 <sup>b</sup>	4,30 <sup>b</sup>	0,162	*	Si
Incremento del peso de sacrificio	3,87 <sup>a</sup>	4,03 <sup>ab</sup>	4,43 <sup>b</sup>	0,169	**	Si
<b>Grasa de riñonada</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	1,15	1,18	1,26	0,052	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	1,15 <sup>a</sup>	1,19 <sup>a</sup>	1,48 <sup>b</sup>	0,051	***	Si
Incremento del peso de sacrificio	1,27 <sup>a</sup>	1,33 <sup>ab</sup>	1,51 <sup>b</sup>	0,067	***	Si
<b>Área <i>L. thoracis</i> en 10<sup>a</sup> costilla</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	65,01	65,73	65,78	1,277	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	65,01	66,34	66,77	1,283	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	62,57 <sup>a</sup>	66,83 <sup>bc</sup>	70,10 <sup>c</sup>	1,417	***	Si
<b>Área <i>L. thoracis</i> en 6<sup>a</sup> costilla</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	30,61	31,09	30,96	0,661	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	30,61	31,39	31,60	0,602	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	28,62 <sup>a</sup>	31,26 <sup>b</sup>	33,57 <sup>b</sup>	0,889	***	Si

\* Véase pie de la Tabla 4.

La casi ausencia de efectos mejorantes en el acabado con 4 kg de concentrado contrasta con los resultados obtenidos cuando los animales se alimentan con ensilado de pradera (Zea Díaz, 2008). Se explica porque el punto de partida de los animales alimentados con ensilado de maíz es mejor que el de los que consumían ensilado de pradera, lo que a su vez se explica porque las dietas a base de ensilado de maíz son más energéticas que las basadas en ensilado de pradera. Por ello el incremento del nivel energético de las dietas que se producen con los acabados es menor que cuando la base de la alimentación era ensilado de pradera. Por otra parte, aunque se admite (Andersen *et al.*, 1984) que el nivel energético de la dieta influye directamente en la conformación y el engrasamiento de la canal, los efectos se verían disminuidos al utilizarse en estos experimentos razas de maduración tardía, en las que el efecto de la energía de la dieta es mucho menor que en las razas de maduración precoz (Cabrero, 1991).

Los acabados, en sus modalidades de nivel de concentrado o duración, no afectaron significativamente a las áreas del *L. thoraci* medidas al nivel de la 6ª o 10ª costillas (Tabla 5). Sin embargo, y como era de esperar, las áreas del *L. thoraci* aumentan significativamente al aumentar el peso vivo de sacrificio. De alguna forma el aumento de las áreas del lomo (*Longissimus thoraci*) aumentan el valor comercial de las canales. Es interesante observar como el aumento del peso de sacrificio mejora la proporción de pistola en la canal (Tabla 6), lo que se reflejaría en la mejora de la conformación.

El único componente tisular de la canal que se modificó por efecto de los acabados con concentrados o del incremento del peso de sacrificio es el contenido en grasa (Tabla 6). Aunque en el caso de acabado con 4 kg de pienso para que la grasa aumente el acabado debe ser de 90 días. Esto mismo ocurre cuando a los animales se les alimenta a base de ensilado de pradera (Zea y Díaz, 2008). Es sabido que el aumento de la ingestión energética y del peso de sacrificio incrementa los depósitos adiposos y disminuye en menor proporción el contenido e músculo y hueso en la canal, efecto que es menos marcado en las razas de maduración tardía (Cabrero, 1991) y a pesos de sacrificio ligeros (Keane y Drennan, 1980), lo que explicaría los resultados obtenidos en el presente experimento. El que el aumento del peso de sacrificio no produjese una disminución de la proporción de músculo y hueso en la canal se debería a que en la fase de adolescencia, previa a la pubertad, caso de los animales del presente experimento, los distintos tejidos se desarrollan sin prácticamente cambios relativos entre ellos (Cabrero, 1991).

Ni los acabados ni el aumento del peso de sacrificio modifican, de forma significativa (como ocurre cuando los animales se alimentan con ensilado de pradera), las proporciones en la canal de carne de distintas calidades comerciales (Tabla 6), esto es no varía la cantidad de carne de 1ª, 2ª, 3ª o extra (solomillo más lomo).

## CONCLUSIONES

Las respuestas a los acabados en animales alimentados a base de ensilado de maíz, en cuanto a la calidad de la canal, son menores que cuando la base de la alimentación es el ensilado de pradera, que de por sí son pequeñas. Las mejoras que produce el acabado con 4 kg de pienso son prácticamente nulas. Las respuestas, aunque modestas, son mejores si el acabado se hace con pienso a voluntad, pero se pueden alcanzar, con menos coste al reducir el consumo de pienso, aumentando el peso de sacrificio.

**Tabla 6. Composición de la canal.**

	A <sup>(1)</sup>	B <sup>(2)</sup>	C <sup>(3)</sup>	et	Sign.	Efecto
<b>Delantero (%)</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	37,50	37,64	37,77	0,166	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	37,50	37,80	37,61	0,172	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	38,00	38,18	38,38	0,194	NS	No
<b>Trasero (%)</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	62,50	62,36	62,23	0,166	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	62,50	62,20	62,39	0,172	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	62,00	61,82	61,62	0,194	NS	No
<b>Pistola (%)</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	49,61	49,51	49,47	0,169	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	49,61	49,34	49,57	0,181	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	49,63 <sup>a</sup>	49,34 <sup>ab</sup>	49,02 <sup>b</sup>	0,199	*	Si
<b>% de carne en la canal</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	74,93	75,14	75,10	0,268	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	74,93	74,94	74,53	0,260	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	74,80	74,60	74,25	0,370	NS	No
<b>% de hueso en la canal</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	20,27	19,94	19,80	0,252	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	20,27	20,10	20,16	0,233	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	20,67	20,40	20,27	0,310	NS	No
<b>% de grasa en la canal</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	4,80 <sup>a</sup>	4,91 <sup>ab</sup>	5,10 <sup>b</sup>	0,145	***	Si
Acabado con pienso a voluntad	4,80 <sup>a</sup>	5,07 <sup>b</sup>	5,30 <sup>b</sup>	0,140	***	Si
Incremento del peso de sacrificio	4,52 <sup>a</sup>	5,03 <sup>b</sup>	5,48 <sup>c</sup>	0,163	***	Si
<b>% de carne extra</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	10,96	11,01	11,05	0,182	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	10,96	10,86	10,81	0,179	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	10,73	10,77	10,45	0,154	NS	No
<b>% de carne de 1<sup>a</sup></b>						
Acabado con 4 kg de pienso	39,60	39,79	39,70	0,277	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	39,60	39,48	39,32	0,271	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	38,96	38,99	38,63	0,267	NS	No
<b>% de carne de 2<sup>a</sup></b>						
Acabado con 4 kg de pienso	6,52	6,49	6,39	0,102	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	6,52	6,57	6,53	0,099	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	6,95	6,89	6,92	0,095	+	No
<b>% de carne de 3<sup>a</sup></b>						
Acabado con 4 kg de pienso	17,63	17,69	17,80	0,188	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	17,63	17,77	17,73	0,184	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	18,00	17,87	18,08	0,162	NS	No

\* Véase pie de la Tabla 4.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSEN, H. R.; INGVARSTEN, K. C.; KLAstrup, H., 1984. Influence of energy level, weight at slaughter and castration on carcass quality in cattle. *Livestock Prod. Sci.*, **11**, 571-586.
- CABRERO, M., 1991. Estructura y composición de la canal como determinantes de su calidad. *Bovis.*, **38**, 9-37.
- CARBALLO, J. A.; MONSERRAT, L.; SÁNCHEZ, L., 2000. Composición de la canal bovina. En: *Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes*, 173-179. Eds. V. CAÑEQUE, C SAÑUDO. Monografías INIA. Serie Ganadera, nº 1. Madrid (España).
- CEE, 1981. *Reglamento nº 1208/1981* de La Comisión Europea de 28 de Abril.
- CEE, 1981. *Reglamento nº 2930/1981* de La Comisión Europea de 21 de Octubre.
- CEE, 1991. *Reglamento nº 2237/1991* de La Comisión Europea de 27 de Julio.
- KEANE, G; DRENNAN, M. J., 1980. Effects of diet type and feeding levels on performance, carcass composition and efficiency of steer serially slaughtered. *Ir. J. Agric. Res.*, **19**, 53-67.
- SAS Institute, 1985. *SAS User's guide: statistic basic*. 5 ed. SAS Institute Inc., Cary, N. C.
- ZEA, J.; DÍAZ, M<sup>o</sup>D., 2008. Efecto del acabado y del aumento del peso de sacrificio en la canal de terneros alimentados con ensilado de pradera. *Actas de la XLVII Reunión Científica de la SEEP*, 485-491. Córdoba.

## SUMMARY

### **EFFECT OF FINISHING AND SLAUGHTERED WEIGHT INCREASE ON YOUNG BULL CARCASS, FED WITH MAIZE SILAGE**

Finishings with 4 kg of concentrate or concentrate *ad libitum* during 45 or 90 days and slaughtered at 400 kg were studied in calves fed with maize silage. The effects were compared with those of slaughtered liveweight increasing (375, 410 and 450 kg).

Finishings did not present any advantage on the increase of the slaughtered weight in the carcass improvements. Both finishing with concentrate *ad libitum* and the increase of slaughtered weight improved the dressing percentage, conformation and fattening carcass. Only fat content increased along with finishing and slaughtered liveweight increasing. *Longissimus thoracis* area increased with increasing slaughtered liveweight.

**Key words:** carcass quality, carcass composition.





## EFFECTO DEL ACABADO Y DEL PESO AL SACRIFICIO EN LA CARNE DE TERNEROS ALIMENTADOS CON ENSILADO DE MAÍZ

J. ZEA, M. D. DÍAZ

*Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. Apartado Correos 10. 15008 A Coruña. jaime.zea.salgueiro@xunta.es*

### RESUMEN

Se comparan los efectos de distintos acabados (45 o 90 días con 4 kg de pienso o con pienso a voluntad) con los del aumento del peso de sacrificio (375, 410 y 450 kg) en determinadas características de la carne: color, pérdidas de agua, veteado, consistencia, terneza, pH, composición química e índices nutricionales.

De todas las características determinadas, únicamente se observaron variaciones en el veteado, que aumentan con el acabado con pienso a voluntad. Los ácidos grasos saturados aumentan mientras que los ácidos grasos poliinsaturados disminuyen con los acabados. Igualmente los ácidos omega-3 disminuyen con los acabados mientras que los omega-6 aumentan, aunque sólo cuando se hace con pienso a voluntad. El peso de sacrificio no modificó ninguna de las características de la carne.

**Palabras clave:** ácidos grasos, índices nutricionales.

### INTRODUCCIÓN

Para mejorar la conformación y el engrasamiento de las canales de los animales alimentados con dietas forrajeras se recomiendan acabados con pienso. El aumento del peso al sacrificio mejora igualmente la conformación y el engrasamiento. No cabe duda que tanto el acabado como el peso de sacrificio pueden afectar a las características de la carne, entre otras cosas porque aumenta la grasa. Para conocer el afecto de los acabados o del aumento del peso de sacrificio y a qué causa se deben las posibles modificaciones en la carne, se realizaron tres experimentos: dos de acabado, con más o menos pienso, sacrificando al mismo peso y otro de aumento del peso de sacrificio, en animales alimentados a base de ensilado de maíz.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Para comparar los efectos en la carne de los acabados y los del aumento del peso de sacrificio se realizaron tres experimentos. En el primero se estudiaron acabados con 4 kg de pienso durante 45 o 90 días, en el segundo, igual, pero con pienso a voluntad.

Los terneros se sacrifican a 400 kg de peso vivo, de ahí que el peso al comienzo de los acabados sea distinto en cada tratamiento. En el tercer experimento se fijaron tres pesos de sacrificio: 375, 410 y 450 kg (Tabla 1). Los terneros recibieron ensilado a voluntad (10,61 MJ de EM/kg MS y 7,76% de PB en los experimentos 1 y 2 y 10,65 MJ de EM/kg MS y 7,79% de PB en el 3) y 1 kg de pienso hasta que alcanzaron 270 kg de peso, luego, hasta el sacrificio o hasta el inicio del acabado, 1,5 kg. Los piensos de cebada y soja se formularon para que la ingesta resultase con el 14 o el 12% de PB, para terneros de menos o más de 270 kg. En cada tratamiento había 30 terneros.

**Tabla 1. Diseños experimentales.**

Acabados		Peso de sacrificio
Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
Sin acabado <sup>(1)</sup>	Sin acabado <sup>(1)</sup>	375 kg peso vivo
45 días con 4 kg de pienso	45 días con pienso a voluntad	410 kg peso vivo
90 días con 4 kg de pienso	90 días con pienso a voluntad	450 kg peso vivo

(1): siguen con ensilado y 1,5 kg de pienso.

A las 24 horas post-sacrificio se extrajo el trozo de lomo comprendido entre la 6ª y 10ª costilla de la media canal izquierda. El *Longissimus thoracis* se fileteó en sentido cráneo caudal para obtener las muestras y determinar la capacidad de retención de agua mediante las pérdidas por goteo o drip-loss (Offer y Knight, 1988), por cocción (Pla, 2001) y por presión (Sierra, 1973). En las muestras (1x1x5 cm) utilizadas en el calculo de las pérdidas por cocción se determinó la dureza con un Texturómetro Universal -INSTROM 1011. Las coordenadas tricromáticas:  $L^*$  (luminosidad),  $a^*$  (índice de rojo) y  $b^*$  (índice de amarillo) de la carne y grasa subcutánea del lomo se obtuvieron con un espectrofotómetro portátil MINOLTA serie CR-300.

El veteado se determinó según una escala de 5 puntos: 1, trazas; 2, poco; 3, pequeño; 4, modesto; 5, moderado. Para la consistencia la escala es: 1 = firme seca, 3 = blanda húmeda. El pH se calculó con un pHmetro (HANNA Instruments) con electrodo de penetración de 6 mm. de diámetro y sonda de temperatura. La composición química de la carne se estimó por NIRS.

Para el análisis de los ácidos grasos (FA en mg/100 g de carne), la extracción de la grasa se realizó por el método de Blight y Dier (1959) y la metilación por el de Morrison y Smith (1964). Para la separación de los ésteres metílicos de los FA se utilizó un cromatógrafo de gases (VARIANT GC 3900). Los índices nutricionales determinados fueron: SFA (ácidos grasos saturados) suma de los ácidos: C8:0, C10:0, C12:0, C14:0, C15:0, C16:0, C17:0, C18:0, C20:0, C22:0, C23:0 y C24:0; MUFA (ácidos grasos monoinsaturados), suma de los ácidos: C14:1(n-5), C:15:1, C16:1(n-7), C17:1, C18:1(n-9t), C18:1(n-9c), C20:1(n-9), C22:1(n-9) y C24:1(n-9); PUFA (ácidos grasos poliinsaturados), suma de los ácidos: C18:2(n-6t), C18:2(n-6c), C18:3(n-3), C18:3(n-6), C20:2(n-6), C20:3(n-3), C20:3(n-6), C20:4(n-6), C20:5(n-3), C22:2(n-6) y C22:6(n-3); PUFA de la serie  $\omega$ -3, suma de los ácidos: C18:3(n-3), C20:3(n-3), C20:5(n-3) y C22:6(n-3); y PUFA de la serie  $\omega$ -6, que son la suma de los ácidos: C18:2(n-6t), C18:2(n-6c), C18:3(n-6), C20:2(n-6), C22:2(n-6), C20:3(n-6) y C20:4(n-6).

Cada experimento se analizo independientemente con el PROC ANOVA del paquete estadístico SAS (SAS Institute, 1985).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El valor de los índices cromáticos de la carne o grasa subcutánea no variaron ni con los acabados ni con el aumento del peso de sacrificio entre 375 y 450 kg (Tabla 2), lo mismo que había ocurrido cuando la base de la alimentación era el ensilado de pradera (Zea y Díaz, 2008). Cabrero (1991), indica que la alimentación puede influir en el color de la carne, mientras que Craig *et al.* (1996) no encontraron diferencias debido a la cantidad de pienso en dietas forrajeras. La ausencia de variaciones importantes en el color de la carne con el aumento del peso de sacrificio se explica porque la diferencia de edad es relativamente pequeña (sobre mes y medio).

**Tabla 2. Índices cromáticos de la carne y grasa.**

	A <sup>(1)</sup>	B <sup>(2)</sup>	C <sup>(3)</sup>	et	Sign.	Efecto
<b>Carne:</b>						
<b>Índice luminosidad L*:</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	39,43	39,38	39,73	0,501	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	39,43	38,97	38,28	0,435	+	No
Incremento del peso de sacrificio	37,74 <sup>a</sup>	37,24 <sup>a</sup>	36,82 <sup>b</sup>	0,525	+	No
<b>Índice de rojo a*:</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	14,93	14,54	14,77	0,202	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	14,93	14,95	14,92	0,195	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	15,54	15,29	15,58	0,210	NS	No
<b>Índice de amarillo b*:</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	8,73	8,79	8,87	0,204	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	8,73	8,40	8,39	0,195	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	8,39	8,36	8,32	0,180	NS	No
<b>Grasa:</b>						
<b>Índice luminosidad L*:</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	68,43	68,42	67,94	0,610	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	68,43	67,71	67,50	0,550	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	67,51	67,18	66,61	0,658	+	No
<b>Índice de rojo a*:</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	5,72	5,73	5,76	0,266	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	5,72	6,10	5,76	0,252	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	5,91	5,80	5,76	0,271	NS	No
<b>Índice de amarillo b*:</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	11,29	11,48	10,99	0,341	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	11,29	10,90	10,44	0,330	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	12,39	10,82	10,57	0,349	NS	No

(1): A, sin acabado en los experimentos de acabado y sacrificio a 375 kg en el de peso de sacrificio. (2): B, acabado de 45 días en los experimentos de acabado y sacrificio a 410 kg en el de peso de sacrificio. (3): C, acabado de 90 días en los experimentos de acabado y sacrificio a 450 kg en el de peso de sacrificio. Sig: nivel de significación; \*\*\*: p<0,001; \*\*: p<0,01; \*: p<0,05; +: p<0,1; N.S.: no significativo. En la misma columna cifras con distinto superíndices (letras) son significativamente diferentes.

Como ocurre al alimentar con ensilado de pradera, los efectos de los acabados o del aumento del peso de sacrificio en las pérdidas de agua por goteo, presión o cocción son muy pequeñas y no significativas (Tabla 3). Sañudo (1992), indicó que la alimentación no parece ser un criterio de variación importante en la capacidad de retención de agua.

El veteado de la carne aumentó únicamente con el acabado con pienso a voluntad (Tabla 3). A diferencia de lo que ocurría cuando se alimentaba a los terneros con ensilado de pradera, el incremento del peso vivo de sacrificio no aumentó el veteado, lo que se explicaría porque el ensilado de maíz es mucho más energético que el de pradera y suficiente para engrasar sin necesidad de suplementación energética. Los acabados, en ninguna de sus formas de duración o nivel de concentrados en la ración, o el aumento del peso de sacrificio no afectan a la consistencia, dureza o pH o a la composición química de la carne (Tabla 3).

**Tabla 3. Pérdidas por goteo, presión y cocción, veteado, consistencia, terneza, pH y composición química de la carne.**

	A <sup>(1)</sup>	B <sup>(2)</sup>	C <sup>(3)</sup>	et	Sign.	Efecto
<b>Pérdidas de agua por goteo:</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	1,34	1,36	1,46	0,092	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	1,34	1,44	1,45	0,087	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	1,62	1,55	1,53	0,068	NS	No
<b>Pérdidas de agua por presión:</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	22,86	23,20	22,74	0,544	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	22,86	23,15	24,13	0,531	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	23,06	23,41	23,62	0,340	NS	No
<b>Pérdidas de agua por cocción:</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	28,54	28,37	28,23	0,689	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	28,54	29,36	29,86	0,676	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	29,42	29,47	30,36	0,641	+	No
<b>Vetado (de 1 a 5)</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	1,14	1,12	1,17	0,063	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	1,14 <sup>a</sup>	1,22 <sup>ab</sup>	1,33 <sup>b</sup>	0,060	***	Si
Incremento del peso de sacrificio	1,17	1,19	1,28	0,052	+	No
<b>Consistencia (de 1 a 3)</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	1,18	1,15	1,15	0,059	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	1,18	1,15	1,15	0,052	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	1,09	1,12	1,10	0,040	NS	No
<b>Terneza (kg/cm<sup>2</sup>)</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	7,02	6,88	7,14	0,302	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	7,02	7,24	7,23	0,287	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	7,15	7,32	7,49	0,285	NS	No
<b>pH</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	5,51	5,51	5,50	0,021	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	5,51	5,51	5,50	0,016	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	5,50	5,50	5,47	0,017	NS	No
<b>Proteína (%):</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	21,68	21,61	21,60	0,091	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	21,68	21,64	21,56	0,084	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	21,83	21,76	21,69	0,078	NS	No
<b>Grasa (%):</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	0,90	0,97	0,98	0,071	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	0,90	1,02	1,14	0,063	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	0,96	1,04	1,10	0,079	NS	No
<b>Cenizas (%):</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	1,18	1,18	1,19	0,007	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	1,18	1,18	1,17	0,006	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	1,20	1,19	1,19	0,005	NS	No
<b>Humedad (%):</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	76,24	76,23	76,22	0,086	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	76,24	76,16	76,12	0,084	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	76,00	75,97	76,02	0,093	NS	No

\* Ver pie de la Tabla 2.

Con acabados con 4 kg de concentrado aumentan los SFA: C12:0 (cáprico), C16:0 (palmítico) y C20:0 (araquídico), y con pienso a voluntad, además de éstos, lo hacen el C17:0 (margárico) y el C22:0 (behénico). El incremento del peso de sacrificio, como ocurre cuando se alimenta con ensilado de pradera, no modifica ninguno de los SFA.

El aumento del peso de sacrificio no afecta a los SFA, mientras que los acabados afectan a mayor número de MUFA que cuando la base de la alimentación era el ensilado de pradera. En este caso, además de aumentar el nivel del ácido C14:1 (miristo-leico) lo hace el C18:1 (n-9t) (elaídico) y el C20:1(n-9) (eicosénoico) disminuye. Por lo que se refiere a los AGP  $\omega$ -6, los acabados con 4 kg de pienso no los modifican, al igual que el incremento del peso de sacrificio; mientras que los acabados con pienso a voluntad aumentan el nivel de C18:2(n-6c) (linolénico), C18:3(n-6) ( $\gamma$ -linolénico), C20:2(n-6) (eicosadienoico) y C20:3(n-6) (homolinolénico).

El efecto de los acabados o del incremento del peso de sacrificio en los PUFA de la serie  $\omega$ -3 fue el mismo que cuando se alimentó con ensilado de pradera, esto es, el peso de sacrificio no los modifica. En acabados con 4 kg de pienso disminuye el nivel de C18:3(n-3) ( $\alpha$ -linolénico), C20:3(n-3) (eicosatrienoico) y C22:3(n-3) (docosaenoico). Con pienso a voluntad disminuye además el nivel de C20:5(n-3) (eicosapentaenoico).

Los efectos de los acabados en uno de los ácidos grasos del *L. thoracis* son ligeramente diferentes que cuando los animales consumían ensilado de pradera, aunque los efectos de los acabados y del incremento del peso de sacrificio en los índices nutricionales resultan similares a los que se producen cuando la alimentación es a base de ensilado de pradera (Tabla 4).

Los ácidos grasos saturados totales (SFA) y los poliinsaturados de la serie  $\omega$ -6 aumentan, aunque estos últimos sólo de modo significativo cuando el acabado se hace con pienso a voluntad, mientras que los poliinsaturados totales (PUFA) y los polinsaturados de la serie  $\omega$ -3 disminuyen. Las relaciones PUFA/SFA y  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 disminuyen y aumentan respectivamente con los acabados en todas sus formas. El incremento del peso de sacrificio no afecta de forma significativa a ninguna de las características de la grasa de la carne estudiadas en la Tabla 4.

Lo mismo que había ocurrido cuando la base de la alimentación era el ensilado de pradera (Zea y Díaz, 2008), los resultados coinciden con los de Varela (2002) en lo que se refiere al peso de sacrificio y con los de Moloney *et al.* (2001), en lo relativo al nivel de concentrado en la dieta.

## CONCLUSIONES

Ni los acabados ni el aumento del peso de sacrificio afectan de modo significativo a las características físicas de la carne con excepción del veteado, que aumenta con el acabado con pienso a voluntad y con el incremento del peso de sacrificio ( $p < 0,1$ )

Los acabados aumentan el contenido de SFA, disminuyen el de PUFA y el de ácidos omega-3. Ninguno de ellos varía significativamente con el aumento del peso de sacrificio.

**Tabla 4. Ácidos grasos saturados (SFA), ácidos grasos monoinsaturados (MUFA), ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), relación PUFA/SFA, ácidos  $\omega$ -6 y  $\omega$ -3 y relación  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 en la grasa intramuscular del *L. thoracis*.**

	A <sup>(1)</sup>	B <sup>(2)</sup>	C <sup>(3)</sup>	Et	Sign.	Efecto
<b>Ácidos grasos saturados (SFA):</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	933	1014	1066	35,752	***	Si
Acabado con pienso a voluntad	933	1044	1069	53,723	***	Si
Incremento del peso de sacrificio	997	1062	1036	85,002	NS	No
<b>Ácidos grasos monoinsaturados (MUFA):</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	1216	1360	1210	62,002	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	1216	1138	1099	61,893	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	1274	1473	1437	105,50	NS	No
<b>Ácidos grasos poliinsaturados (PUFA):</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	153 <sup>a</sup>	146 <sup>a</sup>	121 <sup>b</sup>	5,199	***	Si
Acabado con pienso a voluntad	153 <sup>a</sup>	129 <sup>b</sup>	129 <sup>b</sup>	5,287	***	Si
Incremento del peso de sacrificio	136	155	141	137,0	NS	No
<b>Relación PUFA/SFA:</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	0,17 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,12 <sup>b</sup>	0,006	***	Si
Acabado con pienso a voluntad	0,17 <sup>a</sup>	0,13 <sup>b</sup>	0,12 <sup>b</sup>	0,007	***	Si
Incremento del peso de sacrificio	0,15	0,15	0,15	0,018	NS	No
<b>PUFA de la serie <math>\omega</math>-6:</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	73,4	72,1	69,0	4,021	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	73,4 <sup>a</sup>	79,1 <sup>ab</sup>	84,5 <sup>b</sup>	3,941	***	Si
Incremento del peso de sacrificio	74,1	92,2	82,7	9,921	NS	No
<b>PUFA de la serie <math>\omega</math>-3:</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	79,8 <sup>a</sup>	73,6 <sup>a</sup>	52,2 <sup>b</sup>	2,529	***	Si
Acabado con pienso a voluntad	79,8 <sup>a</sup>	50,3 <sup>b</sup>	44,9 <sup>b</sup>	2,606	***	Si
Incremento del peso de sacrificio	62,2	62,7	58,6	3,847	+	No
<b>Relación <math>\omega</math>-6/<math>\omega</math>-3:</b>						
Acabado con 4 kg de pienso	0,94 <sup>a</sup>	0,99 <sup>a</sup>	1,36 <sup>b</sup>	0,009	***	Si
Acabado con pienso a voluntad	0,94 <sup>a</sup>	1,63 <sup>b</sup>	1,94 <sup>c</sup>	0,092	***	Si
Incremento del peso de sacrificio	1,24	1,44	1,46	0,179	NS	No

\* Ver pie de la Tabla 2.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLIGHT, E. G.; DYER, W. J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, **37**, 911-917.
- CABRERO, M., 1991. Factores que definen las características cualitativas de la carne. *Bovis*, **38**, 39-70.
- CRAIG, H. B.; BLUMER, T. N.; SMART, W. W. G.; WISE, M. B., 1966. Evaluation of hemoglobin, mioglobina, blood oxygen content and organoleptic qualities of beef from steers fed grain on pasture of cut forage and grain in drylot. *J. Anim. Sci.*, **25**, 1128-1137.

- MOLONEY, A. P.; MOONEY, M. T.; KERRY, J. P.; TROY, D. J., 2001. Producing tender and flavoursome beef with enhanced nutritional characteristics. *Proc. Nutr. Soc.*, **6**, 221-229.
- MORRISON, W.; SMITH L. M., 1964. Preparation of fatty acids methyl ester and dimethylacetals from lipids with boron fluoride methanol. *J. Lipid Res.*, **5**, 600-608.
- PLA, M., 2001. Medida de la capacidad de retención de agua. En: *Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes.*, 173-179. Ed. V. CAÑEQUE; C SAÑUDO. Monografías INIA, Serie Ganadera nº 1 Madrid.
- OFFER, G.; KNIGHT, P., 1988. The structural basis of water-holding in meat. Part. 2: Drip losses. En *Developments in meat science*, **4**: 121-134. Ed R. Lawrie. Elsevier. Oxford.
- SAÑUDO, C., 1993. La calidad organoléptica de la carne. *Mundo Ganadero*, **2, 4, 6, 10, 12**.
- SAS INSTITUTE, 1985. *SAS User's guide: statistic basic*. 5 ed. SAS Institute Inc., Cary, N. C.
- SIERRA, I. 1973. *Aportación al estudio del cruce Blanco Belga x Landrace: Caracteres productivos, calidad de la canal y de la carne*. I.E.P.G.E., **16**, 43 pp.
- VARELA, A., 2002. *Estudio de las variables que afectan a la producción del tipo "Cebón"*. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. Inédita.
- ZEA, J.; DÍAZ, M<sup>a</sup> D., 2008. Efecto del acabado y del peso al sacrificio en la carne de terneros alimentados con de ensilado de pradera. *Actas de la XLVII Reunión Científica de la SEEP*, 477-484.

## SUMMARY

### **EFFECT OF FINISHING AND SLAUGHTERED WEIGHT INCREASE ON YOUNG BULL MEAT, FED WITH MAIZE SILAGE**

The effects of different finishings (45 or 90 days with 4 kg of concentrated or with concentrate *ad libitum*) are compared with those of the increase of slaughtered weight (375, 410 and 450 kg) in certain characteristics of the meat: colour, water losses, marbling, consistency, tenderness, pH, chemical composition and nutritional indexes.

Of all the established characteristics, only variations in marbling were observed, which increased with the finishing with concentrate *ad libitum*. The saturated fatty acids increase whereas the unsaturated fatty acids diminish with the finishing. The omega 3 acids diminish with the finishing whereas omega 6 acids increase, though only when it is done with concentrate *ad libitum*. The slaughtered weight did not modify any of the characteristics of the meat.

**Key words:** fatty acids, nutritional index.





**PARTE CUARTA**

## **SISTEMAS Y RECURSOS SILVOPASTORALES**





## CAPÍTULO INTRODUCTORIO

# LOS ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS: ¿UN MARCO PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS GANADEROS SOSTENIBLES?

R. REVILLA<sup>1</sup>, S. CONGOST<sup>1</sup>, I. CASASÚS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Transferencia Agroalimentaria, Gobierno de Aragón, Carretera Movera s/n, 50194 Zaragoza. <sup>2</sup>Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria, Gobierno de Aragón, Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza. rrevilla@aragon.es

### RESUMEN

Desde la creación de los primeros Parques Nacionales hasta nuestros días, la política de protección de la naturaleza en España ha sufrido un importante avance, tanto desde el punto de vista cuantitativo, como cualitativo. Más del 25% de la superficie española está actualmente integrada en la Red Natura 2000 y se ha pasado de una concepción estática de la protección a otra, más amplia, en la que se incorporan conceptos socioeconómicos y de desarrollo sostenible.

En el trabajo se discuten diversas concepciones relativas al desarrollo sostenible y a su aplicación a los sistemas ganaderos, analizando cómo pueden ponerse en práctica en el entorno de los Espacios Naturales Protegidos, basándose en las experiencias puestas en marcha en el Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara (Huesca). Se presentan los principales apartados de los programas de investigación desarrollados en el parque, centrados en la caracterización de los sistemas ganaderos, el estudio del efecto del pastoreo sobre la evolución de la vegetación, y un análisis espacial de la utilización pastoral del Parque. Se abordan posteriormente los proyectos de futuro, en los que el pastoreo se perfila como elemento diferenciador de la ganadería del Parque.

**Palabras clave:** espacios naturales protegidos, ganadería, desarrollo sostenible, alternativas de manejo, Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara.

### LOS ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE

La primera legislación nacional sobre espacios naturales protegidos, la Ley de Parques Nacionales de 1916, dejaba muy claro, en su preámbulo, las necesidades que los legisladores pretendían cubrir con las medidas de protección: *“No bastan, en efecto, los paseos a parques urbanos que todas las ciudades han procurado tener como lugares de esparcimiento e higiénico ejercicio, sino que requiere además que*

*haya Parques Nacionales, esto es, grandes extensiones de terreno dedicadas a la higienización solaz de la raza, en que puedan tonificarse, física y moralmente, los cansados y consumidos por la ímproba tarea y por respirar de continuo el aire viciado de las poblaciones*". A partir de esta Ley y desde la creación de los dos primeros Parques Nacionales (Covadonga y Ordesa) y hasta nuestros días, el desarrollo de las políticas nacionales y supranacionales de protección ha evolucionado tanto desde un punto de vista cuantitativo, como cualitativamente. En la actualidad, un amplio porcentaje de la superficie nacional está integrado en alguna de las figuras de protección existentes: el 7,5% está integrada en los 141 Parques Nacionales o Naturales declarados, existiendo otros 370 territorios amparados por otras figuras menores de protección. El 22,88 % de la superficie nacional está declarada como LIC (Lugares de Importancia Comunitaria) y el 18,73% como ZEPAS (Zonas de Especial Protección para las Aves), integradas ambas figuras en la Red Natura 2000 que ocupa, en su conjunto, más del 25% de la superficie nacional (MARM, 2009).

Desde la aparición de la Ley 4/1989, de conservación de los espacios naturales y de la flora y fauna silvestre, la regularización de los usos y actividades que se realicen en las zonas protegidas, la compatibilidad de la conservación del medio natural con el aprovechamiento tradicional de los recursos y la promoción del desarrollo socioeconómico, se convierten en los principales objetivos de la conservación. La creación de la figura de las Zonas Periféricas de Protección y de las Áreas de Influencia Socioeconómicas han sido elementos importantes de esta nueva concepción de la protección, que extiende sus actuaciones más allá de los espacios protegidos como forma de "amortiguar" y "diluir" las actividades desarrolladas en los alrededores de los mismos y para fomentar la participación de los habitantes implicados en el desarrollo socioeconómico de estas zonas.

Aparentemente se ha pasado del "solaz de la raza (urbana)" mediante una concepción estática, a una visión más amplia de la conservación, en la que se incorporan conceptos socioeconómicos y de desarrollo sostenible (Iniesta, 2001).

Pese a que en ocasiones algunas de las figuras de protección se han establecido sobre la base de la prohibición de toda actividad humana, especialmente las establecidas para ecosistemas extremadamente sensibles o para determinadas zonas consideradas como "vírgenes", cada vez se es más consciente, pese a la existencia de corrientes conservacionistas extremas, del papel que el hombre mediante sus actividades económicas tradicionales ha jugado en la configuración de muchos de estos paisajes (Fillat, 2003) y de la necesidad del mantenimiento de las mismas en el proceso de conservación de los espacios naturales. La Red Natura 2000 es un ejemplo de esta concepción de la conservación vinculada a la actividad humana: salvo en espacios muy reducidos y singulares, la mayoría de los hábitats de la Red están en zonas agrarias o silvícolas, creadas y mantenidas por la acción humana y con unas características a proteger que desaparecerían si cesara ésta. La idea de la Red Natura 2000 no es construir reservas naturales o congelar la actividad productiva de los lugares que la constituyen: los lugares Natura 2000 han de ser gestionados hacia actividades productivas. Así pues, el objetivo es evitar el deterioro de estos hábitats o recuperarlos si están degradados, pero no frenar proyectos productivos, siempre y cuando estos estén regidos por el respeto a la zona considerada (MARM, 2009).

De todas formas y aunque es previsible un incremento tanto de la ampliación de las figuras de protección existentes como de las redes supranacionales de espacios protegidos, en las condiciones de la Europa Comunitaria, las medidas de protección del medio ambiente van a generalizarse paulatinamente a la totalidad del espacio productivo. Dentro de las previsiones de evolución de la PAC, algunos autores defienden la necesidad de “imaginar” nuevos escenarios basados en el reconocimiento del papel de las actividades agrarias en el abastecimiento de alimentos no sólo saludables, sino también obtenidos de manera sostenible e implicados, en sus sistemas productivos, en la estrategia global contra el cambio climático (García Azcárate, 2009). En esta posible y previsible evolución, las medidas agroambientales y la aplicación de la condicionalidad pueden generar un marco en el que el mantenimiento del medio ambiente pase de ser del “escenario”, al “argumento” de las actividades agrarias en la Europa Comunitaria. En este sentido, las posibles limitaciones que, en algunos casos, hayan podido imponer a la ganadería la declaración de alguna figura de protección a determinados espacios, pueden extenderse a otras zonas no declaradas como “protegidas”, desapareciendo parcialmente las diferencias existentes en la actualidad. Sin embargo, las figuras de protección pueden otorgar a las actividades ganaderas desarrolladas en su contexto, y a sus productos, una nueva “imagen”, que deberá enmarcarse, ineludiblemente, en un proceso de desarrollo sostenible.

En los últimos años el concepto de “sostenibilidad” está íntimamente ligado a cualquier proceso de conservación, pero su concreción a la hora de hablar de actividades agrarias no está exenta de conflictos: el calificativo “sostenible” aparece siempre como alternativa a “algo” que no tiene nombre claramente definido, pero que corresponde a los sistemas agrarios utilizados en la actualidad (agricultura moderna, agricultura convencional o agricultura industrial, entre otras denominaciones) y considerados de manera genérica como “no sostenibles”, en función de la elevada utilización de insumos ajenos al sistema y de las repercusiones medioambientales derivadas de esta utilización. El elemento que caracterizaría globalmente a un sistema sostenible sería su capacidad de reproducirse en el tiempo, sin alterar o mejorando el medio ambiente (Revilla, 2002).

Los sistemas sostenibles han sido definidos de numerosas maneras, apareciendo siempre en sus diversas formulaciones dos tipos de elementos comunes; unos de orden medioambiental (el respeto y mejora del medio, la adecuada utilización de los recursos naturales, etc) y otros de marcado carácter socioeconómico (la competitividad comercial, la viabilidad económica o su participación activa en el desarrollo rural) (Gold, 1999). En este sentido, en las sesiones de trabajo de la Red de Ganadería Sostenible Iberoamericana (Brasil, 2001) se hablaba de sostenibilidad social, económica y ambiental, considerando, al igual que Bru (1988) el concepto de medio ambiente de una manera amplia y que comprendería la “*totalidad del entorno material de la vida humana*”.

Siguiendo los criterios antes apuntados, podremos hablar de sistemas sostenibles cuando sus bases técnico-organizativas respondan a las siguientes premisas:

- Mantengan o mejoren el medio ambiente, tanto en lo referente a las cubiertas vegetales, como a las contaminaciones ambientales ligadas a la fertilización y a las deyecciones animales. Se debería incluir en este apartado la obtención de productos con ausencia de residuos de todo tipo y, desde luego, la reducción de

energía fósil en los procesos productivos y la no utilización de aquellos productos que generen contaminación en cualquiera de sus fases de obtención.

- Aseguren la viabilidad económica de la producción, permitiendo la obtención de rentas suficientes para cubrir los objetivos económicos de los ganaderos.
- Permitan el mantenimiento del tejido social agrario, participando activamente en el desarrollo rural.

De una manera ciertamente “militante” y recogiendo todos los aspectos que hemos comentado hasta ahora, un sistema agrario sería sostenible, para O’Connell (1992), cuando fuera “*ecológicamente respetuoso, económicamente viable, socialmente justo, culturalmente integrado y basado en una concepción científica holística*”.

Si aceptamos estas premisas, aparece claro que, desde un punto de vista exclusivamente técnico, podemos “diseñar” sistemas que aseguren la sostenibilidad ambiental e inclusive la rentabilidad económica, pero para entender y alcanzar la concepción global de sostenible, es necesario plantear el proceso desde una perspectiva sistémica más amplia que aborde el cambio en los diferentes niveles de organización: la propia explotación, el ecosistema, las comunidades afectadas o, inclusive y cada vez de una manera más clara, el mercado y el sistema económico. El análisis sistémico del proceso de sostenibilidad implica un esfuerzo interdisciplinar de investigación y de educación en el que deben implicarse no sólo investigadores de las diferentes disciplinas que conforman el sistema, sino también técnicos en transferencia, ganaderos, consumidores y responsables de las tomas de decisiones (SAREP, 1997).

Para este mismo colectivo, la transición hacia un sistema sostenible es un proceso que requiere pasos pequeños y realistas y en el que cada paso razonado y consolidado permite plantear el siguiente, asumiendo, además, que el proceso no termina una vez que tenemos puestos en marcha sistemas técnicos respetuosos con el medio y que sólo se completa si se consigue también una nueva organización social e inclusive comercial.

El establecimiento y la generalización de sistemas técnicos sostenibles, aunque esté desligado de esa nueva organización considerada por numerosos autores como imprescindible (SAREP, 1997) no es un proceso simple y choca en numerosas ocasiones con los intereses manifestados y perseguidos por los propios ganaderos en los momentos actuales, en los que, pese a las situaciones críticas por la que pasan muchos de nuestros sectores ganaderos, nadie quiere encontrar en la propia dinámica de intensificación de las explotaciones, las causas del proceso. En las condiciones técnicas de nuestros sistemas productivos, principalmente de rumiantes, avanzar hacia sistemas sostenibles pasa por replantearse buena parte de los “avances” que hemos ido introduciendo en las últimas décadas (la intensificación reproductiva y la consiguiente estabulación permanente durante largos períodos del año, el incremento de la utilización de cereales en alimentación animal, entre otras), sin olvidar que, como indica la UCS, “*la agricultura sostenible no es un camino para volver a las bajas producciones o a la miseria campesina característica del siglo XIX. Por el contrario, la sostenibilidad se construye a partir de los actuales logros en materia de agricultura, adoptando un enfoque sofisticado que pueda mantener también altas producciones y rentabilidad, sin destruir los recursos que son la base de la actividad agraria*”.

Como ya hemos comentado, actualmente las figuras de protección no constituyen, por sí solas, una garantía para el desarrollo de sistemas sostenibles y las posibilidades reales de mantenimiento y relanzamiento de las actividades ganaderas en estas circunstancias no son fácilmente previsibles, porque no van a depender totalmente de elementos objetivos. Desde un punto de vista teórico, estas posibilidades están muy ligadas a la situación de la ganadería en el momento de la declaración de la figura de protección, de su potencialidad objetiva y a la puesta en marcha de un proceso colectivo capaz de impulsar los cambios necesarios. Las medidas específicas de ayuda a las actividades ganaderas en los Espacios Naturales Protegidos son limitadas y muy diferentes entre territorios y en ocasiones no diferenciadas de las destinadas a otros espacios (determinadas medidas agroambientales, por ejemplo), por lo que resulta difícil establecer un diagnóstico sobre sus repercusiones. El “estudio de casos” se convierte en uno de los pocos métodos válidos para determinar las posibilidades de éxito y para intentar “exportar” a otras condiciones las experiencias y resultados obtenidos.

## EL PARQUE NATURAL DE LA SIERRA Y CAÑONES DE GUARA

Situado en el Prepirineo Oscense, el Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara (en adelante PSCG; Ley 14/1990, de 27 de diciembre, de las Cortes de Aragón) ocupa una superficie de 47.450 ha de Parque y 33.775 ha de zona Periférica de Protección y constituye un claro ejemplo de espacio caracterizado por los fenómenos kársticos y por la presencia del bosque mediterráneo, con enclaves de bosque atlántico y de pastizales de montaña (ver revisión de Riedel, 2007). Su declaración como Espacio Natural Protegido estuvo motivada, principalmente, como medida de protección de los valiosos recursos naturales existentes, principalmente sus famosos “cañones”, ante una creciente y descontrolada actividad turística.

El Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN) del Parque, y mientras se redacta el definitivo Plan Rector de Uso y Gestión (PRUG), lejos de establecer limitaciones importantes al desarrollo de las actividades ganaderas tradicionales en el Parque, resalta en numerosas ocasiones su papel conservador e incluye aspectos cuyo desarrollo puede suponer un impulso a las actividades ganaderas extensivas.

Lógicamente, el PORN establece trámites que, en ocasiones, pueden ser considerados como “limitantes”, como la necesidad de realización de estudios preceptivos de impacto ambiental o el establecimiento de normas para la construcción de nuevas instalaciones ganaderas, pero que contempladas de una manera global son lógicas dentro de una estrategia de conservación de un espacio natural.

En relación a los usos agrarios, el PORN establece unas normas tremendamente “laxas” (*“La utilización del suelo agrícola en toda el área del Plan se orientará al mantenimiento del potencial biológico y de la capacidad productora del mismo, con respeto a los ecosistemas del entorno”; “La carga ganadera máxima será la que el aprovechamiento racional permita en cada zona”*), indicándose la posibilidad de establecer un programa para la implantación de pastizales y mejora de aprovechamientos ganaderos en áreas de cultivos abandonados, el desarrollo de medidas agroambientales (reversión de zonas marginales a pastizal, recuperación de razas autóctonas, construcción de infraestructuras ganaderas, etc). En relación a los productos agroa-



limentarios producidos en el Parque y su área de influencia, el PORN indica que *“se favorecerá el establecimiento de Consejos Reguladores de Denominaciones de Origen para los productos de elaboración artesanal”* o que *“se estudiará la oportunidad de proporcionar un certificado de producto del Parque de la Sierra y Cañones de Guara para su comercialización”*.

Indudablemente, la existencia de toda normativa tiende, en principio, a generar rechazos por parte de los colectivos “implicados”. En el caso del Guara y pese a que la existencia del Parque ha podido generar determinados “problemas” y dudas sobre su conveniencia entre los ganaderos, la creación del Parque ha supuesto un elemento movilizador entre los ganaderos.

Al igual que en otras muchas zonas de montaña, las actividades ganaderas han presentado una importante recesión en los últimos años, pero, con independencia de la importancia cuantitativa del censo explotado, el sector ganadero del Parque se caracteriza, desde un punto de vista cualitativo, por la existencia de una asociación (Asociación de Ganaderos del Parque de las Sierras y Cañones de Guara) constituida a raíz de la declaración de Parque Natural con la voluntad de defender el papel de las actividades agrarias en el Parque y utilizar los mecanismos administrativos de ayuda para potenciar sus actividades y asegurar su futuro. Esta Asociación cuenta con el apoyo administrativo, organizativo y técnico de la principal cooperativa de la zona (SCLAS, Sociedad Cooperativa del Sobrarbe), impulsora de los principales procesos de desarrollo agrario local.

Las actividades de la Asociación se han desarrollado, principalmente, en dos ejes directamente relacionados con la potenciación de las actividades ganaderas respetuosas con el medio ambiente:

- Establecimiento, en relación directa con las Autoridades Gestoras del Parque, de ayudas destinadas al fomento y modernización de las actividades ganaderas y, de manera especial, destinadas al cercado y a la mejora de las infraestructuras de pastoreo.
- Establecimiento de relaciones con grupos de investigación, en concreto con el Grupo de Excelencia “Sistemas Agro-silvo-pastorales” del Gobierno de Aragón, para el desarrollo de programas de investigación y desarrollo destinados al mejor conocimiento del medio, al estudio de los sistemas ganaderos desarrollados en el Parque y a la búsqueda de alternativas productivas basadas en la mejor utilización forrajero-pastoral del mismo.

Fruto de estas colaboraciones han sido, entre otros, la obtención de financiación para el desarrollo de numerosos proyectos de investigación con participación directa de la Asociación, la puesta en marcha de programas de experimentación destinados a la divulgación de prácticas ganaderas extensivas respetuosas con el medio o la organización de jornadas destinadas a mejorar el nivel técnico de sus asociados. En el año 2003, el trabajo de la Asociación en defensa del medio ambiente fue reconocido con el Premio “Félix de Azara”, de la Diputación Provincial de Huesca.

En este contexto de actuaciones conjuntas y coordinadas, la Asociación se plantea la respuesta a la pregunta objeto de esta ponencia: ¿es posible desarrollar prácticas ganaderas sostenibles en un Espacio Natural Protegido? y convierten al espacio de la Sierra de Guara en un “laboratorio” en el que experimentar modelos que puedan

contribuir al mantenimiento de las actividades ganaderas en estos y en otros espacios sometidos a fuertes limitaciones agronómicas y socioeconómicas.

## **PROGRAMAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO GANADERO EN EL PARQUE NATURAL DE LA SIERRA Y CAÑONES DE GUARA**

El estudio de la viabilidad técnica de los sistemas extensivos de explotación y de las repercusiones de diversas alternativas de manejo sobre los rebaños y los ecosistemas han sido ampliamente estudiados en condiciones experimentales análogas a las que pueden observarse en las explotaciones comerciales del Parque mediante múltiples trabajos de investigación de la Finca Experimental de “La Garcipollera” (CITA, Pirineo Oscense). Sin embargo, la transferencia de estos resultados al sector ganadero requiere dar un paso más, realizar la experimentación en condiciones reales de producción y en un entorno ambiental y socioeconómico dado, en el que los resultados sean más “cercanos” a los ganaderos. Por ello, en colaboración con la Asociación de Ganaderos de la Sierra de Guara se han planteado desde el año 2001 diversos proyectos de investigación y transferencia que pretenden, por un lado, ofrecer a la Dirección del Parque una información que permita optimizar la conservación de este espacio protegido, y por otro establecer sistemas de producción ganadera eficientes, rentables y respetuosos con el ambiente (¿sostenibles?).

### **Caracterización de las actividades ganaderas en el Parque**

Para la descripción de la ganadería practicada en el entorno del PSCG se realizaron encuestas personales a todos los ganaderos (62) que hacían uso pastoral, en mayor o menor medida, del Parque de la Sierra y Cañones de Guara o su Zona Periférica de Protección. De los resultados obtenidos se desprende que se trata de explotaciones regentadas por ganaderos relativamente jóvenes, que se dedican a la agricultura y ganadería a título principal, considerándola rentable y viable a corto plazo, aunque en algunas de ellas la continuidad a medio-largo plazo está comprometida por falta de descendencia.

Predominan las explotaciones exclusivamente de ganado ovino (87% del total), con menor presencia de ganado vacuno. Se trata de explotaciones de gran dimensión tanto en censo (media de 506 ovejas adultas o 120 vacas por rebaño) como en superficie (694 ha de media), siendo ambas medias muy superiores a las de zonas de montaña próximas y a las medias provinciales y regionales, quizá debido a la desaparición de explotaciones en las últimas décadas, que han liberado superficies aprovechadas en estos momentos por las explotaciones supervivientes.

Los rebaños realizan un aprovechamiento muy extensivo de las superficies pastables, con pastoreo durante todo el año sobre distintos recursos (principalmente pastos naturales y cultivos forrajeros, con incorporación de rastrojos sobre todo en verano y barbechos el resto del año) y siempre a cargas relativamente bajas.

La suplementación de alimentos se practica en todas las épocas del año, bien sea por necesidades productivas ligadas a la intensificación reproductiva, por limitaciones climatológicas, por falta de infraestructuras que faciliten el pastoreo y por “concepciones personales” de muchos ganaderos que no confían en que el pastoreo pueda cubrir las necesidades del rebaño. Esta “desconfianza” hacia las posibilidades de la práctica

de sistemas extensivos es particularmente marcada en el caso del ganado ovino, ya que las explotaciones de ganado vacuno del PSCG presentaron, en su mayoría, largos períodos de pastoreo utilizando extensos territorios sin vigilancia continuada por parte del ganadero. En el ovino son los animales con menores requerimientos (ovejas vacías y reposición) los que utilizan en mayor medida las diversas superficies pastorales existentes, principalmente los pastos naturales, y en ellos presentan un buen rendimiento técnico (Riedel, 2007). Por el contrario, los rebaños de animales en fases productivas utilizan principalmente los cultivos forrajeros, rastrojos y barbechos, aprovechando los pastos naturales en proporciones muy bajas.

Esta utilización del territorio relativamente escasa en algunas explotaciones podría estar ligada a las deficiencias en las infraestructuras de pastoreo (falta de accesos adecuados, de refugios, mangas, abrevaderos y cercados) manifestadas por los ganaderos, que también solicitan la mejora de pastos, mediante desbroce mecánico o quema controlada. Para paliar las deficiencias observadas, la Dirección del PSCG ha realizado un importante esfuerzo financiero destinado a la mejora en estas infraestructuras, siendo en la actualidad la línea de financiación de cercados una de las más solicitadas por los ganaderos. A los problemas antes apuntados se suma otro que está causando graves perjuicios a muchos ganaderos, como es el ataque de perros asilvestrados y, en los últimos años, de los buitres, que pueden comprometer el aprovechamiento futuro de algunas superficies.

En cuanto al manejo reproductivo, se ha observado una gran variedad de prácticas con distinto grado de intensificación, sobre todo en el ganado ovino (Riedel *et al.*, 2007), aunque cabe destacar que los ganaderos manifestaron su preferencia por una mayor intensificación productiva y reproductiva. Sin embargo, también revelaron interés por un mayor aprovechamiento de los recursos pastables disponibles, si bien queda por ver si la combinación de ambas estrategias de cambio es posible. Las circunstancias observadas en el PSCG indican que se ha dado un *proceso de intensificación reproductiva*, asociado a un menor grado de utilización a diente de los recursos pastables, con consecuencias tanto en aspectos técnico-económicos como ambientales. Paralelamente, las explotaciones más extensivas con aprovechamiento de más recursos pastorales, en muchas ocasiones presentaron un bajo índice de dinamismo y de continuidad, por lo que su futuro a medio plazo está comprometido (Riedel, 2007; Bernués *et al.*, 2005). Este aspecto, asociado a la *reducción de la presión ganadera sobre los pastos naturales* en las explotaciones intensivas con más garantías de continuidad, podría comprometer la sostenibilidad socioeconómica y ambiental en este territorio (Ameen *et al.*, 2009).

Aunque estas son las tendencias generales, un seguimiento técnico-económico de ocho explotaciones durante 2004 y 2005 (Casasús *et al.*, 2008) ha permitido observar que los ganaderos adoptan diversas estrategias para asegurar la continuidad a medio plazo de las explotaciones según sus limitantes específicos. Estas estrategias pasan por:

- *adaptación de la mano de obra disponible a las necesidades del sistema (y viceversa)*, combinada en ocasiones con una diversificación de actividades que permite mayor flexibilidad económica. En concreto, y a pesar de que en otras áreas puede existir cierta competencia entre actividades como el turismo y la ganadería, en el PSCG la pluriactividad no constituye una amenaza para la continuidad de las explotaciones.

- combinación de diversos grados de intensificación reproductiva y de manejo de los recursos pastorales y forrajeros propios, que condicionan la dependencia de recursos comprados en cada explotación.

Aunque estos resultados son relativamente recientes (encuestas y seguimientos técnicos realizados en 2001-2005), la situación de la ganadería en el PSCG es tremendamente dinámica, tanto por la propia coyuntura más allá del contexto local, como por la difusión de los resultados obtenidos en los proyectos llevados a cabo en el Parque en los últimos años. Las conclusiones referentes al papel beneficioso del pastoreo sobre la vegetación, junto a los controles realizados en varias ganaderías (Riedel, 2003), han relanzado el interés de los ganaderos por la práctica de sistemas más extensivos, o por una mayor utilización pastoral del Parque, integrando la explotación de razas autóctonas de ganado como elemento de “diferenciación” de la producción.

### **Papel del pastoreo en la evolución de la vegetación**

El uso del ganado como herramienta de control de la dinámica de la vegetación es un tema de gran importancia en amplias zonas de la cuenca Mediterránea, amenazadas por la invasión del matorral y por el riesgo de incendios forestales. Es, también, un tema controvertido; si bien muchos trabajos no cuestionan, en general, la idoneidad del pastoreo de los animales domésticos como moduladores de la vegetación y mantenedores del paisaje, sí existen diversas opiniones sobre su capacidad real para controlar la dinámica de la vegetación en las condiciones de manejo y presión actuales.

Para determinar, en las condiciones de utilización ganadera actual del Parque y los efectos del pastoreo sobre la vegetación, se establecieron parcelas de control en seis áreas representativas de la vegetación del Parque, con dos réplicas por zona, siguiendo la metodología de trabajo especificada ampliamente por Casasús *et al.* (2007) y Riedel (2007). La respuesta de la cubierta vegetal herbácea y arbustiva al pastoreo por el ganado se estudió mediante la comparación de zonas Pastadas y No Pastadas entre 2001 y 2005.

En cuanto a la **vegetación herbácea**, se evidenció que el pastoreo mantuvo constante la biomasa en las zonas pastadas (Tabla 1). Por el contrario, en las parcelas no pastadas hubo una acumulación de biomasa, que llegó a duplicar a la observada en las áreas pastadas al final del estudio, con una tasa de acumulación anual de aproximadamente 330 kg MS/ha. Por el contrario, en las áreas pastadas se ha podido estimar una extracción anual media (uso del pasto por parte del ganado) que oscilaba entre 1136 y los 287 kg MS/ha en las distintas zonas.

El incremento de biomasa en las áreas no pastadas por el ganado se debió casi exclusivamente al acumulo de material vegetal muerto, por la ausencia de consumo, pisoteo e incorporación al suelo, lo cual se asocia a una mayor combustibilidad de la hierba.

A la vez, se observó una significativa pérdida de calidad del pasto como alimento para el ganado, con reducción del contenido en proteína y aumento en fibra y lignina, mientras que en las áreas pastadas se mantuvo la proporción de hierba verde y su calidad. Otros estudios muestran resultados similares en cuanto a la mejora de la calidad del pasto en las zonas pastadas habitualmente por el ganado (Bokdam y Wallis de Vries, 1992; Casasús *et al.*, 2007), que además se mantiene durante un periodo

vegetativo más largo debido al continuo rebrote del pasto (Clark *et al.*, 1998). La consecuencia esperada de esta pérdida es una redistribución del ganado en el territorio en busca de zonas más apetecibles (Bailey *et al.*, 1996), lo que produce concentración del pastoreo en algunas áreas y sub-utilización en otras, con resultados finales contrarios a la adecuada gestión del territorio.

**Tabla 1. Efecto del pastoreo por el ganado sobre las características de la vegetación herbácea y arbustiva del PSCG.**

		Zonas Pastadas	Zonas No Pastadas	Efecto
<b>Vegetación herbácea</b>				
Biomasa, kg MS/ha	2001	1509	1353	NS
	2005	1144	2259	***
Fracción muerta, %	2001	40	40	NS
	2005	21	73	***
<b>Vegetación arbustiva</b>				
Aumento biomasa (2005-2001)		+16%	+101%	***

NS: no significativo; \*\*\*: diferencias altamente significativas.

En lo que respecta al **estrato arbustivo**, se hallaron incrementos en volumen, biomasa y número de pies tanto en las zonas pastadas como en las no pastadas, aunque estos incrementos fueron mayores en las áreas no pastadas, llegando a duplicarse los valores iniciales (+101%). Esto indica que la vegetación del Parque se encuentra en una dinámica de sucesión hacia la matorralización y que, a diferencia de otras zonas con mayor presión de pastoreo (Casasús *et al.*, 2007), las cargas ganaderas aplicadas en las zonas de estudio ralentizan este proceso pero no son suficientes para detenerlo.

En este sentido, numerosos aspectos, entre los que se encuentra la composición específica del estrato arbustivo y la especie o raza animal que lo aprovechan son determinantes de la magnitud del efecto observado (Torrano y Valderrábano, 2005). En relación a este último aspecto, el “debate” sobre la idoneidad de determinadas especies animales, o razas, para el control de la vegetación arbustiva es permanente en la bibliografía y, si bien es cierto el mayor efecto de los pequeños rumiantes o de los équidos, el vacuno también ha mostrado un marcado efecto reductor sobre la vegetación arbustiva, con interesantes resultados zootécnicos y con una mayor facilidad de control que en el caso de los ovinos o caprinos (Revilla *et al.*, 2005; Casasús *et al.*, 2007). Paralelamente, no podemos olvidar que el estrato arbustivo juega un importante papel en la dieta de las especies en pastoreo, en particular en determinadas épocas del año (Casasús *et al.*, 2009b), por lo que su “control” debe establecerse buscando un equilibrio entre la oferta forrajero-pastoral del territorio, el mantenimiento del paisaje y el control de los riesgos de incendios.

En conclusión, ante una reducción de la presión de pastoreo, la dinámica de la vegetación observada conduciría a la degradación del paisaje diverso “tipo mosaico”, y

un aumento del riesgo de incendios forestales, de su intensidad y dificultad de extinción. Esto resultaría sin duda en una pérdida de la diversidad de flora y fauna silvestre asociada a estos pastos. La problemática asociada evidencia la necesidad de poner en práctica medidas orientadas a detener este proceso, que puede comprometer seriamente el uso futuro de estos pastos, tanto por el ganado en función de su menor valor nutritivo y accesibilidad, como por la sociedad en general.

### **Análisis espacial de la utilización pastoral del Parque**

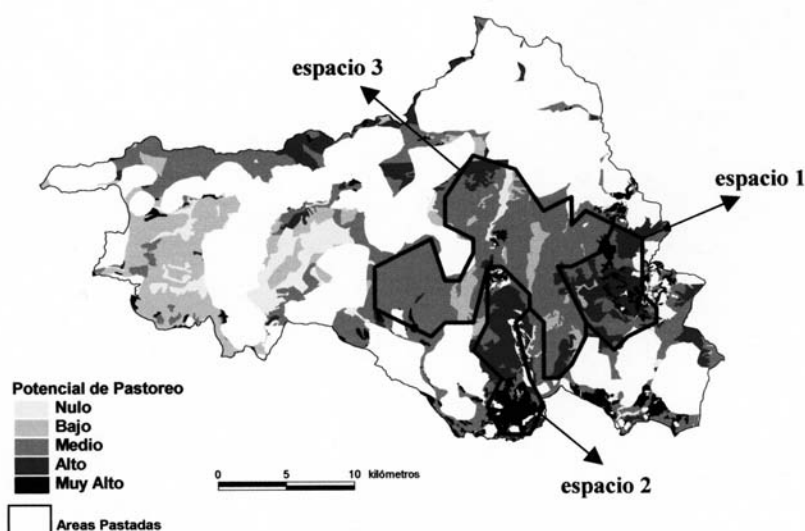
La gestión del espacio en los sistemas extensivos de pastoreo, ya sea en libertad o dirigido, tiene como principal reto una distribución de las cargas ganaderas acorde a los recursos disponibles en las distintas áreas de pasto. Para acometer este objetivo en el PSCG, se estudió el aprovechamiento ganadero real y potencial de los pastos del Parque mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG). En concreto, se analizaron las pautas de distribución espacial real de los rebaños (datos obtenidos mediante encuesta), el tipo de pastos utilizados y las cargas ganaderas establecidas, así como los factores de distinta índole (básicamente de origen físico y antrópico, como distancia al agua y saladeros, composición de las comunidades vegetales, pendiente, proximidad a accesos y vallas, etc.) que condicionan el uso actual de los pastos (Asensio y Casasús, 2004).

Se observó que el ganado sólo pastaba en el 53,22% de la superficie disponible en el Parque y su Zona Periférica de Protección, con una carga media muy baja (0,15 UGM/ha) y una distribución espacial muy poco uniforme. Se detectó una concentración de las cargas ganaderas en las zonas de más fácil aprovechamiento: áreas con recursos de mayor calidad, de menor pendiente y altitud, más próximas a los accesos por carretera o pista, así como a las poblaciones y ríos. Sin embargo, el estudio del aprovechamiento potencial indicó que el 77% de la superficie presenta un potencial entre medio y muy alto, por lo que en muchas zonas se observaba un desequilibrio entre su aprovechamiento real y potencial.

Estos resultados indican la posibilidad de proponer actuaciones de fomento del pastoreo en determinadas zonas, para valorizar los recursos forrajeros existentes y aprovechar los efectos beneficiosos del pastoreo sobre la cubierta vegetal, comentados en el apartado anterior. A través del SIG se han detectado tres espacios prioritarios de actuación centrados en áreas de buen potencial ganadero (Figura 1), en los que ya se han realizado experiencias piloto de demostración a los ganaderos y gestores del Parque, planteándose alternativas de diversificación de la producción, con sistemas de cebo ligados al pasto, como comentaremos posteriormente.

En su conjunto, los datos que aquí presentamos resumidos han permitido establecer, de una manera cuantificada, los principales efectos del pastoreo sobre la producción pastoral del Parque y sobre su "paisaje", elementos que han permitido discutir con la gerencia del Parque sobre la necesidad de intensificar los trabajos encaminados al incremento del pastoreo como "herramienta" de gestión medioambiental. La información generada y la propia dinámica del trabajo realizado han permitido también mostrar a los ganaderos el verdadero potencial de estas zonas y el interés de su utilización desde el punto de vista del mantenimiento de los rebaños.





**Figura 1. Utilización pastoral actual del Parque.  
Detección de posibles espacios de reorientación del uso pastoral.**

## LOS PROYECTOS DE FUTURO: EL PASTOREO COMO ELEMENTO DIFERENCIADOR DE LA GANADERÍA DEL PARQUE

La valiosa información descrita en el apartado anterior ha permitido definir por un lado, el papel que supone el pastoreo de diferentes superficies en los sistemas de producción de ovino y vacuno practicados en la zona, y por otro, el impacto de dicho pastoreo sobre las características de la vegetación y la evolución de los recursos pastables, tanto a pequeña escala (ensayos en parcela) como a escala territorial. A partir de ambos aspectos se han establecido las bases para un aprovechamiento racional de los recursos del PSCG, facilitando la integración del pastoreo de distintos tipos de superficies en los ciclos productivos de los rebaños y cuantificando sus repercusiones sobre la evolución de la vegetación y el paisaje. Estas herramientas han sido transferidas tanto a los ganaderos usuarios de dichos recursos como a los órganos administrativos responsables de la gestión de los mismos, y han servido como antecedente para actuaciones de promoción del pastoreo en el Parque que ya han comenzado a materializarse: la Asociación de Ganaderos conjuntamente con la Cooperativa SCLAS, ha creado la “Comunidad de Productores de Carnes Extensivas de Guara”, instrumento para la valorización de los productos obtenidos en condiciones “diferenciadas” de producción.

La intensidad de estas experiencias demostrativas se ha incrementado en los últimos años gracias al inicio de un Proyecto de Transferencia de resultados de la investigación (INIA TRT2006-00043) y a diversos Proyectos de Demostración financiados desde el Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón y desarrollado también en colaboración con la Asociación de Ganaderos y la Cooperativa SCLAS. La “crisis” del sector ovino creada a partir del alza del precio de los cereales ha creado, a su vez, nuevas perspectivas al futuro de una producción diferenciada basada en la utilización del pasto.

Los objetivos generales del trabajo iniciado se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Generalizar entre los ganaderos utilizadores del Parque las “técnicas” existentes en materia de gestión del pastoreo (tipos de cercados, mangas, puntos de agua, etc).
- Mostrar las ventajas técnico-económicas y medioambientales del pastoreo permanente de ovinos y vacunos, inclusive durante la lactación, frente a las prácticas habituales (pastoreo limitado en el tiempo de las madres, con suplementación en aprisco o inclusive con estabulación estricta durante la lactación, y cebo de corderos con concentrados desde el nacimiento).
- Estudiar las posibilidades de comercialización diferenciada de los animales producidos en estas nuevas condiciones, atendiendo las demandas emergentes vinculadas al turismo.

Las primeras experiencias realizadas consistieron en sencillos ensayos comparativos del cebo de corderos pastando con sus madres en diversas superficies forrajeras frente al sistema tradicional practicado en el Parque; estabulación de ovejas y corderos durante la lactación. En todos los casos los corderos se sacrificaban al llegar al peso habitual en la zona (22-23 kg de peso vivo). Los resultados obtenidos mostraron que los corderos producidos en pastoreo alcanzaban el peso habitual al sacrificio en la explotación en un tiempo similar al de los criados en aprisco (69-77 días), con similares ganancias medias diarias de peso (220-250 g) y con un consumo de pienso muy inferior al obtenido por los corderos “testigo”: 1,9 kg frente a 20 kg. Los corderos fueron comercializados de manera no diferenciada, no obteniendo penalización alguna en el matadero en función de sus sistemas de cría, según se había constatado en experiencias previas utilizando diversos recursos pastables. (Joy *et al.*, 2007).

Estos resultados y su difusión entre los ganaderos del Parque han permitido realizar ensayos demostrativos de mayor amplitud, utilizando tanto animales de parto simple, como doble y siguiendo en ocasiones pautas de manejo diferentes en función de las características de las cinco ganaderías implicadas; mientras que en algunos casos los corderos producidos en pasto se llevaron directamente al matadero, en otros fueron sometidos a un corto período de cebo previo al sacrificio.

Pese a que las condiciones de la “transferencia” no permiten un análisis estadístico, por su heterogeneidad, los resultados obtenidos sido concordantes con lo reseñado en la bibliografía (Carrasco *et al.*, 2009): en el conjunto de animales controlados, 60 por explotación, las ganancias medias diarias conjuntas de machos y hembras durante el cebo en pradera fueron inferiores a las de los animales mantenidos en aprisco (280 vs. 320 g/d, para los animales de pastoreo y cebo, respectivamente), por lo que también fue inferior su peso al final de la experiencia (18,7 kg en el caso de los animales de pastoreo, frente a los 20,7 de los de aprisco), en función del destete ya comentado, practicado en algunos casos en los corderos de pasto. En todos los casos se ha resaltado el escaso consumo de concentrado por cordero en el caso de los lotes extensivos, que han oscilado entre los 3 y los 10 kg en función de la explotación y el manejo seguido, frente a los 25-35 kg por cordero, característicos del cebo intensivo (Joy *et al.*, 2007). Pese a que la comercialización de los corderos se ha realizado por los mismos canales habituales, en ningún caso se han detectado problemas ligados al



sistema de producción, lo que corrobora los resultados obtenidos en trabajos experimentales previos.

En ocasiones se considera “arriesgado” desde el punto de vista comercial la producción de corderos en pastoreo, por presumir que pueden dar lugar a canales muy diferentes a las obtenidas en el cebo intensivo, Sin embargo y como se discute en los trabajos de Joy *et al.* (2007) y Carrasco *et al.* (2009), se trata de animales muy jóvenes y cuya alimentación se ha basado, principalmente, en la leche materna, por lo que difícilmente pueden llegar a crearse grandes diferencias apreciables en las canales.

La estrategia de producción perseguida en estos trabajos no es, en principio, la obtención de un cordero “de pasto”, de mayor edad y peso que los obtenidos en aprisco. Se trata de aprovechar los recursos pastorales para producir leche y, a partir de ésta, producir un cordero de similares características en edad y peso que los “habituales”. Se trata, en definitiva, de acercarse a una “normalidad” biológica que se ha ido perdiendo, en los últimos años, en función de las prácticas productivistas impuestas en la agricultura europea.

Con independencia de lo anteriormente expuesto, se está discutiendo en la actualidad entre los ganaderos del Parque la diversificación de la producción actual, ampliando el tipo de cordero producido hacia el cordero lechal y hacia la obtención de canales más pesadas, a partir de corderos castrados y que puedan encontrar en la restauración local su destino final. Los estudios previos realizados al respecto, trabajando con una raza autóctona de alto potencial lechero, la Churra Tensina, muestran las posibilidades técnicas de estas producciones y la calidad y aceptación de los productos obtenidos (Sanz *et al.*, 2008).

En el caso del ganado vacuno, la experiencia de introducción de vacuno en una finca eminentemente forestal ha permitido, en primer lugar, demostrar la viabilidad técnica de la alternativa propuesta y desarrollar una serie de infraestructuras de manejo que han servido para el diseño de otras explotaciones (cercados, abrevaderos, manga de manejo, etc). Durante cuatro campañas consecutivas, el rebaño se ha mantenido en la finca mediante un manejo tendente a concentrar la época de partos en el otoño y las cubriciones en invierno. En este mismo volumen se presentan las pautas de aprovechamiento de los pastos forestales por el rebaño de vacas y la selección de la dieta a lo largo del año (Casasús *et al.*, 2009a). Para optimizar el manejo se puso en práctica un sistema de suplementación alimenticia adaptado al pastoreo en zonas boscosas y escasamente demandante de mano de obra: durante el periodo de cubriciones se suministraba a voluntad y en una sola oferta semanal una mezcla completa que cubría entre el 40 y el 60% de las necesidades energéticas teóricas, en función del estado de la vegetación. Este manejo permite compatibilizar el pastoreo con la concentración de los animales en la zona de alimentación, facilitando la detección de celos y las cubriciones. Paralelamente, los animales, que consumían en los dos-tres primeros días el alimento ofertado (sábado-lunes), utilizaban durante los restantes días de la semana las zonas de pasto arbustivo cercanas a la zona de suplementación. Al igual que se ha observado en otros trabajos (Casasús *et al.*, 2009b), este manejo no presenta consecuencias negativas a largo plazo sobre los rendimientos de los animales si se cubren sus necesidades nutritivas, permite el aprovechamiento complementario de los recursos pastables disponibles y supone un notable ahorro de mano de obra destinada al manejo de los animales.

El sistema de manejo diseñado ha servido para “resolver” una de las mayores dificultades objetivas existente en el Parque y en otras numerosas áreas de montaña: la compatibilización del pastoreo extensivo con la práctica de la caza mayor. La suplementación alimenticia ofrecida coincide en el tiempo con la temporada de caza (octubre-febrero) y con los días en que se realiza esta actividad (domingos), por lo que el ganado no interfiere en absoluto con la actividad. Es más, los cazadores han manifestado una mayor “penetrabilidad” del monte desde que éste es aprovechado por las vacas, lo cual facilita el desarrollo de su actividad.

Paralelamente al estudio de la viabilidad técnica de la explotación de vacas nodrizas en estas condiciones, se desarrollaron experiencias tendentes a la producción de terneros cebados aprovechando al máximo el potencial lechero de las madres y la producción local de pasto, con el fin último de dotar de contenido técnico la producción de “Novillo de Guara”, como Carne Singular avalada por la Comunidad de Productores de Carne Extensiva de Guara.

Para ello, se utilizaron terneros machos de raza Pirenaica nacidos en otoño (octubre-noviembre), y destetados en abril, cuando contaban con una media de seis meses de edad. Posteriormente los animales siguieron en pastoreo con suplementación de pienso de crecimiento convencional a libre disposición, hasta que en septiembre se estabularon durante dos meses para realizar una fase de acabado en el interior. Los animales se sacrificaron en noviembre, con una media de 13 meses de edad y 528 kg de peso.

Las ganancias registradas durante el periodo de lactación ( $0,889 \pm 0,09$  kg/d) fueron las esperables en terneros de esta raza recibiendo un suplemento de concentrado durante la lactación, ya que la producción lechera de sus madres por sí sola habría permitido un crecimiento mucho menor. El elevado crecimiento diario desde el destete hasta el momento de sacrificio ( $1,963 \pm 0,32$  kg/d) fue superior al registrado en cebo intensivo en esta raza, incluso en condiciones experimentales controladas (1,7 kg), a pesar de realizarse el cebo parcialmente en pastoreo. Estos datos podrían deberse, al menos en parte, al algo valor genético de los sementales utilizados en la inseminación, lo que justificaría tanto las elevadas ganancias como el rendimiento ( $59,36 \pm 2,66\%$ ) y la notable conformación de las canales (valoradas mayoritariamente como U: Muy Buena en el 86% de los terneros). Estos resultados permiten concluir que, al igual que lo ya apuntado en condiciones experimentales (Casasús *et al.*, 2007), el cebo de terneros utilizando el pastoreo es una alternativa productiva real, que permite reducir las cantidades de concentrados suministrados y obtener canales acordes con las demandas del mercado, que pueden tener además un valor añadido ligado a la diferenciación del sistema productivo practicado.

Finalmente se han iniciado experiencias planteadas, en principio, para comprobar el efecto desbrozador del ganado porcino en la fase de cebo, como forma de ampliar las superficies pastorales destinadas al ovino en zonas actualmente “impenetrables”. Los animales se introducen en las parcelas con pesos cercanos a los 40 kg y se mantienen en pastoreo, con acceso permanente a piensos comerciales, hasta el sacrificio siempre a pesos superiores a los 140 kg. Los resultados obtenidos (Latorre *et al.*, 2007; Latorre *et al.*, 2009) han permitido la inclusión del producto obtenido, bajo la denominación “Latón d’a Fueva”, en los productos comercializados desde la Comunidad de Productores.

## CONCLUSIONES

La respuesta al interrogante planteado en el título de este artículo no tiene una fácil respuesta. Las políticas de protección de espacios no limitan, o inclusive incentivan, el mantenimiento y desarrollo de un tipo de actividades ganaderas ligada a la correcta explotación del medio, pero son incapaces, por sí solas, de asegurar la sostenibilidad económica de muchas explotaciones, lastradas por años de prácticas ganaderas desvinculadas del territorio e inmersas en la profunda crisis de los sectores ganaderos en España.

Los trabajos realizados en un Espacio Natural Protegido aquí resumidos han permitido iniciar una nueva dinámica entre los ganaderos utilizadores del Parque tendente a la búsqueda de sistemas productivos basados en el pastoreo, en la mejor utilización del potencial pastoral de su zona y en la búsqueda de productos “diferenciados”. Tampoco podemos olvidar que, en la mayoría de los casos, los animales producidos en condiciones de pastoreo presentan unos menores costes productivos, ligados a la menor utilización de una alimentación concentrada en creciente incremento de precios. En ocasiones se aduce que los sistemas extensivos presentan una menor productividad que los que recurren a técnicas de intensificación, pero el análisis de la realidad muestra una situación diferente. En el caso de la explotación ovina, que por sus características presenta mayores posibilidades de incremento de las producciones numéricas y si nos referimos a datos de control técnico, podemos apreciar que pese a la existencia de explotaciones con niveles de productividad cercanos al máximo biológico, los indicadores medios se mantienen en valores totalmente asumibles por las explotaciones extensivas (Congost *et al.*, 2006; Pardos y Fantova, 2009).

Los sistemas “alternativos” aquí esbozados presentan otras claras ventajas, ligadas al menor coste sanitario propio de las condiciones extensivas de producción y a la menor utilización de mano de obra, factor limitante en la mayoría de las explotaciones. Paralelamente, se pueden reducir drásticamente los costes de instalaciones, maquinaria y carburantes.

Las infraestructuras de pastoreo que es necesario acometer para adaptar las explotaciones al manejo extensivo son, en ocasiones, costosa, pero rápidamente compensadas tanto desde el punto de vista económico, como desde la óptica de reducción de la penalidad de las tareas ganaderas. Las ayudas del Parque para este tipo de infraestructuras están siendo un valioso instrumento de promoción de la ganadería extensiva y de la correcta utilización del espacio pastoral.

La sostenibilidad económica puede asegurarse si somos capaces de utilizar racionalmente los abundantes recursos pastorales del Parque mediante sistemas extensivos bien gestionados, basados en conocimientos científicos desarrollados específicamente para ellos. Como indicábamos anteriormente, no se trata de volver a sistemas arcaicos de explotación, sino de integrar conocimientos orientados a la gestión sostenible del espacio y de los rebaños.

Pese a todo, el mantenimiento de la ganadería está limitado por un importante elemento interno a las propias explotaciones; las posibilidades de sucesión. El objetivo a perseguir no es, lógicamente, mantener el número total de explotaciones existentes, pero el establecimiento de nuevas perspectivas de futuro para los jóvenes, basado en un trabajo racional, menos penoso y rentable puede crear nuevas expectativas de sucesión en las explotaciones con posibilidades reales de sucesión.

En estos momentos, la Asociación de Ganaderos conjuntamente con la Cooperativa SCLAS, han impulsado la creación de una “Comunidad de Productores de Carne Extensiva”, que sirve como instrumento para la valorización de los productos obtenidos en condiciones “diferenciadas” de producción. El objetivo no es, lógicamente, llegar a los grandes mercados, pero la creciente actividad turística de la zona permite prever un nicho de consumo capaz de absorber las producciones esperables y de crear una demanda vinculada al territorio y a la imagen de Espacio Natural. En sus primeros años de vida, los productos de Guara ya se encuentran en el mercado y, paulatinamente, van alcanzando una reputación local e inclusive en mercados más alejados.

Los propios ganaderos han sido prudentes: los productos están controlados por un exigente pliego técnico e inclusive limitan, en algunos casos, las producciones a nivel de explotación; en el caso del porcino se establece anualmente un cupo de 400 animales cebados.

Las unidades comercializadas son muy pocas, tanto si consideramos el censo total del Parque como el de las explotaciones que se han integrado en la Comunidad, pero ejercen un importante papel “moralizador” e “ilusionador” en los productores, de difícil cuantificación, pero evidente. La comercialización local está generando una nueva dinámica de relación entre el productor, el operador y el consumidor que, si bien no puede alcanzar ni a la totalidad de los ganaderos ni a la producción íntegra del Parque, si es capaz de mostrar que existen otras alternativas a las tradicionalmente utilizadas.

Indudablemente, el desarrollo y generalización de las experiencias que aquí hemos expuesto no darán respuesta total a la problemática actual de la ganadería, pero, estamos convencidos, pueden suponer un instrumento para dinamizar el sector ganadero del Parque e, inclusive, para empezar a crear una vinculación entre el turismo y la gestión ganadera del territorio a través de unos productos que puedan “fidelizar” a los consumidores que visiten el Parque o sean capaces de asociar su figura a una calidad específica y diferenciada.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los resultados que se presentan corresponden, en su mayoría, a proyectos de investigación desarrollados por el Grupo de Excelencia de Investigación en Sistemas Agro-silvo-pastorales Sostenibles y por el Grupo Emergente “Alimentación y Genética Molecular aplicada a la calidad y seguridad de los productos agroalimentarios en rumiantes” del Gobierno de Aragón y financiados por el INIA-FEDER (INIA RTA 2002-086; INIA RTA2005-234; INIA TRT2006-043) y el Departamento de Agricultura y Alimentación-FEADER (Proyectos de demostración. Actividades de información y formación profesional previstas en el marco del Programa de Desarrollo Rural para Aragón 2007-2013).

A la Dirección del Parque Natural, a la Asociación de Ganaderos de la Sierra y Cañones de Guara y a SCLAS por la colaboración prestada para el desarrollo de estos trabajos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ-RODRÍGUEZ, J.; RIPOLL, G.; BERNUÉS, A.; RUIZ, R.; SANZ, A.; VILLALBA, D., 2006. Growth curve of Pyrenean meadows and comparison of different stocking rates in spring. En: *British Grassland Society, 8<sup>th</sup> Research Conference*. Cirencester, Reino Unido.
- AMEEN, F.; MANRIQUE, E.; OLAIZOLA, A.M., 2009. Evaluación de la sostenibilidad económica de los sistemas ovinos del Parque Natural "Sierra de Guara". En: *XIII Jornadas sobre Producción Animal A.I.D.A.*, **2**, 382-384. Ed. M. JOY, J.H. CALVO, C. CALVETE, M. A. LATORRE, I. CASASÚS, A. BERNUÉS, A. SANZ, J. BALCELLS. A.I.D.A. Zaragoza.
- ASENSIO, M. A.; CASASÚS, I., 2004. *Estudio del aprovechamiento ganadero del Parque de la Sierra y los Cañones de Guara (Huesca) mediante un Sistema de Información Geográfica*. Ed. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Serie Investigación (Vol. 45), 87 pp. Zaragoza.
- ASENSIO, M.; RIEDEL, J. L.; SANZ, A.; REVILLA, R.; BERNUÉS, A.; CASASÚS, I., 2004. Estudio de la utilización ganadera del Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara (Huesca) mediante un Sistema de Información Geográfica. 1. Aprovechamiento real. En: *Pastos y Ganadería Extensiva*, 697-702. Ed. B. GARCÍA, A. GARCÍA, B. VÁZQUEZ DE ALDANA, I. ZABALGOGEAZCOA. IRNA-CSIC. Salamanca.
- BERNUÉS, A.; RIEDEL, J. L.; ASENSIO, M. A.; BLANCO, M.; SANZ, A.; REVILLA, R.; CASASÚS, I., 2005. An integrated approach to studying the role of grazing livestock systems in the conservation of rangelands in a protected natural park (Sierra de Guara, Spain). *Livestock Production Science*, **96**, 75-85.
- BOKDAM, J.; WALLIS DE VRIES, M., 1992. Forage quality as a limiting factor for cattle grazing in isolated Dutch nature reserves. *Conservation Biology*, **6**, 399-408.
- BRU, J., 1998. "Las ciencias sociales ante la problemática medioambiental: reflexiones desde una vivencia de la geografía humana". *Mientras Tanto*, **34**, 103-110.
- CARRASCO, S.; RIPOLL, G.; SANZ, A.; ÁLVAREZ, J.; PANEA, B.; REVILLA, R.; JOY, M., 2009. Effect of feeding system on growth and carcass characteristics of Churra Tensina light lambs. *Livestock Science*, **121**, 56-63.
- CASASÚS, I.; BLANCO, M.; ALBERTÍ, P.; RIPOLL, G.; DELGADO, I.; PANEA, B.; FERRER, J.; JOY, M.; REVILLA, R.; CONGOST, S., 2007. Alternativas de cebo de terneros en praderas de alfalfa. *Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura y Alimentación*, **186**, 8pp. Gobierno de Aragón.
- CASASÚS, I.; BERNUÉS, A.; SANZ, A.; VILLALBA, D.; RIEDEL, J. L.; REVILLA, R., 2007. Vegetation dynamics in Mediterranean forest pastures as affected by grazing suckler cows. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **121**, 365-370.
- CASASÚS, I.; BLANCO, M.; ÁLVAREZ-RODRÍGUEZ, J.; SANZ, A.; REVILLA, R., 2009 a. Efecto de la simplificación del manejo alimenticio en vacas secas. En: *XIII Jornadas sobre Producción Animal A.I.D.A.*, **1**, 427-429. Ed. M. JOY, J. H. CALVO, C. CALVETE, M. A. LATORRE, I. CASASÚS, A. BERNUÉS, A. SANZ, J. BALCELLS. A.I.D.A. Zaragoza.
- CASASÚS, I.; BLANCO, M.; OREA, M.; REVILLA, R., 2009b. Aprovechamiento de pastos forestales de montaña mediterránea por vacas de cría: Pautas de actividad y selección de la dieta. *Actas de la XLVIII Reunión Científica de la SEEP*. Huesca.
- CASASÚS, I.; CHEVROLLIER, M.; RIEDEL, J.L.; VAN DER ZIJP, A.; BERNUÉS, A., 2008. Adaptación de los sistemas de explotación ovina a la disponibilidad de recursos: casos de estudio. En: *Pastos, clave en la gestión de los territorios: Integrando disciplinas*, 421-427.

- Ed. P. FERNÁNDEZ-REBOLLO, A. GÓMEZ-CABRERA, J. E. GUERRERO, A. GARRIDO, C. CALZADO, A. GARCÍA-MORENO, M. D. CARBONERO, A. BLÁZQUEZ, S. ESCUÍN, S. CASTILLO. Junta de Andalucía. Córdoba.
- CASASÚS, I.; SAN JUAN, L.; BERGUA, A.; REVILLA, R., 1994. „La oveja Churra Tensina: Caracterización productiva y reproductiva. *Jornadas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y caprinotecnia*, 401-408. Burgos.
- CLARK, P. E.; KRUEGER, W. C.; BRYANT, L. D.; THOMAS, D. R., 1998. Spring defoliation effects on bluebunch wheatgrass: I. Winter forage quality. *Journal of Range Management*, **51**, 519-525.
- CONGOST, S.; ABAD, F.; ALBIOL, A.; LOZANO, S., 2006. Control de producciones ovino 2004-2005. Reflexiones sobre la evolución de los sistemas de producción de ovino de carne. *Informaciones Técnicas del departamento de Agricultura y Alimentación*, **171**, 8 pp. Gobierno de Aragón.
- GARCÍA AZCÁRATE, T., 2009: Apuntes sobre la política agraria de la próxima década. *Mediterráneo Económico*, **15**, 347-370.
- GOLD, M.V., 1999. *Sustainable Agriculture: Definitions and Terms*. Alternative Farming Systems Information Center. [http://www.nal.usda.gov/afsic/AFSIC\\_pubs/srb9902.htm](http://www.nal.usda.gov/afsic/AFSIC_pubs/srb9902.htm).
- INIESTA, P., 2001. Parques Nacionales: Crónica bibliográfica de sus regimenes jurídicos. *Observatorio Medioambiental*, **4**, 407-414.
- JOY, M.; CONGOST, S.; DELFA, R.; ALVAREZ, J.; SANZ, A., 2007. Diversificación de las producciones ovinas: Utilización de praderas en el cebo de corderos. *Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura y Alimentación*, **175**, 8 pp. Gobierno de Aragón.
- LATORRE, M.A.; IGUACEL, F.; SANJOAQUIN, L.; CHAPULLÉ, J.L.G.; RIPOLL, G.; REVILLA, R., 2007. Influencia del cruzamiento sobre la calidad de la canal y de la carne de cerdos blancos cebados en extensivo. *ITEA (Vol. Extra)*, **28**, 687-689.
- LATORRE, M.A.; IGUACEL, F.; SANJOAQUIN, L.; REVILLA, R., 2009. Effect of sire breed on carcass characteristics and meat and fat quality of heavy pigs reared outdoor and entended for dry-cured meat production. *Animal*, **3**, 461-467.
- MARM, 2009. Ministerio del Medio Ambiente y Rural y Marino. [www.marm.es](http://www.marm.es).
- O'CONNELL, L.P.F., 1992. Sustainable Agriculture, a Valid Alternative. *Outlook on Agricultura*, **21 (1)**, 6.
- PARDOS, L; FANTOVA, E., 2009. Evolución de la rentabilidad económica en explotaciones de ovino de carne en Aragón. *Albítar*, **123**, 26-28.
- REVILLA, R., 2002. Producción Ganadera Sostenible. *ITEA (Vol. Extra)*, **23**, 133-146.
- RIEDEL, J. L., 2004. *Interacciones entre el ganado y la vegetación en los pastos del Parque de la Sierra y Cañones de Guara. Implicaciones para la gestión de este espacio natural protegido*. Tesis Master of Science, 183 pp. IAMZ-CIHEAM, Zaragoza.
- RIEDEL, J.L., 2007. *Bases para la gestión sostenible del Parque de la Sierra y Cañones de Guara: interacciones entre la ganadería y la dinámica de la vegetación*. Tesis Doctoral, 239 pp. Universidad de Zaragoza.
- RIEDEL, J.L.; CASASÚS, I.; BERNUÉS, A., 2007. Sheep farming intensification and utilization of natural resources in a Mediterranean pastoral agro-ecosystem. *Livestock Science*, **111**, 153-163.



SANZ, A.; CASCAROSA, L.; ÁLVAREZ-RODRÍGUEZ, J.; RIPOLL, G.; CARRASCO, S.; REVILLA, R.; JOY, M., 2008. Características de la canal de los tipos comerciales de cordero lechal, ternasco y pastenco en la raza Churra Tensina. *ITEA*, **104**, 42-57.

TORRANO, L., 2001. *Utilización por el ganado caprino de espacios forestales invadidos por el matorral y su impacto sobre la vegetación del sotobosque*. Tesis Doctoral, 220 pp. Universidad de Zaragoza.

TORRANO, L.; VALDERRÁBANO, J. 2005. Grazing ability of European black pine understorey vegetation by goats. *Small Ruminant Research*, **58**, 253-263.

UCS (UNION OF CONCERNED SCIENTISTS). WWW. ucsusa.org.

SAREP (SUSTAINABLE AGRICULTURE RESEARCH AND EDUCATION PROGRAM), 1997. "What is Sustainable Agriculture?". University of California. [http:// www.sarep.ucdavis.edu/concept.htm](http://www.sarep.ucdavis.edu/concept.htm).

## SUMMARY

### **PROTECTED NATURAL AREAS: A FRAME FOR THE DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE LIVESTOCK SYSTEMS?**

Since the first National Parks were created in Spain, the policy of nature protection has experienced great changes from both a quantitative and a qualitative point of view. More than 25% of the Spanish territory is actually protected under the Natura 2000 Network, and the term of protection has changed from a static concept towards a wider one, in which socio-economic aspects and sustainable development are included.

In the current paper, several notions related to sustainable development and its application to livestock production systems are discussed, analyzing how they can be implemented in Protected Natural Areas, based on the experience gained in Sierra de Guara Natural Park (Huesca, Spain). The main results of research programs carried out in the Park are presented, focused in the characterization of livestock farming systems, the study of the effects of grazing on vegetation, and a spatial analysis of pasture use in the Park area. Based on this information, development programs have been established and their future perspectives are discussed, keeping in mind that "grazing" may be the differentiating factor of livestock production in the Park.

**Key words:** protected natural areas, livestock, sustainable development, management alternatives, Sierra de Guara Natural Park.

## EFFECTO DE LA DISPOSICIÓN ESPACIAL DEL ARBOLADO SOBRE LOS PASTOS HERBÁCEOS EN UNA DEHESA TOLEDANA: PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA

C. LÓPEZ-CARRASCO<sup>1</sup>, S. ROIG<sup>2</sup>

<sup>1</sup>C.I.A. "Dehesón del Encinar". 45560 Oropesa. Toledo. (J.C. Castilla-La Mancha). <sup>2</sup>Centro de Investigación Forestal INIA. Ctra La Coruña km 7,5 28040 Madrid. [clcarrasco@local.jccm.es](mailto:clcarrasco@local.jccm.es)

### RESUMEN

En una típica dehesa del Centro Peninsular, se ha realizado un experimento para conocer el efecto del arbolado sobre la producción de pastos herbáceos bajo la copa. El trabajo analiza la variación de la producción de materia seca de los pastos herbáceos según la influencia de la posición del arbolado en la ladera (zonas altas, media y bajas), la distancia al tronco (a mitad de radio y en el borde de la copa) y la orientación (Norte, Sur, Este y Oeste). Bajo condiciones de abundantes lluvias, y durante la primavera, la producción media bajo las copas fue superior en las zonas bajas y con pendiente suave (<1,5%) frente a las zonas altas y con pendiente elevada (5%). Dentro el árbol, la distancia al tronco afectó a la producción herbácea, siendo superior en el borde de la copa, patrón que se repitió en las diferentes posiciones de los árboles en la ladera. La orientación bajo la copa no tuvo influencia sobre la producción herbácea.

**Palabras Clave:** interacción árbol-pasto, encina, Castilla-La Mancha.

### INTRODUCCIÓN

Desde 2007 se está desarrollando el proyecto SUM2006-00034-CO2: *El sistema agroforestal dehesa como sumidero de carbono: hacia un modelo conjunto de la vegetación y el suelo*. (<http://dehesa.system.csink.googlepages.com>); uno de sus objetivos es la modelización de las distintas producciones de la dehesa, entre otras, la producción de pastos herbáceos.

En la zona de estudio, que es una dehesa representativa del centro de España, se han venido desarrollando, desde 1987, diferentes trabajos relacionados con la producción y calidad de sus pastos herbáceos, centrados en las zonas abiertas, fuera de la influencia de las encinas; sin embargo, se ha prestado poca atención al efecto del arbolado sobre las características productivas de los pastos herbáceos. La interacción árbol-pasto ha sido objeto de estudio en numerosos sistemas bajo diferentes puntos de vista. A través de la creación de un microclima favorable bajo su copa y la mayor



fertilidad por el aporte de hojarasca (Escudero *et al.*, 1983) y extracción de nutrientes de capas más profundas, entre otros efectos (González-Bernáldez *et al.*, 1969), el árbol tiene un efecto positivo sobre la producción y calidad de pastos herbáceos (Pérez-Corona *et al.*, 1995). Este efecto es especialmente notable en condiciones de semiaridez y zonas de baja fertilidad (Gea-Izquierdo *et al.*, 2009a), pero existen numerosos factores que pueden determinar cambios en la interacción árbol-pasto, tales como el tamaño y edad del árbol (Ludwig *et al.*, 2004), la densidad del arbolado, el uso del suelo (Moreno *et al.*, 2007), etc. Dentro de la escasa bibliografía existente, los trabajos suelen ser a pequeña escala, centrados en un área más o menos uniforme y sobre pocos árboles. En este trabajo nos preguntamos si el efecto del arbolado sobre la producción de pastos herbáceos bajo su copa se mantiene en condiciones de diferente productividad y a diferentes escalas espaciales.

Se presentan ahora los resultados preliminares correspondientes a la primavera de 2008.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el CIA “Dehesón del Encinar”, localizado en Oropesa, Toledo, durante la primavera de 2008, en una dehesa de encinas con densidad baja de arbolado (17 pies/ha) y pendientes suaves. El clima es continental mediterráneo, con una precipitación anual media (septiembre a agosto) en los últimos 20 años de 607,1 mm y temperatura media anual de 15,1°C. La precipitación anual en el año de estudio fue de 549 mm y la temperatura media anual de 14,9°C. El suelo es franco-arenoso, pH ácido, bajo contenido en MO, N y moderado en P (López-Carrasco *et al.*, 1999). La vegetación herbácea de la parcela, fuera de la influencia de la encina, se corresponde con pastos de anuales subnitrofilos (posíos), de la clase fitosociológica *Stellarietea mediae* y el orden *Sisymbrietalia officinalis* (San Miguel, comunicación personal), donde encontramos *Ornithopus compressus* L., *Trifolium glomeratum* L., *Trifolium ceernum* Brot., *Vulpia geniculata* (L) Link., *Holcus lanatus* L., *Thaenatherum caput-medusa* (L.) Nevski, *Echium plantagineum* L., *Spergula arvensis* L., *Crepis capillaris* (L.) Wallr, *Tolpis barbata* (L.) Gaerth y *Anthemis arvensis* L., entre las especies más abundantes. Se trata de un área que se dejó de cultivar para forraje a partir de 1993 y que se ha venido pastoreando habitualmente con ovino Talaverano o vacuno Avileño negro-ibérico hasta la actualidad.

Se consideraron en el estudio 12 encinas sin podar durante los últimos 20 años, con medias (y desviación estándar) de radio de copa de 5,5 m (0,8) y de altura de 9,2 m (1,1), situadas en distintas posiciones de ladera (cinco en zonas altas, cuatro en medias y tres en bajas), con orientación predominantemente N y NW, y que representan un amplio gradiente de disponibilidad de recursos y fertilidad. El ganado estuvo excluido de la parcela de septiembre de 2007 a mayo de 2008. Se realizó un muestreo de la producción de pasto herbáceo bajo la copa en mayo de 2008, coincidiendo con el pico de máxima producción en cada una de las encinas y se consideraron dos posiciones según la proximidad al tronco (1/2 radio o 1 radio) en las cuatro orientaciones: Norte, Sur, Este y Oeste, cortándose 8 marcos de muestreo de 50 x 50 cm de lado en cada una de las encinas. Además, fuera de la influencia de la copa se muestrearon 30 puntos más. La hierba de cada marco de muestreo se llevó al laboratorio, donde se

pesó en fresco y en seco una vez desecada a 80 °C, durante 24 horas. El efecto de la posición de la encina (zonas alta, media ladera y baja) sobre la producción de materia seca debajo de la copa, se analizó mediante un ANOVA de una vía. En función de los resultados obtenidos, se empleó un análisis factorial de tres vías considerando la posición en la ladera, la distancia al tronco y la orientación bajo la copa, así como las interacciones entre los tres factores. Se utilizó el test LSD para la comparación de las medias y el nivel de confianza fue del 95%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción media bajo la copa de las encinas varió dependiendo de su posición en la ladera ( $F_{(2,93)}=5,83$ ;  $p=0,005$ ): las situadas en las posiciones altas produjeron menos ( $151,2 \text{ g/m}^2$ ) que a media o baja ladera ( $179$  y  $214,5 \text{ g/m}^2$  respectivamente) que no difirieron entre sí. Se registró un rango de variación entre las doce encinas de  $81,5 \text{ g/m}^2$  a  $232,3 \text{ g/m}^2$ .

La media de producción en las zonas no afectadas por la copa, fue de  $254,5 \text{ g/m}^2$ , con un rango de variación entre  $160,8$  a  $373,5 \text{ g/m}^2$ , lo que nos indica que se trata de una zona con cierta fertilidad. Aunque la precipitación anual media del periodo considerado fue similar a la media de la zona (10% inferior), la precipitación primaveral fue la mayor registrada durante los últimos 20 años (Tabla 1), lo que podría explicar los altos valores medios obtenidos tanto bajo la influencia del arbolado como fuera de ésta.

**Tabla 1. Datos estación meteorológica CIA “Dehesón del Encinar”.**

	1988 – 2007	2007-2008
Precipitación anual (mm)	607,1*	549,1
Precipitación primavera (mm)	155,4*	278,6
Precipitación otoño (mm)	205,3*	160,3
Tmedia (°C)	15,1*	14,9

Valores medios del periodo

Los valores de producción de materia seca obtenidos se corresponden con los valores de Corona *et al.* (1991) para la dehesa salmantina, y de López-Carrasco *et al.* (1999) en experimentos realizados en la misma área del presente trabajo.

En las zonas altas (con exportación de agua y nutrientes, mayor incidencia del viento e insolación), las condiciones de humedad y disponibilidad de nutrientes son peores tanto para los árboles como para el pasto bajo su copa. La magnitud de la competencia entre árbol y pasto sería mayor que en las zonas bajas, lo que podría explicar, en parte, las diferencias de producción entre las posiciones en la ladera. En este sentido, Cubera y Moreno (2007) indican que “la idea ampliamente aceptada de que los árboles incrementan el contenido de agua en el suelo no sería aplicable en lugares secos”.

Según los resultados del análisis, que establecen una diferencia clara entre zonas altas y el resto, reagrupamos los datos en dos categorías de producción, la correspondiente a las zonas altas y las correspondientes a las posiciones de media y baja ladera

reagrupadas en una. Los resultados del ANOVA, considerando los factores posición en la ladera, distancia al tronco y orientación debajo de la copa, se muestran en la Tabla 2 y en la Figura 1.

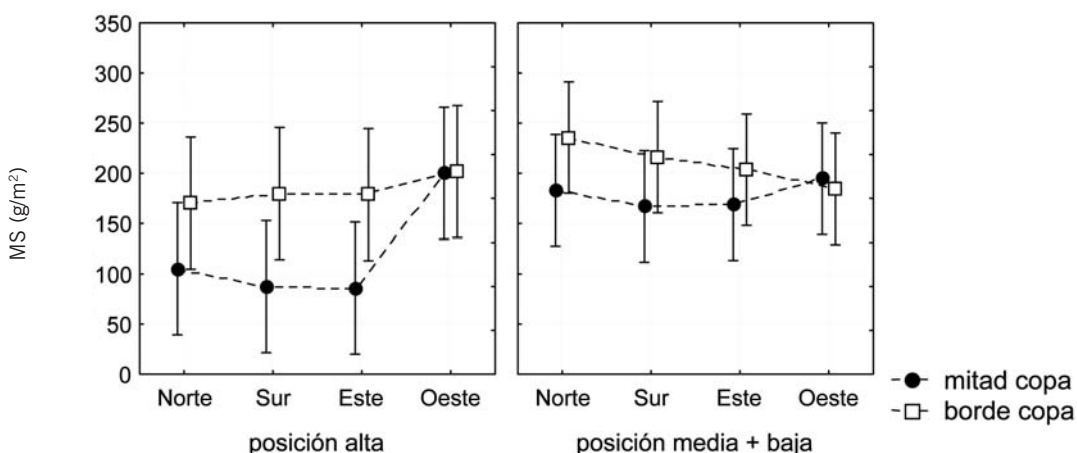
**Tabla 2. Resultados del ANOVA de tres vías para la variable producción herbácea.**

Efectos	SC	Grados de libertad	CM	F	p
Posición en la ladera	4,33E+04	1	4,33E+04	7,932	0,006*
Distancia al tronco	5,23E+04	1	5,23E+04	9,594	0,003*
Orientación bajo la copa	1,85E+04	3	6172	1,131	0,341
Distancia*orientacion	2,11E+04	3	7026	1,288	0,284
Distancia* posición	5871	1	5871	1,076	0,303
Orientacion* posición	2,41E+04	3	8034	1,473	0,228
Distancia*orientacion*posición	2362	3	787	0,144	0,933

SC: suma de cuadrados, CM: cuadrado medio.

Encontramos diferencias significativas para la posición de la encina en la ladera (alta: 151,2 g/m<sup>2</sup> y baja: 194,2 g/m<sup>2</sup>) y la distancia al tronco (0,5radio: 153,9 g/m<sup>2</sup> ; 1radio: 198,6 g/m<sup>2</sup>), pero no encontramos diferencias según la orientación de la observación debajo de la copa (Norte: 179,6 g/m<sup>2</sup>; Sur: 167,4 g/m<sup>2</sup> ; Este: 163,8 g/m<sup>2</sup> y Oeste: 194,3 g/m<sup>2</sup>), ni para las distintas interacciones entre los distintos factores analizados.

El efecto del árbol sobre la producción bajo su copa puede ser positivo, negativo o no tener efecto y esta relación puede cambiar según el tamaño, la edad o densidad del arbolado (Scholes y Archer, 1997), y a escala temporal en función de la precipitación anual. Si ésta deja de ser un factor limitante, otros entrarían en juego, como la fertilidad del suelo y la luz.



**Figura 1. Variaciones de la producción de pastos herbáceos según la posición en la ladera, la distancia al tronco y la orientación bajo la copa.**

La influencia positiva del árbol sobre distintos parámetros del suelo ha sido referida por diferentes autores. González-Bernáldez *et al.* (1969) encontraron que los valores de pH, N y la suma de cationes de cambio eran superiores en las proximidades del tronco. Obrador y Moreno (2006) encontraron mayores valores de N total, CEC,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{K}^+$  de cambio y C orgánico que disminuían con la lejanía al tronco y ningún patrón definido para el P, pH,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Na}^+$ . Estos resultados coinciden con los de Gea-Izquierdo *et al.* (2008), excepto para el pH,  $\text{Mg}^{2+}$ , cuyos valores también descendieron con la distancia al tronco. En nuestro caso, en la actualidad sólo disponemos de análisis realizados en encinas vecinas en las que no se han encontrado diferencias apreciables según la distancia al tronco (Rubio).

La posible mayor disponibilidad de nutrientes en las posiciones más cercanas al tronco, no afectó de forma positiva en nuestro caso, puesto que obtuvimos valores de producción superiores en el borde de la copa en todas las situaciones, lo que contrasta con los resultados obtenidos por Gea-Izquierdo *et al.* (2009b), en los que el año afectó en gran medida, siendo la precipitación, según estos autores, el factor más importante. La menor insolación (Moreno *et al.*, 2007) y disponibilidad de agua en las proximidades al tronco (Cubera y Moreno, 2007; Gea-Izquierdo *et al.*, 2009b) comparadas con las posiciones del borde de copa, podrían explicar nuestros resultados, en una primavera especialmente lluviosa y un suelo relativamente rico, que habría favorecido a las posiciones al borde de la copa con mayor disponibilidad de luz.

La orientación debajo de la copa no influyó en ningún caso sobre la producción herbácea. Tampoco Gea-Izquierdo *et al.* (2009b) encontraron mayor producción en las posiciones más soleadas (SW) a 0,5r de la copa en los años con precipitaciones medias; sin embargo, encontraron mayor producción media en las localizaciones al NE.

En las condiciones de estación de la dehesa, en zonas de clima continental mediterráneo como es nuestro caso, donde la regla es la variabilidad, tanto climática como edáfica, la interacción árbol-pasto sobre la producción pastable puede ser positiva o negativa en función de las condiciones meteorológicas de cada año.

## CONCLUSIONES

Considerando el carácter preliminar de los resultados, al tratarse sólo del estudio de un año y sin limitación en la disponibilidad de agua al ser una primavera muy lluviosa, la posición que ocupa la encina en el relieve influyó sobre la producción de los pastos herbáceos bajo su copa, teniendo más efecto el gradiente de fertilidad (posición en la ladera) que la interacción árbol-pasto a mayor escala espacial. Independientemente de dicha variabilidad espacial, se detectó una menor producción en las posiciones a mitad de la copa frente al borde de la copa, donde la mayor insolación podría explicar las diferencias registradas a menor escala. Las diferentes orientaciones no afectaron a la producción de pasto bajo la copa, ni en las distintas posiciones de ladera, ni en la mitad o en el borde de la copa.

## AGRADECIMIENTOS

El trabajo se enmarca dentro del proyecto SUM2006-00034-CO2: *El sistema agroforestal dehesa como sumidero de carbono: hacia un modelo conjunto de la vegetación y el suelo.*

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CORONA, E.P.; GARCÍA, L.; GARCÍA, A.; VÁZQUEZ DE ALDANA, B.; GARCÍA, B., 1991. Producción de pastizales en zonas semiáridas según un gradiente topográfico. *Actas de la XXXI Reunión Científica de la SEEP*, 304-309.
- CUBERA, E.; MORENO, G., 2007. Effect of single *Quercus ilex* trees upon spatial and seasonal changes in soil water content in dehesas of central western Spain. *Ann. For. Sci.*, **64**, 355-364.
- ESCUADERO, A.; MONTALVO, M.I.; GARCÍA CRIADO, B.; GÓMEZ GUTIERREZ, J.M., 1983. Estudio comparativo de la movilización de bioelementos por los subsistemas arbóreo y herbáceo del ecosistema de Dehesa. *Pastos*, **13(1-2)**, 9-20.
- GEA IZQUIERDO, G., 2008. *Modelos silvopascícolas en sistemas adehesados del Oeste de la Península Ibérica*. Tesis doctoral. ETSI Montes. UPM.
- GEA-IZQUIERDO, G.; ALLEN-DÍAZ, B.; SAN MIGUEL, A.; CAÑELLAS, I., 2009a. Tree influence upon mediterranean annual grassland nutrient variability. *Agroforestry Systems*. En revisión.
- GEA-IZQUIERDO, G.; MONTERO, G.; CAÑELLAS, I., 2009b. Changes in limiting resources determine spatio-temporal variability in tree-grass interactions. *Agroforestry Systems* (aceptado).
- GONZÁLEZ-BERNÁLDEZ, F.; MOREY, M.; VELASCO, F., 1969. Efectos de la encina sobre el pasto. *Rev. R. Soc. Española Hist. Nat. (Biol.)*, **67**, 265-284.
- 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.
- LUDWIG, F.; DE KROON, H.; BERENDSE, F.; PRINS, H.H.T., 2004. The influence of savanna trees on nutrient, water and light availability and the understory vegetation. *Plant Ecology*, **170 (1)**, 93-104.
- MORENO, G.; OBRADOR, J. J.; GARCÍA, E.; CUBERA, E.; PULIDO, F.; DUPRAZ, C., 2007. Driving competitive and facilitative interactions in oak dehesas through management practices. *Agroforest Syst.* **70**, 25-40.
- OBRADOR, J. J.; MORENO, G., 2006. Soil nutrients status and forage yield at varying distances from trees in four dehesas in Extremadura, Spain. En: *Silvopastoralism and Sustainable land management*, 278-280. Ed. M.R. MOSQUERA-LOSADA, J. McADAM, A. RIGUEIRO-RODRÍGUEZ. CABI Publishing. Oxfordshire. UK.
- PÉREZ-CORONA, M.E.; GARCÍA-CIUDAD, A.; GARCÍA-CRIADO, B.; VÁZQUEZ-ALDANA, B., 1995. Patterns of aboveground herbage production and nutritional quality structure on semiarid grasslands. *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.*, **26**, 1323-1341.
- SCHOLES, R.J.; ARCHER, S.R., 1997. Tree-grass interactions in savannas. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, **28**, 517-544.
- VÁZQUEZ DE ALDANA, B.; GARCÍA CIUDAD, A.; GARCÍA CRIADO, B., 2006. Biomass production and protein content of semiarid grassland in western Spain over a 20 years period. *Grassland Science in Europe*, **11**, 547-549.

## SUMMARY

### **EFFECT OF TREE SPATIAL DISTRIBUTION ON HERBACEOUS PASTURES IN A DEHESA IN TOLEDO (SPAIN): DRY MATTER PRODUCTION.**

The study has been developed in a typical dehesa of Central Spain with the objective of increasing the knowledge about the effect of the tree on herbaceous pasture production under the canopy. We analyze the variation of pasture yield depending on three factors: tree position at the slope (high, medium or low sites), trunk distance (samples located at the canopy edge or at half-canopy radius) and aspect (north, south, east and west). Bearing in mind the influence of a rainy spring, dry matter production under the canopy was larger in low and smooth slope (<1,5%) sites than uplands zones (5%). Distance to the trunk influences herbaceous pasture production under the canopy; at any aspect, dry matter production at the canopy edge is higher than pasture production at medium distances. Aspect had no influence on production under tree canopy.

**Key words:** tree-grass interactions, holm oak, Castilla-La Mancha.



## INFLUENCIA DEL MATORRAL Y EL ARBOLADO EN LA CALIDAD DEL PASTO EN LA DEHESA

M.L. LÓPEZ-DÍAZ, G. MORENO, V. ROLO

I.T. Forestal, Centro Universitario de Plasencia, C.P. 10600, Plasencia (Cáceres)  
lurdesld@unex.es

### RESUMEN

Aunque la dehesa ha sido calificada en cuantiosas ocasiones veces como sistema de gestión sostenible, en los últimos años numerosos estudios han puesto de manifiesto que esto podría no ser así bajo las pautas actuales de manejo. La ausencia de regeneración natural y la seca de la encina son algunos de los problemas más reconocidos. Diversos trabajos han puesto de manifiesto que el matorral puede jugar un papel positivo en la restauración/conservación de la calidad del suelo, la biodiversidad y, de forma muy significativa, en la regeneración del arbolado. Pero, por otro lado, el matorral introduce un factor de competencia para el arbolado y las herbáceas de la dehesa, que podría afectar negativamente a la productividad de ambos estratos vegetales. El objetivo de este ensayo es analizar las implicaciones que tiene la presencia de matorral en la dehesa en la calidad del pasto herbáceo estudiando, de manera comparativa, parcelas adyacentes de dehesas con y sin presencia de un estrato arbustivo, en concreto, jara y retama. La presencia de arbolado incrementó la calidad del pasto bajo su copa. El efecto del matorral sobre la disponibilidad de N y K dependió de la especie arbustiva considerada.

**Palabras clave:** *Cistus ladanifer*, *Retama sphaerocarpa*, proteína bruta, potasio, forraje.

### INTRODUCCIÓN

La dehesa es considerada como uno de los mejores ejemplos de gestión extensiva y sostenible de los recursos naturales en Europa (Plieninger *et al.*, 2004). Sin embargo, en las últimas décadas la dehesa ha experimentado importantes cambios en su manejo y numerosas voces han cuestionado la supuesta sostenibilidad del sistema, al menos con las pautas actuales de manejo (Plieninger *et al.*, 2003). Actualmente, la mayoría de las dehesas presentan un arbolado envejecido en las que desde hace como mínimo algunas décadas la instalación de pies procedentes de semilla no compensa la mortalidad natural o inducida (Pulido y Díaz, 2005). La dehesa ha sido tradicionalmente un sistema muy diverso en el que, además de los pastos naturales y cultivos periódicos, han existido manchas de monte y zonas de arbolado claro con matorral. Existen cada vez más evidencias científicas y técnicas del papel positivo que puede jugar el matorral (sometido a una gestión controlada y ordenada) en el funcionamiento de muchos sistemas silvopastorales, entre ellos la dehesa, en la regeneración natural del



arbolado (Pulido y Díaz, 2005). Los mecanismos que explican este efecto facilitador del matorral tienen que ver con la atenuación del estrés hídrico y/o la protección frente a herbívoros experimentada por las plántulas que se establecen bajo matorral (García *et al.*, 2000). Este conjunto de consideraciones han contribuido a que cada vez más se considere a la matorralización como un estadio más del manejo sostenible de la dehesa. Esto implica mantener parcelas con diferente grado de intensidad de pastoreo (incluso exclusión total) dentro de cada dehesa, y en el marco de un plan programado de rotaciones (Plieninger *et al.*, 2003). Sin embargo, la matorralización de la dehesa puede tener consecuencias en el funcionamiento y productividad de la dehesa, aspectos aún muy insuficientemente conocidos.

El uso del suelo en la dehesa, al igual que en otros sistemas agroforestales, se lleva a cabo con la finalidad de optimizar el uso espacio-temporal de los recursos, maximizando las interacciones positivas (facilitación) y minimizando las negativas (competencia) entre los diversos componentes del sistema, de forma que una combinación adecuada de árboles, matorral y herbáceas es crucial para optimizar la productividad del mismo (Jose *et al.*, 2004). Es necesario, por tanto, conocer el efecto de las interacciones de los diferentes estratos de vegetación (García-Barrios y Ong, 2004). Sin embargo, apenas se ha abordado la naturaleza de las interacciones árbol-matorral y matorral-pasto. Algunos estudios realizados en la cuenca mediterránea han puesto de manifiesto cómo algunos matorrales pueden afectar al suelo y a las herbáceas de forma similar a la ejercida por el arbolado de la dehesa (Moro *et al.*, 1997). Cabe, por tanto, esperar que el matorral en la dehesa pueda también ejercer un papel positivo para la fertilidad del suelo y, de este modo, para el funcionamiento sostenible del sistema.

El objetivo de este ensayo es estudiar los efectos de la presencia del arbolado y de dos tipos de matorral, jara y retama, en la calidad del pasto herbáceo, en concreto, en los contenidos de N y K.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en varias dehesas del norte de Cáceres. En febrero de 2007, se instalaron 216 jaulas de exclusión al pastoreo de 1x1 m. Las jaulas se instalaron en seis fincas, tres con presencia de jara (*Cistus ladanifer* L.) y tres con presencia de retama (*Retama sphaerocarpa* L.). Las fincas de jara presentaban diferentes edades del matorral, siendo la finca 1 la de menor edad y, por tanto, la de mayor densidad de jara (100%), mientras que en la finca 3 las jaras presentaban una mayor edad pero menor densidad (50%). En cada una de las tres fincas de jaras, se instalaron jaulas en el entorno de 12 árboles, seis sin presencia de matorral y seis con jara. En cada caso, se instaló una jaula bajo el árbol, otra en la periferia y otra lejos de la copa del árbol (control). El diseño para las fincas con retama varió, debido a que las retamas nunca se encontraban bajo las copas de los árboles, sino en los espacios intermedios. En cada finca con retama, se instalaron jaulas alrededor de ocho árboles, localizando las jaulas en posiciones diferentes en cada árbol: bajo la copa, en la periferia del árbol y fuera de la zona de proyección de copa (control), en los tres casos sin retama, y una cuarta también fuera de la proyección de copa, pero entre retamas. En cada una de las jaulas se cosechó el pasto en mayo de 2007. Posteriormente, las muestras de pasto se secaron (60°, 48 h), pesaron y molieron. Finalmente, se determinó su contenido en proteína bruta (PB) y potasio (K). La concentración de PB del pasto se calculó multiplicando

la de nitrógeno por 6,25, por considerar que el contenido de este último en los aminoácidos es del 16% (Castro *et al.*, 1990). El contenido de nitrógeno de las muestras de pasto se determinó mediante el método Kjeldahl. La cantidad de N y K extraído se obtuvo multiplicando la concentración en pasto por la producción de forraje obtenida. La concentración de K en pasto se obtuvo mediante fometría de llama realizada tras una digestión Kjeldahl. Todos los datos se analizaron estadísticamente mediante ANOVAs, empleando el paquete estadístico Statistica 6.0. Para el análisis del efecto del arbolado en el pasto, se realizaron ANOVAs factoriales de 2 vías, con finca y distancia al árbol variables independientes. Para el análisis del efecto de la jara en el pasto, se realizaron ANOVAs factoriales de 3 vías, con finca, sistemas (con y sin matorral) y distancia al árbol como variables independientes. Finalmente, para el análisis del efecto de la retama en la calidad del forraje, se realizaron ANOVAs factoriales de 2 vías, con finca y sistema como variables independientes. Cuando el resultado era significativo ( $p < 0,05$ ) se realizó la comparación posterior de medias mediante el test LSD.

## RESULTADOS

La cantidad de PB y K del pasto variaron significativamente ( $F_{2-108} = 7,7$ ;  $p = 0,001$ ;  $F_{2-108} = 15,8$ ;  $p < 0,001$ , respectivamente) según su posición respecto al arbolado.

En la Tabla 1 se puede observar como se produjo una disminución en el contenido de ambos nutrientes según nos alejamos del árbol, con unos contenidos medios de 8,4% y 4,2% bajo copa, y 8,1 y 3,6% en periferia, respectivamente, valores significativamente mayores a los obtenidos en la posición “lejos” cuyo contenido medio fue del 7,2 y 3,1%. En cambio, no se observaron diferencias significativas en las cantidades de estos dos nutrientes extraídas con el pasto.

**Tabla 1. Contenido de proteína bruta (PB, %) y potasio (K, %) y extracción de N (Next, kg ha<sup>-1</sup>) y potasio (Kext, kg ha<sup>-1</sup>) en pasto respecto a la posición del arbolado.**

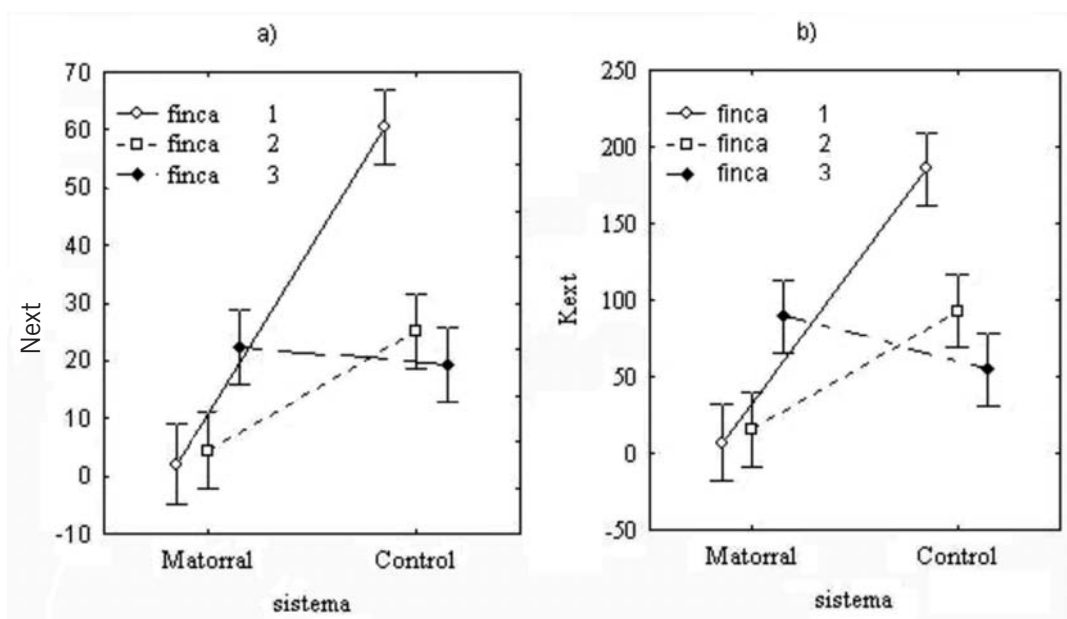
	Bajo	Periferia	Lejos
PB	8,4a	8,1a	7,2b
K	4,2a	3,6a	3,1b
Next	26,5	29,5	31,2
Kext	86,5	82,8	87,2

Los contenidos de PB y K no se vieron afectados por la presencia de retama, como se puede observar en la Tabla 2. Sin embargo, la extracción de ambos nutrientes con el pasto fue significativamente superior ( $F_{2-42} = 16,6$ ,  $p < 0,001$ ;  $F_{2-42} = 16,0$ ,  $p < 0,001$ , respectivamente) en presencia de este matorral (49,4 y 111,2 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente) respecto a las zonas control (27,6 y 70 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Los contenidos de PB y K presentes en el pasto en zonas de jara, fueron independientes de la presencia (7,3 y 2,9%) o no (6,6 y 2,5%, respectivamente) de este matorral. En cambio, si se observaron diferencias significativas en cuanto a la extracción total de estos elementos realizada por el pasto, como se puede observar en la Figura 1. En ambos casos, el efecto de la jara varió según la finca considerada. Así, en las fincas con menor edad de

**Tabla 2. Contenido de proteína bruta (PB, %) y potasio (K, %) en pasto y extracción de N (Next, kg ha<sup>-1</sup>) y potasio (Kext, kg ha<sup>-1</sup>) en pasto en zonas con presencia de retama.**

	Control	Retama
PB	6,6	7,3
K	2,5	2,9
Next	27,6 b	49,4 a
Kext	70,0 b	111,2 a

la jara (finca 1 y 2), la cantidad de N y K extraída en el pasto fue menor a la observada en las zonas sin presencia de matorral. En cambio, la disponibilidad de nutrientes para los animales en la finca con matorral de mayor edad (finca 3), era independiente a la



**Figura 1. Cantidades de (a) N (Next, kg ha<sup>-1</sup>) y (b) K (Kext, kg ha<sup>-1</sup>) extraídas con el pasto en zonas con presencia de jara.**

presencia de jara.

## DISCUSIÓN

Los rangos de PB obtenidos en este ensayo (6,6-8,4%) se encuentran cercanos al límite inferior respecto a los intervalos observados por otros autores en pastos de dehesa (García Ciudad *et al.*, 1997; Gea-Izquierdo, 2008). Esto puede ser debido a que, en nuestro caso, se trata de pastos naturales, que suelen ser de menor calidad que los cultivados. Además, el corte primaveral se realizó al final de la primavera, cuando ya un número elevado de especies se encontraba en fase de espigado, en la que se produce un descenso en el contenido de nutrientes respecto a la fase vegeta-

tiva (Muslera y Ratera, 1991). Los valores detectados de K en pasto (2,5-4,2%) son similares o incluso superiores a los detectados por otros autores en dehesa (García Ciudad *et al.*, 1997; Gea-Izquierdo, 2008), ya que las fincas consideradas para los muestreos se encuentran en zonas en las que no suele haber deficiencia de K, aunque sí de N y P, lo cual es habitual en suelos de dehesa (Olea *et al.*, 2002). El contenido de PB y K en el pasto se incrementó en las zonas próximas al árbol (bajo arbolado), reduciéndose dichos valores a medida que nos alejábamos de las encinas, lo que coincide con Gallardo (2003). Esto puede ser debido a que debajo de la copa la fertilidad es mayor, ya que el árbol actúa como una bomba de nutrientes de las capas profundas del suelo hacia la superficie (Moreno *et al.*, 2005), aunque también podría ser consecuencia del microclima que se produce bajo la copa, que provoca una atenuación de las temperaturas extremas y, por tanto, un retraso en la madurez fenológica de las plantas, retrasando con ello la reducción en la calidad nutritiva que acompaña a la madurez (Muslera y Ratera, 1991). Sin embargo, no se observaron diferencias en las extracciones de ambos nutrientes respecto a los árboles, con lo que la disponibilidad de nutrientes para el ganado sería independiente a la posición del arbolado. La presencia de retama produjo un incremento de la calidad del pasto, aunque no de forma significativa. Sin embargo, sí se observó un incremento significativo en la cantidad de nutrientes disponibles para el ganado o, lo que es lo mismo, en las cantidades totales extraídas de estos nutrientes en el pasto. En concreto, con la presencia de retama se consiguieron incrementos del 79% de N y 59% de K disponibles para el ganado. Estos resultados están en concordancia con los descritos por Moro *et al.* (1997), quién mostró la retama como una especie de matorral favorecedora de las condiciones físico-químicas del suelo y facilitadoras de las plantas acompañantes, contribuyendo al incremento de la producción de las herbáceas. La concentración de N y K en el pasto no se vio afectado por la presencia de jara. Sin embargo, la jara produjo una reducción en la extracción total de nutrientes en las fincas con menor edad (fincas 1 y 2), debido a su elevada cobertura (cercana al 100%), lo que provocó una reducción en la radiación disponible para el estrato herbáceo y, por tanto, en la producción del pasto. El potencial competitivo de la jara se vio claramente atenuado con la edad de la misma. El envejecimiento de la jara produce una mayor apertura del estrato arbustivo, y la progresiva instalación de un denso estrato herbáceo. Así, en las fincas con jara, según avanzaba la edad de la misma, disminuyó la densidad del jaral y, por tanto, su competencia con el estrato herbáceo. Además, diversos autores han mostrado el efecto alelopático de las jaras (Chaves-Lobón *et al.*, 2002), que también podrían afectar a la producción de pasto. Por último, el sistema radicular tan somero que presentan los pastos naturales de la dehesa (Moreno *et al.*, 2005) provoca un fuerte solapamiento en los primeros centímetros del suelo con el sistema radicular de la jara (Silva *et al.*, 2002), lo que implica una elevada competencia por los recursos edáficos (nutrientes y agua), traduciéndose en una disminución neta de la productividad de pasto respecto al control.

## CONCLUSIONES

La presencia de arbolado incrementó la calidad del pasto bajo su copa. En cuanto al matorral, el efecto facilitador de la retama es mayor que su potencial competidor respecto a los pastos, mientras que la jara redujo la disponibilidad de nutrientes en la dehesa en sus primeras edades.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTRO, P.; GONZÁLEZ, A.; PRADA, D., 1990. Determinación simultánea de nitrógeno y fósforo en muestras de pradera. *Actas XXX Reunión científica de la SEEP*, 200-207.
- CHAVES LOBÓN, N., ALIAS GALLEGO, J.C.; SOSA DÍAZ, T.; ESCUDERO GARCÍA, J.C., 2002. Allelopathic potential of *Cistus ladanifer* chemicals in response to variations of light and temperature. *Chemoecology*, **12**, 139-145.
- GALLARDO A., 2003. Effect of tree canopy on the spatial distribution of soil nutrients in a Mediterranean dehesa. *Pedobiol.*, **47 (2)**, 117-125.
- GARCÍA, D.; ZAMORA, R.; HÓDAR, J.A.; GÓMEZ, J.M.; CASTRO, J., 2000. Yew (*Taxus baccata* L.) regeneration is facilitated by fleshy-fruited shrubs in Mediterranean environments. *Biological Conservation*, **95**, 31-38.
- GARCÍA-BARRIOS, L.; ONG, C.K., 2004. Ecological interactions in simultaneous agroforestry systems in the tropics: management lessons, design tools and research needs. *Agroforest Syst.*, **61**, 221-236.
- GARCIA-CIUDAD, A.; RUANO-RAMOS, A.; VAZQUEZ DE ALDANA, B.R.; GARCIA-CRIADO, B., 1997. Interannual variations of nutrient concentrations in botanical fractions from extensively managed grasslands. *Animal Feed Science and Technology*, **66**, 257-269.
- GEA-IZQUIERDO, G., 2008. *Modelos silvopascícolas en sistemas adeshados del Oeste de la Península Ibérica*. Tesis Doctoral. Univ. Politécnica de Madrid.
- JOSE, S.; GILLESPIE, A.R.; PALLARDY, S.G., 2004. Interspecific interactions in temperate agroforestry. *Agroforest. Syst.*, **61**, 237-255.
- MORENO, G.; OBRADOR, J.J.; CUBERA, E.; DUPRAZ, C., 2005. Fine Root distribution in dehesas of Central-Western Spain. *Plant Soil*, **277**, 153-162.
- MORO, M.J.; PUGNAIRE, F.I.; HAASE, P.; PUIGDEFÁBREGAS, J., 1997. Effect of the canopy of *Retama sphaerocarpa* on its understorey in a semiarid environment. *Funct. Ecol.*, **11**, 425-431.
- MUSLERA-PARDO, E.; RATERA-GARCÍA, C., 1991. *Producción de forrajes*. Ed. Mundi-Prensa.
- OLEA MÁRQUEZ DE PRADO, L.; FERRERA, E.M.; COLETO MARTÍNEZ, L.; VIGUERA, F.J., 2002. Predicción del contenido de fósforo y potasio en pastos de dehesa utilizando espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano. *Actas XLII Reunión Científica de la SEEP*, 457-462.
- PLIENINGER, T.; PULIDO, F.J.; KONOLD, W., 2003. Effects of land use history on size structure of holm oak stands in Spanish dehesas: implications for conservation and restoration. *Environmental Conservation*, **30**, 61-70.
- PLIENINGER, T.; PULIDO, F.J.; SCHAACH, 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.; DÍAZ, M., 2005. Recruitment of a Mediterranean oak: a whole-cycle approach. *Ecoscience*, **12**, 99-112.
- SILVA, S.S.; REGO, F.C.; MARTINS-LOUÇAO, M.A., 2002. Belowground traits of mediterranean woody plants in a portuguese shrubland. *Ecologia mediterranea*, **28**, 5-13.

## SUMMARY

### SHRUB AND TREE INFLUENCE ON PASTURE QUALITY IN DEHESA SYSTEM

Dehesas are multipurpose open woodland, generally created from natural forest clearance, where livestock rearing, cropping, cork and firewood harvesting and hunting are combined. Nowadays, dehesa is the most widespread agroforestry system in Europe. Dehesas are considered an example of sustainable use, though several threats for their conservation have arisen in the last few decades. The failure of the tree natural regeneration is one of the most outstanding threats. Several works have pointed out the positive role that shrubby vegetation can play on the restoration/conservation of soil quality, biodiversity and tree regeneration. However, shrubs could also act competitively with trees and herbaceous plants, and then affect negatively the productivity of both strata. The aim of this Project was to analyse the consequences of dehesa encroachment on the pasture quality, comparing adjacent wooded plots with and without a shrubby layer. Pasture quality was increased underneath trees. The response of pasture to shrub presence depended on the species of shrub.

**Key words** *Cistus ladanifer*, *Retama sphaerocarpa*, crude protein, potassium, forage.



## INFLUENCIA DE NUEVOS FERTILIZANTES SOBRE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y PARÁMETROS DE CALIDAD EN PASTOS DE DEHESA DEL SO DE ESPAÑA

O. SANTAMARÍA, M.J. POBLACIONES, L. OLEA, S. RODRIGO, F.J. VIGUERA, T. GARCÍA-WHITE

*Departamento de Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal (U. de Extremadura). Escuela de Ingenierías Agrarias. Ctra. Cáceres s/n, 06071 Badajoz. osantama@unex.es*

### RESUMEN

La dehesa en el SO de España se caracteriza por un clima semiárido mediterráneo y suelos poco profundos y pobres en materia orgánica y nutrientes. Por ello, la fertilización puede mejorar la producción y calidad de los pastos allí producidos. El objetivo del trabajo consistió en evaluar el efecto de nuevos fertilizantes, en comparación con el tradicionalmente usado superfosfato de cal, sobre la producción y calidad del pasto de dehesa. El trabajo se llevó a cabo en una dehesa de Extremadura en una zona de pasto natural y en otra de pradera. Se realizaron 8 tratamientos de fertilización y las aplicaciones se hicieron en superficie en otoño. Se realizaron dos cortes, uno mediada la primavera y otro al comienzo del verano. Se determinó la producción y diversos parámetros de calidad. Se obtuvo que la producción fue mayor en el pasto natural que en pradera, al contrario que la calidad. No hubo diferencias ni en producción, ni en parámetros de calidad entre los distintos tratamientos. También se observó que en el primero de los cortes los valores de proteína fueron mayores y los de fibra menores que en el segundo. En el primer año de estudio se obtuvo mayor producción de biomasa.

**Palabras clave:** fibra, lignina, pasto natural, pradera, proteína bruta.

### INTRODUCCIÓN

La dehesa es un ecosistema en donde conviven especies herbáceas y arbóreas que contribuyen a la alimentación de animales domésticos y silvestres en régimen extensivo (Olea *et al.*, 1991). Este sistema agrosilvopastoral se extiende por todo el SO de la Península Ibérica, ocupando en ésta unos 4 millones de hectáreas de las cuales 1,3 millones están en Extremadura. Los pastos herbáceos suponen su principal aprovechamiento, y debido a la irregularidad climática de estas zonas su producción es limitada y muy variable, tanto en cantidad como en calidad. Una de las prácticas llevadas a cabo para incrementar estas producciones ha sido la fertilización; si bien, ésta es una práctica cara que sólo será recomendable cuando su aplicación implique un aumento significativo en la calidad y en la producción de biomasa. Esta premisa se alcanza bajo



condiciones de baja fertilidad de suelo, como ocurre en la dehesa (Olea y San Miguel, 2006), siendo la fertilización fosfórica, con superfosfato de cal, la más utilizada (Olea *et al.*, 2005). Encontrar fuentes fosfóricas alternativas a ésta más utilizada y que mejoraran las producciones sería de gran interés para las dehesas de estas zonas. Por tanto, el objetivo del presente trabajo consistió en evaluar el efecto, en comparación con el superfosfato, de varios fertilizantes sobre la producción de biomasa y parámetros de calidad (proteína bruta, fibra ácido detergente y fibra neutro detergente), tanto en pradera como en pasto natural en una dehesa típica del SO de España.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los experimentos fueron realizados en una dehesa representativa del SO de la provincia de Badajoz (Coordenadas UTM: x = 686227,9; y = 4243406,1), dedicada a la producción de pastos con aprovechamiento directo mediante pastoreo con ganado ovino y porcino. Su clima es semiárido mediterráneo con una pluviometría y temperatura medias anuales (media de los 30 últimos años) de 653 mm y 16,1°C respectivamente. Las temperaturas durante los dos años de estudio fueron bastante similares a las del año medio. Únicamente en el segundo año (2007/08), las invernales fueron algo superiores a las medias de 30 años. Las precipitaciones en el año agrícola 2006/07 (788 mm) fueron mayores que en el año 2007/08 (625 mm) y que en el año medio. El estudio se planteó en 2 ensayos, uno en pasto natural y el otro en pradera, según un diseño por bloques completos al azar con 4 repeticiones. En general las características del suelo fueron similares en ambas zonas. Suelos ácidos (pH=5,6) y con niveles de fertilidad medio-altos, algo 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).

Se evaluaron 3 productos fertilizantes (Tabla 1), además del superfosfato de cal del 18%, con distintas dosis según 8 tratamientos: (i) S (250 kg/ha Superfosfato de cal 18%); (ii) T1 (175 kg/ha Thomaskali); (iii) T2 (300 kg/ha Thomaskali); (iv) M1 (150 kg/ha de Kainita + 100 kg/ha de Thomaskali); (v) M2 (200 kg/ha de Kainita + 100 kg/ha de Thomaskali); (vi) K1 (80 kg/ha de Kieserita + 100 kg/ha de Thomaskali); (vii) K2 (125 kg/ha de Kieserita + 100 kg/ha de Thomaskali); (viii) B (Testigo sin fertilizar). Cada tratamiento se emplazó en parcelas unitarias de 6x3 m<sup>2</sup>.

**Tabla 1. Productos fertilizantes utilizados en los ensayos**

Producto	Composición	Casa comercial
Thomaskali Kainita Kieserita	20% CaO, 18% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 8% K <sub>2</sub> O, 4% MgO, 3% S 20% Na, 11% K <sub>2</sub> O, 5% MgO, 4% S 50% SO <sub>3</sub> , 25% MgO	K+S KALI GMBH, Kassel (Alemania)
Superfosfato	29% CaO, 27% SO <sub>3</sub> , 18% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Intergal Española S.A., Madrid (España)

Se realizaron análisis de muestras de suelo tomadas previamente a cada aplicación fertilizante que fue realizada anualmente, a voleo, en superficie y después de las primeras lluvias otoñales. En la zona de ensayo se hizo un pastoreo continuo diferido, de tal forma que los animales fueron retirados del área entre el 1 de marzo y el 30 de junio para así controlar la producción mediante 2 cortes, uno mediada la primavera

(toma 1) y otro a finales de primavera-principios de verano (toma 2). Sobre las muestras de biomasa recogidas se determinó la materia seca (MS), 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). Todo esto se hizo en dos años agrícolas, 2006/07 (2007) y 2007/08 (2008).

La comparación del efecto de los distintos tratamientos sobre cada uno de los parámetros analizados se realizó mediante análisis de la varianza (ANOVA), considerando los efectos principales (año y/o tipo de pasto y/o momento de la toma y tratamiento) y sus interacciones. Además se realizaron comparaciones múltiples mediante test LSD de Fisher para ver las diferencias entre los distintos tratamientos en el caso de diferencias significativas en el ANOVA. Una transformación logarítmica de los datos fue realizada, cuando era necesaria, para la estabilización de la varianza residual. No obstante en las figuras y tablas se muestran los datos sin transformar para una mejor comprensión.

## RESULTADOS

### **Análisis conjunto de los ensayos en pasto natural y pradera**

En cuanto a la producción de biomasa, ésta fue significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) en pasto natural (3473 kg MS/ha) que en pradera (2319 kg MS/ha). En los parámetros de calidad, la proteína bruta fue significativamente mayor en pradera (13,6%) que en pasto natural (13,1%), al contrario que las fibras, FND (pradera 50,7%; pasto natural 57,5%) y FAD (pradera 28,3%; pasto natural 31,4%), y la lignina (LAD: pradera 4,9%; pasto natural 5,6%).

### **Análisis por separado en pasto natural y pradera**

Los análisis de la varianza efectuados sobre la producción de biomasa y cada uno de los parámetros de calidad pueden observarse en la Tabla 2.

En ésta se puede observar cómo el año influyó significativamente en la producción de biomasa y en todos los parámetros de calidad, así como el momento del aprovechamiento (toma) que también afectó a todos los parámetros de calidad. Las diferencias en producción entre los distintos años y los distintos tratamientos pueden observarse en la Figura 1.

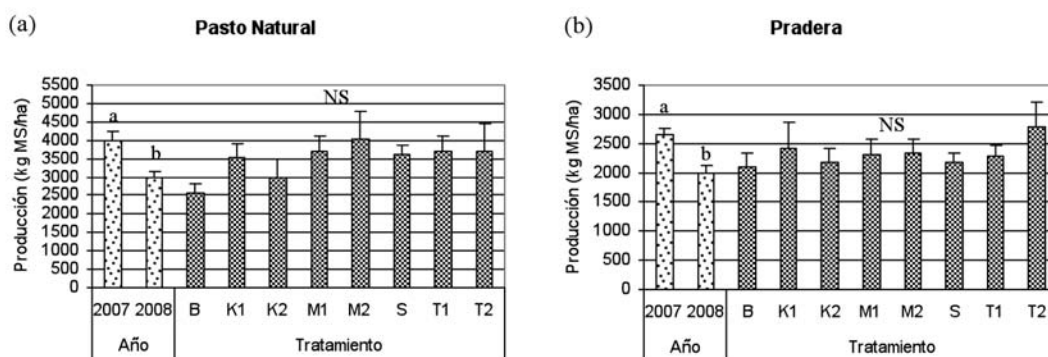
En ambos casos, en el año agrícola 2006/07 significativamente se produjo una mayor cantidad de biomasa herbácea que en el año agrícola 2007/08. En cuanto a los tratamientos, y aunque no hubo diferencias significativas entre ellos, si se observó que los fertilizantes tendían a producir mayor biomasa herbácea con respecto al testigo no fertilizado. Dentro de éstos, los tratamientos M2 (4029 kg MS/ha) y T2 (3712 kg MS/ha) en pasto natural y T2 (2793 kg MS/ha) y K1 (2420 kg MS/ha) en pradera, fueron los que tendían a producir más biomasa, superando todos éstos al superfosfato.

En cuanto a los parámetros de calidad, en general se corresponde que en el año de menor producción (2007/08) tanto el contenido en proteína, como de fibra y lignina fue mayor que en el de mayor producción (Figura 2). En cuanto al momento del aprovechamiento (toma), se observa cómo el pasto obtenido en el primer corte tuvo

**Tabla 2. ANOVA de los efectos principales (año, toma y tratamiento) y sus interacciones sobre las variables respuesta: producción, proteína bruta, fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND) y lignina ácido detergente (LAD)**

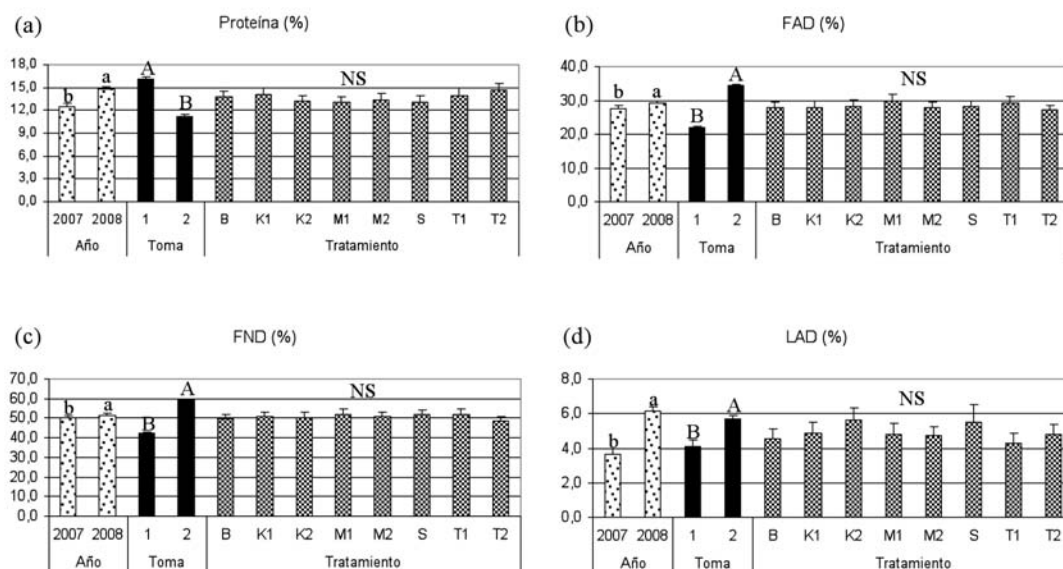
	Fuente	gl	Producción		Proteína		FAD		FND		LAD	
			F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
Pasto natural	año (a)	1	13,8	< 0,01	43,1	< 0,01	34,7	< 0,01	122,0	< 0,01	80,7	< 0,01
	toma (t)	1			228,4	< 0,01	929,1	< 0,01	729,7	< 0,01	11,2	< 0,01
	trat. (m)	7	1,2	0,32	0,4	0,90	0,4	0,87	0,3	0,97	1,3	0,26
	a*t	1			8,8	< 0,01	41,3	< 0,01	96,5	< 0,01	1,1	0,29
	a*m	7	0,4	0,87	1,5	0,18	1,0	0,46	0,5	0,86	0,8	0,61
	t*m	7			0,5	0,86	1,3	0,25	1,0	0,45	1,3	0,26
Pradera	año (a)	1	19,1	< 0,01	54,2	< 0,01	26,9	< 0,01	9,9	< 0,01	66,5	< 0,01
	toma (t)	1			210,0	< 0,01	904,1	< 0,01	571,6	< 0,01	33,2	< 0,01
	trat. (m)	7	0,6	0,75	1,5	0,19	1,2	0,32	1,2	0,33	0,6	0,78
	a*t	1			1,0	0,33	40,5	< 0,01	72,8	< 0,01	18,1	< 0,01
	a*m	7	2,17	0,06	1,0	0,44	0,7	0,64	0,5	0,81	0,2	0,98
	t*m	7			0,4	0,92	1,6	0,13	0,9	0,49	0,8	0,59

significativamente un mayor contenido en proteína bruta y un menor contenido en fibra y lignina que el obtenido en el segundo corte. Con respecto a los tratamientos, aunque el ANOVA determinó que no hubo efecto en ningún parámetro de calidad, al igual que se observó en la producción, sí que se constató que el tratamiento T2 fue el que produjo biomasa con mayores contenidos de proteína bruta y menores contenidos de fibra. En la Figura 2 sólo se muestran los datos correspondientes a pradera ya que



**Figura 1. Influencia en pradera (a) y en pasto natural (b) de los efectos principales considerados (año y tratamiento) sobre la producción de biomasa. Las barras verticales expresan el error estándar. Letras distintas, dentro de cada efecto principal, indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) según el test LSD. NS: No significativo.**

en pasto natural la influencia de las diferentes variables consideradas (año, toma y tratamiento) fue similar.



**Figura 2. Influencia en pradera de los efectos principales considerados, año, toma (1: mediada la primavera; 2: principios de verano) y tratamiento fertilizante, sobre los principales parámetros de calidad: (a) Proteína bruta, (b) FAD, (c) FND y (d) LAD. Las barras verticales expresan el error estándar. Letras distintas, dentro de cada efecto principal, indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) según el test LSD.**

## DISCUSIÓN

El hecho de que la producción de biomasa fuera mayor en el pasto natural que en la pradera en detrimento de la calidad bromatológica, se debería a una baja proporción de leguminosas en la composición botánica de éste en favor de una mayor presencia de gramíneas y otras hierbas de mayor potencial productivo pero peor calidad. En la pradera, la composición botánica estuvo más equilibrada (datos no mostrados).

Las mayores producciones herbáceas y diferentes calidades nutritivas que se obtuvieron en el año agrícola 2006/07 con respecto al 2007/08, podrían ser atribuidas a las mayores precipitaciones recogidas en ese periodo, y es que ha sido ampliamente estudiado el gran efecto que tiene la pluviometría sobre las producciones y la calidad bromatológica (Vázquez de Aldana *et al.*, 2006), especialmente la de otoño (Olea *et al.*, 1991). Por otra parte, el descenso de la calidad bromatológica (menores valores de proteína y mayores de fibra) según avanza el ciclo de la planta está en línea con lo constatado en la amplia bibliografía al respecto (Olea *et al.*, 2005).

La falta de significación entre los distintos tratamientos fertilizantes aplicados tanto sobre la producción, como sobre los distintos parámetros de calidad, se podría atribuir a varias causas. En primer lugar, y desde un punto de vista estadístico, la gran variabilidad encontrada entre las repeticiones hace que, por ejemplo, diferencias en producción de

casi el doble no resulten en significación estadística. En segundo lugar, que en ensayos de fertilización, y más con elementos poco móviles como el fósforo, se necesitan un número de años determinado para que éstos tengan el efecto positivo perseguido sobre la biomasa (Moreno *et al.*, 1993). A este respecto, es necesario comentar que el presente ensayo está planificado para un periodo mínimo de 5 años, y los resultados aquí expresados conforman los dos primeros años de estudio. Y en tercer lugar, es bien sabido que el fertilizante más utilizado en la dehesa del SO español es el fosfórico (Olea *et al.*, 2005) al ser el P el elemento más limitante y que más favorece a la leguminosa en estos ecosistemas (Olea y San Miguel, 2006). Sin embargo, en la zona de ensayo, el contenido previo en P se sitúa en valores más altos de lo normal, con lo cual sería lógico pensar que el efecto positivo de los fertilizantes aplicados será menor que en zonas con mayor carencia. En este sentido, y aunque no hubo diferencias significativas, el tratamiento con mejor comportamiento, tanto en producción como en calidad, fue el T2, que es la dosis más alta del fertilizante Thomaskali, compuesto sobretodo por Ca y P y teniendo algo de K, Mg y S. El añadir Na o más K (Kainita) o más Mg ó S (Kieserita) a la mezcla anterior, no mejoró ni la producción ni los parámetros de calidad.

## CONCLUSIONES

Tanto la producción de biomasa como los diferentes parámetros de calidad analizados (proteína bruta, FND, FAD y LAD) se vieron significativamente influenciados por el año de estudio, el tipo de pasto (natural o pradera) y el momento del aprovechamiento. No hubo diferencias significativas, ni en producción ni en calidad, entre los diferentes tratamientos fertilizantes, si bien con las mayores dosis de Thomaskali se tendía a producir más cantidad de pasto y de mejor calidad.

## AGRADECIMIENTOS

El presente proyecto ha sido financiado por K+S Kali GMBH a través de un convenio de colaboración con la Universidad de Extremadura. La información climatológica ha sido elaborada por la Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC., 1995. *Official Methods of Analysis*, 16th ed. Arlington, USA.
- MORENO, V.; BUENO, C; SANTOS, A., 1993. Respuesta a distintas dosis de superfosfato de cal en suelos pardos meridionales de la dehesa extremeña. En: *XXXIII Reunión científica de la SEEP*, 234-243. Ciudad Real, España.
- 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*, 30-35. Eds. M.R. MOSQUERA, J. MCADAM, A. RIGUEIRO. CABI Publishing. Wallingford, Oxfordshire (UK).
- OLEA, L.; PAREDES, J.; VERDASCO, P., 1991. Características y producción de los pastos de las dehesas del SO de la Península Ibérica. *Pastos*, **20-21**, 131-156.
- OLEA, L.; SAN MIGUEL, A., 2006. The Spanish dehesa. A traditional Mediterranean silvopastoral system linking production and nature conservation. *Grassland Science in Europe*, **11**, 3-13.

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.

VÁZQUEZ DE ALDANA, B.R.; GARCÍA-CIUDAD, A.; GARCÍA-CRIADO, B., 2006. Biomass production and protein content of semiarid grasslands in western Spain over a 20-years period. *Grassland Science in Europe*, **11**, 547-549.

## SUMMARY

### **INFLUENCE OF NEW FERTILIZERS ON BIOMASS PRODUCTION AND NUTRITIVE VALUE OF *DEHESA* PASTURE IN SOUTHWESTERN SPAIN**

The main characteristics of the southwest Spanish *dehesa* are Mediterranean semi-arid climate and shallow and poor in organic matter and nutrients soils. Because of that, yield and nutritive value of the pastures produced in this system could be improved by using a proper fertilization. The aim of this work was to evaluate the effect of new fertilizers on biomass production and nutritive value of the pasture in comparison with the traditionally used superphosphate. The study was carried out in a *dehesa* located in Extremadura, in two areas: one formed by natural pastures and the other one by sown pastures. Eight surface-broadcast fertilization treatments were done in autumn. Two cuts were carried out, one in middle spring and the other one at the beginning of the summer. With samples from these cuts, biomass production and some nutritive value parameters (crude protein, fiber and lignin) were determined. The results showed that the production was higher in the natural pasture than in the sown pasture, conversely the nutritive value was lower. No differences among treatments were found on the production and nutritive value parameters. In the first cut, it was produced a pasture with a higher nutritive value than in the second cut. There were differences between years in the biomass production of the pasture, being higher in 2006/07, the first year of the study.

**Key words:** fiber, lignin, natural pasture, sown pasture, crude protein.



## INFLUENCIA DE LAS TEMPERATURAS DE PRIMAVERA EN LA PRODUCCIÓN DE CERDOS IBÉRICOS DE MONTANERA EN LA PROVINCIA DE BADAJOZ (EXTREMADURA, ESPAÑA).

J. GONZALO<sup>1</sup>, M.J. POBLACIONES<sup>2</sup>, L. OLEA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Junta de Extremadura. Consejería de Agricultura y Desarrollo Rural. Servicio de Ayudas Sectoriales. <sup>2</sup>Escuela de Ingenierías Agrarias (EIA) Universidad de Extremadura. Carretera de Cáceres s/n, 06071 Badajoz, España. majops@unex.es

### RESUMEN

El ecosistema dehesa del SO de la Península Ibérica tiene la actividad más importante de su gestión, desde el punto de vista económico, ecológico e irreplicable en el aprovechamiento extensivo de los frutos de encinas y alcornoques (bellota) junto con la biomasa herbácea, por parte del porcino del tronco ibérico, denominado “montanera”, entre los meses de Noviembre a Febrero. En este trabajo se han estudiado los niveles de producción (cerdos ibéricos de “montanera”/año) durante 4 años (2003/04 a 2006/07) y la producción por unidad de superficie de dehesa “oficial” declarada por la Junta de Extremadura y producción por unidad de superficie cubierta de árboles, para las zonas productoras de porcino del tronco ibérico de “montanera” de la provincia de Badajoz (Extremadura), así como la influencia de las temperaturas en la época de floración y fructificación del árbol (encina y alcornoque). Existe un aumento significativo de la producción cuando las temperaturas mínimas de los meses de Febrero, Marzo y Abril son más altas, al mismo tiempo que la producción disminuye significativamente cuando las temperaturas máximas de los meses de Febrero, Marzo, Abril y de Mayo aumentan.

**Palabras clave:** pastos extensivos, *Q. ilex* ssp. *ballota*, *Quercus suber*, silvopastoral.

### INTRODUCCIÓN

El *Nomenclator de los pastos de España* de Ferrer *et al.* (2001) destaca que la dehesa es de origen agrícola y ganadero, donde se aprovecha la biomasa herbácea y también la arbórea y arbustiva, así como los frutos de los árboles (especies del género *Quercus*), siempre en base a la presencia ineludible de arbolado en la dehesa.

La dehesa está situada sobre suelos mayoritariamente de pizarras y granitos arenosos y ácidos, donde las especies ganaderas autóctonas en regímenes extensivos, son las de mayor interés por su adaptación a condiciones difíciles e irregulares desde el punto de vista edafoclimatológico (San Miguel, 2004).



El cerdo del tronco ibérico ha estado desde la antigüedad, y lo está actualmente, muy ligado a la dehesa española por varios motivos, principalmente por su rusticidad, buena utilización de los recursos alimenticios de la dehesa (especialmente los frutos de las quercíneas) y por la calidad extraordinaria de sus productos.

El sistema dehesa se sitúa en el SO de la Península Ibérica, existiendo en Extremadura alrededor de 1,4 millones de ha, según los últimos estudios de la Junta de Extremadura y Olea y colaboradores, lo que la sitúan en la mayor superficie del territorio español de dehesa. En total existen en España unos 3,6 millones de ha, que junto con el 1,5 millones de ha de dehesa que existen en Portugal, se llegarían a superar los 5 millones de ha de dehesa (arbolada) en la Península Ibérica. Dentro del territorio extremeño la montanera se realiza entre principios de Noviembre y Febrero, donde la dieta media está constituida por un 70% de la ingesta de bellota (con un 5% de media de proteína bruta) y el 30% restante de biomasa herbácea.

Las condiciones climáticas influyen sobre la formación de flores y por tanto la producción de frutos de las especies del género *Quercus* (Sharp y Chisman, 1961; Koenig *et al.*, 1996). Silva *et al.* (1999) encontraron para Extremadura la presencia de correlaciones entre las temperaturas de enero a mayo y la fecha de la última helada, con la fenología de la floración y la concentración polínica de los *Quercus*, cuyo máximo se alcanza entre marzo y abril. Además, en Sierra Morena (Córdoba) a lo largo de un estudio de 6 años se encontró que las variables que más influyen positivamente sobre la producción de bellota son la temperatura mínima y la temperatura media de junio (García-Mozo *et al.*, 2007). Las heladas tardías (abril, mayo) dañan la floración de *Q. suber* y acaban con la floración de *Q. ilex*. Las hojas jóvenes de *Q. ilex*, sin esclerificar, pueden sufrir daños irreversibles a temperaturas del orden de  $-5^{\circ}\text{C}$  (Terradas, 2001).

El objetivo es cuantificar la producción de cerdos de montanera y determinar la influencia de las temperaturas de primavera en esa producción.

## MATERIAL Y MÉTODO

**Situación geográfica.** El trabajo se realizó sobre los años agrícolas de 2003/04 a 2006/07, en la provincia de Badajoz que se ha dividido en diferentes zonas, siguiendo la misma delimitación de las Oficinas Veterinarias de Zona, es decir, la división administrativa que agrupa determinados términos municipales. Estas zonas se crearon en función de los censos de ganado de cada municipio, la distribución geográfica, natural y tradicional de las zonas. En cada zona se determinaron 4 subzonas o repeticiones (Tabla 1).

**Tabla 1. Zonas de la provincia de Badajoz y sus superficies.**

ZONA	Badajoz	Jerez de los Caballeros	Mérida	Zafra	Don Benito	Castuera	Azuaga	Herrera del Duque	Total Provincial
ha	403.815	257.724	199.783	431.878	221.446	223.404	167.126	269.231	2.174.407

**Climatología.** Toda la provincia de Badajoz tiene un clima semiárido mediterráneo templado (Le Houreou, 1975). La temperatura media de 30 años de los meses de febrero, marzo, abril y mayo de cada zona (media de las 4 subzonas) se indican en la Tabla 3.

**Edafología.** Las zonas de las dehesas de la provincia de Badajoz, se enmarcan geológicamente dentro del dominio cambriano, precámbrico y silúrico del Paleozoico, formado por pizarras y afloramientos de tipo eruptivo (principalmente granitos) (Olea et al., 1987), estando representada concretamente la proporcionalidad de las rocas madres de toda la dehesa del suroeste español: Pizarras cámbricas (53%), pizarras silúricas (14%); granitos (28%) y otros (5%).

**Determinación de la superficie de dehesa.** Para la determinación de la superficie de dehesa, 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 en la capa “montanera” del Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (en adelante SIGPAC), es decir, los mismos criterios que se aplican para establecer si en una determinada parcela pueden darse las condiciones para producir productos de “montanera”. Esta metodología consta de las siguientes fases:

1. Extracción del Mapa Forestal 3 (en adelante MFE3) de las áreas con tipo estructural “dehesa”. El tipo estructural “dehesa” se ajusta bastante bien a lo que son las “formaciones adehesadas ibéricas”.

2. A esta selección se añaden teselas del MFE3 que cumplen que: Especie principal: Encina (*Quercus ilex*), rebollo (*Quercus pyrenaica*), quejigo (*Quercus faginea*), alcornoque (*Quercus suber*); fracción de cabida cubierta (FCC > 3% y < 70%); pendiente < 25% y superficie > 2 ha.

**Estimación de la producción.** La producción se estima contabilizando los cerdos de tronco ibérico cebados de “montanera”, cada uno de los 4 años del estudio, por lo tanto, cerdos de origen en explotaciones de dehesa y con destino a sacrificio (1 de diciembre a 31 de marzo), de acuerdo con la Base de Datos de Ganadería de Extremadura (Badigex). Para centrar mejor la investigación se excluirán las zonas en las que las producciones de cerdo de “montanera” no alcancen el 1% total provincial.

**Fracción de cabida cubierta (FCC).** La fracción de cabida cubierta es la superficie ocupada por las copas de las especies arbóreas en su proyección ortogonal al suelo, dividido por la superficie de la parcela de dehesa expresada en tanto por ciento. Los datos de la superficie de arbolado se seleccionarán de las teselas del MFE3. Al ser el índice de superficie de arbolado un valor medio obtenido por tesela y al tener éstas muy diferente tamaño, para obtener el valor medio por término municipal se ha ponderado en función de la superficie de cada tesela. A su vez, para obtener un valor medio por subzona se ha ponderado en función de la superficie de dehesa de cada término municipal.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Índices de producción mínima.** Las medias anuales de animales de montanera de cada zona de la provincia de Badajoz se indican en la Tabla 2.

**Tabla 2. Media anual de cerdos de montanera (desde 2003/04 a 2006/07).**

ZONA	Badajoz	Jerez de los Caballeros	Mérida	Zafra	Don Benito	Castuera	Azuaga	Herrera del Duque
Animales año medio	36 768	107 364	1226	32 441	804	77	5694	57
Animales zona / animales provincia	19,94	58,21	0,66	17,59	0,44	0,04	3,09	0,03

Con el criterio establecido, las zonas de Mérida, Castuela, Don Benito y Herrera del Duque, que no llegan al índice de producción de montanera mínimo, se excluyen del estudio.

**Climatología.** En la Tabla 3 se indican las temperaturas de final de invierno y de primavera de los años de estudio y del año medio para las 4 zonas de trabajo.

**Tabla 3. Temperaturas de los 4 años de estudio y de la media de los 30 años.**

	2003/04		2004/05		2005/06		2006/07		Media 30 años	
	T	t	T	t	T	t	T	t	T	t
AZUAGA	25,5	0,41	26,05	-0,52	27,27	-1,7	27,84	1,12	26,19	-0,08
BADAJOZ	27,65	1,9	26,55	0,51	27,33	-1,04	27,78	1,02	26,74	1,65
JEREZ	25,69	3,71	25,96	1,88	25,25	0,71	26,19	3	25,48	1,71
ZAFRA	25,75	2	25,97	0,92	27,59	0,13	27,98	2,01	25,58	0,74

T: temperatura media de las máximas de los meses de febrero, marzo, abril y mayo. t: temperatura media de las mínimas de los meses de febrero, marzo y abril.

De los 4 años de estudio destaca la zona de Jerez de los Caballeros como la de menores valores de las temperaturas máximas (T) y Azuaga como la zona con las primaveras más frías. El año más frío en general fue el 2005/06.

**Superficie de dehesa y sus índices productivos.** Los resultados obtenidos con el SI-GPAC oficial de Extremadura (mes de marzo de 2008) fueron: Superficie total arbolada de dehesa; 722 701,92 ha y superficie total de explotaciones dedicadas a dehesa (20% de área adehesada; método oficial), 932 325,3 ha.

En la Tabla 4 puede apreciarse que la mayor superficie de dehesa aparece en la zona de Badajoz y la menor en Azuaga, sin embargo, los mayores niveles de FCC aparecen en la zona de Jerez de los Caballeros. En cuanto a la producción de animales, existe bastante uniformidad entre años en todas las zonas, excepto el año 2005/06 que es el menos productivo. Las mayores producciones corresponden a la zona de Jerez de los Caballeros con una media de más de 107.000 animales/año, lo que representa un 60% y 45% de las producciones anuales de porcino ibérico de la provincia de Badajoz y de Extremadura respectivamente. Las menores producciones corresponden a Azuaga.

**Tabla 4. Superficies de dehesa oficial y propio, FCC, nº de animales de “montanera” producidos del 2003/04 al 2006/07 así como la media de los 4 años, y el índice productivo (nº de animales/ha de dehesa) oficial y propio.**

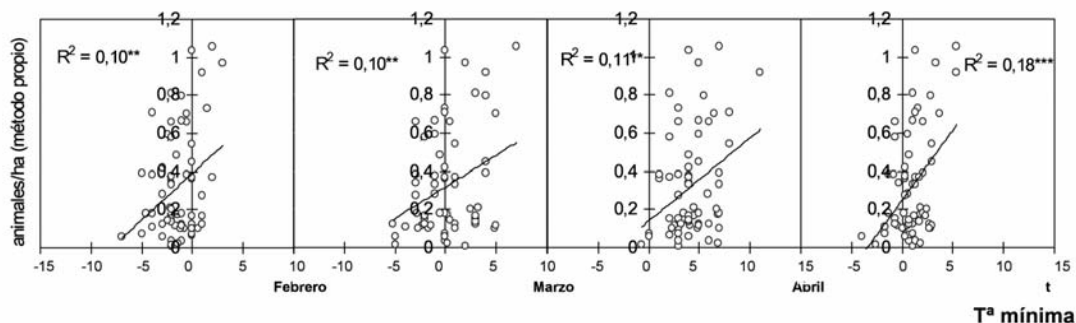
Zona	Año	Nº animales	Nº animales / ha “Oficial”	Nº animales / ha “Propio”
<b>AZUAGA</b> So: 64.182 ha Se: 51860 ha FCC: 40,25%	2003/04	5295	0,08	0,10
	2004/05	6800	0,11	0,13
	2005/06	5177	0,08	0,10
	2006/07	5503	0,09	0,11
	<b>Media</b>	5.693,75	0,09d	0,11 d
<b>BADAJOS</b> So: 212.794 ha Se: 171.921 ha FCC: 40,50%	2003/04	37.782	0,18	0,22
	2004/05	32.781	0,15	0,19
	2005/06	38.840	0,18	0,23
	2006/07	37.668	0,18	0,22
	<b>Media</b>	36.767,75	0,17bc	0,21bc
<b>JEREZ</b> So: 194.332 ha Se: 164.410 ha FCC: 47,75%	2003/04	121.274	0,62	0,74
	2004/05	118.351	0,61	0,72
	2005/06	88.891	0,46	0,54
	2006/07	100.939	0,52	0,61
	<b>Media</b>	107.363,75	0,55a	0,65a
<b>ZAFRA</b> So: 143.685 ha Se: 116.547 ha FCC: 41,75%	2003/04	37.259	0,26	0,32
	2004/05	30.084	0,21	0,26
	2005/06	28.230	0,20	0,24
	2006/07	34.189	0,24	0,29
	<b>Media</b>	32.440,5	0,22b	0,28b
<b>Total</b>	<b>Media</b>	182.267	0,26	0,22

So: Superficie oficial de dehesa de la Junta de Extremadura. Se: Superficie cubierta por árboles (método propio). \* Letras diferentes representan la existencia de diferencia significativa a  $P < 0,05$  de acuerdo con la MDS.

En cuanto a los índices productivos, los mayores significativamente, con una media de 0,55 animales/ha oficial y 0,65 animales/ha método propio, corresponden a la zona de Jerez de los Caballeros, y los menores a la zona de Azuaga donde la media de los 4 años es de 0,09 animales/ha oficial y 0,11 animales/ha método propio. La media de las zonas de montanera de la provincia de Badajoz es de 0,26 /ha oficial y 0,32 animales/ha método propio, es decir se necesitan, aproximadamente 3 ha de dehesa determinada por el método propio para producir un cerdo.

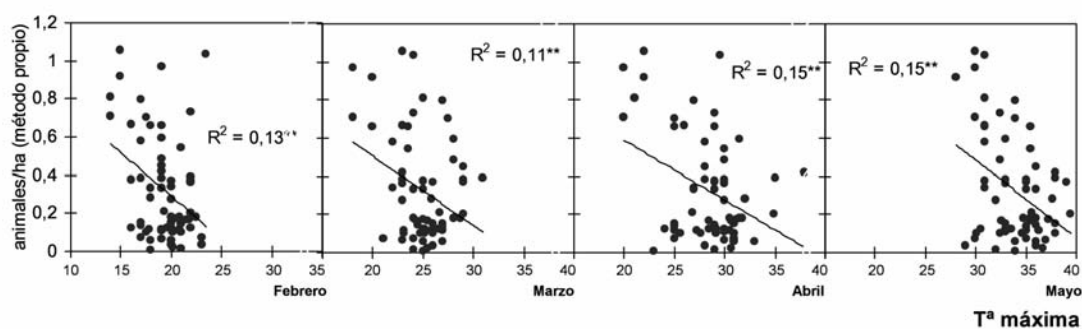
### **Relación de la producción con las temperaturas de primavera**

**Temperaturas mínimas.** Se analiza mediante correlaciones cómo influyen las temperaturas mínimas en la producción de cerdos de montanera del año agrícola siguiente, es decir como medida indirecta de la producción de flores y frutos de encinas y alcornoques. Se observa la influencia significativa y negativa de las temperaturas mínimas en la producción, de tal forma que los años y las zonas de valores de temperaturas mínimas de primavera más bajos tienen una menor producción. (Figura 1).



**Figura 1. Relación del nº de animales/ha medidas según el método propio con las temperaturas mínimas de febrero, marzo y abril y de la t (media de las mínimas de febrero, marzo y abril).**

**Temperaturas máximas.** Cuando se elevan las temperaturas altas de primavera ( $T^a$  máximas de febrero, marzo, abril y mayo) disminuye significativamente la producción de cerdos de “montanera” del año agrícola siguiente. Sin embargo se observa que la temperatura máxima que más influye negativamente es la del mes de mayo (Figura 2).



**Figura 2. Relación del nº de animales/ha medidas según el método propio con las temperaturas máximas de febrero, marzo, abril y mayo.**

## CONCLUSIONES

El estrato productivo arbóreo es de gran perennidad (encinas y alcornoques), y los coeficientes de correlación son bajos por lo que cualquier conclusión debe tomarse con las precauciones adecuadas, y tal vez como tendencias hasta tener más información, a pesar de tratarse de 4 años de estudio.

1. Existe una gran irregularidad de producción de cerdo ibérico de montanera de la provincia de Badajoz.

2. La zona de Jerez de los Caballeros, con las temperaturas mínimas de primavera más altas y máximas de primavera más bajas es la más productiva tanto en nº de animales ( $\approx 107.000$  cerdos montanera/año) como en índices productivos por superficie propia (0,65 cerdos/ha y año). Mientras que la zona de Azuaga es la menos productiva (0,11 cerdos/ha y año), siendo sus temperaturas de primavera las menos favorables en general.

3. Las temperaturas mínimas de primavera (Febrero, Marzo y Abril) influyen negativamente en la producción de cerdos de montanera del año agrícola siguiente. Se aprecia una influencia similar de las temperaturas mínimas de los 3 meses considerados, así como de sus medias.

4. Las temperaturas máximas de primavera influyen en la producción de cerdos de montanera de tal forma que su aumento provoca una disminución de su producción, siendo el mes de Mayo el de mayor influencia negativa

## BIBLIOGRAFÍA

- FERRER, C.; SAN MIGUEL-AYANZ, A.; OLEA, L., 2001. Nomenclátor Básico de Pastos en España. *Pastos*, **XXXI**(1), 7-44.
- GARCÍA-MOZO, H.; GÓMEZ-CASERO, M.T.; DOMÍNGUEZ, E.; GALÁN, C., 2007. Influence of pollen emission and weather-related factors on variations in hom-oak (*Quercus ilex* ssp. *ballota*) acorn production. *Environ. Exp. Bot.*, **61**, 35-40.
- LE HOUREOU, P., 1975. *Bioclimatología de la región mediterránea*. Seminario. La Orden, CRIDA 08. Badajoz.
- KOENIG, W.D.; KNOPS, J.M.H.; CARMEN, W.J.; STANBACK, M.; MUMME, R.L., 1996. Acorn production by oaks in central coastal California: influence of weather at three levels. *Can. J. Forest Res.*, **26**, 1677-1683.
- OLEA, L.; PAREDES, J. Y VERDASCO, M.P., 1987. *Los pastos de la dehesa del SO de la Península Ibérica mejora y utilización*. SIA. Junta de Extremadura. Badajoz.
- SHARP, W.M.; SPRAGUE, V.G., 1967. Flowering and fruiting in the white oaks, pistillate flowering, acorn development, weather, and yields. *Ecology*, **48**, 243-251.
- SILVA, I.; MUÑOZ, A.F.; TORMO, R.; OLEA, L., 1999. Study incident of meteorological parameters on the flowering of *Quercus* by means of its pollen production. *Cahiers Options Méditerranéennes*, **39**, 277-281.
- SAN MIGUEL-AYANZ, A. 2004. Sistemas silvopastorales de la Europa Mediterránea. *Congreso internacional de Silvopastoralismo y manejo sostenible*. Lugo.
- TERRADAS, J. 2001. *Ecología de la vegetación*. Ed. Omega, Barcelona.

## SUMMARY

### SPRING TEMPERATURES INFLUENCE IN *DEHESA* PRODUCTION (IBERIAN PIG IN *MON-TANERA*) IN BADAJOZ (EXTREMADURA, SPAIN)

The *dehesa* ecosystem in Iberian Peninsula south-western, has its most important management activity, from an economic, ecological and unrepeatable point of view, in the holm oak and cork oak fruits (acorn) use in an extensive way. The use of these fruits, together with herbaceous bio-mass, is mainly done by Iberian pigs in *montanera* from November to February. In this work production levels (Iberian pigs in *montanera*/year) has been studied during 4 years (2003/04 to 2006/07). It has been also studied the production per "official" *dehesa* area (declared by Junta de Extremadura) and the production per cover by tree area, in Iberian pig *montanera* production areas in Badajoz (Extremadura), as well as the influence of the temperatures in flowering and productive periods in holm oak and cork oak. There is a significant production increase when minimum temperatures in February, March and April raise; likewise this production falls with a rise of the maxim temperatures in spring.

**Key words:** extensive pastures, *Q. ilex* ssp. *ballota*, *Quercus suber*, silvopastoral.



## LA PRODUCTIVIDAD DE BELLOTA EN LA DEHESA Y SU RELACIÓN CON PARÁMETROS METEOROLÓGICOS

M.D. CARBONERO, A. GARCÍA-MORENO, C. CALZADO, P. FERNÁNDEZ-REBOLLO

*Departamento de Ingeniería Forestal. ETSIAM. Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales 14071 Córdoba. ir2camum@uco.es*

### RESUMEN

La producción de bellota constituye actualmente la función más importante que realiza el arbolado en las dehesas pues de ella depende en muchos casos la rentabilidad de las explotaciones ganaderas. Una de sus características principales es la fluctuación interanual achacable a distintos factores de muy diversa naturaleza como son el clima, vecería, etc. Este trabajo aborda la influencia del clima en la producción para lo que se estimó la cosecha de bellota en una dehesa de encina de 2001-2006. A lo largo del trabajo se pone de manifiesto su fuerte influencia siendo especialmente determinantes las condiciones acaecidas al inicio de la primavera y al inicio del otoño, ya que de ellas depende en buena parte la cuantía de la producción. Las temperaturas suaves durante el mes de marzo propician una mayor producción y supervivencia de las flores, mientras que las lluvias durante el mes de septiembre favorecen la consolidación de la cosecha.

**Palabras clave:** encina, *Quercus*, semilla, clima.

### INTRODUCCIÓN

Las masas de encina se caracterizan por tener producciones muy distintas entre años, entre localidades geográficas e incluso entre árboles cercanos. Muchas son las variables que están implicadas en estas diferencias; en algunos casos se trata de factores inherentes al propio árbol (genética, edad, etc.) y en otros casos factores externos (meteorología, plagas, enfermedades, etc.). La meteorología condiciona la producción, especialmente a corto-medio plazo; de hecho la cosecha depende en gran medida de las condiciones meteorológicas durante las fases de floración, fertilización y maduración de los frutos (Sork *et al.*, 1993; Abrahamson y Layne, 2003). La influencia de las variables meteorológicas en la producción de la encina ha sido poco estudiada, y su fuerte relación con el desarrollo del ciclo reproductivo hace pensar en su valor como elemento predictivo de la cantidad y calidad de la bellota; por tanto pudiera tener utilidad de cara a la gestión de la alimentación del cerdo ibérico en la montanera (López-Carrasco *et al.*, 2007). Es en este ámbito donde se incluye este trabajo que trata de identificar la relación de distintas variables meteorológicas en la producción de bellota.



## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una finca situada al nordeste de la provincia de Córdoba, y cuya vegetación es la correspondiente a una dehesa de encina. Se eligieron 50 árboles a los que se les estimó la productividad de bellota utilizando una variación del método de los contenedores diseñado por Zulueta y Cañellas (Cañellas, 1992). La recogida de bellotas se realizó con unos recipientes circulares tipo maceteros de 40 cm de diámetro que se colgaron de las ramas de los árboles. En cada árbol se colocaron cuatro contenedores con orientación N-S: dos en posiciones exteriores de la copa y dos en posiciones interiores. El material se recogió quincenalmente a partir del 1 de noviembre, y hasta la finalización de la caída del fruto. Para la obtención de la productividad por árbol se promedió el peso obtenido en los cuatro contenedores dividiéndose entre su área. (Tabla 1). Este proceso se repitió durante las campañas 2001-02, 2002-03, 2003-04, 2004-05, 2005-06 y 2006-07.

**Tabla 1. Productividad de bellota en peso fresco (g/m<sup>2</sup> de copa en encinas) durante las montaneras 2001-02 a 2006-07. Los valores se expresan en medias seguidas del Error Estándar.**

	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	N
Producción (g/m <sup>2</sup> )	387±48	316±46	407±46	166±30	84±10	149±26	50

Los datos meteorológicos utilizados corresponden a la estación de Villanueva de Córdoba, que cuenta con datos diarios y que está situada a 15 km de la finca. Las variables analizadas fueron la temperatura media mensual, la temperatura media de las mínimas mensual, la temperatura media de las máximas mensual, la temperatura máxima absoluta mensual, la temperatura mínima absoluta mensual, las temperaturas medias, mínimas y máximas durante el periodo de polinización (15 de marzo a 15 de mayo), la precipitación mensual, la precipitación anual, la precipitación acumulada mensualmente y la precipitación acumulada en cada estación del año.

Para identificar aquellas variables meteorológicas que podrían estar relacionadas con la productividad se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson y el coeficiente de correlación de Spearman. Con las 16 variables que presentaron correlaciones significativas, se realizó un análisis de componentes principales para identificar relaciones entre variables y su influencia sobre la productividad, y una regresión lineal por pasos entre la producción y las componentes principales. La ventaja de análisis no paramétricos de este tipo es su robustez cuando el número de variables es alto (García Mozo *et al.*, 2007). El programa estadístico utilizado fue el STATISTICA 6 versión para Windows.

## RESULTADOS

La productividad de bellota muestra una correlación significativa con un buen número de variables meteorológicas. Habría que destacar en primer lugar la influencia de las condiciones del mes de marzo en el que se va a producir el inicio de la floración. Así se detecta una fuerte relación positiva de la temperatura media, temperatura media mínima, temperatura máxima absoluta, y temperatura mínima absoluta con la productividad. También la temperatura media mínima del mes de febrero guarda una relación positiva con ésta. A continuación encontraríamos un conjunto de variables que se caracterizan por acaecer durante la montanera, entre las que habría que

destacar con una correlación positiva la precipitación durante el mes de septiembre. También relacionadas con unos mayores rendimientos estarían la precipitación del mes de diciembre y la temperatura media y máxima absoluta de este mes. Entre las variables que guardan una fuerte relación negativa con la productividad encontramos la temperatura media del mes de julio, las temperaturas máximas absolutas durante el mes de septiembre y las temperaturas medias del mes de octubre. Con una influencia algo menor pero también importante estaría la temperatura media mínima durante el mes de abril, relacionada positivamente con ésta, y negativamente con la temperatura media máxima.

En el análisis de componentes principales de las variables meteorológicas la primera componente recoge un 66,45% de la variabilidad y está relacionada fuertemente con 14 de las 16 variables analizadas (Tabla 2). Sólo la temperatura media de julio y la temperatura media de las máximas de enero presentan una relación más débil. La segunda componente, que recoge un 15,7% de la variabilidad total se encuentra relacionada negativamente con la temperatura media mínima de enero y positivamente con la temperatura media máxima de enero.

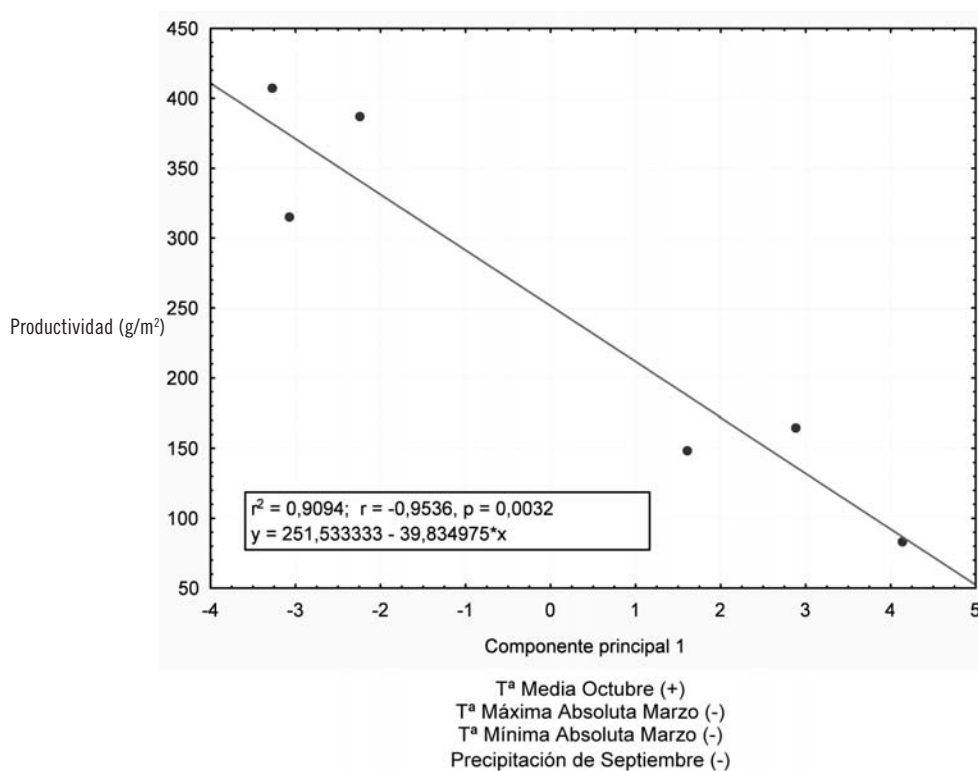
**Tabla 2. Composición de los tres ejes principales del ACP realizado con 16 variables meteorológicas. Autovalores y varianza explicada por los tres componentes principales**

	Mes	CP1	CP2	CP3
Tª Máxima Absoluta	Marzo <sup>2</sup>	<b>-0,967</b>	-0,115	0,052
Tª Mínima Absoluta	Marzo <sup>2</sup>	<b>-0,950</b>	-0,281	-0,082
Precipitación	Septiembre <sup>4</sup>	<b>-0,947</b>	-0,127	-0,287
Tª Media Mínima	Marzo <sup>2</sup>	<b>-0,893</b>	-0,174	0,147
Tª Media	Marzo <sup>2</sup>	<b>-0,892</b>	0,306	-0,281
Tª Media	Diciembre <sup>5</sup>	<b>-0,919</b>	0,058	-0,273
Tª Media Mínima	Febrero <sup>1</sup>	<b>-0,846</b>	-0,012	0,347
Tª Media Mínima	Abril <sup>2</sup>	<b>-0,880</b>	-0,433	0,034
Tª Media Mínima	Enero <sup>1</sup>	-0,458	<b>-0,758</b>	0,329
Precipitación	Diciembre <sup>5</sup>	<b>-0,845</b>	0,249	-0,253
Tª Máxima Absoluta	Diciembre <sup>5</sup>	<b>-0,753</b>	-0,049	<b>0,650</b>
Tª Media	Julio <sup>3</sup>	0,534	-0,552	-0,483
Tª Máxima Absoluta	Septiembre <sup>4</sup>	<b>0,793</b>	-0,382	0,197
Tª Media Máxima	Abril <sup>2</sup>	<b>0,759</b>	-0,457	-0,058
Tª Media Máxima	Enero <sup>1</sup>	0,207	<b>0,880</b>	0,275
Tª Media	Octubre <sup>4</sup>	<b>0,973</b>	-0,133	0,175
<i>Autovalores</i>		<i>10,63</i>	<i>2,51</i>	<i>1,36</i>
<i>% Total</i>		<i>66,45</i>	<i>15,70</i>	<i>8,53</i>

<sup>1</sup> Invierno previo a la montanera. <sup>2</sup> Primavera previa a la montanera. <sup>3</sup> Verano previo a la montanera.

<sup>4</sup> Otoño durante el que se desarrolla la montanera. <sup>5</sup> Invierno durante la montanera

Se realizó una regresión lineal por pasos (Figura 1) entre la productividad y las tres primeras componentes principales que obtuvo el mejor resultado incluyendo sólo a la componente principal 1 ( $R^2 = 90,9$ ,  $F = 40,151$ ,  $P < 0,05$ ). Puede observarse que la productividad está relacionada de manera positiva con las temperaturas medias mínimas de febrero, las temperaturas medias mínimas y máximas del mes de marzo, las temperaturas mínimas de abril, la precipitación de septiembre, la temperatura media y máxima de diciembre, y la precipitación de diciembre. Negativamente se relaciona con la temperatura media máxima de abril, máxima absoluta de septiembre, y con la temperatura media de octubre.



**Figura 1. Regresión lineal entre la productividad de bellota ( $g/m^2$ ) y la primera componente principal extraída del ACP realizado con 16 variables meteorológicas. En la parte inferior del gráfico se muestran las tres variables meteorológicas más relacionadas con la primera componente principal junto al signo de su relación.**

## DISCUSIÓN

A lo largo del trabajo se pone de manifiesto la fuerte influencia de la meteorología sobre la productividad de bellota. Se detectan relaciones significativas para 12 variables meteorológicas, y la regresión lineal que enfrenta a la productividad con la componente principal 1, explica el 90,9% de la variabilidad. En trabajos realizados en *Quercus americanus* la influencia del clima es capaz de explicar entre el 55% y el 89% de la variabilidad total de la productividad, el resto habría que achacarlo a otro

tipo de factores de carácter genético (Sork *et al.*, 1993). Los resultados muestran la influencia de un gran número de variables meteorológicas, aunque por su importancia habría que destacar las condiciones de primavera y otoño (Sork *et al.*, 1993; García-Mozo *et al.*, 2007). La relación positiva entre la productividad y las temperaturas mínimas de enero y febrero (Tabla 3), coincide con García-Mozo *et al.* (2007) y aparece citada en la revisión realizada por Rodríguez *et al.* (2007), para los que los inviernos suaves propician una alta producción de flores. Así un invierno más cálido favorece la producción de polen ya que la hinchazón y rotura de yemas se inicia en febrero y unas temperaturas bajas pueden disminuir su número e incluso destruirlas. No se ha encontrado relación, sin embargo, entre la lluvia de este mes y la productividad, aunque García-Mozo *et al.* (2007) indica la influencia de la humedad en invierno sobre la producción de polen al necesitar éste algo de agua y humedad para su formación.

**Tabla 3. Coeficientes de correlación de Pearson (P) y Spearman (S) entre la productividad media de bellota obtenida para las campañas 2001-02 a 2006-07 y distintas variables meteorológicas relacionadas con el desarrollo de flores y frutos.**

Estación	Mes	Tª media	Tª media máxima	Tª media mínima	Tª máxima absoluta	Tª mínima absoluta	Precipitación
Invierno previo a la montanera	Enero	0,073 (P)	-0,859** (P)	0,775* (P)	-0,065 (P)	0,620 (P)	0,712 (P)
	Febrero	0,223 (P)	-0,254 (P)	0,818** (P)	-0,011 (P)	0,713 (P)	0,071 (P)
Primavera previa a la montanera	Marzo	0,886** (P)	-0,542 (P)	0,838** (P)	0,921*** (P)	0,856** (P)	0,542 (P)
	Abril	-0,225 (P)	-0,769* (P)	0,772* (P)	-0,751 (P)	0,185 (P)	-0,155 (P)
Verano previo a la montanera	Julio	-0,870** (S)	-0,499 (P)	-0,281 (P)	-0,638 (P)	-0,381 (P)	-
Otoño durante el que se desarrolla la montanera	Septiembre	-0,516 (P)	-0,496 (P)	0,183 (P)	-0,754* (P)	0,264 (P)	0,841** (P)
	Octubre	-0,931*** (P)	-0,551 (P)	-0,012 (P)	-0,411 (P)	-0,227 (P)	0,083 (P)
Invierno durante el que se desarrolla la montanera	Diciembre	0,812** (P)	0,467 (P)	0,633 (P)	0,813** (P)	-0,435 (P)	0,873** (P)

\* (p<0,1); \*\* (p<0,05); \*\*\* (p<0,01)

La importancia de las condiciones al inicio de la floración es evidente dado el gran número de variables que se relacionan positivamente con la productividad durante el mes de marzo: temperatura media, media mínima, máxima y mínima absoluta (Tabla 2 y 3). Estos resultados están en consonancia con Sork *et al.* (1993) y García-Mozo *et al.* (2007) según los cuales las temperaturas suaves favorecen la dehiscencia del polen y alargan el periodo de polinización, por lo que aumenta el periodo de solapamiento entre flores masculinas y femeninas, y aumenta el éxito de la fertilización. Cecich (1997) y Rodríguez *et al.* (2007), indican que las altas temperaturas durante

la primavera provocan el aborto de flores y frutos pequeños lo que concuerda con la relación negativa encontrada entre productividad y temperaturas medias máximas del mes de abril. No se ha encontrado, sin embargo, relación con la precipitación primaveral quizá porque durante el periodo estudiado no han llegado ser tan extremas como para tener efectos importantes en la producción de flores, o quizás porque la variable a considerar debiera ser la cantidad de agua que es capaz de almacenar el suelo (Abrahamson y Layne, 2003). García-Mozo *et al.* (2007) sí encuentran relación positiva de las precipitaciones de marzo con la productividad, y negativa con las precipitaciones de abril. La existencia de lluvias y nieblas durante las fases de dispersión de polen dificultaría la fecundación de las flores femeninas al tratarse de árboles de polinización anemófila. También Cecich (1997) encuentra relación entre el número de días de lluvia durante floración y la supervivencia de flores. El verano no parece ser una estación tan influyente en la producción de bellota como el otoño y la primavera encontrándose un menor número de relaciones. Así en este trabajo sólo la temperatura media de julio guarda una relación negativa con la productividad por lo que parece que unas menores temperaturas favorecen el cuajado y la maduración de la bellota (García-Mozo *et al.*, 2007).

El otoño es otra de las estaciones clave para consolidar la cosecha de bellotas especialmente en su tramo inicial. Así la ocurrencia de lluvias al comienzo del otoño parece ser un factor clave para asegurar la producción y minimizar la caída temprana de frutos (García-Mozo *et al.*, 2007, Rodríguez *et al.*, 2007). La fuerte relación entre la precipitación de septiembre y la productividad parece indicar que esta variable es clave para el éxito de la campaña. En este trabajo se ha encontrado también relación negativa entre la temperatura máxima absoluta de septiembre y la temperatura media de octubre con la productividad. Unas altas temperaturas durante el mes de septiembre, unidas a la sequía que precede a este mes y a la escasez de lluvias que le suele acompañar podrían dar lugar a una caída importante de frutos al serle imposible al árbol encontrar recursos (especialmente agua) para su mantenimiento. La influencia negativa de las temperaturas medias de octubre en la productividad podrían también explicarse por un aumento de la incidencia de carpófagos, ya que está constatado que otoños con temperaturas medias altas aceleran su ciclo biológico (Soria *et al.*, 1995).

La relación positiva entre la productividad y la precipitación y temperatura media de diciembre parece indicar que un inicio del invierno más suave propicia la maduración final de la bellota de algunos árboles que puedan estar más retrasados mejorando los rendimientos finales.

## CONCLUSIONES

A lo largo del trabajo se pone de manifiesto la fuerte influencia de la meteorología sobre la productividad de bellota. Especialmente determinantes son las condiciones acaecidas al inicio de la primavera como son las temperaturas medias mínimas y máximas del mes de marzo y al inicio del otoño como es la precipitación caída durante el mes de septiembre, ya que de ellas depende en buena parte el rendimiento de la cosecha.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAMSON, W. G.; LAYNE, J. N., 2003. Long-term patterns of acorn production for five oak species in xeric Florida uplands. *Ecology*, **84** (9), 2476-2492.
- CAÑELLAS, I., 1992. Producción de bellotas en alcornoques, En: *Simposio mediterráneo sobre regeneración del monte alcornocal*, 223-226. Ed. IPROCOR-Junta de Extremadura. Badajoz (España).
- CECICH, R.A., 1997. The influence of weather on pollination and acorn production. En: *Proceedings of the 11th Central Hardwood Forest Conference*, 252-261. Ed. S.R. PALLARDY, R.A. CECICH, H.E.GARRETT, P.S. JOHNSON. Columbia, M.O. (USA).
- GARCÍA-MOZO, H.; GÓMEZ-CASERO, M.T.; DOMÍNGUEZ, E.; GALÁN, C., 2007. Influence of pollen emission and weather-related factors on variations in holm-oak (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) acorn production. *Environ. Exper. Bot.* **61**, 35-40.
- LOPEZ-CARRASCO, C.; ROBLEDO, J.C.; MUÑOZ DE LUNA, T., 2007. Variaciones interanuales de la duración de la caída de bellotas de encina en la campana de Oropesa, Toledo. Efecto de las temperaturas y precipitaciones. En: *Los sistemas forrajeros: entre la producción y el paisaje*, 82-88. Ed. NEIKER. Vitoria-Gasteiz.
- RODRÍGUEZ-ESTÉVEZ, V.; GARCÍA, A.; PEREA, J.; MATA, C.; GÓMEZ, A., 2007. Producción de bellota en la dehesa: factores influyentes. *Archivos de zootecnia*, **56**(R), 25-43.
- SORIA, F. J.; VILLAGRÁN, M.; DEL TIÓ R.; OCETE, M. E., 1995. Incidencia de *Curculio elephas* gyll. (col, curculionidae) en alcornoques y encinares del Parque Natural Sierra Norte de Sevilla. *Bol. San. Veg. Plagas*, **21**, 195-201.
- SORK, V.L.; BRAMBLE, J.; SEXTON, O., 1993. Ecology of mast fruiting in three species of North American deciduous oaks. *Ecology*, **74** (2), 528-541.

## SUMMARY

### INFLUENCE OF WEATHER-RELATED FACTORS ON VARIATIONS IN HOLM-OAK ACORN PRODUCTION

Economically, holm-oak acorn crop is the major component in Iberian Mediterranean ecosystems. As in most *Quercus* species, the chief feature of holm-oak acorn production is its high variability among individuals and years, because of variables as masting, weather, etc. From 2001 to 2006 we studied fruit production and meteorology in a holm-oak natural area of South Spain. The results obtained, indicated that weather conditions at spring and autumn beginning had a marked influence on acorn production. Flowering survival and production improved by mild temperature in March and crop acorn was stronger because of rainfall in September.

**Key words:** crop, *Quercus*, seed.



## INFLUENCIA DEL CULTIVO DE *LUPINUS LUTEUS* L. EN LA DENSIDAD DE INÓCULO DE *PHYTOPHTHORA CINNAMOMI* EN SUELOS DE DEHESA

M.S. SERRANO<sup>1</sup>, M.E. SÁNCHEZ<sup>2</sup>, P. DE VITA<sup>2</sup>, M.D. CARBONERO<sup>1</sup>, A. TRAPERO<sup>2</sup>, P. FERNÁNDEZ-REBOLLO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dpto. Ingeniería Forestal, <sup>2</sup>Dpto. Agronomía (Patología Agroforestal). ETSIAM. Universidad de Córdoba. 14014 Córdoba. ir1ferep@uco.es

### RESUMEN

*Phytophthora cinnamomi* es un patógeno que causa podredumbre radical en el arbolado de la dehesa y también en *Lupinus luteus*, cultivo frecuente en dehesas de Andalucía occidental. En dehesas que mostraban distintas situaciones en cuanto a decaimiento del arbolado y severidad de la enfermedad en el altramuz, el aislamiento y conteo de colonias de *P. cinnamomi* a partir de muestras de suelo ha mostrado la capacidad del cultivo herbáceo para mantener o incrementar la densidad de inóculo y así potenciar la infección de las encinas. Los resultados obtenidos desaconsejan el cultivo de esta leguminosa en dehesas con presencia del patógeno en el suelo, tanto si el arbolado sufre la enfermedad radical o no.

**Palabras clave:** decaimiento, encina, podredumbre radical, tremosilla.

### INTRODUCCIÓN

Desde hace unos 15 años se viene observando un severo decaimiento del arbolado en las dehesas del sur de España y Portugal, originándose una elevada mortalidad de encinas y alcornoques (Navarro *et al.*, 2004; Sánchez *et al.*, 2006), debido fundamentalmente a la podredumbre radical causada por el oomiceto *Phytophthora cinnamomi* (Brasier, 1996; Gallego *et al.*, 1999; Sánchez *et al.*, 2006; Jiménez *et al.*, 2008), patógeno difícil de controlar debido, entre otras cosas, a su amplio rango de huéspedes leñosos, aunque también infecta algunas herbáceas del género *Lupinus* (Kirby y Grand, 1975; Serrano *et al.*, 2009). En las dehesas del sur peninsular es una práctica habitual la siembra de tremosilla o altramuz amarillo (*L. luteus*) (MAPA, 2006). En dehesas con el arbolado afectado por podredumbre radical (Jiménez *et al.*, 2008) así como en oquedales formados por la muerte de las encinas, se han observado rodales de tremosilla con síntomas de enfermedad. En tests de patogenicidad se ha demostrado que *L. luteus* es susceptible a *P. cinnamomi*, provocando amarillez, flacidez y marchitez en la parte aérea, así como podredumbre de las raicillas y muerte de la



planta (Serrano *et al.*, 2009). Sin embargo, aún no se conoce el efecto que el cultivo de *L. luteus* puede tener sobre la disponibilidad de inóculo de *P. cinnamomi* para la infección del arbolado de la dehesa. En el patosistema *Verticillium dahliae*-olivo, la infección de herbáceas sí tiene una gran influencia en la multiplicación del inóculo, aumentando la presión de enfermedad sobre el huésped leñoso (Trapero y Blanco, 2004). La infección de sus huéspedes herbáceos sirve además para la dispersión del patógeno, por lo que la siembra de herbáceas susceptibles no está recomendada en el olivar (Trapero y Blanco, 2004).

Con estos antecedentes el objetivo principal de este trabajo ha sido evaluar la relación presencia de *L. luteus*-*P. cinnamomi* en campo, con el fin de establecer el efecto que la interacción entre ambos puede tener sobre los *Quercus* de la dehesa.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Las prospecciones se realizaron en 2007 en cuatro dehesas de encina (*Quercus ilex* spp. *ballota*) situadas en la comarca del Andévalo (Huelva). En tres de ellas (fincas 2, 3 y 4) se conocía la presencia de *P. cinnamomi* como agente causal de la podredumbre radical que afecta a las encinas (Jiménez *et al.*, 2008), mientras que la cuarta finca prospectada, dehesa 1, es una repoblación de 10 años de edad, en la que las encinas jóvenes no mostraban ningún síntoma de enfermedad radical. En todos los casos se había sembrado altramuz amarillo en 2006-2007 para ser consumido directamente por el ganado. En cada una de las fincas se seleccionó un foco de altramuz sintomático para su evaluación y muestreo. En las fincas 2 y 3, los focos de plantas de altramuz se encontraban situados en focos de encinas afectadas por podredumbre radical. En la dehesa 4 las muestras se tomaron en un gran foco de altramuces sintomáticos situado en un oquedal generado por la muerte de las encinas afectadas (Jiménez *et al.*, 2008). En la finca 1 se localizó un foco de altramuz situado en una vaguada, en el que las plantas mostraban una ligera flacidez y reducción del crecimiento, aunque el arbolado se mostraba asintomático. Se evaluó el grado de defoliación medio que presentaba el arbolado de la finca siguiendo una escala de 0 a 5, correspondiendo el 0 a un porcentaje de defoliación de 0 al 10%, 1 (11-25%), 2 (26-50%), 3 (51-75%) 4 (>76%) y 5 (árbol muerto) (Sánchez *et al.*, 2003) (Tabla 1). En los focos seleccionados se delimitó una parcela de 10 x 10 m<sup>2</sup> haciendo coincidir su extremo con el centro del foco, y en su diagonal se marcaron 10 subparcelas de 1 m<sup>2</sup>. Las subparcelas se numeraron del 1 al 10, según la distancia al centro del foco de enfermedad, donde se tomaron las diferentes muestras.

**Tabla 1. Valores medios del grado de defoliación de los *Quercus* y severidad de síntomas aéreos de los altramuces en cada una de las parcelas.**

Fincas	Grado de defoliación de los <i>Quercus</i> (0-5)	Síntomas aéreos en altramuz (0-4)
1	0,0	1,3
2	1,5	1,9
3	2,0	1,5
4	4,0	2,2

Se llevaron a cabo dos prospecciones, una en primavera, cuando *L. luteus* está al comienzo de la floración y otra a principios de verano, cuando la planta, infectada o no, estaba muerta. En la primera prospección se evaluó la severidad de los síntomas aéreos de las plantas de altramuz, y se tomaron muestras de raíz y suelo. En verano la vegetación se encontraba agostada, por lo que solamente se tomaron muestras de suelo. Para la evaluación de los síntomas aéreos se utilizó la siguiente escala: 0 = parte aérea asintomática, 1 (síntomas leves) = < 40 % de planta sintomática (flaccidez y/o marchitez), 2 (síntomas graves) = 41-90 %, 3 = planta muerta y 4= falta de emergencia. Se evaluó el número de plantas que mostraban cada una de las categorías de severidad en cada subparcela, utilizando la media ponderada como valor representativo de la severidad de síntomas para cada una de ellas. Para la toma de muestras de raíz, se eligieron raíces de 10 plantas de altramuz pertenecientes a la categoría predominante en cada parcela, en cada uno de los focos.

Las muestras de raíz procedentes de cada subparcela fueron tratadas separadamente. Las raicillas sintomáticas se sembraron en el medio selectivo NARPH (Jiménez *et al.*, 2008).

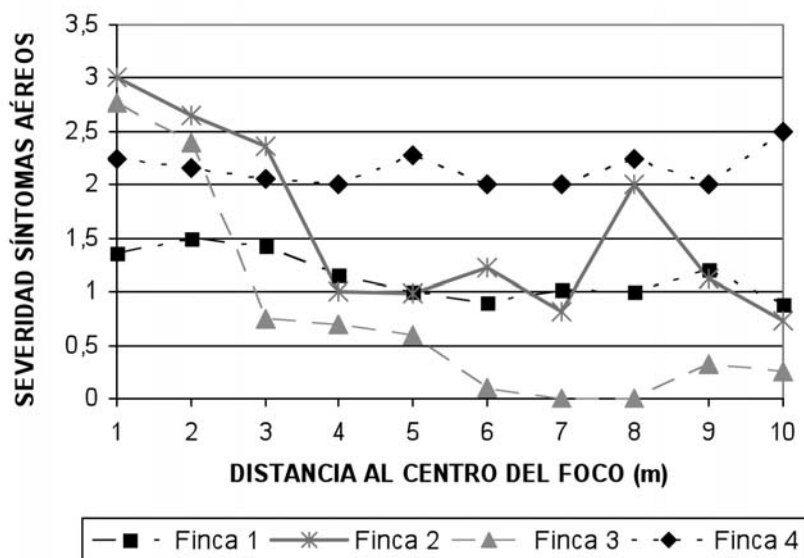
Las muestras de suelo se secaron al aire y se tamizaron. Para cada muestra se pesaron 10 g de suelo seco y se suspendieron en 200 ml de Agar-Agua estéril al 0,2%. De esta mezcla se tomaron alícuotas de 1 ml y se extendieron en placas de Petri conteniendo el medio NARPH. Las placas se incubaron a 24° C en oscuridad durante 24 h y posteriormente se lavó la superficie de cada placa con agua estéril, incubándose otras 48 h a 24° C en oscuridad. Las colonias obtenidas se identificaron y contaron, expresando los resultados como unidades formadoras de colonias por gramo de suelo seco (ufc/g). (Jiménez *et al.*, 2008).

La identificación de las colonias fúngicas obtenidas de las muestras de raíz y de suelo se basó en su morfología y en la observación al microscopio invertido de estructuras características: hinchazones hifales y/o clamidosporas (Erwin y Ribeiro, 1996; Jiménez *et al.*, 2008).

Los datos correspondientes a la densidad de inóculo se analizaron mediante un ANOVA. Para la comparación de los valores medios se utilizó el test protegido de Fisher al nivel de probabilidad del 0,05 (Steel y Torrie, 1985). Los datos se analizaron mediante el programa Statistix (Analytical Software, Tallahassee, USA).

## RESULTADOS

Los síntomas aéreos observados en los focos de altramuces enfermos consistieron en reducción del crecimiento, flacidez y amarillez foliar, marchitez de toda la planta, plántulas de altramuz muertas y por último, falta de emergencia en rodales. La extracción de las plantas sintomáticas mostró la escasez de raicillas según eran los síntomas aéreos más intensos, con necrosis extensas en las raíces existentes. En las fincas 3 y 2, la severidad de síntomas aéreos fue disminuyendo desde el centro del foco hacia el perímetro exterior (Figura 1). En las otras dos fincas la severidad de síntomas varió poco con la distancia al centro del foco, si bien la dehesa 4 alcanza valores más elevados que en la dehesa 1. En la Tabla 1 se muestran los valores medios de síntomas aéreos en los focos de altramuz para cada una de las fincas.



**Figura 1. Variación de la severidad de síntomas aéreos en las plantas de altramuz a lo largo de la distancia al centro del foco en las cuatro fincas muestreadas.**

A partir de las muestras de raíz se obtuvo de forma consistente un único tipo de colonia, redonda y muy ramificada. Las observaciones microscópicas mostraron la presencia de micelio botrioso con hinchazones hifales en racimo y clamidosporas, típico de *P. cinnamomi* (Erwin y Ribeiro, 1996; Jiménez *et al.*, 2008). La Tabla 2 muestra el porcentaje de aislamiento de *P. cinnamomi* a partir de muestras de raíz de altramuz para cada una de las fincas. En la dehesa 4 el porcentaje de subparcelas con aislamiento positivo del patógeno de raíz es tan solo del 20 %, debido a que en muchas de las subparcelas había únicamente plántulas de altramuz de tamaño muy pequeño con poca raíz o falta de emergencia, por lo que no se pudo disponer de raíz para el aislamiento. Aunque esporádicamente aparecieron algunas colonias aisladas del género *Pythium*, en ningún caso se aisló de raíces de altramuz a la especie *P. spiculum*, otro patógeno de raíz de encinas frecuente en dehesas de Andalucía occidental (Jiménez *et al.*, 2008).

**Tabla 2. Aislamiento de *P. cinnamomi* a partir de las raíces necróticas de plantas de altramuz amarillo afectadas de podredumbre radical.**

Fincas	Porcentaje de subparcelas con aislamiento positivo de <i>P. cinnamomi</i>	Porcentaje de recuperación de <i>P. cinnamomi</i> en subparcelas con aislamiento positivo*
1	30	6,5
2	70	7,2
3	100	18,2
4	20	2,8

\*Porcentaje expresado como nº de trocitos de raíz que dieron lugar a una colonia sobre el nº total de trocitos de raíz colocados en medio selectivo (NARPH).

La densidad de inóculo en el suelo registrada a lo largo de los dos muestreos se presenta en la Tabla 3. En primavera, dos de las fincas (3 y 4) mostraron unos niveles de inóculo en suelo de 17,4 y 19,3 ufc/g, mientras que en la finca 2 la densidad fue de 6,6 y en la finca 1 de solamente 0,3 ufc/g. La densidad de inóculo en las dos primeras fincas es estadísticamente mayor que en la finca 1, en buena correspondencia con el grado de defoliación de los árboles en las diferentes dehesas. La comparación de valores medios de densidad de inóculo para cada finca entre primavera y verano se muestra en la Tabla 3. En las fincas 1 y 2 hay un incremento de densidad que sólo es significativo en la primera de ellas. En la dehesa 1, a partir de niveles de inóculo muy bajos en primavera (0,3 ufc/g) se alcanzan los niveles habituales en suelos con árboles infectados (13,3 ufc/g). Las fincas 3 y 4 presentan una disminución en la densidad de inóculo que sólo es estadísticamente significativa en la finca 3, la cual fue fertilizada con purín antes del muestreo de verano. La comparación de valores medios de densidad de inóculo en verano entre las distintas fincas no mostró diferencias significativas.

**Tabla 3. Valores medios de densidad de inóculo de *P. cinnamomi* en suelo. Para cada fila, letras distintas indican diferencias significativas para  $P < 0,05$ .**

Fincas	Densidad de inóculo en suelo (ufc/g)	
	Primavera	Verano
1	0,3 a	13,3 b
2	6,6 a	10,8 a
3	17,4 a	1,9 b
4	19,3 a	9,5 a

## DISCUSIÓN

La susceptibilidad del altramuz amarillo a *P. cinnamomi* y su capacidad para incrementar la densidad de inóculo en suelo y así potenciar la infección de las encinas, queda patente en la dehesa 1 (replacación joven de encinas), donde partiendo de unos niveles de inóculo en suelo muy bajos en primavera, se alcanzan valores mucho mayores en verano, similares a los de otras fincas con un importante grado de defoliación del arbolado.

Cabe destacar la disminución en la densidad de inóculo en suelo que se produce en la dehesa 3, a pesar del cultivo de la tremosilla y de partir de niveles elevados en primavera. Esto podría deberse a la fertilización con purín ya que esta finca es una explotación ganadera con una elevada densidad de ganado porcino, en la que se distribuye con bastante frecuencia el purín en el suelo. Nuestros resultados sugieren que se debe replantear la siembra del altramuz amarillo tanto en las dehesas afectadas por la podredumbre radical de los *Quercus*, como en las no afectadas, ya que este cultivo mantiene o aumenta la densidad del patógeno en el suelo, suponiendo una seria amenaza para la supervivencia del arbolado de la dehesa. Por otra parte, en base a lo obtenido en este estudio, en la búsqueda de métodos de control efectivos contra la podredumbre radical de los *Quercus*, debemos considerar aquellos que pueden disminuir la densidad de inóculo en suelo, y en este sentido, la fertilización con purín puede ser

una buena alternativa. Por este motivo, en la búsqueda de métodos de control preventivo contra la podredumbre radical causada por *P. cinnamomi* en las dehesas andaluzas, se hace necesario investigar la aplicación de estiércoles al suelo como posible herramienta de control biológico del patógeno.

## CONCLUSIONES

*Lupinus luteus*, huésped herbáceo de *P. cinnamomi*, incrementa o mantiene los niveles de inóculo en suelo en condiciones naturales, lo que desaconseja su cultivo tanto si el arbolado sufre la enfermedad radical o no.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a los técnicos de la Oficina Comarcal Agraria de Huelva la ayuda prestada en la localización de las fincas, así como la ayuda prestada por R Pérez-Blanco y MA Romero, becarios del Departamento de Agronomía de la Universidad de Córdoba. Este trabajo ha sido financiado por un convenio suscrito entre la Universidad de Córdoba y la Consejería de Agricultura de la Junta de Andalucía.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BRASIER, C.M., 1996. *Phytophthora cinnamomi* and oak decline in southern Europe. Environmental constraints including climate change. *Ann. Sci. For.*, **53**, 347-358.
- ERWIN, D.C.; RIBEIRO, O.K. 1996. *Phytophthora diseases worldwide*. APS Press, St. Paul, MN.
- GALLEGO, F.J.; DE ALGABA, A.P.; FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R., 1999. Etiology of oak decline in Spain. *Eur. J. For. Path.*, **29**, 17-27.
- KIRBY, H.W.; GRAND, L.F., 1975. Susceptibility of *Pinus strobus* and *Lupinus* spp. to *Phytophthora cinnamomi*. *Phytopathology*, **65**, 693-695.
- JIMÉNEZ, J.J.; SERRANO, M.S.; VICENTE, V.; FERNÁNDEZ, P.; TRAPERO, A.; SÁNCHEZ, M.E., 2008. Nuevas especies de *Pythium* que causan podredumbre radical de *Quercus* en España y Portugal. *Bol. San. Veg. Plagas*, **34**, 549-562.
- MAPA, 2006. *Estadísticas agrarias*, <http://www.mapya.es>
- NAVARRO, R.M.; FERNÁNDEZ REBOLLO, P.; TRAPERO, A.; CAETANO, P.; ROMERO, M.A.; SÁNCHEZ, M.E.; FERNÁNDEZ, A.; SÁNCHEZ, I.; LÓPEZ, G., 2004. *Los procesos de decaimiento de encinas y alcornoques*. Dirección Gral. de Gestión del Medio Natural. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Sevilla.
- SÁNCHEZ, M.E.; SÁNCHEZ, J.E.; NAVARRO, R.M.; FERNÁNDEZ, P.; TRAPERO, A. 2003. Incidencia de la podredumbre radical causada por *Phytophthora cinnamomi* en masas de *Quercus* en Andalucía. *Bol. San. Veg. Plagas*, **29**, 87-108.
- SÁNCHEZ, M.E.; CAETANO, P.; ROMERO, M.A.; NAVARRO, R.M.; TRAPERO, 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. Proceedings of the Third International IUFRO Working Party S07.02.09. Meeting at Freising*, 149-154. Ed. C. BRASIER, T. JUNG, W. OSSWALD. Forest Research, Farnham, UK.

SERRANO, M.S.; FERNÁNDEZ REBOLLO, P.; CARBONERO, M.D.; TRAPERO, A.; SÁNCHEZ, M.E., 2009. La tremosilla (*Lupinus luteus*): un nuevo huésped de *Phytophthora cinnamomi* en las dehesas de Andalucía occidental. *Bol. San. Veg. Plagas*, **35** (en prensa).

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H., 1985. *Bioestadística: Principios y procedimientos*. McGraw-Hill, Bogotá.

TRAPERO, A.; BLANCO, M.A., 2004. Enfermedades. En: *El cultivo del olivo*. 557-614. Mundi-Prensa. Edición, 5ª revisada y ampliada. Madrid.

## SUMMARY

### **INFLUENCE OF *LUPINUS LUTEUS* L. CROPS ON *PHYTOPHTHORA CINNAMOMI* INOCULUM DENSITY IN DEHESA SOILS**

*Phytophthora cinnamomi* is a pathogen causing root rot in oak trees growing in dehesa systems and also in yellow lupine, a common pasture crop in western Andalusia. In dehesas showing different situations in terms of tree decline and disease severity in the lupines, isolation and counting of colonies of *P. cinnamomi* from soil samples has shown the ability of the herbaceous crop to maintain or increase the inoculum density and thus may enhance oak infections. The obtained results discourage the cultivation of this legume in dehesas with known presence of the pathogen in the soil, whether the trees are suffering the root disease or not.

**Key words:** decline, holm oak, root rot, yellow lupine.



# ACTITUDES ANTE POLÍTICAS SECTORIALES Y MEDIOAMBIENTALES DE GANADEROS DE OVINO EN UN ESPACIO NATURAL PROTEGIDO

B. A. ZAMUDIO, E. MANRIQUE, A. M. OLAIZOLA

*Departamento de Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Miguel Servet  
177. 50013. Zaragoza. zamudiohdez@yahoo.com.mx.*

## RESUMEN

En el marco de un análisis, mediante el enfoque sistémico, de sistemas ovinos que utilizan un espacio natural protegido, se estudia la dimensión verbal de las actitudes de los ganaderos ante aspectos sectoriales y medioambientales de la PAC. Se utiliza información obtenida mediante encuesta de una muestra de 40 explotaciones que aprovechan un Parque Natural y en concreto información sociodemográfica y opiniones de los ganaderos al respecto.

La información fue tratada mediante un Análisis de Componentes Principales (APC) y se establecieron tres grupos con un Análisis Cluster Jerárquico. Los ganaderos, en conjunto, valoran positivamente tanto la función medioambiental de sus actividades como la PAC con carácter general. Dicen conocer las implicaciones de la reforma de 2003 y las medidas agroambientales, pero tienen opiniones negativas de muchos aspectos de dicha reforma. Los tres grupos obtenidos coinciden, en distinto grado, en la valoración positiva de la PAC y en el papel medioambiental del ovino; pero difieren, en función de las características sociodemográficas del grupo, en las perspectivas de evolución de la política agraria o en el interés medioambiental de determinadas actividades agroganaderas.

**Palabras clave:** sistemas ovinos, PAC, análisis cluster, medidas agroambientales.

## INTRODUCCIÓN

La explotación ganadera definida por Duru (1980) como un sistema abierto, sometido a influencias del entorno y gestionado por el ganadero, es sensible a un amplio abanico de factores de carácter biológico, ecológico, sociológico, económico y político (Jones *et al.*, 1997). El enfoque sistémico aplicado al análisis de las explotaciones agrarias a las que Osty (1978) calificó de “sistemas familia-explotación”, supone que para comprender el funcionamiento, las necesidades y las decisiones de la explotación, es preciso considerar también los objetivos, la situación del agricultor y su familia y las percepciones que tenga el grupo familiar. Sin incorporar estos aspectos al análisis, no es posible conocer todas las partes e interacciones del sistema y com-



prender su funcionamiento como un todo (Rountree, 1977; Dillon, 1992). Por este motivo también en referencia a estudios de sostenibilidad de explotaciones, Zergen y Amini, (1994) plantearon la necesidad de pensar en términos de “familia” en lugar de hacerlo simplemente en términos de empresa, sin desconocer por ello la mayor dificultad que entrañaba este enfoque.

Por otra parte, las explotaciones ganaderas de carácter extensivo situadas en zonas rurales desfavorecidas, sin externalidades negativas, que constituyen sistemas si duda multifuncionales, son necesariamente dependientes de las políticas agrarias y rurales, dado que los fallos de mercado suponen la imposibilidad de alcanzar los óptimos sociales sin intervención pública que remunere sus funciones no comerciales y su producción de bienes públicos. Los instrumentos actuales de estas políticas se basan en ayudas directas desacopladas con condicionalidad, en medidas agroambientales y en políticas de calidad (García-Azcarate, 2007). Ahora bien, estas políticas pueden no ser totalmente eficaces si se desconocen las percepciones y las opiniones de los ganaderos, sobre los que sabemos confluyen numerosos factores que afectan a su conducta final; factores tanto de carácter interno o psicográfico del individuo como externo o ambiental que lo rodean.

Entre las variables internas de carácter subjetivo están las “actitudes” del individuo; definidas como predisposiciones positivas o negativas a evaluar algún símbolo, objeto o aspecto de su mundo de una forma favorable o desfavorable y que se reflejan en su comportamiento (Katz, 1960). La actitud tiene una dimensión verbal, opinión que el individuo manifiesta ante cualquier objeto, persona, acción o acontecimiento, y otra no verbal, relacionada con el elemento cognitivo o creencia. Su medición es más compleja que la de las variables externas (Santesmases, 2001), pero es una de las más utilizadas (Willock *et al.*, 1999; Dimara y Skuras, 1999).

Las variables demográficas y socioeconómicas reflejan, respectivamente, características del individuo relacionadas con su naturaleza biológica, su localización y su situación familiar y aspectos como la profesión, los ingresos periódicos, nivel de estudios, etc.

En el marco de una investigación más amplia tendente a conocer los objetivos y el comportamiento de ganaderos de ovino de explotaciones que utilizan un espacio natural protegido (Parque de Guara, Huesca) se exponen los primeros resultados referidos a las opiniones y actitudes verbales que manifiestan sobre la PAC y algunos de sus aspectos medioambientales; así como la incidencia sobre dichas opiniones de algunas características sociodemográficas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La información utilizada procede de una encuesta directa realizada en 2008 a los titulares de cuarenta explotaciones ovinas que utilizan en distinta medida, el Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara (Huesca). El cuestionario recoge información de los cambios experimentados por la estructura y el sistema productivo de las explotaciones desde el año 2000, fecha en la que se dispuso de información obtenida mediante una encuesta previa. Asimismo, el cuestionario contempla preguntas sobre objetivos del ganadero, opiniones sobre la PAC, el Parque Natural, la profesión y el sector y los cambios previstos en la explotación en el futuro inmediato. Para medir las

opiniones de los ganaderos se utilizó una escala de Likert de 1 a 5 (desde “totalmente en desacuerdo” hasta “totalmente de acuerdo”) (Foddy, 1996) sobre diecisiete preguntas. Para el establecimiento de grupos de ganaderos en función de sus opiniones respecto a la PAC, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) sobre ocho variables de opinión y, posteriormente, un Análisis Cluster Jerárquico. Por último, se analizaron en los tres grupos, las características socio-demográficas (edad, estado civil, nivel educativo, pluriactividad) y la intención o no de abandonar la actividad del ovino en los próximos cinco años, mediante un test de Chi-cuadrado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las opiniones medias expresadas por todos los ganaderos se recogen en la Figura 1. No obstante, estas opiniones se discuten desagregadas a nivel de los grupos obtenidos mediante el análisis multivariante.

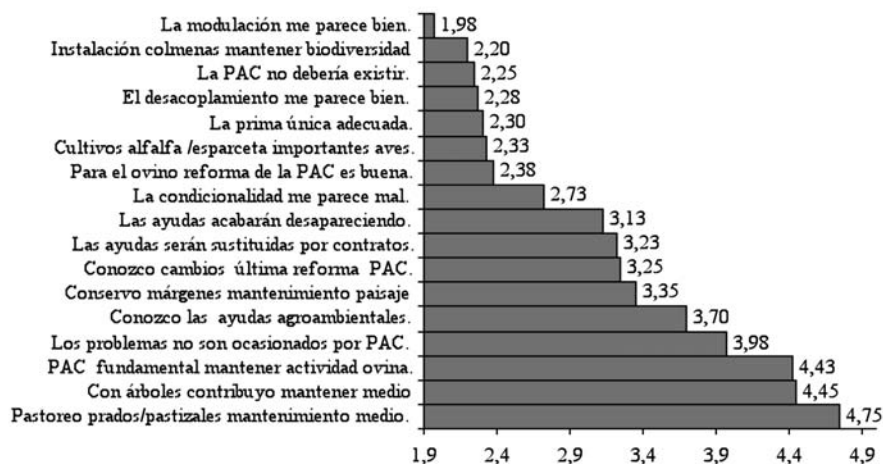


Figura 1. Opiniones medias de los ganaderos sobre la PAC y la función medioambiental.

El tratamiento de la información mediante un ACP ha permitido obtener tres factores que en conjunto explican el 62,7% de la varianza total (Tabla 1). El primer Factor, que explica el 22,8% de la varianza, englobaría las opiniones sobre la PAC esencialmente negativas. Así, la PAC no sería fundamental para mantener la actividad ovina; la condicionalidad les parece mal, mientras el desacoplamiento por el contrario les parece adecuado. Podría interpretarse que este factor caracteriza las opiniones que abogan por una menor libertad económica de las actividades del sector. Consideran además que las ayudas acabarán desapareciendo dentro de pocos años. El segundo Factor explica el 20,8% de la varianza inicial y está altamente correlacionado con las opiniones que sostienen la función medioambiental básica desempeñada por el ovino en pastoreo y los cultivos como la alfalfa y la esparceta en seco. Al mismo tiempo, consideran que la PAC no es imprescindible para el mantenimiento de la actividad ovina y manifiestan escasa confianza en el mantenimiento de las ayudas actuales que serán sustituidas por contratos por razones medioambientales. El tercer Factor explica el 19% de la varianza; caracterizaría y sería expresión de una mayor sensibilización con el medio ambiente en general. Consideran que las prácticas agroganaderas que conllevan el mantenimiento de encinas, pinos, sabinas, almendros, etc., contribuyen

a la función medioambiental y asimismo los cultivos de leguminosas de secano son importantes para el mantenimiento de las aves (Tabla 1).

**Tabla 1. Correlaciones de las variables sobre los tres primeros factores del ACP.**

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
La condicionalidad me parece mal.	0,785		
El desacoplamiento me parece bien.	0,727		
La PAC es fundamental para mantener la actividad ovina.	-0,657		
Las ayudas serán sustituidas por contratos.		0,791	
El pastoreo en prados y pastizales fundamental para mantenimiento del medio.		0,619	
Las ayudas acabarán desapareciendo.	0,449	0,573	
Con el mantenimiento de árboles contribuyo a mantener el medio ambiente.			0,836
Cultivos de alfalfa o esparceta son importantes para la protección de las aves.			0,814
% Varianza total explicada	22,8	20,8	19,1

KMO = 0,598. Prueba de esfericidad de Bartlett Chi-cuadrado = 52,291 (p<0,004)

El Análisis Cluster ha permitido diferenciar tres grupos de ganaderos por sus opiniones (Tabla 2). En la Tabla 3 se presentan las características sociodemográficas de los ganaderos de los tres grupos diferenciados.

**Tabla 2. Respuesta medias de las explotaciones de cada grupo\*.**

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Número explotaciones	11	13	16
La PAC es fundamental para mantener la actividad ovina.	4,91	4,00	4,44
Las ayudas acabarán desapareciendo.	1,91	3,31	3,81
Las ayudas serán sustituidas por contratos.	2,27	3,46	3,69
El desacoplamiento me parece bien.	1,55	2,23	2,81
Cultivos de alfalfa o esparceta son importantes para la protección de las aves.	1,91	1,38	3,38
Con el mantenimiento de árboles contribuyo a mantener el medio ambiente.	4,73	3,77	4,81
El pastoreo en prados y pastizales fundamental para mantenimiento del medio.	4,45	4,69	5,00
La condicionalidad me parece mal.	2,45	2,92	2,75

\* 1: Totalmente en desacuerdo.....5: Totalmente de acuerdo.

**Tabla 3 Características sociodemográficas de los ganaderos en los diferentes grupos.**

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Total
<b>Número de explotaciones</b>	11	13	16	40
<b>Estudios*</b>				
% Primarios	7,5	15,0	30,0	52,5
% Secundarios	20,0	17,5	10,0	47,5
<b>Edad*</b>				
% 20 - 35 años	0,0	7,5	2,5	10,0
% 36 – 50 años	17,5	10,0	7,5	35,0
% 51 a 65 años	10,0	15,0	30,0	55,0
<b>Estado Civil</b>				
% Solteros	10,0	15,0	10,0	35,0
% Casados	17,5	17,5	30,0	65,0
<b>Intención de abandonar la actividad del ovino en los próximos años</b>				
% No	25,0	22,5	27,5	75,0
% Si	2,5	10,0	12,5	25,0
<b>Pluriactividad de los cónyuges</b>				
% No	15,0	22,5	27,5	65,0
% Si	27,5	32,5	12,5	35,0

\* p&lt;0,05

El Grupo 1 está formado por 11 titulares de explotación y se caracteriza por considerar el papel positivo de la PAC en el mantenimiento del ovino en la zona y la función medioambiental desempeñada por sus actividades agroganaderas (pastoreo de yermos y pastizales, mantenimiento de árboles, etc.). Son críticos con algunos aspectos de la última reforma (desacoplamiento) pero no con la condicionalidad. No opinan que las ayudas vayan a desaparecer en un futuro inmediato. Corresponde, sobre todo, a un grupo de ganaderos en el que predominan los de edad media, con la menor presencia de pluriactivos, con mayor número con estudios secundarios y que no manifiestan intención de abandonar la actividad próximamente.

El Grupo 2, formado por 13 ganaderos, presenta valoraciones muy semejantes a las del grupo anterior en lo que se refiere a la importancia que conceden a la PAC en el mantenimiento de la actividad ovina y en la valoración positiva de la función medioambiental de sus explotaciones; si bien están en desacuerdo con el mantenimiento de árboles y la siembra de leguminosas más allá de los fines productivos. Difieren sobre todo, en su visión del futuro de la PAC opinando mayoritariamente que desaparecerán las ayudas y serán sustituidas por contratos administraciones-ganaderos. Constituye un grupo con presencia de ganaderos de todas las edades; con el mayor porcentaje de solteros y con mayor número de explotaciones pluriactivas.

El Grupo 3 está formado por 16 ganaderos que también valoran positivamente tanto el papel de la PAC, como la función medioambiental de las explotaciones (importancia de alfalfa y esparceta para la biodiversidad); esta última en mayor medida que los anteriores grupos. La visión del futuro de las ayudas es semejante a la de los otros grupos y su visión crítica de la última reforma es más equilibrada. En este grupo se incluyen más ganaderos de mayor edad, casados, con estudios exclusivamente primarios y una mayor proporción de pluriactivos. Son también los que en mayor medida contemplan la posibilidad de abandonar la actividad ovina en los próximos años.

## CONCLUSIONES

Los ganaderos de los sistemas estudiados valoran mayoritariamente la PAC como un instrumento fundamental para el mantenimiento de la actividad ovina y consideran como una función medioambiental algunas de sus actividades y prácticas; pero no así otras más relacionadas con objetivos de biodiversidad. La reforma de la PAC de 2003 es parcialmente conocida y mayoritariamente mal valorada en algunos de sus aspectos. Por otra parte, consideran que el sistema actual de ayudas terminará desapareciendo y será sustituido por otro en el que se valoren aspectos de las funciones no comerciales.

Los tres grupos de ganaderos que se han podido establecer coinciden en el papel positivo de la PAC y en la función medioambiental de la actividad ovina; pero difieren en la valoración de algunas prácticas agroganaderas más allá de la función productiva; en la visión del futuro de la PAC y en el grado de crítica a la última reforma.

## AGRADECIMIENTOS

El trabajo se enmarca en el Proyecto INIA RTA 05-234-C02-01. Se agradece especialmente la colaboración insustituible de los ganaderos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DILLON, J. L., 1992. The farm as a purposeful system. Dept. of Agric. Econ. Univ. of New England. *Miscellaneous Pub.*, **10**.
- DIMARA, E.; SKURAS, D., 1999. Importance and Need for Rural Development Instruments Under the CAP: a survey of Farmers' Attitudes in Marginal Areas of Grece. *Journal of Agricultural Economics*, **50(2)**, 304-315.
- DURU, M., 1980. *Exploitation agricole et analyse de systemes. Mise au point methodologique*. Doc. Romeo 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).
- GARCÍA-AZCARATE, T., 2007. En qué nos puede ayudar a anticipar el futuro el concepto de multifuncionalidad: una visión desde Bruselas. En: *La multifuncionalidad de la agricultura en España*, 227-238. Ed. J. A. GÓMEZ-LIMÓN y J. BARREIRO. Eumedia. Madrid (España).
- JONES, J. W.; THORNTON, P. K.; HANSEN, J. W., 1997. Opportunities for systems approach at the farm scale. En: *Applications of system approaches at the farm and regional levels*, 1-18. Ed. P. S. TENG,

M.J.KROPFF, H.F.M. BORGE, J.B.DENT, F.P.LAUSIGAN, H.M.VANLAAR. Kluwer Academic, U.K. KATZ, D., 1960. The functional Approach to the Study of Attitudes. *Public Opinion Quarterly*, **24**, 63-204.

OSTY, P. L., 1978. L' exploitation agricole vue comme un système. Diffusion de l'innovation et contribution au développement. *Bull. Tech. Inf. Min. Agric.*, **326**, 43-49.

ROUNTREE, J. H., 1977. Systems Thinking. Some fundamental aspects. *Agricultural Systems*, **2**, 247-254.

SANTESMASES, M., 2001. *Marketing. Conceptos y estrategias*. Editorial Pirámide, 116 pp. Madrid.

WILLOCK, J.; DEARY, I.J.; EDWARDS-JONES, G.; GIBSON, G. J.; MCGREGOR, M. J.; SUTHERLAND, A.; DENT, J. B.; MORGAN, O. ; GRIEVE, R., 1999. The role of attitudes and objectives in farmer decision making: business and environmentally- oriented behaviour in Scotland: *Journal of Agricultural Economics*, **50(2)**, 286-303.

ZERGEN, V.; AMINI, S., 1994. The concept of sustainability in classifying farms *Tropenland-with Beiheft*, **52**, 69-79.

## SUMMARY

### THE ATTITUDES TOWARDS SECTOR AND ENVIRONMENTAL POLICIES OF SHEEP FARMERS IN A PROTECTED NATURAL SPACE.

Within the framework of an analysis based on a systemic approach to sheep farming systems that use a protected natural space, a study has been carried out on the verbal dimension of the attitudes of farmers to sector and environmental aspects of the CAP. The information was obtained by means of a survey carried out on a sample of 40 farms that use a Natural Park, gathering socio-demographic information and the farmers' opinions on this. The information was transformed by means of a Principal Components Analysis (PCA) and three groups were established with a Hierarchical Cluster Analysis. The farmers as a whole rate positively both the environmental function of their activities and the CAP in general. They express their awareness of the implications of the 2003 reform and agricultural-environmental measures but they have a negative opinion of many aspects of said reform. The three groups obtained coincide, in varying degrees, in rating the CAP positively and the environmental role of sheep farming but they differ, depending on the socio-demographic characteristics of the group, on the prospects of the agricultural policy's evolution and the environmental interest of certain agricultural-farming activities.

**Key words:** sheep systems, attitudes, CAP, cluster analysis, agri-environmental measures.



# APROVECHAMIENTO DE PASTOS FORESTALES DE MONTAÑA MEDITERRÁNEA POR VACAS DE CRÍA: PAUTAS DE ACTIVIDAD Y SELECCIÓN DE LA DIETA

I. CASASÚS<sup>1</sup>, M. BLANCO<sup>1</sup>, M. OREA<sup>1</sup>, R. REVILLA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria, Gobierno de Aragón. Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza. <sup>2</sup>Centro de Transferencia Agroalimentaria, Gobierno de Aragón. Carretera Movera s/n, 50194 Zaragoza. [icasasus@aragon.es](mailto:icasasus@aragon.es)

## RESUMEN

Se analizó el comportamiento ingestivo y la dieta seleccionada durante todo un ciclo anual por un rebaño de 25 vacas nodrizas en pastos con arbolado denso y herbáceos (pastizales y cultivos forrajeros) en un área de media montaña mediterránea (Sierra de Guara, Huesca). La mayor parte del tiempo diario de observación se dedicó al pastoreo ( $433 \pm 72$  min), seguido del reposo, el desplazamiento y el amamantamiento. Las pautas de actividad se vieron sensiblemente afectadas por la época del año, con máxima duración del pastoreo en primavera y mínima en otoño. La dieta seleccionada fue mayoritariamente pastizal ( $48,8 \pm 32,9\%$  del tiempo de pastoreo), seguido de cultivos forrajeros ( $33,0 \pm 42,0\%$ ), y pasto de ramoneo ( $18,2 \pm 21,0\%$ ), aunque esta relación dependió de la época: el consumo de cultivos forrajeros fue mayor en primavera y verano, y el ramoneo llegó a alcanzar el 38% de la dieta pastada en invierno. La calidad del pasto en oferta estuvo estrechamente ligada al tipo de recurso disponible, y se observaron diferencias en el contenido en N fecal de las vacas a lo largo del año, indicando la selección de una dieta más proteica en primavera.

**Palabras clave:** vacas, pastos forestales, comportamiento ingestivo, selección de la dieta.

## INTRODUCCIÓN

El estudio de los sistemas de producción y su relación con el territorio en el Parque de la Sierra y Cañones de Guara (Prepirineo oscense) ha sido abordado desde múltiples perspectivas y considerando diversas escalas de interrelación (Casasús *et al.*, 2009). En este marco general, se realizó una comparación de las pautas de aprovechamiento ganadero real de las superficies forrajeras disponibles con su uso potencial, en función de las características de los pastos (Asensio y Casasús, 2004), lo que permitió identificar una serie de espacios susceptibles de reorientación en su uso pastoral. En ellos se pusieron en marcha diversas experiencias piloto para demostrar a los ganaderos y gestores del Parque la viabilidad técnica de la ganadería extensiva y de su uso como herramienta de gestión medio ambiental.



En uno de dichos espacios se instaló un rebaño vacuno de nueva creación en una finca particular escasamente aprovechada. Se diseñó un manejo adaptado a la disponibilidad teórica de recursos forrajeros a lo largo del año, si bien se desconocía el aprovechamiento real que las vacas pudieran realizar de los mismos. Por ello, el objetivo de este trabajo fue analizar el comportamiento ingestivo y la dieta seleccionada por un rebaño de vacas nodrizas en pastos con arbolado denso y herbáceos en un área de media montaña mediterránea.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en una finca localizada en la Sierra de Rufas (Bierge), en un territorio de tradición ovina (pastoreo a cargas medias, caracterizado por bosques de encinas y agricultura basada en cereal de secano; Barrantes *et al.*, 2009). Se trata de un área calcárea con relieve kárstico, de 600-880 m de altitud y clima mediterráneo con tendencia continental (media anual en el periodo 1997-2007:  $t^{\circ}$   $13,7 \pm 6,6^{\circ}\text{C}$  y precipitación  $584 \pm 476$  l/m<sup>2</sup>).

La finca contaba una superficie de 464 ha, mayoritariamente de pasto arbolado (297 ha de encinares *Quercus ilex*, 34 ha de masa mixta *Pinus sylvestris-Quercus ilex*, según el II Inventario Forestal Nacional), con 23 ha de cultivos (4,5 ha de almendrales y 18,5 de cultivos forrajeros) y 111 ha de suelo improductivo. En el pasto arbolado, además de las especies reseñadas, abundaba el madroño (*Arbutus unedo*) y otras especies arbustivas como el romero (*Rosmarinus officinalis*), tomillo (*Thymus* sp.), enebro común (*Juniperus communis*), sabina (*Juniperus phoenicea*), etc. Para la instalación del rebaño se realizaron diversas adaptaciones en las infraestructuras (cercados, provisión de bebederos, instalaciones) y adecuación de los cultivos forrajeros (siembra de 2,85 ha con mezcla de centeno y triticale, y de 15,65 ha con una mezcla de pratenses (37% *Festuca elatior*, 31% *Vicia sativa*, 18% *Lolium perenne*, 12% *Medicago sativa* cv. Aragón, 2% *Trifolium repens-Lotus corniculatus*)). En junio de 2004 se introdujo un rebaño de 25 vacas de raza Pirenaica, con un manejo orientado a un parto en otoño (octubre-noviembre), con cubrición de diciembre a febrero, y destete en marzo.

El presente ensayo se realizó durante todo un ciclo anual (marzo 2007 a febrero 2008), en el que las vacas aprovecharon los distintos tipos de recursos forrajeros. Los pastos arbolados y el pasto en áreas de cultivo (almendrales) se encontraron disponibles todo el año, las praderas en mayo-junio y septiembre-octubre, y los pastos de centeno-triticale en diciembre-enero (pasto verde) y julio-agosto (espiga en pie). Durante el periodo de partos y cubrición (octubre-febrero) el pasto se complementó con una ración completa comercial (Fiberbovi: 60% paja, 15% alfalfa deshidratada, 5% maíz, 5% pulpa, 10% gluten de maíz y 5% cebada). Ésta se ofreció en una única ración semanal de 47 kg/vaca en fresco (6,7 kg/vaca y día), suministrada los viernes para estabular a las vacas durante el fin de semana en época de caza, al tratarse de un coto privado, y se consumió en los 4 primeros días. Las instalaciones permanecieron abiertas todo el año para facilitar abrigo al rebaño.

Para estudiar las pautas de actividad de las vacas y la dieta seleccionada se realizaron seguimientos de los animales un día al mes durante todo el ciclo anual (12 controles), durante el periodo de luz diurna. Durante la fase de suplementación, el control se realizó el día previo a la misma. Cada 15 min se registró el número de vacas

presentes y la actividad realizada por cada una de ellas (pastoreo, desplazamiento, reposo o amamantamiento). En el caso de observarse pastoreo se identificó el tipo de vegetación pastada por cada animal: cultivo forrajero (pradera o centeno-triticale), pastizal (sotobosque, pastizal abierto, pasto en áreas de cultivo) o pasto de ramoneo (encina, madroño, romero, otros). Para estimar el ritmo de ingestión se determinó la frecuencia de bocados ( $n^\circ$  en 2 min). Mensualmente se determinó la calidad del pasto seleccionado por las vacas a partir de muestras recogidas junto a los animales que pastaban, simulando los bocados realizados en cuanto a especies y partes de la planta seleccionadas, y tomando al menos dos muestras de cada tipo de pasto aprovechado en cada día de registro. Como indicador de la calidad de la dieta efectivamente consumida se tomaron muestras de las heces de al menos 5 vacas para determinar su contenido en N.

Para determinar la influencia de la época del año sobre las pautas de actividad, el tiempo de consumo en cada tipo de pasto, la calidad de la dieta y el contenido en N fecal se realizaron análisis de varianza (proc GLM) considerando la época (primavera: abr-jun, verano: jul-sep, otoño: oct-dic o invierno: ene-mar) como efecto fijo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 representa el reparto del tiempo en las distintas actividades a lo largo del ciclo anual. El tiempo de observación en los controles mensuales ( $724 \pm 92$  min) coincidió con la duración del fotoperiodo ( $730 \pm 109$  min, calculado a partir del orto y el ocaso). La mayor parte del tiempo ( $60,0 \pm 0,01\%$ ) se dedicó al pastoreo ( $433 \pm 72$  min/día), con un mínimo de 302 min (dic) y un máximo de 526 min (abr-may). Estos datos fueron inferiores a los obtenidos en vacas lactantes en praderas de montaña (Villalba *et al.*, 1997), pero similares a los registrados por Revilla *et al.* (1995) en vacas secas en pastos forestales. Es posible que en el presente estudio hubiera pastoreo fuera del periodo de luz, aunque generalmente se iniciaba al amanecer, tras el reposo nocturno, y concluía al anochecer.

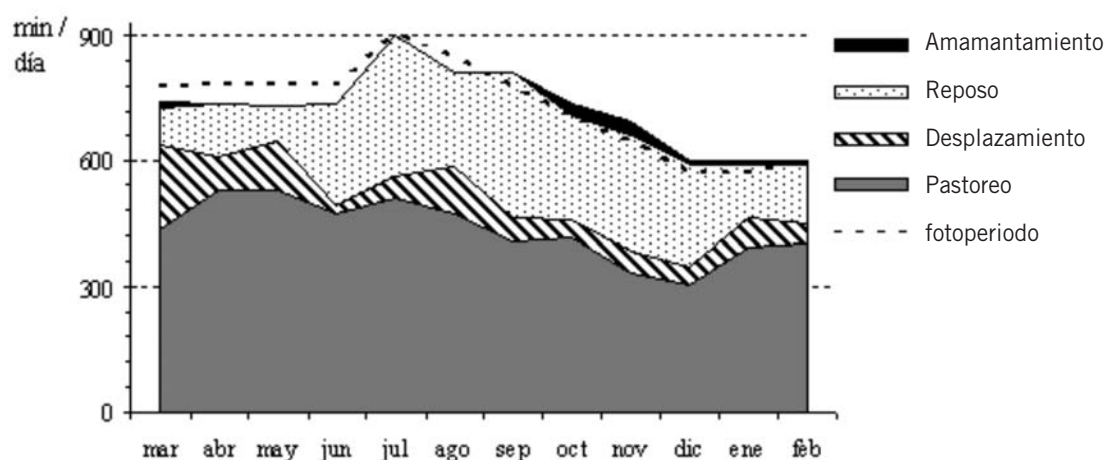


Figura 1. Pautas de actividad a lo largo del ciclo anual (registro mensual).

En la Tabla 1 se observa la influencia de la época del año en el reparto diario de la mayoría de las actividades, excepto el desplazamiento, que supuso un  $10,4 \pm 0,1\%$  del tiempo de observación independientemente de la época ( $74,9 \pm 48,0$  min/día). El tiempo de pastoreo diario fue máximo en primavera y mínimo en otoño, coincidiendo con la suplementación forrajera, que no cubrió totalmente las necesidades de las vacas pero redujo su tiempo de aprovechamiento de pasto. El pastoreo se repartió de manera más homogénea a lo largo del día en primavera e invierno, mientras en verano y otoño se marcaron dos periodos principales de pastoreo al inicio y final del día, y a veces un tercero en las horas centrales, ligado a dos fases de reposo a media mañana y a media tarde. El tiempo de reposo (media  $207,2 \pm 91,5$  min/día) fue máximo en verano y otoño, y supuso un  $28,4 \pm 0,1\%$  del tiempo de observación. Finalmente, el tiempo dedicado a amamantar a los terneros fue mayor en otoño, al inicio de la lactación, y menor en invierno, no habiendo crías en primavera ni verano. El tiempo de amamantamiento fue inferior al observado por Alvarez *et al.* (enviado) en vacas Pirenaicas con terneros en acceso libre ( $59$  min/día), lo que podría deberse a que parte del mismo ocurriese durante la noche, cuando vacas y terneros se refugiaban en las instalaciones.

**Tabla 1. Efecto de la época del año en el tiempo dedicado a cada una de las distintas actividades (media  $\pm$  desviación típica).**

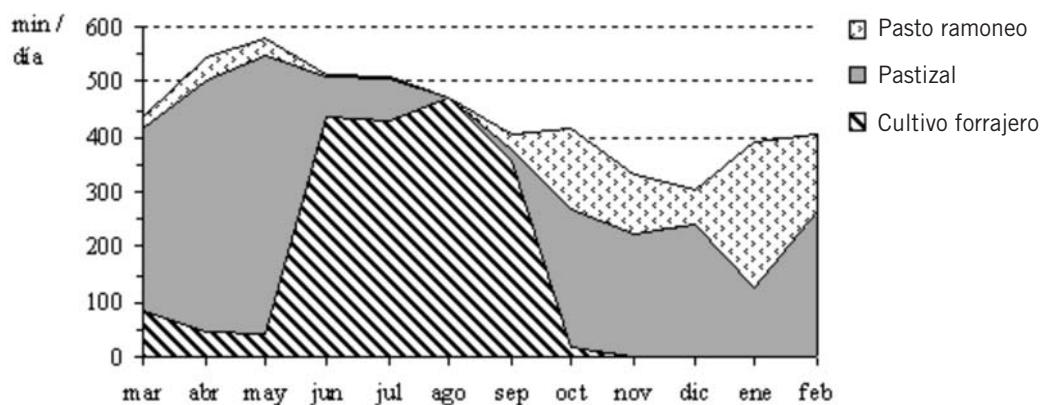
Tiempo, min/día	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	P
Pastoreo	507,5 $\pm$ 32,5 a	462,0 $\pm$ 52,7 ab	350,3 $\pm$ 58,7 c	410,9 $\pm$ 22,2 bc	*
Desplazamiento	74,6 $\pm$ 47,9	74,1 $\pm$ 33,6	46,0 $\pm$ 3,3	105,1 $\pm$ 81,5	NS
Reposo	151,7 $\pm$ 80,7 b	303,9 $\pm$ 67,0 a	255,3 $\pm$ 20,4 a	118,1 $\pm$ 23,6 b	*
Amamantamiento	0,0 $\pm$ 0,0 c	0,0 $\pm$ 0,0 c	23,3 $\pm$ 11,3 a	12,18 $\pm$ 0,9 b	**

En la misma línea, letras diferentes implican diferencias significativas ( $P < 0,05$ )

El ritmo de ingestión también se vio influido por la época del año ( $P < 0,01$ ), siendo superior en invierno ( $60,0 \pm 17,1$  boc/min), intermedio en primavera ( $55,3 \pm 12$ ) y otoño ( $51,3 \pm 16$ ) y menor en verano ( $45,7 \pm 17$ ). Estos resultados se encuentran en el rango de los descritos por Villalba *et al.* (1997) en praderas con distinta disponibilidad forrajera, aunque presentan mayor variabilidad que los observados por Revilla *et al.* (1995) en pastos forestales, seguramente debido a la mayor diversidad de recursos pastables.

En cuanto al tipo de pasto seleccionado, las vacas dedicaron la mayor parte de su tiempo al consumo de pastizal ( $48,8 \pm 32,9\%$ ), con mayor importancia del pastizal abierto y el pasto en áreas de cultivo, bajo almendros, que del sotobosque. También utilizaron en gran medida los cultivos forrajeros ( $33,0 \pm 42,0\%$ ), con una proporción similar de pradera y centeno-triticale, y finalmente pasto de ramoneo ( $18,2 \pm 21,0\%$ ), destacando la importancia de los brotes anuales del madroño y la encina sobre otras especies.

Aunque éstas fueron las pautas generales, la dieta consumida fue desigual a lo largo del año (Figura 2). Los cultivos forrajeros se aprovecharon más en verano (centeno-triticale) y primavera (pradera), siendo el único tipo de pastos cuyo uso estuvo influido por la época del año (Tabla 2). El pastizal tendió a aprovecharse menos en verano y contribuyó a la dieta en similar medida el resto del año, mientras que el ramoneo se aprovechó sobre todo en otoño e invierno (NS). En dichas estaciones el ramoneo supu-



**Figura 2. Distribución del tiempo de pastoreo diario en los distintos recursos pastables a lo largo del ciclo anual (registro mensual).**

so de media un 38% del consumo total (máximo de 68% en enero), con valores superiores a los observados mediante la técnica de los n-alcános por Celaya *et al.* (2007) en pastos dominados por brezo y tojo (contribución inferior al 25%), pero similares a los descritos por Brosh *et al.* (2006) en coscojares mediterráneos.

**Tabla 2. Efecto de la época del año en el aprovechamiento de cada tipo de pasto**

Tiempo, min/día	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	P
Cultivos Forrajeros	175 ± 225 b	418 ± 59 a	6 ± 10 b	28 ± 49 b	* *
Pastizal	345 ± 235	33 ± 41	239 ± 14	239 ± 105	P=0,09
Pasto de Ramoneo	26 ± 20	10 ± 17	105 ± 42	144 ± 124	NS

El ritmo de ingestión también varió en función del pasto aprovechado ( $P < 0,001$ ), siendo superior en los pastizales ( $59,8 \pm 13,3$  boc/min), generalmente de escasa altura, intermedio en los cultivos forrajeros ( $49,1 \pm 16,2$ ) y menor en los pastos de ramoneo ( $34,8 \pm 18,5$ ), en los que la aprehensión de cada bocado es más costosa.

La calidad del pasto en oferta dependió del tipo de recurso, destacando el menor contenido en PB y la mayor proporción de FND y LAD del pasto de ramoneo (Tabla 3). Se presenta también la calidad de la ración completa suplementada en otoño e invierno.

**Tabla 3. Calidad del pasto en oferta y de la suplementación ofrecida a las vacas.**

	Cultivos Forrajeros	Pastizal	Pasto de Ramoneo	Efecto del tipo de pasto	Suplementación
PB	15,8 ± 8,0	12,8 ± 6,8	7,4 ± 0,6	*	12,7 ± 0,9
FND	53,7 ± 14,0	62,9 ± 12,8	42,3 ± 10,1	*	65,9 ± 2,2
FAD	25,7 ± 11,3	31,6 ± 8,4	28,4 ± 5,0	NS	38,3 ± 1,2
LAD	2,6 ± 1,7	4,3 ± 1,7	13,0 ± 0,8	***	5,7 ± 0,6
Cenizas	8,3 ± 4,2	10,8 ± 2,3	4,9 ± 0,9	***	9,4 ± 0,5

Datos medios de las muestras recogidas a lo largo del ciclo anual.

La calidad no se vio influida significativamente por la época, quizá debido a la diversidad botánica de las muestras vegetales seleccionadas, aunque tendió a ser más proteica y menos fibrosa en primavera. Sin embargo, el contenido en N fecal de las heces sí reveló que los animales habían consumido una dieta más proteica en primavera ( $2,3 \pm 0,2\%$ ) que durante el resto del año (entre 1,6 y 2,0%,  $P < 0,001$ ), reflejando en cierta medida el contenido en proteína del pasto (Figura 3), al igual que observaran Mandalúniz *et al.* (2005). Parece que la suplementación en establo durante el otoño-invierno permitió mantener la ingesta proteica a pesar de la alta incorporación de pasto de ramoneo en la dieta en algún momento.

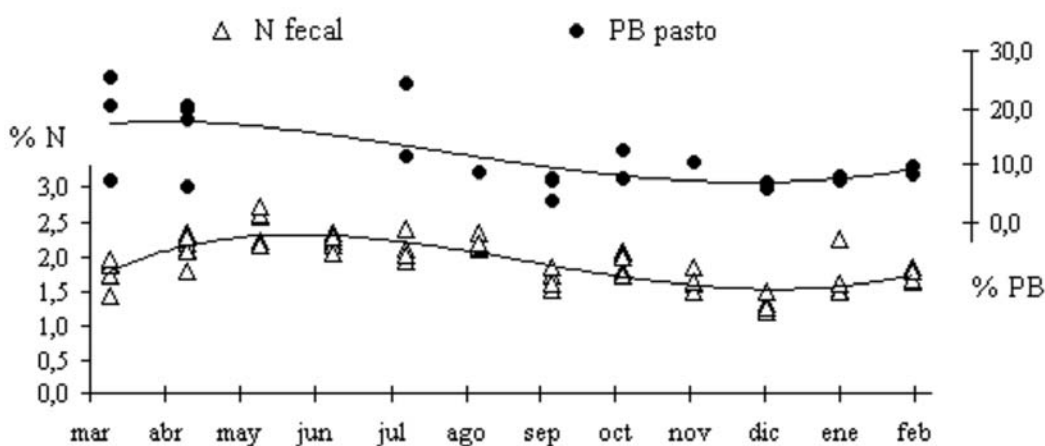


Figura 3. Contenido en proteína del pasto y N fecal a lo largo del ciclo anual.

## CONCLUSIONES

La diversidad de recursos forrajeros en el área condicionó las pautas de actividad y la dieta seleccionada por las vacas a lo largo del ciclo anual, destacando especialmente que el ramoneo parece haber supuesto una proporción importante de la dieta de las vacas durante el otoño e invierno, al menos en los días en que no disponían de suplemento en establo.

## AGRADECIMIENTOS

Al personal técnico del CITA y al ganadero Agustín Rufas, por su colaboración. Financiación: INIA (RTA2005-234 y RZP2004-008), Gobierno de Aragón (DER-2008-02-50-729002-553) y FEDER.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ, J.; PALACIO, J.; CASASÚS, I.; SANZ, A. (enviado). Maternal behaviour in two breeds of beef cows nursing once-daily or ad libitum. *Applied Animal Behaviour Science*.
- ASENSIO, M. A.; CASASÚS, I., 2004. *Estudio del aprovechamiento ganadero del Parque de la Sierra y los Cañones de Guara (Huesca) mediante un Sistema de Información Geográfica*. Ed. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, Serie: Investigación, Vol. 45, 87 pp.

- BARRANTES, O.; FERRER, C.; REINÉ, R.; BROCA, A., 2009. Categorization of grazing systems to aid the development of land use policy in Aragon, Spain. *Grass and Forage Science*, **64**, 26-41.
- BROSH A.; HENKIN Z.; ORLOV A.; AHARONI Y., 2006. Diet composition and energy balance of cows grazing on Mediterranean woodland. *Livestock Science*, **102**, 11-22.
- CASASÚS, I.; RIEDEL, J.L.; CHAPULLÉ, J.L.G.; GARCÍA-MARTÍNEZ, A.; SANZ, A.; BLANCO, M.; ALVAREZ, J.; FERRER, J.; JOY, M.; CONGOST, S.; REVILLA, R.; BERNUÉS, A., 2009. Papel de la ganadería en la sostenibilidad socio-económica y ambiental del Parque de la Sierra y Cañones de Guara. *Surcos de Aragón*, **111**, 24-28.
- CELAYA, R.; OLIVÁN, M.; FERREIRA, L.M.M.; MARTÍNEZ, A.; GARCÍA, U.; OSORO, K., 2007. Comparison of grazing behaviour, dietary overlap and performance in non-lactating domestic ruminants grazing on marginal heathland areas. *Livestock Science*, **106**, 271-281.
- MANDALUNIZ, N.; ALDEZABAL, A.; OREGUI, L.M., 2005. Validez del nitrógeno fecal como indicador de la calidad de dieta del ganado vacuno en pastos de montaña del País Vasco. En: *Producciones agroganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural*. Actas de la XLV Reunión Científica de la S.E.E.P., Gijón, 771-775.
- REVILLA, R.; D'HOOR, P.; THENARD, V.; PETIT, M., 1995. Pâturage des zones de pinèdes par des bovins. *2<sup>èmes</sup> Rencontres Recherches Ruminants*, Paris, 61-64.
- VILLALBA, D.; FERRER, R.; CASASÚS, I.; SANZ, A.; REVILLA R., 1997. Efecto de la disponibilidad forrajera y de la condición corporal en los resultados productivos y de comportamiento de vacas lactantes durante el pastoreo de primavera. *I.T.E.A. Producción Animal*, **18**, 287-289.

## SUMMARY

### USE OF MEDITERRANEAN MOUNTAIN FOREST PASTURES BY BEEF COWS: ACTIVITY PATTERNS AND DIET SELECTION

Activity patterns and diet selection were analyzed throughout an annual cycle in a 25-suckler cow herd that grazed on forest pastures, grasslands and forage crops in a Mediterranean mountain area (Sierra de Guara, Huesca). Most of the daily observation time was devoted to grazing ( $433 \pm 72$  min), followed by resting, walking and suckling. Activity patterns were affected by season, with the longest grazing time in the spring and the shortest in the autumn. Cows grazed mainly on Mediterranean grasslands ( $48,8 \pm 32,9\%$ ), followed by forage crops ( $33,0 \pm 42,0\%$ ), and browse ( $18,2 \pm 21,0\%$ ), although the relative importance of each forage resource depended on the season: fodder crops were highly grazed in the spring and summer, while browse reached 38% of the grazed diet in the winter. Pasture quality was associated to the available forage resource. Faecal N content was not constant throughout the year, indicating that cows selected forage with a higher protein content in the spring.

**Key words:** suckler cows, forest pastures, intake behaviour, diet selection





# ANÁLISIS DE LA APETENCIA DEL GANADO CAPRINO POR LAS ESPECIES DE MATORRAL EN EL ESPACIO NATURAL DE DOÑANA

J.M. MANCILLA<sup>1</sup>, R. PINO<sup>2</sup>, A. MARTÍN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dep. Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Sevilla. Apdo.1095 Sevilla 41080.

<sup>2</sup>Dep. de Estadística e Investigación Operativa. Universidad de Sevilla. jmancilla@us.es

## RESUMEN

Los sistemas silvopastorales intentan conseguir estabilidad ecológica, económica y social a través de la diversificación de estructuras y productos con un uso eficiente. El ganado caprino con un manejo adecuado se puede convertir en una herramienta muy interesante de explotación y conservación del monte mediterráneo. Se ha estudiado la utilización del sotobosque de un pinar del Espacio Natural de Doñana por un rebaño de 600 cabras. Se ha desarrollado un modelo a partir de regresión logística multinomial para determinar la probabilidad de consumo de las especies de matorral a lo largo del año. Así mismo para establecer las posibles causas de los cambios de preferencias se ha seguido la fenología de las especies. Los resultados obtenidos muestran un pastoreo selectivo y estacional que varía a lo largo del año según la fenología de las especies. *Myrtus communis*, *Halimium halimifolium* y *Cistus salvifolius* fueron las especies más consumidas. Estos resultados muestran que el ganado caprino es muy susceptible de ser utilizado para controlar la vegetación leñosa sin merma de la biodiversidad.

**Palabras clave:** sistemas silvopastorales; cabras, fenología, Doñana.

## INTRODUCCIÓN

A pesar de su baja productividad, el matorral mediterráneo ha tenido una importancia crucial para la ganadería extensiva (Martín Vicente, 2004). El interés que ofrece la explotación del ganado caprino, por sus posibilidades de supervivencia en áreas desfavorecidas, reconocido por amplios sectores a nivel internacional, ha sido objeto hasta épocas relativamente recientes de una controversia sobre la conveniencia o no de su explotación en áreas forestales.

La cabra es, sin duda, el rumiante doméstico más especializado en ramoneo, es por ello que cuando se maneja adecuadamente se puede convertir en una herramienta muy interesante en la conservación de los bosques y montes mediterráneos (Hoffman, 1989).

El objetivo de esta experiencia ha sido evaluar la utilización de la vegetación arbustiva del sotobosque de un pinar por el ganado caprino.



## MATERIAL Y MÉTODOS

El pinar objeto de estudio se encuentra en una finca privada, situada en la localidad de Villamanrique de la Condesa (Sevilla), y que se encuentra englobada en uno de los Espacios más importantes de Europa, el Espacio Natural de Doñana. El pinar está compuesto básicamente por *Pinus pinea*, acompañado en algunas zonas por una pequeña porción de alcornoques y encinas. Cuenta con una superficie de 600 ha y llevaba 5 años sin carga ganadera.

En él se encuentran tres 3 tipos de unidades de vegetación con una distribución espacial muy intrincada, las unidades mejor representadas son el Tomillar-Jaral (*Cistus salvifolius*, *Rosmarinus officinalis*, *Cistus libanotis*, *Cistus monspeliensis*, *Halimium halimifolium*, *Halimium calycinum*, *Helichrysum italicum*, *Thymus mastichina subsp donyanae*), y el Monte Noble (*Quercus coccifera*, *Q. suber*, *Daphne gnidium*, *Chamaerops humilis*, *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*, *Phillyrea angustifolia*), la tercera con una menor representación es Brezal (*Erica scoparia* y *E. arborea*)

Se cuenta con un rebaño de cabras de raza payoya de unos 600 ejemplares. La entrada del rebaño al pinar se produce por la tarde, por necesidades de manejo (ordeño y suplementación). La vuelta al aprisco está determinada por la duración del día, pero las jornadas de pastoreo en el pinar suelen durar entre 4-5 horas.

Para determinar qué especies de matorral prefiere el ganado caprino, se ha empleado un método de observación directa de los animales. La observación directa es muy eficaz para determinar las especies de matorral consumidas, partes más apetecidas, preferencias relativas y variación durante el año. Se ha seguido el procedimiento, aunque modificado, descrito por Meuret *et al.* (1986). En esta experiencia, los muestreos se realizan tres días consecutivos por mes, con seguimiento de 10 minutos por cabra desde el comienzo al fin de la jornada de pastoreo en el pinar. Las variables registradas han sido tiempo de consumo por especie, órgano consumido, número de bocados por especie, número de plantas consumidas por especie y tiempo de desplazamiento entre especies consumidas.

Los cambios fenológicos (foliación, floración, fructificación...) de la vegetación a lo largo del año pueden afectar su apetencia por el ganado caprino. Para poder establecer las causas de los cambios temporales de las preferencias alimenticias de las cabras se ha seguido la fenología de las especies de matorral.

### Tratamiento de los datos

Con los datos obtenidos de los seguimientos mensuales (número de bocados por especie y cabra) se puede calcular la probabilidad de elección para cada una de las especies en los distintos meses considerando la probabilidad de consumir cada especie de forma independiente.

Para conseguir un acercamiento más realista, se ha construido un modelo que permita calcular la probabilidad de elección de cada una de las especies de plantas. Se ha tenido en cuenta tanto el número de bocados como el tiempo que le dedica cada cabra a las distintas especies. Este tipo de modelos tiene un carácter descriptivo más que predictivo, pero es una buena herramienta para el desarrollo posterior de un modelo de gestión.

El modelo empleado es el de regresión logística multinomial (Agresti, 2002), donde las variables utilizadas son: la especie de planta consumida (variable objetivo), el número de bocados y el mes (variables predictoras).

Se ha trabajado con aquellas especies que aparecían con un número significativo de bocados. Estas especies son seis: *Myrtus communis* (M), *Cistus salvifolius* (CS), *Halimium halimifolium* (HH), *H calycinum* (HC), *Rosmarinus officinalis* (RO), *Pistacia lentiscus* (PL), y se añadió un sumatorio de fabáceas leñosas (UX), (*Ulex parviflorus*, *Stauracanthus genistoides*, *Genista hirsuta* y *Genista triacanthus*).

Para construir el modelo final se han definido las siguientes variables: E  $\equiv$  Especie  $\equiv$  {E<sub>1</sub>, .....E<sub>k</sub>} (k=7) y X  $\equiv$  Bocados. La variable mes se ha codificado mediante 11 variables binarias (meses  $\equiv$  {M<sub>1</sub>, .....M<sub>11</sub>}) siendo M<sub>1</sub> la que corresponde a Septiembre de forma que M<sub>1</sub>= 1 si la observación corresponde al mes de Septiembre y M<sub>1</sub>=0 si corresponde a cualquier otro mes, M<sub>2</sub> se define de forma similar para Octubre y así sucesivamente hasta llegar a M<sub>11</sub> que corresponde al mes de Julio. De este modo, una observación de Agosto estará codificada con M<sub>1</sub>=.... =M<sub>11</sub>=0.

Tomando como categoría base una de las especies, por ejemplo E<sub>k</sub>, en el modelo de regresión logística multinomial los logaritmos de los cocientes entre la probabilidad de cada especie E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> ...E<sub>k-1</sub> y la probabilidad de la categoría base se supone que es una combinación lineal de las variables predictoras codificadas como antes se ha descrito:

$$\ln (P [E_1] / P [E_k]) = \beta_0^{(1)} + \beta_1^{(1)} x + \gamma_1^{(1)} M_1 + \gamma_2^{(1)} M_2 + \dots + \gamma_{11}^{(1)} M_{11}$$

$$\ln (P [E_{k-1}] / P [E_k]) = \beta_0^{(k-1)} + \beta_1^{(k-1)} x + \gamma_1^{(k-1)} M_1 + \gamma_2^{(k-1)} M_2 + \dots + \gamma_{11}^{(k-1)} M_{11}$$

Es decir, hay k-1 modelos, donde en cada uno se comparan las probabilidades de cada especie P[E<sub>1</sub>] con la probabilidad de la última especie P[E<sub>k</sub>]. En este caso la probabilidad tomada como referencia (P[E<sub>k</sub>]) fue la más baja en los primeros meses que se corresponde a la del sumatorio de fabáceas (Ux).

Para el ajuste de este modelo se utilizó el programa SPSS para Windows vers.14.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1A se muestran la distribución de las preferencias por especies durante el año agrícola 07/08. La pauta durante este primer año no sigue un patrón fijo. No se observa una correspondencia estrecha entre la cobertura de las especies de matorral y su consumo. Las especies más abundantes no son las más consumidas. En sus recorridos diarios el ganado caprino va seleccionando las especies que más le agradan, el consumo no es aleatorio (Figura 1A). Los resultados obtenidos muestran un pastoreo selectivo al igual que muchos estudios realizados en diferentes partes del mundo (Provenza y Malechek, 1984; Schacht y Malechek, 1990). Por lo tanto, la cabra, en su selección de alimentos, puede que establezca un equilibrio entre la rapidez y mejor calidad de consumo (Duncan y Gordon, 1999), dependiendo de las necesidades nutricionales de cada momento (Villalba y Provenza, 1999).

La selección de los animales durante el pastoreo pueden operar en varios niveles (Crawley, 1983): selección de hábitat, preferencia por una especie en particular dentro de un hábitat y la preferencia para una parte de la planta. En este estudio, el consumo de las especies de matorral ha variado a lo largo del periodo, pero existe un consumo preferente hacia unas especies concretas, siendo las tres especies más consumidas: *Myrtus communis*, *Halimium halimifolium* y *Cistus salvifolius*, a las que les dedicaron el 70% del tiempo de consumo. Los animales, durante este periodo, han tendido a seleccionar las hoja y los renuevos del tallo, en todas las especies, así como los frutos de *Cistus salvifolius*, *Pistacia lentiscus*, *Olea europea*, *Pinus pinea*, *Quercus coccifera* y *Q. ilex susp ballota*.

Dentro de las plantas muy consumidas el reparto de su consumo, en el año, sufre variaciones y aunque son consumidas durante todos los periodos siempre presentan alguna estación preferente (Figura 1B). Durante los 10 minutos de seguimiento, se observa una gran variedad en la dieta, siendo el máximo de diez especies distintas. Es en el mes de marzo cuando se da la moda más alta (6 especies) que es cuando mayor oferta tienen, y la moda más baja en julio y diciembre (3 especies). Algunas plantas tiene una estacionalidad muy marcada como por ejemplo *Helichrysum italicum* que unicamente es consumida en verano, ya que las cabras sólo consumen sus frutos y parte del escapo. El consumo de frutos (bellota, piñones, acebuchina) y setas son lógicamente estacionales. La utilización de un alto número de plantas reduce las ventajas competitivas que se producen cuando algunas plantas no son consumidas, y mejora la conservación de la biodiversidad de la vegetación (Villalba *et al.*, 2002).

El modelo explica el 42,2% de la variabilidad experimental con un coeficiente pseudo-R<sup>2</sup> de Cox y Snell de 0,407. Se trata de unos valores bastante aceptables para la complejidad del modelo. El pronóstico correcto sólo se da en tres especies *Myrtus comúnis* (MC), *Cistus salvifolius* (CS) y *Halimium halimifolium* (HH). Es de destacar

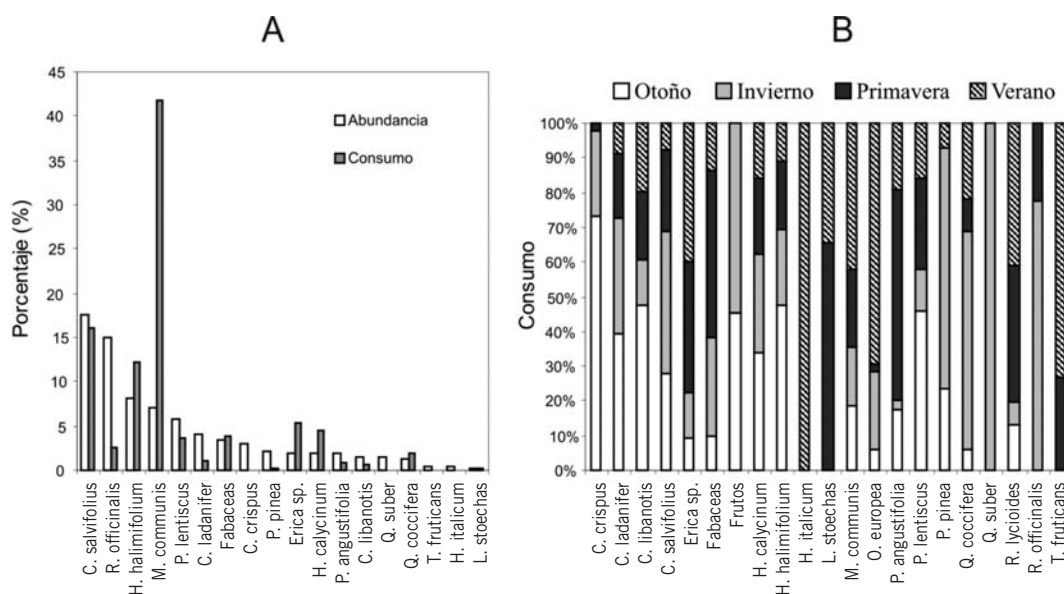


Figura 1. A- Comparación entre la abundancia (ordenadas de mayor a menor en %) y el consumo (%) de las especies; B- Porcentajes del total de bocados/especies/ estación derivados de la observación directa de las cabras.

que estas 3 especies se encuentran dentro de las cuatro más abundante, siendo MC y CS las que presentan una predicción excelente (69,2% y 68,2% respectivamente).

La máxima probabilidad de ser comida varía a lo largo de los meses (Tabla 1). Los cambios fenológicos van a determinar en gran medida el consumo de las especies (Provenza *et al.*, 2003). La especie con mayor probabilidad de ser consumidas a lo largo del mes se alterna entre MC, CS y HH. En las estaciones de otoño y verano MC presenta una alta probabilidad de ser consumida, siendo el otoño el periodo de máximo crecimiento vegetativo y el verano el de floración y fructificación (Martín y Mancilla, 2009; Orshan, 1989). Las máximas probabilidades para el CS son en invierno y en primavera, que se corresponde con su crecimiento vegetativo y su floración respectivamente. Así mismo ocurre en el caso de HH (Martín y Mancilla, 2009; Díaz Barradas *et al.*, 1999).

**Tabla 1. Probabilidad según el modelo de cada especie de ser consumida en cada uno de los meses del año.**

MES	ESPECIES						
	CS	HC	HH	MC	PL	RO	UX
Septiembre	0,22	0,08	0,25	0,33	0,09	0,00	0,03
Octubre	0,35	0,01	0,16	0,36	0,12	0,00	0,00
Noviembre	0,20	0,11	0,44	0,08	0,14	0,00	0,03
Diciembre	0,30	0,09	0,16	0,32	0,09	0,00	0,05
Enero	0,37	0,04	0,11	0,32	0,03	0,03	0,09
Febrero	0,35	0,07	0,24	0,04	0,01	0,21	0,08
Marzo	0,27	0,03	0,24	0,09	0,03	0,14	0,20
Abril	0,38	0,08	0,12	0,29	0,01	0,00	0,12
Mayo	0,09	0,12	0,11	0,50	0,17	0,00	0,01
Junio	0,07	0,12	0,15	0,56	0,10	0,00	0,00
Julio	0,12	0,05	0,09	0,63	0,07	0,00	0,05
Agosto	0,21	0,06	0,20	0,46	0,05	0,00	0,02

El escaso consumo de especies aromáticas se atribuye a su alto contenido en aceites, que reducen su apetencia. En el RO el periodo de su máxima floración, entre los meses de Diciembre a Marzo (Martín y Mancilla, 2009; Orshan, 1989), se corresponde con el aumento de la probabilidad de ser consumido. La reducción del valor nutritivo de las espinosas (UX) al avanzar la estación de pastoreo (Garín *et al.*, 1996) podría explicar su menor consumo, coincidiendo sus máximos en la fenofase de rebrote y floración durante los meses de enero a abril.

## CONCLUSIONES

La alternancia temporal en las apetencias de las cabras detectadas por el modelo en las siete especies principales, unida a la fuerte estacionalidad del consumo del

conjunto de todas las especies y recursos que ofrece el sotobosque, muestran que el ganado caprino es muy susceptible de ser utilizado para controlar la vegetación leñosa sin merma de la biodiversidad, es más, utilizando las variaciones estacionales se puede establecer un calendario de gestión para el manejo de la vegetación con posibilidad de controlar muy exactamente los resultados finales.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible con la ayuda y financiación de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Nuestro especial agradecimiento a la dirección del Enclave Natural de Doñana, al Dr. Muñoz García y a Dehesa de Gatos S.A. por su ayuda y colaboración.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRESTI, A., 2002. *Categorical Data Analysis (2ª edición)*. Wiley.
- CRAWLEY, M.J., 1983. *Herbivory: the dynamics of animal-plant interactions*. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- DÍAZ BARRADAS M.C.; ZUNZUNEGUI M.; GARCIA NOVO, F., 1999. Autoecological traits of *Halimium halimifolium* in contrasting habitats under a Mediterranean type climate- A Review. *Folia Geobotanica*, **34**, 189-208.
- DUNCAN, A.J.; GORDON, I.J., 1999. Habitat selection according to the ability of animals to eat, digest and detoxify foods. *Proc. Nutr. Soc.*, **58**, 799-805.
- GARÍN, I.; AZORÍN, J.; ALDEZÁBAL, A.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R., 1996. Implicaciones nutritivas del contenido en taninos de varias especies leñosas. En: *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la S.E.E.P.* 293-297, La Rioja.
- GREGORY, R.A., WARGO, P.M., 1986. Timing of defoliation and its effect on bud development, starch reserves, and sap sugar concentration in sugar maple. *Can. J. For. Res.*, **16**, 10-17.
- HOFMANN R.R., 1989. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*, **78**, 443-457.
- MARTÍN VICENTE, A., 2004. El monte mediterráneo andaluz como fuente de riqueza biológica y económica. En: *El monte mediterráneo en Andalucía*, 163-174. Ed. C. Herrera. Junta de Andalucía.
- MARTÍN VICENTE, A.; MANCILLA-LEYTON, J.M., 2009. Papel del ganado caprino en la producción y conservación del monte mediterráneo. Informe proyecto 2007/665. Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía). Publicación interna.
- MEURET, M.; BARTIAUXHILL, N.; BOURBOUZE, A., 1986. Feed-intake of dairy goats on rangelands-direct observation of biting method-chromic oxide method. *Ann. Zootech*, **34**, 159-180.
- ORSHAN, G., 1989. *Plant pheno-morfological studies in Mediterranean type ecosystems*. Kluwer Academic press, Dordrecht.
- PROVENZA, F.D.; MALECHEK, J.C., 1984. Diet selection by domestic goat in relation to black-brush twig chemistry. *J. Appl. Ecol.*, **21**, 831-841.

- 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(3)**, 257-274.
- SCHACHT, W.H.; MALECHECK, J.C., 1990. Botanical composition of goat diets in thinned and cleared deciduous woodland in northern Brazil. *J. Range Manage*, **43**, 523-529.
- VILLALBA, J.J.; PROVENZA, F.D., 1999. Effects of food structure and nutritional quality and animal nutritional state on intake behaviour and food preferences of sheep. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, **63**, 145-163.
- VILLALBA, J.J.; PROVENZA, F.D.; BRYANT, J.P., 2002. Consequences of the interaction between nutrients and plant secondary metabolites on herbivore selectivity: benefits or detriments for plants? *Oikos*, **97**, 282-292.

## SUMMARY

### **ANALYSIS OF THE CONSUMPTION OF SHRUB VEGETATION BY GOATS IN THE SOUTHWEST OF THE IBERIAN PENINSULA**

Silvopastoral systems need ecological, economic and social stability through the diversification of structures and products with an efficient use. Goats with an adequate management can be turned into a very interesting tool of exploitation and conservation of Mediterranean shrub. The objective of this study was to analyze the effect of goat grazing on the understorey shrub vegetation of a pine forest located in a protected area (Doñana Natural Park). Six hundred goats were introduced in the area in the summer of 2007. A model based on multinomial logistic regression was developed to determine the probability of selection of each species. Phenology of the species was followed to establish the possible causes of changes in preferences. The results show a selective grazing, with seasonal consumption of some species in relation to their phenology. *Myrtus communis*, *Halimium halimifolium* and *Cistus salvifolius* were the most grazed species. These results show the suitability of goats in controlling the woody vegetation without undermining the biodiversity.

**Key words:** silvopastoral systems, goats, phenology, Doñana.



## SELECCIÓN DE DIETA Y EFECTO DEL ARRÚÍ (*AMMOTRAGUS LERVIA*) SOBRE LA VEGETACIÓN LEÑOSA DEL PARQUE REGIONAL DE SIERRA ESPUÑA (MURCIA)

A. SAN MIGUEL, M. FERNÁNDEZ-OLALLA, M. MARTÍNEZ-JAUREGUI,  
R. PEREA GARCÍA

E.T.S. Ingenieros de Montes. Ciudad Universitaria s/n 28040 Madrid. alfonso.sanmiguel@upm.es

### RESUMEN

El arruí (*Ammotragus lervia* Pallas 1777) es un caprino silvestre de origen africano que fue introducido en Sierra Espuña (Murcia) en 1970 por su interés cinegético. Su carácter exótico, su rápido incremento poblacional y sus efectos, insuficientemente conocidos, sobre la flora y fauna autóctonas han provocado rechazo en sectores ambientalistas y han puesto de manifiesto la carencia de información científica necesaria para adoptar decisiones sobre su futuro. El trabajo que presentamos analiza el efecto del arruí sobre la vegetación leñosa del Parque Regional. Para ello, partiendo de 50 inventarios realizados en toda su superficie, cuantifica el grado de ramoneo de las principales especies leñosas y, comparándolo con su disponibilidad, determina la preferencia o rechazo que *Ammotragus* manifiesta por ellas. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que el arruí se comporta como una especie menos ramoneadora que otros ungulados autóctonos, como la cabra montés o el ciervo, y que afecta con mayor intensidad a caméfitos y nanofanerófitos que a fanerófitos. A pesar de ello, resulta imprescindible llevar a cabo un adecuado control de sus poblaciones, para evitar que superen sustancialmente los niveles actuales, y complementarlo con una buena gestión de bosques, matorrales y pastos herbáceos, tanto naturales como procedentes de siembra.

**Palabras clave:** ramoneo, palatabilidad, ungulado, caprino.

### INTRODUCCIÓN

El arruí (*Ammotragus lervia* Pallas 1777) es un bóvido caprino de tamaño medio, ancestro lejano de cabras y ovejas, que procede de zonas montañosas áridas y semiáridas del desierto del Sahara y sus estribaciones. Fue introducido en Sierra Espuña (Murcia) en 1970 con la finalidad de incrementar la diversidad de especies cinegéticas de España. Allí, gracias a la ausencia de predadores sobre los adultos y la alta capacidad adaptativa de la especie, el incremento de sus poblaciones fue muy rápido. Por ello, por su carácter alóctono, su efecto no suficientemente bien conocido sobre unas comunidades vegetales de alto valor florístico y ecológico y su posible competencia con



otros ungulados autóctonos, a los que puede llegar a desplazar de sierras cercanas, por las que se está extendiendo (Cassinello *et al.*, 2004, 2006; Acevedo *et al.*, 2007), ha despertado rechazo en sectores ambientalistas y científicos (Ballesteros, 1998; Blanco, 1998). No obstante, se trata de una especie de caza mayor que goza de un alto aprecio por parte de cazadores y visitantes, que puede contribuir a proporcionar ingresos económicos nada despreciables en el medio rural y que, en cierta medida, puede sustituir la labor ecológica que hasta hace poco desempeñaban los rebaños de ovino y caprino, hoy ausentes del Parque. Por otra parte, es un ungulado que ha desaparecido de gran parte de su área de distribución original, y que en el resto se encuentra seriamente amenazado, lo que ha llevado a la UICN a calificar su estado de conservación como Vulnerable (VU) (Shackleton, 1997; Hilton-Taylor, 2000). En esas condiciones, y en el marco de un Espacio Natural Protegido, como el Parque Regional de Sierra Espuña, resulta imprescindible disponer de la información científica necesaria para poder analizar y cuantificar su efecto sobre el ecosistema. Sólo de ese modo se podrá adoptar una decisión racional sobre la capacidad de carga del Parque, la productividad cinegética de la especie y las medidas de gestión agroforestal que conviene adoptar para alcanzar el equilibrio sustentable que corresponde a esa figura de Espacio Natural Protegido.

Parece evidente que, tratándose de un fitófago de carácter oportunista (Simpson, 1980; Rodríguez y Rodríguez, 1987, 1992) que aprovecha una flora de alta diversidad y valor ecológico, uno de los primeros efectos a analizar es el que provoca sobre la vegetación. En ese sentido, por su diferente respuesta al pastoreo, convendría considerar por separado la vegetación herbácea y la leñosa. Los pastos herbáceos generalmente se benefician del pastoreo (McNaughton, 1979; San Miguel, 2001), incluso dependen de él, como sucede con algunas comunidades protegidas por la Directiva 92/43 (Hábitats) que se encuentran presentes en el Parque y cuyo futuro depende de un pastoreo que ya sólo realiza el arruío. Es el caso del tipo de hábitat 6220 (*Thero-Brachypodietea*), correspondiente a algunos sintaxa de los órdenes *Poetalia bulbosae*, *Lygeo-Stipetalia* y *Festuco-Poetalia ligulatae* (San Miguel, 2008). Sin embargo, la situación de la vegetación leñosa es muy diferente ya que, aunque proporciona alimento al ganado y los ungulados silvestres, se ve perjudicada por el pastoreo (ramoneo) y puede verse degradada, e incluso desaparecer, si la presión supera ciertos límites (Fernández-Olalla *et al.*, 2006). Por ello, parece especialmente prioritario cuantificar el uso (grado de ramoneo) que el arruío hace de las principales especies leñosas y la preferencia o rechazo que manifiesta por cada una de ellas (Fernández-Olalla y San Miguel, 2007). Ese es el objetivo del trabajo que ahora presentamos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Descripción del sitio de ensayo

El Parque Natural de Sierra Espuña se ubica en el SE de la península Ibérica, en la zona central de Murcia. Ocupa 17 804 ha, con un amplio rango altitudinal (300 a más de 1500 m). Los termotipos oscilan entre el termo- y el supramediterráneo, con ombroclimas de semiáridos a subhúmedos y una continentalidad acusada. Los sustratos litológicos son de carácter básico. La vegetación potencial de las zonas de ombroclima semiárido es arbustiva; en el resto, corresponde al bosque, sobre todo al encinar de *Quercus rotundifolia*, con pequeños relictos de quejigar de *Quercus faginea* en enclaves subhúmedos de umbría (Alcaraz *et al.*, 1991). Sin embargo, gran parte de

la superficie está ocupada por pinar (*Pinus halepensis*, *P. pinaster*, *P. nigra* y *P. pinea*) procedente de repoblación y posterior regeneración natural. La representación arbustiva es abundante y diversa, y los pastos herbáceos corresponden mayoritariamente al orden *Lygeo-Stipetalia* (*Stipa tenacissima*, *Brachypodium retusum*, *Helictotrichon filifolium*, sobre todo), aunque existen representaciones moderadas, pero de alto valor, de majadal basófilo (*Poo-Astragalion*) y pastos basófilos crioturbados de paramera (*Festuco-Poetalia ligulatae*). La flora presenta altos niveles de diversidad y valor ecológico, así como algunos endemismos notables, lo que ha llevado al establecimiento de varias micro-reservas de flora. La población de arruí que se estima para el Parque es de unos 1200-1300 individuos (unas 7 reses/km<sup>2</sup>), muy inferior a las habituales en fincas mediterráneas con ciervo, que habitualmente superan las 30 reses/km<sup>2</sup>.

### Obtención y elaboración de datos

El muestreo de campo se llevó a cabo a finales de invierno, momento óptimo para detectar el efecto del ramoneo sobre la vegetación leñosa. Se realizaron 50 inventarios que pretendieron representar de forma homogénea todo el rango de altitudes, orientaciones y formaciones vegetales del Parque. Cada inventario, restringido a la vegetación leñosa, incluía un apartado florístico con estimación de grados de abundancia, siguiendo el método de Braun-Blanquet (1951); grado de ramoneo, en una escala de 0 a 5, y grado de densidad de arruí, también de 0 a 5, estimado a partir de los grupos de heces (Fernández-Olalla *et al.*, 2006). El área mínima osciló alrededor de 100 m<sup>2</sup>. Como índice de selección, o preferencia, se utilizó el *forage ratio*, que compara la utilización de cada especie con su disponibilidad. La disponibilidad se estimó a partir de los grados de abundancia de Braun-Blanquet (1951): a cada grado se le asignó su porcentaje de cobertura medio correspondiente. La disponibilidad relativa de cada especie se estimó, para cada parcela, dividiendo su porcentaje de cobertura por la suma de los de todas las especies leñosas. La utilización relativa de cada especie se calculó dividiendo la utilización estimada para ella por la de todas las especies de la parcela. La utilización de una especie en una parcela se estimó a través de un cociente cuyo numerador es el producto del grado de ramoneo de la especie considerada por su correspondiente porcentaje de cobertura, y cuyo denominador es el sumatorio de los productos de los grados de ramo-

$$w_{ij} = \frac{o_{ij} * p_{ij} / \sum_{i=1}^n o_{ij} * p_{ij}}{p_{ij} / \sum_{i=1}^n p_{ij}} = \frac{o_{ij} * \sum_{i=1}^n p_{ij}}{\sum_{i=1}^n o_{ij} * p_{ij}}$$

neo de todas las especies por sus correspondientes porcentajes de cobertura: donde  $w_{ij}$ : *forage ratio* o índice de selección o preferencia de la especie  $i$  en la parcela  $j$ ;  $o_{ij}$ : grado de ramoneo de la especie  $i$  en la parcela  $j$ ;  $p_{ij}$ : porcentaje de cobertura de la especie  $i$  en la parcela  $j$ ;  $n$ : número de especies presentes en la parcela  $j$ . El índice de preferencia final de cada especie es la media aritmética de los obtenidos en todas las parcelas de muestreo en las que aparece.

Los análisis estadísticos se restringieron a las especies presentes en un mínimo de 10 inventarios y a una submuestra de ellas de la que se excluyeron las especies que habían presentado siempre un índice de preferencia igual a cero o siempre distinto de

ceros. Esas dos condiciones permitieron definir los grupos de preferencia 1 (siempre rechazadas) y 5 (siempre seleccionadas). Por otro lado, con la submuestra descrita se realizó una regresión logística con variable dependiente el índice de preferencia transformado en variable dicotómica (toma valor 0 cuando el índice de preferencia es cero y 1 cuando es diferente de cero). Se eligió esa variable en lugar del índice de preferencia para salvar la dificultad de tener muchos ceros en la muestra. Así, para cada especie, permite conocer la probabilidad de que sea preferida o rechazada (de que presente índice de preferencia 0 ó 1), pero no considera continuo el grado de preferencia. Así mismo, se llevó a cabo un modelo general lineal para abordar el índice de preferencia como variable continua con aquellas especies que presentaron una menor proporción de ceros (Grupos 3, 4 y 5 del apartado Resultados y Discusión). Las variables independientes fueron, en ambos análisis, los factores especie y densidad de arruí de cada parcela. El análisis se repitió para la variable dependiente grado de ramoneo.

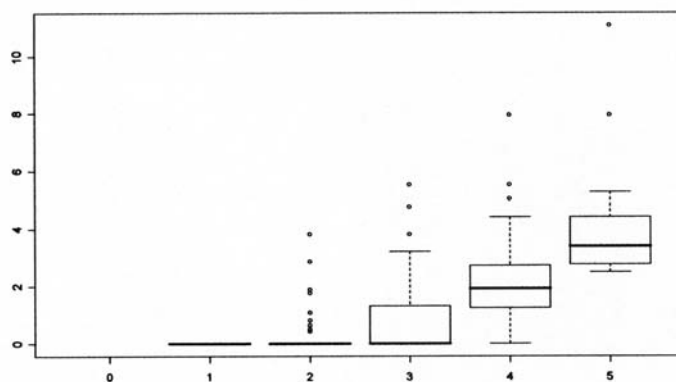
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis estadísticos, que afectaron a un total de 22 especies, permitieron clasificarlas en cinco grupos de preferencia:

- GRUPO 1: Siempre rechazadas. Índice de preferencia igual a 0. *Genista valentina* y *Juniperus phoenicea*.
- GRUPO 2: Casi siempre rechazadas. Tienen mayor proporción de 0 en los análisis de regresión logística. *Cistus albidus*, *Juniperus oxycedrus*, *Pistacia lentiscus*, *Phlomis lychnitis*, *Pinus halepensis*.
- GRUPO 3: Medianamente preferidas: unas veces más rechazadas y otras menos. No han resultado significativas en la regresión logística. *Artemisia glutinosa*, *Cistus clusii*, *Daphne gnidium*, *Dorycnium pentaphyllum*, *Erinacea anthyllis*, *Quercus coccifera*, *Rhamnus lycioides*, *Satureja obovata* y *Thymus vulgaris*.
- GRUPO 4: Casi siempre preferidas. Tienen mayor proporción de 1 en los análisis de regresión logística. *Quercus rotundifolia*, *Rosmarinus officinalis*, *Stachelina dubia*.
- GRUPO 5: Muy preferidas. *Lithodora fruticosa*.

En la Figura 1 se muestra un diagrama de caja y bigotes, que muestra los valores del índice de preferencia en cada uno de los cinco grupos.

Como cabía esperar, la densidad de arruí afecta de forma significativa al índice de preferencia cuando éste se considera variable dicotómica, porque toma valor 0 ó 1 en función de que exista o no ramoneo: la carga sí afecta al ramoneo. Sin embargo, si la variable índice de preferencia es continua, la densidad de arruí no resulta significativa, lo que pone de manifiesto que la preferencia por las especies es independiente de la carga. Como complemento de los resultados obtenidos en los análisis estadísticos, podemos indicar que algunas especies escasas y de interés particular han mostrado grados altos o medios de ramoneo y pueden verse afectadas si la población de arruí supera sustancialmente los niveles actuales. Es el caso de *Acer monspessulanum*, *Arbutus unedo*, *Colutea arborescens*, *Fumana fontanesii*, *Lonicera splendida*, *Olea europea* var. *sylvestris*, *Phillyrea angustifolia*, *Quercus faginea*, *Rhamnus alaternus*,



**Figura 1. Diagrama de caja y bigotes correspondiente al índice de selección o preferencia de cada uno de los cinco grupos de preferencia de plantas leñosas para el arruú en Sierra Espuña (Murcia).**

*Rubus ulmifolius* o *Viburnum tinus*, entre otras. También resulta destacable su fuerte incidencia sobre *Opuntia ficus-indica*, especie más frecuente en las proximidades de antiguas casas de campo que se ve afectada con intensidad por el ramoneo del arruú, probablemente por su alto contenido en humedad, y en hidratos de carbono en el caso de sus frutos. Algo similar sucede con el almendro y el olivo.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que el arruú se comporta como una especie oportunista, que ramonea cuando el pasto herbáceo es escaso o de muy baja calidad, pero que, en comparación con otros ramoneadores oportunistas autóctonos, como el ciervo o la cabra montés, parece centrarse más en matas y pequeños arbustos que en arbustos de gran tamaño y árboles. En ese sentido, el comportamiento de la especie parece asemejarse más al de la oveja, el muflón o el gamo que al del ciervo o la cabra montés. En concreto, resulta especialmente destacable su casi nulo efecto sobre las gimnospermas, tanto pinos como enebros y sabinas, y su preferencia por pequeñas matas como *Lithodora fruticosa* o *Stachelina dubia*.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, P.; CASSINELLO, J.; HORTAL, J.; GORTÁZAR, C., 2007. Invasive exotic aoudad (*Ammotragus lervia*) as a major threat to native Iberian ibex (*Capra pyrenaica*): A habitat suitability model approach. *Diversity and Distributions*, **13**, 587-597.
- ALCARAZ, F.; SÁNCHEZ, P.; TORRE, A.; RÍOS, S.; ROGEL, J.A., 1991. *Datos sobre la vegetación de Murcia* (España). DM-PPU. Murcia.
- BALLESTEROS, F., 1998. *Las especies de caza en España*. Estudio y Gestión del Medio. Oviedo.
- BLANCO, J.C., 1998. *Mamíferos de España*. Tomo II. Planeta. Barcelona.
- BRAUN-BLANQUET, J., 1951. *Pflanzensoziologie*. Springer, Viena.
- CASSINELLO, J.; ACEVEDO, P.; HORTAL, J., 2006. Prospects for population expansion of the exotic aoudad (*Ammotragus lervia*; Bovidae) in the Iberian Peninsula: clues from habitat suitability modelling. *Diversity & Distributions*, **12(6)**, 666-678.

- CASSINELLO, J., SERRANO, E., CALABUIG, G., PÉREZ, J. M. 2004. Range expansion of an exotic ungulate (*Ammotragus lervia*) in southern Spain: Ecological and conservation concerns. *Biodiversity and Conservation*, **13**(5), 851-866.
- FERNÁNDEZ-OLALLA, M.; MUÑOZ-IGUALADA; J.; MARTÍNEZ-JAÚREGUI; M.; RODRÍGUEZ-VIGAL, C.; SAN MIGUEL-AYANZ. A. 2006. Selección de especies y efecto del ciervo (*Cervus elaphus* L.) sobre arbustados y matorrales de los Montes de Toledo, España central. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*, **15**(3), 329-338.
- FERNÁNDEZ-OLALLA, M.; SAN MIGUEL, A., 2007. La selección de dieta en los fitófagos. Conceptos, métodos e índices. *Pastos*, **XXXVII**(1). En prensa.
- HILTON-TAYLOR, C., 2000. *2000 IUCN Red List of Threatened Species*. IUCN. Gland.
- MCNAUGHTON, S.J., 1979. Grazing as an optimization process: grass-ungulate relationships in the Serengeti. *American Naturalist*, **113**, 691-703.
- RODRÍGUEZ-LUENGO, J. C., RODRÍGUEZ-PIÑERO, J. C., 1987. Datos preliminares sobre la alimentación del arruí (*Ammotragus lervia*) (*Bovidae*) en La Palma. Islas Canarias. *Vieraea*, **17**, 291-294.
- RODRÍGUEZ-PIÑERO, J. C., RODRÍGUEZ-LUENGO, J. L., 1992. Autumn food-habits of the Barbary sheep (*Ammotragus lervia* Pallas 1777) on La Palma Island (Canary Islands). *Mammalia*, **56**, 385-392.
- SAN MIGUEL, A., 2001. *Pastos Naturales Españoles*. Fundación Conde del Valle de Salazar – Mundi-Prensa. Madrid.
- SAN MIGUEL, A., 2008. *Management of Natura 2000 habitats. 6220 \* Pseudo-steppe with grasses and annuals of the Thero-Brachypodietea*. European Commission. URL: [http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/habitats/models\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/habitats/models_en.htm)
- SHACKLETON, D. M. (Ed.), 1997. *Wild sheep and goats and their relatives: status survey and conservation action plan for Caprinae*. IUCN, Gland. 390 pp.
- SIMPSON, C. D. (Ed.), 1980. *Symposium on Ecology and Management of Barbary Sheep*. Texas Tech Univ. Press, Lubbock.

## SUMMARY

### FOOD SELECTION AND EFFECT OF AOUDAD (*AMMOTRAGUS LERVIA*) ON THE WOODY VEGETATION OF SIERRA ESPUÑA REGIONAL PARK (MURCIA)

The aoudad (*Ammotragus lervia* Pallas 1777) is a wild caprine native of northern Africa. It was introduced in Sierra Espuña (Murcia) in 1970 for its hunting interest. Its exotic nature, fast population increment and still unknown effects on the indigenous flora and fauna have resulted in a clear rejection from environmental sectors and have revealed the lack of scientific data necessary to decide about its future. The present communication describes the effect of aoudad on the woody vegetation of Sierra Espuña Regional Park. 50 inventories were evenly carried out throughout its area to estimate browsing levels for the most important woody species. By comparing them with their abundance, their preference or rejection by the aoudad was determined. Results show that aoudad behaves as a less intensive browser species than other indigenous ungulates, such as the Spanish wild goat or the Red Deer. It shows a higher preference for camaephytes and nanophanerophytes than for phanerophytes. However, a strong control of its populations, aimed at avoiding a substantial increment over current levels, is necessary, as well as a complementary suitable management of woodlands, shrublands, rangelands and crops.

**Key words:** browse, palatability, ungulate, caprine.

# ANÁLISIS COMPARATIVO DEL USO DE RECURSOS TRÓFICOS POR PARTE DEL CONEJO Y TRES ESPECIES DE UNGULADOS EN SIMPATRÍA EN UN ECOSISTEMA MEDITERRÁNEO

M. MIRANDA<sup>1</sup>, I. CRISTÓBAL<sup>1</sup>, J. BARTOLOMÉ<sup>2</sup>, J. CASSINELLO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos (IREC), CSIC-UCLM-JCCM, Ronda de Toledo s/n, 13071 Ciudad Real. <sup>2</sup>Grup de Recerca en Remugants, Departament de Ciència Animal i dels Aliments, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra. [jorge.cassinello@uclm.es](mailto:jorge.cassinello@uclm.es)

## RESUMEN

Se ha efectuado un estudio en donde se compara la dieta del conejo y tres ungulados herbívoros, ciervo común, arruí y muflón europeo, en simpatría. La zona de estudio está caracterizada por un matorral jaral-breza mediterráneo y la presencia de zonas abiertas de pastizal. El trabajo se ha realizado en primavera, cuando los recursos son más abundantes. La selección alimenticia no varía significativamente entre las tres especies de ungulados, pero sí respecto a la del conejo. Éste es la especie más pastadora, seguido por el arruí y finalmente muflón y ciervo. El conejo selecciona especies de mayor calidad nutricional y de porte bajo. Apreciamos un aparente reparto del recurso alimenticio entre lagomorfos y ungulados.

**Palabras clave:** análisis microhistológico, competencia por los recursos, grandes herbívoros, matorral mediterráneo, *Oryctolagus cuniculus*.

## INTRODUCCIÓN

El conejo (*Oryctolagus cuniculus*) es una especie clave en el ecosistema mediterráneo de la Península Ibérica (v.g., Bakker y Olf, 2003; Delibes-Mateos *et al.*, 2008). Se ha visto en estudios previos (Lozano *et al.*, 2007), que sus poblaciones pueden verse negativamente influidas por la presencia de ungulados. Sin embargo, otros autores muestran que los grandes ungulados, debido a una disminución en la altura de la vegetación originada por su actividad trófica, facilitan al conejo el acceso a la madriguera y la detección de depredadores (Bakker *et al.*, 2009). En una comunidad de múltiples herbívoros, las relaciones tróficas que se establecen entre ellos dependen de la disponibilidad de recursos, el tipo de especies que interactúan, su tamaño corporal, grado de coevolución con el medio y con el resto de las especies con las que cohabitan, entre otros factores (Van Wieren y Van Langevelde, 2008). Es importante, por ello, considerar el conjunto de los herbívoros que coexisten en un área de estudio, puesto que la selección del alimento puede estar mediada por las relaciones tróficas



que se establecen entre las diversas especies de herbívoros simpátricas. En el presente estudio hemos analizado las relaciones tróficas de cuatro herbívoros en simpatria, el conejo y tres especies de ungulados, dos de ellos de carácter exótico.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio fue realizado durante las primaveras de 2006, 2007 y 2008 en una finca privada de caza sita en Ciudad Real. Se trata de un coto cercado de 724 ha situado en una región de clima mediterráneo continental. El área está conformada por un mosaico de pastos adehesados con encinas y áreas de típico monte bajo mediterráneo. Las especies leñosas dominantes son *Cistus ladanifer*, *Phillyrea angustifolia*, *Rosmarinus officinalis*, *Quercus ilex*, varias especies del género *Erica* y *Genista hirsuta*. Estudiamos cuatro especies de mamíferos herbívoros que conviven en nuestra área de estudio; dos de ellas son nativas: ciervo común (*Cervus elaphus*) y conejo y otras dos exóticas: el arruí (*Ammotragus lervia*) y el muflón europeo (*Ovis orientalis*). La población de arruí no supera los 20 individuos, la de ciervo se encuentra alrededor de los 400 individuos y la de muflón en torno a los 40, de acuerdo con los conteos llevados a cabo por el personal de la finca. El conejo no es una especie muy abundante en el área de estudio, habiéndose detectado cinco madrigueras activas en los muestreos.

La disponibilidad de la vegetación en el área de estudio se determinó por medio de 20 transectos distribuidos homogéneamente en los diferentes hábitats. Se estimó la cobertura de herbáceas a nivel de familia y la de leñosas a nivel de especie. Para el análisis de la dieta se empleó el análisis microhistológico de restos vegetales en heces (Stewart, 1967; Bartolomé *et al.*, 1995), las cuales fueron recogidas tanto en el campo como directamente de animales cazados. En total se analizaron 15 heces de conejo, 18 de arruí, 7 de ciervo y 7 de muflón. Se determinaron las preferencias que los herbívoros simpátricos tienen por los diferentes recursos disponibles utilizando el Índice de Selección<sup>1</sup> de Savage (Savage, 1931). Este índice permite el cálculo de un estadístico que sigue una distribución <sup>2</sup> con un grado de libertad y que indica si el valor del índice de Savage es o no significativo. La estadística empleada incluye modelos generales lineales (GLM) y correlación de Spearman. Todos los análisis se llevaron a cabo empleando el software JMP 6.0.3 (SAS Institute Inc.).

## RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestra el grado de selección/rechazo de las diversas especies vegetales por parte de los cuatro herbívoros simpátricos incluidos en nuestro estudio. La selección de los recursos alimenticios estuvo significativamente correlacionada en los tres ungulados del estudio, de acuerdo a la correlación de Spearman aplicada a los Índices de Savage (ciervo-arruí:  $\rho = 0,81$ ,  $p < 0,0001$ ; muflón-arruí:  $\rho = 0,72$ ,  $p < 0,0001$ ; muflón-ciervo:  $\rho = 0,85$ ,  $p < 0,0001$ ). El conejo, sin embargo, no presenta una correlación significativa en cuanto a la dieta seleccionada respecto a la de los tres grandes herbívoros (conejo-arruí:  $\rho = 0,16$ ,  $p = 0,43$ ; conejo-ciervo:  $\rho = 0,145$ ,  $p = 0,43$ ; conejo-muflón:  $\rho = 0,20$ ,  $p = 0,27$ ).

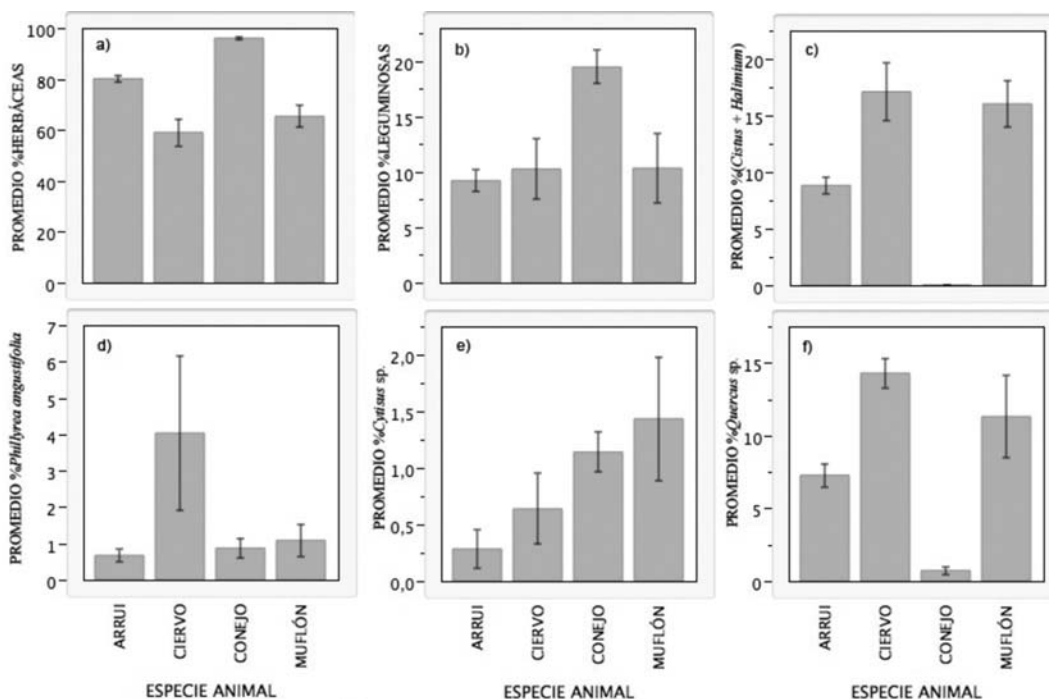
Los ANOVAs (Figura 1) muestran un efecto significativo de la especie animal en la composición de la dieta, estimado a partir del análisis microhistológico de restos vegetales en heces. Respecto a los arbustos, el consumo de herbáceas es

**Tabla 1. Índice de Savage significativo referente a la selección (en negrita) o el rechazo de diferentes grupos vegetales por parte de los herbívoros estudiados.**

PLANTA	ARRUI	CIERVO	CONEJO	MUFLÓN
ARBUSTIVAS	0,203847311	0,465315985	0,088807535	0,341895989
<i>Astragalus</i> spp.			0	
<i>Lavandula stoechas</i>	0		0,439393459	
<i>Cistus</i> spp.		<b>2,006053607</b>	0	<b>1,798410968</b>
<i>Erica</i> spp.			0	
<i>Asparagus acutifolius</i>			<b>10,01008716</b>	
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0			
<i>Genista hirsuta</i>	0,075461235	0,125970186	0	
<i>Globularia alypum</i>	<b>7,209164547</b>			
<i>Juncus communis</i>	0			
<i>Phillyrea angustifolia</i>	0,093079313		0,09569607	0,150476703
<i>Arbutus unedo</i>	0		0	
<i>Osyris alba</i>			0	<b>2,3031961</b>
<i>Pistacia</i> spp.		<b>14,10843042</b>		
<i>Quercus</i> spp.	<b>2,182094017</b>	<b>4,503004641</b>	0,187019006	<b>2,900703328</b>
<i>Rosmarinus officinalis</i>	0	0	0	0
HERBÁCEAS	<b>1,104435404</b>	0,742391724	<b>1,743953877</b>	0,913285149
<i>Aristolochiaceae</i>			<b>13,45963853</b>	
<i>Boraginácea</i>			<b>3,00532285</b>	
<i>Caryophyllaceae</i>	0,583145876	0,072628675	<b>1,630752099</b>	<b>1,799676175</b>
<i>Cyperaceae</i>		<b>4,619027555</b>		
<i>Cistaceae</i>	<b>1,436703581</b>	<b>1,916871342</b>	<b>2,631057452</b>	<b>1,65349477</b>
<i>Asteraceae</i>	<b>2,051411456</b>		<b>1,17628678</b>	<b>1,211090963</b>
<i>Brassicaceae</i>	0,041097281	0	0,455454942	0
<i>Scrophulariaceae</i>			<b>4,846512836</b>	
<i>Geraniaceae</i>	0	0	0	
<i>Poaceae</i>	0,882653951	0,600362574	<b>1,502785651</b>	0,739468007
<i>Iridaceae</i>			<b>5,161496521</b>	
<i>Leguminosae</i>	0,807750082	0,807781487	<b>3,608884911</b>	
<i>Liliaceae</i>	<b>1,534889317</b>			
<i>Linaceae</i>	0	0	0	0
<i>Bryophyta</i>	0			
<i>Plantaginaceae</i>	0		<b>2,530768583</b>	
<i>Polygonaceae</i>	<b>1,406347484</b>	0,072619958	<b>1,200520119</b>	0
<i>Rosaceae</i>			<b>2,932565178</b>	
<i>Rubiaceae</i>	0			
<i>Umbelliferae</i>	0,034950664	0,109978089	<b>0,008325771</b>	0



significativamente superior en conejo, seguido del arrui, e inferior en ciervo y muflón, presentando estos últimos hábitos más ramoneadores ( $F_{3,43} = 59,30$ ;  $p < 0,0001$ ; Figura 1a). Las principales diferencias en el consumo de herbáceas se deben al contenido diferencial en dicotiledóneas en los distintos herbívoros ( $F_{3,43} = 42,58$ ;  $p < 0,0001$ ); en concreto, el conejo presenta un consumo de leguminosas muy superior al resto de animales estudiados ( $F_{3,43} = 9,71$ ;  $p < 0,0001$ ; Figura 1b).



**Figura 1. Valor promedio de la presencia de diferentes grupos vegetales en la dieta de los cuatro herbívoros estudiados. Se indican los errores estándar.**

Asimismo, se ha analizado el consumo de las leñosas más representativas del área de estudio. *Cistus* spp. ha sido consumida especialmente por ciervo y muflón y en menor medida por arrui, estando ausente en la dieta del conejo ( $F_{3,43} = 159,02$ ,  $p < 0,0001$ ; Figura 1c). El labiérnago aparece principalmente en la dieta del ciervo, siendo significativamente inferior en la de conejo y arrui ( $F_{3,43} = 3,41$ ,  $p < 0,03$ ; Figura 1d). El género *Cytisus* es el único en el que el conejo presenta un consumo relativo semejante al de los herbívoros más ramoneadores; el arrui, sin embargo, lo consume en una proporción inferior al resto de herbívoros ( $F_{3,43} = 5,97$ ;  $p < 0,002$ ; Figura 1e). Las especies del género *Erica* no aparecen representadas en la dieta del conejo ( $F_{3,43} = 46,38$ ,  $p < 0,0001$ ), apareciendo en proporciones similares en los tres ungulados bajo estudio (media = 1,75). Respecto a *Quercus* spp. está presente en la dieta de los cuatro herbívoros pero en proporciones muy variables ( $F_{3,43} = 34,12$ ;  $p < 0,0001$ ; Figura 1f).

## DISCUSIÓN

Se han encontrado diferencias significativas en el uso del recurso alimenticio por parte de tres especies de ungulados herbívoros (ciervo común, arrui y muflón europeo)

y el conejo en simpatría. Tanto el nivel de selección de las especies vegetales como la presencia en la dieta difiere entre los herbívoros estudiados.

En un primer análisis se muestra una clara semejanza en el nivel de selección/rechazo de las especies o familias de plantas consumidas por los tres ungulados, mientras que el conejo sigue un patrón diferente. Al llevar a cabo un análisis más detallado del contenido de la dieta, apreciamos cómo el conejo prefiere significativamente la vegetación herbácea, tal y como han demostrado estudios previos (v.g., Homolka, 1988). De los tres ungulados estudiados, el arruí muestra asimismo una clara preferencia por las herbáceas, sin embargo al observar en más detalle la selección por familias, el conejo incorpora preferentemente dicotiledóneas en su dieta. Las leguminosas, caracterizadas por su alto contenido proteico (Muslera, 1991), son particularmente seleccionadas por el conejo. Su menor tamaño corporal podría explicar la necesidad de una dieta de mayor calidad (Van Wieren y Van Langebelde, 2008).

En relación a las especies arbustivas, apreciamos diferencias entre los tres ungulados de estudio, destacando la baja proporción apreciada en la dieta del arruí. El consumo relativo de un arbusto como *Cytisus* por parte del conejo se podría explicar por el hecho ser una leguminosa con alto contenido proteico en comparación con otros arbustos (Hajer *et al.*, 2004) y poseer tallos fotosintéticos que facilitarían su ramoneo incluso sobre las partes más próximas al suelo, al igual que ocurre con la esparraguera (*Asparagus acutifolius*), seleccionada activamente también por el conejo y cuya estructura podría servirle de refugio. Destaca asimismo la aparente tolerancia del ciervo a compuestos secundarios, puesto que incluye en su dieta de un modo activo *Pistacia* spp., un género rico en taninos (Glasser *et al.*, 2008).

En resumen, hemos apreciado un uso diferencial del recurso alimenticio entre conejos y ungulados. Este resultado parece indicar que en condiciones de abundancia alimenticia, como es la primavera, lagomorfos y ungulados no entran en competencia por este recurso.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Yolanda Fierro el acceso a su finca cinegética. Este estudio ha sido financiado por los proyectos PAI08-0264-1987 (Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, JCCM) y CGL2007-63707/BOS (Ministerio de Educación y Ciencia/FEDER). M.M. posee una beca predoctoral de la JCCM.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKKER, E. S.; OLFF, H., 2003. Impact of different-sized herbivores on recruitment opportunities for subordinate herbs in grasslands. *Journal of Vegetation Science*, **14**(4), 465-474.
- BAKKER, E. S.; OLFF, H.; GLEICHMAN, J. M., 2009. Contrasting effects of large herbivore grazing on smaller herbivores. *Basic and Applied Ecology*, **10**, 141-150.
- BARTOLOMÉ J.; FRANCH J.; GUTMAN M.; SELIGMAN, N. G., 1995. Physical factors that influence fecal analysis estimates of herbivore diets. *Journal of Range Management*, **48**, 267-270.
- DELIBES-MATEOS, M.; DELIBES, M.; FERRERAS, P.; VILLAFUERTE, R., 2008. The key role of European rabbits in the conservation of the western Mediterranean basin hotspot. *Conservation Biology*, **22**, 1106-1117.

- GLASSER, T.; LANDAU, S.; UNGAR, E. D.; PEREVOLOTSKY, A.; DVASH, L.; MUKLADA, H.; KABABYA, D.; WALKER, J. W., 2008. A fecal near-infrared reflectance spectroscopy-aided methodology to determine goat dietary composition in a Mediterranean shrubland. *Journal of Animal Science*, **86**, 1345-1356.
- HAJER, A.; LOPEZ, S. ; GONZALEZ, J. S.; RANILLA, M.J., 2004. Chemical composition and in vitro digestibility of some Spanish browse plant species. *Journal of the Science of Food and Agricultura*, **84(2)**, 197-204.
- HOMOLKA, M., 1988. Diet of the wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) in an agrocoenosis. *Folia Zoologica*, **37**, 121-128.
- LOZANO, J.; VIRGÓS, E.; CABEZAS-DÍAS, S.; MANGAS, J. G., 2007. Increase of large game species in Mediterranean areas: is the European wildcat (*Felis silvestris*) facing a new threat? *Biological Conservation*, **138**, 321-329.
- MUSLERA, E., 1991. *Praderas y forrajes: producción y aprovechamiento*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- SAVAGE, R. E., 1931. *The relation between the feeding of the herring off the east coast of England and the plankton of the surrounding waters*. Fishery Investigations. Ministry of Agriculture. Food and Fisheries. Series 2: 1-88. Londres (Reino Unido).
- STEWART, D.R.M., 1967. Analysis of plant epidermis in faeces: a technique for studying the foraging preferences of grazing herbivores. *Journal of Applied Ecology*, **4**, 83-111.
- VAN WIJEREN, S. E.; VAN LANGEVELDE, F., 2008. Structuring herbivore communities. En: *Resource ecology: Spatial and temporal dynamics of foraging*, 237-262. Ed. H. H. T. PRINS, F. VAN LANGEVELDE. Springer. Dordrecht (Países Bajos).
- ZAR, J. H., 1984. *Biostatistical analysis*. 2ª Ed. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs (EEUU).

## SUMMARY

### THE USE OF FOOD RESOURCES BY THE EUROPEAN RABBIT AND THREE LARGE HERBIVORES IN SYMPATRY IN A MEDITERRANEAN ECOSYSTEM

This is a novel study on diet comparison between the European rabbit and three large herbivores, red deer, the aoudad and the European mouflon, living in sympatry. The study area is a Mediterranean rockrose-heather shrubland with open pastures. Samples have been collected in spring, when food resources abound. Selection of plant species did not vary between the study ungulates but rabbits showed a different pattern. They graze more frequently, followed by aoudads, and then red deer and mouflons. Diet composition may be related to body size, which influences nutritive requirements. Thus, rabbits seem to prefer high-quality small-sized plants. This study reveals no apparent competition for resources between lagomorphs and herbivore ungulates in a Mediterranean habitat in spring, even though a couple of exotic ungulates were included in the study. It has been shown that large herbivores promote changes in the landscape morphology, facilitating its heterogeneity and increasing plant biodiversity, so that their presence may benefit rabbits' niche requirements. Similar diet composition between the three study ungulates may indicate that, provided food is lacking, resource competition may occur between them.

**Keywords:** mediterranean shrubland, large herbivores, microhistological analysis, *Oryctolagus cuniculus*, resource competition.

## SISTEMAS SILVOPASTORALES EN PREVENCIÓN DE INCENDIOS EN GALICIA: RED DE EXPERIENCIAS PILOTO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

M.R. MOSQUERA, A. RIGUEIRO

*Departamento de Producción Vegetal. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela. Campus de Lugo. 27002-Lugo. mrosa.mosquera.losada@usc.es*

### RESUMEN

En el marco de un convenio de colaboración entre la Consellería de Medio Rural de la Xunta de Galicia y la Universidad de Santiago de Compostela se está estableciendo una red de parcelas demostración en las cuatro provincias gallegas de cara a transferir tecnología al sector para la implantación de sistemas silvopastorales para prevenir incendios forestales y valorizar el monte, ya que estos sistemas tienen una gran importancia desde un punto de vista científico, económico, social y ambiental. Estos sistemas son formas de gestión del territorio forestal que nos permiten reducir el riesgo de incendios, a la vez que se incrementa la producción del monte. En este trabajo se describen los primeros resultados de control del combustible en uno de los montes de *Pinus radiata* ubicado en Lugo, tras un periodo inicial de pastoreo con ganado equino. En el sotobosque dominan las silvas o zarzas (*Rubus* spp.) y el tojo (*Ulex europaeus* fundamentalmente). El pastoreo con caballos ocasionó un consumo notable del componente foliar del tojo, consumiendo 8,61 t ha<sup>-1</sup> de las 11,10 t ha<sup>-1</sup> iniciales durante cuatro meses, si bien apenas si modificó en el estrato foliar de la zarza.

**Palabras clave:** sistemas agroforestales, tojo (*Ulex*), silva (*Rubus*), caballo, razas animales autóctonas.

### INTRODUCCIÓN

Galicia es la región española con mayor número de incendios forestales, ya que en ella se producen el 50% de los focos y se quema el 25% de la superficie que arde anualmente en el territorio nacional. Este hecho se justifica en parte por la elevada proporción de superficie forestal que posee esta región (próxima al 70% de su superficie, Xunta de Galicia, 2001), que representa aproximadamente el 7,04% de la superficie forestal española (MMA, 2009). Existe cierto paralelismo entre lo que sucede en Galicia y en el norte de Portugal, donde se ha quemado en los últimos 10 años el 45% de su superficie forestal, mientras que en Galicia ha ardido cerca del 20% en el mismo período, más de las 400 000 ha en las que se incrementó el monte arbolado en la década de los 90 (Xunta de Galicia, 2001). Por otra parte, el esfuerzo

inversor dedicado a tareas de prevención, detección y extinción de incendios en la comunidad autónoma gallega se acerca ya al 2% del presupuesto de la comunidad autónoma.

Además de la alta tasa de intencionalidad, la presencia de combustible vegetal en nuestros montes, al igual que sucede en el norte de Portugal, favorece la iniciación y la propagación de los incendios. Si comparamos estas zonas con el área mediterránea española y portuguesa, observamos que las precipitaciones anuales son notablemente superiores en aquellas, lo que no reduce el riesgo de incendios, debido a la distribución estacional de las lluvias, que provoca un gran desarrollo del matorral durante el período de precipitaciones de primavera, secándose luego, durante el período de verano, cuando arden. Por ello es importante dedicar atención a la prevención de estos siniestros, reduciendo y ordenando el combustible vegetal. El control del sotobosque puede realizarse a través del desbroce manual, mecánico, químico o mediante quemas controladas, técnicas inviables a gran escala debido a su coste, a la reducida eficacia a medio plazo y a sus efectos ambientales. El empleo de sistemas silvopastorales para ese fin puede considerarse como una técnica con una gran inversión inicial derivada del cercado, pero eficaz desde un punto de vista de la prevención de incendios a largo plazo (Rigueiro *et al.*, 2006), al provocar un reemplazo del estrato arbustivo por un estrato herbáceo, y que permite incrementar la rentabilidad del monte. A la hora de introducir ganado en el monte, es importante que se cubran básicamente sus necesidades nutritivas con la vegetación presente en el mismo, y que sea posible la presencia de una cabaña ganadera de cierta entidad para mejorar la rentabilidad del monte. En este sentido la Xunta de Galicia en colaboración con la Universidad de Santiago de Compostela ha iniciado un estudio sobre el establecimiento de sistemas silvopastorales en montes vecinales en mano común, bajo diferentes masas arboladas de distinta edad, ubicadas en las cuatro provincias gallegas, con el objeto de crear montes piloto que permitan dar a conocer estas técnicas y realizar transferencia de tecnología al sector agroforestal sobre las mismas, reconociendo el beneficio que supondrá que se implanten de forma más o menos generalizada en nuestros montes, con el objeto de reducir el riesgo de incendios e incrementar su rentabilidad en el marco de una gestión sostenible. En concreto en este trabajo se pretende mostrar los resultados de composición inicial de la vegetación en uno de los montes y de su evolución tras una rotación con ganado equino en una masa adulta de *Pinus radiata*.

## MATERIAL Y MÉTODOS

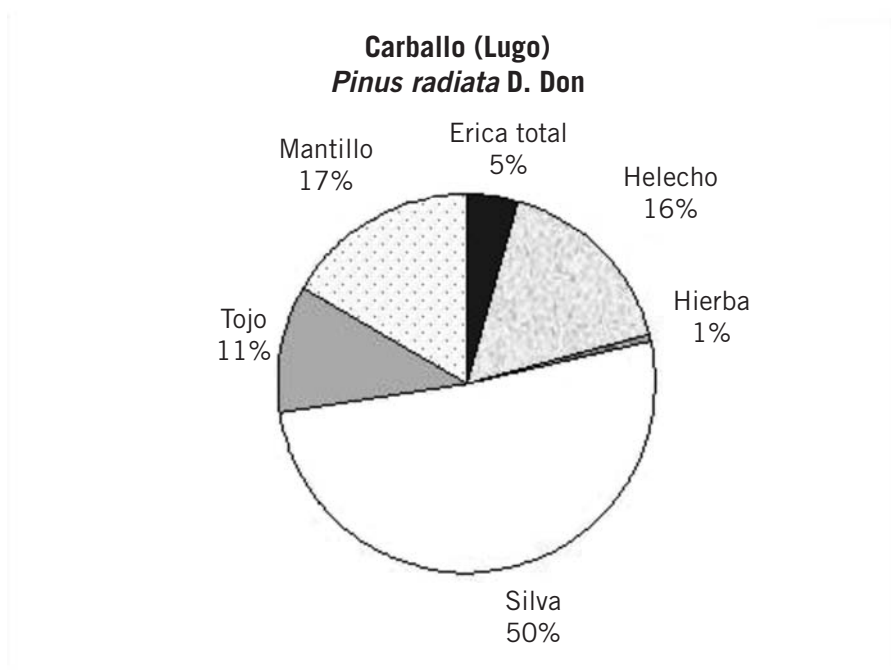
El estudio de esta comunicación se está llevando a cabo en el Monte Vecinal en Mano Común de Carballo, ubicado en la parroquia de Carballo en el Ayuntamiento de Friol. Este monte está situado a una latitud entre 43° 00' 30" y 43° 01' 58" N, a una longitud de 7° 54' 25" a 7° 55' 27" O y a una altitud de 690-740 m snm con una pendiente media del 7-8% sobre un suelo de tipo cambisol. La temperatura media anual de la zona es de 10,9 °C, siendo la precipitación total anual de 1477 mm al año en los últimos 30 años. Este monte está constituido por 457 hectáreas de las que se realiza un cercado perimetral en 170,22 hectáreas en dos parcelas que son pastadas por ganado equino rústico de la raza autóctona "Pura Raza de Cabalo Galego" muy adaptado a la zona en régimen de pastoreo rotacional. Las dos parcelas están constituidas por masas dominadas por *Pinus radiata* de 28 años de edad en una superficie de 78,88 hectáreas y la segunda por una masa dominada por *Pinus silvestris* de 53

años de edad en 91,34 hectáreas y que en la actualidad presentan una densidad de 1190 y 1039 pies por hectárea respectivamente.

En este artículo se muestran los resultados derivados de la zona dominada por *Pinus radiata*. Antes de la introducción del ganado se procedió al estudio inicial de la vegetación del sotobosque, para lo que se establecieron cuatro transectos de 200 m a lo largo de las 78 hectáreas de la zona de estudio. En cada transecto se anotaron las especies presentes que lo interceptaban y su cobertura en intervalos de cinco metros. Además, para estimar la fitomasa aérea, se tomaron tres muestras de nueve metros cuadrados por estrato de vegetación dominado por tojo, helecho y zarza o silva, que eran las plantas dominantes en las comunidades de matorral del sotobosque. El muestreo consistió en la delimitación de la superficie y cosecha de toda la biomasa aérea presente en la parcela, tras lo cual se separaron en el campo las fracciones leñosas de las foliares, que se pesaban por separado. Posteriormente, se llevaron submuestras de cada fracción al laboratorio para poder determinar el contenido en materia seca. Una vez que entraron los animales de la raza autóctona gallega, caballo galego de monte, con una carga reducida (0,33 yeguas por hectárea), permanecieron en la parcela de pino cuatro meses. Una vez que salieron se realizaron las mismas determinaciones. Se presentan los resultados de estos muestreos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra la superficie del sotobosque cubierta por mantillo y por las unidades de vegetación definidas (tojo, zarza o silva, helecho común, ericas o brezos, herbáceas) antes de entrar el ganado en la parcela, observándose que claramente está

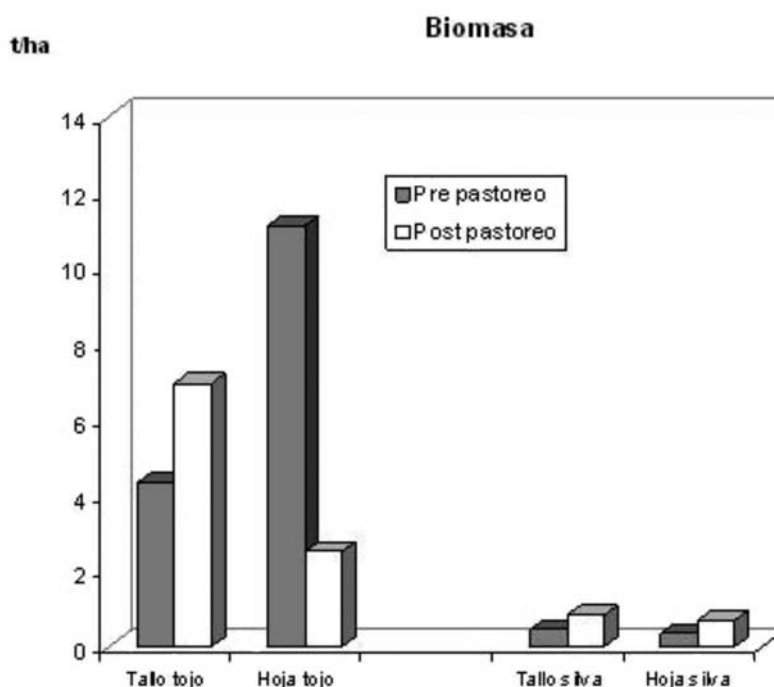


**Figura 1. Representación porcentual de la cobertura de las unidades de vegetación presentes en el sotobosque de la parcela de *Pinus radiata* antes de entrar el ganado en la parcela.**

dominado por las especies del género *Rubus*, con una altura media de 66 cm, siguiendo en importancia el helecho y el tojo, con alturas medias de 74 y 132 cm, respectivamente. El tojo es la especie con mayor presencia en el sotobosque de los montes del occidente gallego, tal y como describen Zas y Alonso (2002) en un estudio realizado en aproximadamente 200 montes de Galicia y en el que se concluye que estas plantas se hallan presentes en el 63% de los montes estudiados. La presencia de los tojos en nuestros montes se relaciona con su elevada capacidad de establecimiento en suelos pobres y con su contribución a la mejora de la fertilidad edáfica, lo que no pasó desapercibido en el pasado para la población rural gallega, que la utilizaba como cama de ganado para su posterior uso enmendante y fertilizante en terrenos agrícolas, llegando incluso a sembrarlas.

La elevada contribución de las zarzas, en comparación con el tojo, al sotobosque de nuestra experiencia se debe fundamentalmente a la cobertura total del arbolado, ya que las zarzas toleran mejor la sombra que los tojos. De hecho las plantas del género *Ulex* aparecen en los bordes de la plantación, donde la entrada de luz no está tan limitada como en el interior de la misma.

La relación entre el riesgo de incendios y la presencia de una u otra planta en el sotobosque es clara, tras ser sometidas al mismo manejo (desbroces previos), antes de introducir el ganado, la biomasa por unidad de superficie de la zarza es muy inferior a la del tojo (Figura 2), tanto la fitomasa aérea total como la de los componentes foliar y leñoso.



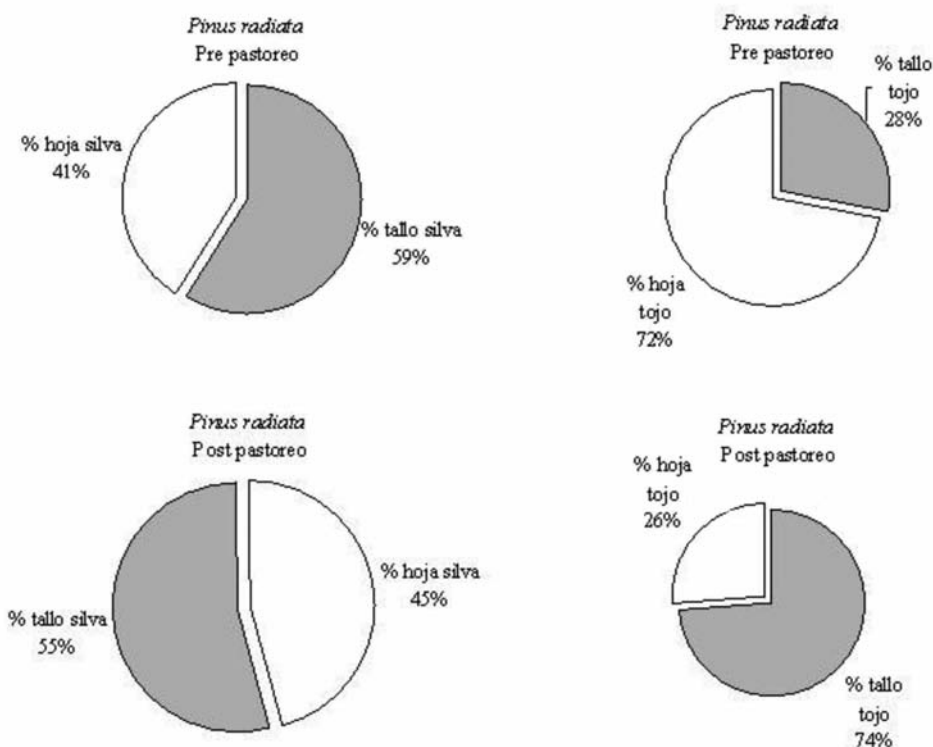
**Figura 2. Evolución de la fitomasa aérea (t MS ha<sup>-1</sup>) del tojo (izquierda) y de las silvas o zarzas (derecha) antes (16 febrero) y después (31 agosto) de la entrada del ganado en la parcela de *Pinus radiata* del Monte Vecinal en Mano Común de Carballo.**



El pastoreo de los caballos ocasiona una disminución notable del componente foliar en el tojo que se reduce en 8,61 t ha<sup>-1</sup> de las 11,10 t ha<sup>-1</sup> iniciales, lo que se explica porque esta especie es muy apetecida por el ganado equino. No obstante, no sucede lo mismo en el caso de la zarza que apenas es consumida e incluso se incrementa de 0,33 t ha<sup>-1</sup> hasta 0,70 t ha<sup>-1</sup>.

En la Figura 3 se observa la relación porcentual de los componentes foliar y leñoso de estas dos plantas, antes de entrar el ganado y tras el primer periodo de pastoreo. La proporción de hoja, de mayor valor forrajero es inicialmente superior en el caso del tojo, en comparación con la silva. Además el tojo posee un mayor valor forrajero que la silva, debido a que es una leguminosa y habitualmente presenta unos niveles más altos de proteína (Rigueiro *et al.*, 2000). Por otra parte es una especie mucho más apetecida por el caballo que las zarzas, como puede apreciarse en la Figura 3 al analizar la relación entre el material foliar y leñoso tras el pastoreo, deduciéndose que la proporción de masa foliar varía poco en el caso de la silva, pero se reduce de forma importante en el caso del tojo, pasando de un 72 a un 26%.

El consumo por el ganado en cantidad importante de la biomasa foliar del tojo merma la capacidad fotosintetizadora de estas plantas, lo que provoca, si el pastoreo es intenso y continuado, que se agoten sus reservas, se debiliten y mueran, siendo sus-



**Figura 3.** Proporción, estimada a partir de la fitomasa aérea seca, de parte leñosa (tallos) y parte foliar en el tojo y en las zarzas o silvas antes de entrar el ganado y con posterioridad a la primera etapa de pastoreo.



tituidas por plantas herbáceas del sotobosque, produciéndose un progresivo encespedamiento del mismo. Por el contrario, las zarzas, con menor biomasa y por lo tanto con un riesgo de incendios menor, no parece verse muy afectada por el pastoreo del ganado caballar, por lo que, teniendo en cuenta la gran superficie que ocupa en el monte de la experiencia, sería conveniente introducir otro tipo de animales que consuman esas plantas, como las cabras, que son compatibles con los pinos adultos, en un rebaño mixto con ganado equino.

## CONCLUSIONES

El caballo controla de forma importante los tojos, pero no las zarzas o silvas, lo que nos lleva a sugerir para este monte, en el que las especies del género *Rubus* ocupan una superficie importante del sotobosque, la introducción de otra especie más idónea para su control. Por ello, consideramos más adecuado el pastoreo de un rebaño mixto de cabras y caballos. Así se eliminaría mejor el combustible vegetal vivo del sotobosque, se reduciría en mayor medida el peligro de incendios forestales y se incrementaría el rendimiento económico del monte.

## AGRADECIMIENTOS

Manifestamos nuestro más sincero agradecimiento a la Consellería de Medio Rural (Xunta de Galicia) por la financiación aportada para el desarrollo de este convenio, así como a las diferentes comunidades de vecinos propietarias de los montes vecinales en mano común que participan en el mismo y a la asociación pura raza cabalo galego.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MMA (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE) 2009. *III Inventario forestal nacional*. En [http://www.mma.es/secciones/biodiversidad/inventarios/ifn/ifn3/pdf/estapridac\\_04\\_06\\_2007.pdf](http://www.mma.es/secciones/biodiversidad/inventarios/ifn/ifn3/pdf/estapridac_04_06_2007.pdf). Consultado 18 Marzo 2009.
- RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MOSQUERA-LOSADA, M.R.; ROMERO FRANCO M.R.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, M.P.; VILLARINO-URTIAGA, J.J., 2006. Silvopastoral Systems as a forest fire prevention technique. En: *Silvopastoral Systems and sustainable land Management*, 380-388. Ed. M.R. MOSQUERA-LOSADA, J. McADAM, A. RIGUEIRO-RODRÍGUEZ A. CAB International, Wallingford (UK).
- RIGUEIRO-RODRÍGUEZ A., 2000. Sistemas silvopastorales en la Iberia Atlántica. *Actas XL Reunión científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos y III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes*, 649-658. Bragança. La Coruña (Portugal-España).
- XUNTA DE GALICIA, 2001. *O monte Galego en cifras*. Xunta de Galicia. <http://mediorural.xunta.es/forestal/mtcifras/mtcifras.php>, Consultado 18 Marzo 2009.
- ZAS, R.; ALONSO, M., 2002. Understory vegetation as indicators of soil characteristics in northwest Spain. *Forest Ecology and Management*, **171(1-2)**, 101-111.

## SUMMARY

### **SILVOPASTORAL SYSTEMS AS FIRE PREVENTION TECHNIQUE IN GALICIA: EXPERIMENTAL NETWORK FOR TECHNOLOGY TRANSFER**

A contract between the autochthonous Ministry of Rural Environment (Xunta de Galicia) and the University of Santiago de Compostela has been signed in order to establish a demonstration rural network all over the four Galician provinces in order to allow technology transfer about silvopastoral system use to prevent from forest fires and to increase the forest economic value, as these systems have an important scientific, economic, social and environment value. These systems are forestland management forms which allow to reduce fire risk and, at the same time, increases the forest production. This study deals with the description of the first results in one of the demonstration forestry areas, placed in the Lugo province, after the first rotational grazing. The area was afforested 25 years ago and the main found understory species were *Rubus* spp. and *Ulex europaeus*. Horse grazing caused an important reduction of leaf component of *Ulex*, as it ate 8,61 t ha<sup>-1</sup> out of initial 11,10 t ha<sup>-1</sup> during four months. However, *Rubus* was not eaten.

**Key words** agroforestry Systems, *Ulex*, *Rubus*, horse, autochthonous animal breeds.



## PASTOREO CON GANADO OVINO EN UN CORTAFUEGOS. EFECTO SOBRE EL COMBUSTIBLE HERBÁCEO

A.B. ROBLES, J. RUIZ, J.L. GONZÁLEZ-REBOLLAR

*Estación Experimental del Zaidín (CSIC). C/ Profesor Albareda 1; E-18008 Granada.  
anabelen.robles@eez.csic.es*

### RESUMEN

Este trabajo evalúa la efectividad del ganado ovino en el control de combustible herbáceo en una faja cortafuegos del sudeste árido peninsular (Guadix, Granada), mediante la comparación durante dos años de parcelas excluidas y abiertas al pastoreo. En ambos años se observó una reducción significativa de la fitomasa combustible (entre el 53 y el 72%), y de la altura del pasto (entre el 50 y el 79%). El pasto llegó a quedar reducido hasta 3 cm de altura y 200 kg MS ha<sup>-1</sup> en el segundo año, que contó con un pastoreo muy intenso. La cobertura del suelo se vio igualmente afectada, disminuyendo la proporción de pasto e incrementándose el suelo desnudo; el mantillo sólo se redujo en el segundo año. No se registraron diferencias significativas en los parámetros de diversidad y riqueza florística en ninguno de los años. Estos resultados confirman al pastoreo como una eficaz herramienta en prevención de incendios.

**Palabras clave:** pastoreo controlado, silvicultura preventiva, incendios, clima árido.

### INTRODUCCIÓN

Desde hace aproximadamente medio siglo, muy especialmente en los países mediterráneos, se está asistiendo a un paulatino abandono de las tierras agrarias. Estos cambios de usos se han traducido en un incremento de la matorralización y del material combustible en el medio, favoreciendo la propagación de los incendios forestales.

Hoy en día, varios países mediterráneos proponen emplear el pastoreo controlado en áreas cortafuegos como técnica de reducción de la biomasa combustible y, por tanto, de prevención de incendios forestales (Etienne, 1996; Rigueiro *et al.*, 2005). Sin embargo, no hay que olvidar que estas técnicas innovadoras de manejo del monte mediterráneo, se basan en aplicar antiguas prácticas para solucionar problemas actuales (Etienne, 1996). El pastoreo controlado en áreas pasto-cortafuegos constituye una práctica agraria sostenible, además de estimular la vigilancia del monte y el interés de la población local por la conservación del recurso.

El ganado es un agente que introduce heterogeneidad en el paisaje. Su acción sobre las comunidades vegetales, sobre su estructura y su composición, se traducen en

notables efectos en la diversidad biológica (Milchunas *et al.*, 1988; Noy-Meir, 1989), así como en su eficacia de control de la vegetación (Casasús *et al.*, 2002; Rigueiro *et al.*, 2005; Bernués *et al.*, 2007).

En Andalucía, el grupo de Pastos y Sistemas Silvopastorales Mediterráneos de Granada (CSIC), financiado por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, lleva desarrollando desde el año 2003 proyectos ligados al pastoreo y la prevención de incendios. El trabajo que presentamos se encuadra dentro de estos proyectos y tiene por objetivo evaluar la efectividad del ganado en el control de combustible en un área cortafuegos, mediante el seguimiento de parámetros estructurales de la vegetación (biomasa, altura, proporción del suelo con cobertura de pasto, suelo desnudo y mantillo), así como su repercusión en la diversidad y riqueza florística de pastos herbáceos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se ha llevado a cabo en la finca Cortijo Conejo y Albarrán, propiedad de la Junta de Andalucía, que está situada en los altiplanos de la *Hoya de Guadix-Baza*, en el municipio de Guadix (provincia de Granada, España). Se encuentra a una altitud que ronda los 1100 m y el clima presenta una acusada continentalidad, con temperaturas que oscilan entre -5 y 36°C todos los años. La precipitación media anual es de 302 mm; en los años de seguimiento, la lluvia caída para cada periodo de crecimiento vegetativo (septiembre-mayo) fue de 310 mm para 2007 y 230 mm para 2008.

Esta finca ha tenido un uso agrícola hasta su adquisición por parte de la administración en 1994-95 y posterior repoblación forestal con *Pinus halepensis* Mill. El estudio que presentamos de control del combustible por el ganado se ha realizado en la faja cortafuegos situada en esta repoblación. El desarrollo del matorral en ésta es muy limitado y domina el estrato herbáceo. Son características las especies anuales *Bromus diandrus* Roth., *Aegilops geniculata* Roth., *Aegilops triuncialis* L., *Medicago minima* L., *Trigonella polyceratia* L. y *Vicia peregrina* L., si bien son frecuentes también las herbáceas perennes *Cynodon dactylon* L., *Andryala ragusina* L. y *Chondrilla juncea* L. Estos pastos herbáceos anuales se agostan en verano, pudiendo alcanzar un fitovolumen superior al 2500 m<sup>3</sup>, límite de riesgo de incendio (Etienne y Rigolot, 2001).

El pastoreo se inicia en 2005, aunque éste fue ligero e intermitente durante los dos primeros años, distando mucho de los objetivos deseados de control del combustible. Los datos que se presentan en esta comunicación proceden de los años 2007 y 2008, en los que se consiguió un pastoreo mucho más efectivo, realizado por un rebaño trasterminante de oveja segureña que aprovecha los pastos de la finca desde enero a finales de mayo. El número de cabezas de ganado ha variado, pasando de 500 en 2007 a 800 en 2008, si bien no se ha podido calcular la carga ganadera aplicada sobre la faja cortafuegos, al desconocerse el número de días de pastoreo en ella. Sin embargo, al final del periodo de pastoreo de cada uno de esos años se realizó un seguimiento técnico de la zona, que incluía la evaluación de la tasa de consumo del estrato herbáceo según una escala de 0 a 5 (Etienne y Rigolot, 2001). Ésta indicó un nivel de pastoreo medio-alto (promedio 3,9) en el año 2007 y muy alto (promedio 4,8) en el 2008.

Con el objetivo de evaluar el efecto del ganado sobre la vegetación con una mayor precisión, en 2005 se instalaron a lo largo del cortafuegos (2,9 ha, 32 m de ancho y

1370 m de largo) diez parcelas de seguimiento de 6 x 6 m. Éstas se agruparon de dos en dos, combinando en cada uno de los cinco bloques una parcela expuesta al pastoreo y otra, adyacente, excluida al ganado mediante una cerca metálica permanente. Este diseño experimental en bloques al azar contempla un único tratamiento (el pastoreo) con dos niveles (presencia/ausencia). Los seguimientos se realizaron los días 20 de junio de 2007 y 3-4 de junio de 2008, tan pronto hubiera finalizado la temporada de pastoreo.

En cada parcela se instalaron tres transectos de 5 m de longitud, paralelos y con 1,25 m de separación entre ellos, aplicándose en ellos el método no extractivo de punto "Point Quadrat" (Daget y Poissonet, 1971), con separación entre puntos de 5 cm (100 puntos por transecto y 300 por parcela). En cada punto se anotaban las especies contactadas o, en ausencia de material vegetal reconocible, se indicaba si se contactaba con mantillo o con el suelo desnudo. Los datos de los tres transectos se sumaron para estimar las características de cada parcela. El porcentaje de suelo desnudo, mantillo y cobertura de pasto se estimó como la proporción de puntos de los transectos clasificados según esas categorías. La riqueza de especies se estimó directamente como el número total de especies identificadas en los transectos, mientras que la diversidad florística se calculó empleando el índice de Shannon:

$$H' = \sum_{i=1}^{i=n} p_i \log_2 p_i, \text{ donde } p_i \text{ es la frecuencia relativa de la especie } i, \text{ y } n \text{ el número}$$

total de especies. A lo largo de cada transecto se realizaban cinco mediciones de la altura dominante del pasto (para un total de 15 por parcela), que se promediaron después para obtener una estimación para el conjunto de la parcela. La biomasa se estimó en cada parcela mediante el corte de ocho cuadrados de 50 x 50 cm, evitando repetir el corte en un mismo cuadrado de un año a otro. El material cortado fue secado en estufa de aire forzado a 60 °C hasta peso constante.

Para descartar la influencia de la posición de las parcelas en los resultados, los datos se analizaron estadísticamente mediante un ANOVA de dos vías (factor pastoreo y parcelas), habiéndose realizado transformaciones logarítmicas de las variables cuando se infringía alguna de las condiciones de dicho análisis. En todos los casos, el contraste de las medias se llevó a cabo mediante un test de Tukey-HSD. Dado que en los dos años del estudio las precipitaciones registradas (y la consiguiente producción del pasto) fueron diferentes y que, aparentemente, el nivel de pastoreo aplicado también fue desigual, los análisis de los datos se han realizado año por año. El programa estadístico utilizado fue Statgraphics 5.1.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las Tablas 1 y 2 muestran el efecto que ha tenido el pastoreo en un conjunto de variables que caracterizan el estrato herbáceo, mediante la comparación de las parcelas excluidas y abiertas al ganado en los años 2007 y 2008. En ninguno de los años hubo interacción entre el factor parcela y factor pastoreo ( $p > 0,05$ ), por lo que se descarta la influencia del factor parcela sobre la de pastoreo. Como era de esperar, se observa que el ganado ha tenido un efecto significativo en la reducción de la fitomasa combustible, habiendo consumido alrededor de 490 kg MS ha<sup>-1</sup> en ambos años, lo que se corresponde con un 53% y un 72% de la producción anual (2007 y 2008 re-

spectivamente). Por su parte, la altura del pasto sigue una tendencia similar, habiendo disminuido 15,6 cm y 10,4 cm en cada uno de los años, lo que corresponde a una reducción del 50 y 79% con respecto a las exclusiones. Tomando en consideración que en 2008 la tasa de consumo observada fue muy elevada (ver Material y Métodos), estimamos que los datos de este año podrían tomarse como un umbral máximo al que aspirar en el control de carga combustible.

**Tabla 1. Comparación parcelas “sin pastoreo” vs “con pastoreo”, año 2007: biomasa, altura; cobertura herbácea, suelo desnudo y mantillo (promedio  $\pm$  error estándar).**

	Sin Pastoreo ( $\bar{x} \pm se$ )	Con Pastoreo ( $\bar{x} \pm se$ )	Diferencia	n	F <sub>1,4</sub>	p-valor
Biomasa (kg MS ha <sup>-1</sup> )	918 $\pm$ 95	431 $\pm$ 36	-487 (-53%)	5	38,31	0,003
Altura (cm)	31,1 $\pm$ 1,9	15,5 $\pm$ 0,7	-15,6 (-50%)	5	92,28	<0,001
Cobertura herbácea (%)	75,3 $\pm$ 3,6	57,6 $\pm$ 1,4	-17,7	5	14,96	0,018
Suelo desnudo (%)	7,9 $\pm$ 2,2	22,9 $\pm$ 2,7	+15,0	5	27,62	0,006
Mantillo (%)	16,9 $\pm$ 2,6	19,5 $\pm$ 3,1	+2,6	5	0,34	0,592
Diversidad (bits)	2,18 $\pm$ 0,11	2,31 $\pm$ 0,12	+0,13 (+6%)	5	2,64	0,179
Riqueza específica (n° especies)	14,6 $\pm$ 0,9	12,4 $\pm$ 2,0	-2,2 (-15%)	5	1,11	0,351

**Tabla 2. Comparación parcelas “sin pastoreo” vs “con pastoreo”, año 2008: biomasa, altura; cobertura herbácea, suelo desnudo y mantillo (promedio  $\pm$  error estándar).**

	Sin Pastoreo ( $\bar{x} \pm se$ )	Con Pastoreo ( $\bar{x} \pm se$ )	Diferencia	n	F <sub>1,4</sub>	p-valor
Biomasa (kg MS ha <sup>-1</sup> )	691 $\pm$ 71	195 $\pm$ 37	-496 (-72%)	5	80,48	<0,001
*Altura (cm)	13,2 $\pm$ 1,2	2,8 $\pm$ 0,2	-10,4 (-79%)	5	308,18	<0,001
Cobertura herbácea (%)	41,5 $\pm$ 5,2	28,8 $\pm$ 5,1	-12,7	5	66,99	0,001
Suelo desnudo (%)	14,3 $\pm$ 3,5	45,7 $\pm$ 4,7	+31,4	5	49,50	0,002
Mantillo (%)	44,2 $\pm$ 3,4	25,5 $\pm$ 2,9	-18,7	5	22,32	0,009
Diversidad (bits)	2,19 $\pm$ 0,16	2,34 $\pm$ 0,15	0,15 (+7%)	5	0,49	0,523
Riqueza específica (n° especies)	8,8 $\pm$ 0,5	9,2 $\pm$ 1,2	0,4 (+5%)	5	0,15	0,717

\* transformación logarítmica.

Los cambios producidos en estos parámetros ponen de manifiesto la eficacia que ha mostrado el ganado ovino en el control del combustible, principalmente herbáceo, de la faja cortafuegos. Estudios llevados a cabo en el norte de España, también señalan el efecto positivo del ganado en el control del estrato arbustivo y herbáceo en formaciones arbóreas (Casasús *et al.*, 2002; Bernués *et al.*, 2007), habiéndose llegado en algunos casos a observar una reducción de la biomasa de hasta un 80% (Rigueiro *et al.*, 2005).

En lo que respecta a la cobertura herbácea, en ambos años se produjo una reducción significativa en las parcelas expuestas al pastoreo (17,0 y 12,7 respectivamente),

mientras que el porcentaje de suelo desnudo se incrementó significativamente (15% y 31,4% respectivamente), siendo esta tendencia más acusada en 2008 para el suelo desnudo, posiblemente debido a la mayor presión ganadera.

En relación a la cobertura y altura podemos encontrar en la bibliografía distintas respuestas, según la intensidad de pastoreo y el tipo biológico, aunque en general el pastoreo intenso reduce estos parámetros en las especies más altas, tanto perennes como anuales de mayor porte, favoreciendo a las anuales de porte rastrero y monocotiledóneas (Noy-Meir *et al.*, 1989).

La respuesta del mantillo al pastoreo no sigue el mismo patrón en los dos años. En 2007 no se observan diferencias significativas, mientras que sí una disminución (18,7%) para el 2008. Casasús *et al.* (2002) observan un aumento de la biomasa muerta en zonas no pastoreadas al compararlas con otras pastoreadas. En nuestro experimento, cabe pensar que la diferencia entre años puede deberse, por un lado, al consumo de la gran mayoría del pasto por los animales en 2008, así como a una mayor producción en 2007 que, al ser pastoreada menos intensamente, favoreció el pisoteo y caída del pasto al suelo frente a su consumo. En zonas del mediterráneo francés, Rigolot y Etienne (1996) también observan una disminución del mantillo en las zonas pastadas frente a las no pastadas, sin embargo no detectan diferencias entre zonas con alta y baja presión de pastoreo.

Son clásicos los estudios en pastos semiáridos y áridos que muestran incrementos de diversidad en zonas pastoreadas vs no pastoreadas, incluso con cargas de animales elevadas, si bien cambia la tendencia con cargas muy elevadas (Milchunas *et al.*, 1988; Noy-Meir *et al.*, 1989). En nuestro caso, la diversidad no muestra cambios significativos. Complementariamente, se observa que la riqueza florística varía más entre años que en función del tratamiento aplicado, sin poder decantarse ninguna tendencia significativa al respecto. En todo caso, consideramos insuficientes dos años de seguimientos para extraer conclusiones definitivas, dado del gran número de factores que intervienen.

## CONCLUSIONES

De todos los parámetros analizados la biomasa y la altura son los que mejor reflejan el efecto del ganado en la reducción del combustible vegetal, siguiéndoles el suelo desnudo. Aunque la cobertura descendió significativamente entre las parcelas pastoreadas y no pastoreadas, la variación fue menor. La diversidad y riqueza tampoco no mostró variación para cada año. En cuanto al mantillo, su diferente repuesta interanual impide extraer conclusiones respecto a este parámetro. Consideramos que son necesarios más años de seguimiento para determinar la respuesta de la diversidad, riqueza florística, cobertura y mantillo. Aunque estos dos años de observación ya permiten valorar el papel del pastoreo con ovejas como una eficaz herramienta para el control del combustible vegetal herbáceo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNUÉS, A.; OLAIZOLA, A.; CASASÚS, I.; GARCÍA MARTÍNEZ, A.; RIEDEL, J. L., 2007. Evolución reciente de los sistemas de explotación de rumiantes en zonas de montaña: factores de sostenibilidad. En: *Los sistemas forrajeros, entre la producción y el paisaje*,



- 305-318. Ed. M. PINTO, A. AIZPURUA, A. ALBIZU, A. ALDEZABAL, S. MENDARTE, R. RUIZ. Neiker/SEEP. Vitoria-Gasteiz (España).
- CASASÚS, I.; BERNUÉS, A.; FLORES, N.; SANZ, A.; VALDERRÁBANO, J.; REVILLA, R., 2002. Livestock farming systems and conservation of Spanish Mediterranean mountain areas: The case of the Sierra de Guara Natural Park. 2. Effect of grazing on vegetation. *Options Méditerranéennes, Series Cahiers*, **62**, 199-202.
- DAGET, P.; POISSONET, J., 1971. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des fourrages, Francia. *Fourrages*, **49**, 31-39.
- ETIENNE, M., 1996. Research on temperate and tropical silvopastoral systems: a review. En: *Western European silvopastoral systems*, 5-19. Ed. M. ETIENNE. INRA, París (Francia).
- ETIENNE, M. y RIGOLOTT, E., 2001. *Méthodes de suivi des coupures de combustible. Réseau coupures de combustible*. Ed. de la Cardere. 64 pp. Morières. (Francia).
- MILCHUNAS, D.G.; SALA, O.E.; LAUENROTH, W.K., 1988. A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grasslands community structure. *The American Naturalist*, **132**, 87-106.
- NOY-MEIR, I.; GUTMAN, M.; KAPLAN, Y., 1989. Responses of Mediterranean grasslands plants to grazing and protection. *Journal of Ecology*, **77**, 290-310.
- RIGOLOTT, E.; ETIENNE, M., 1996. Litter thickness on tree covered fuel-breaks maintained by grazing. En: *Western European silvopastoral systems*, 111-122. Ed. M. ETIENNE, M. INRA. Paris (Francia).
- RIGUEIRO, A.; MOSQUERA, M. R.; ROMERO, R.; GONZÁLEZ, M. P.; VILLARINO, J. J.; LÓPEZ, L., 2005. 25 años de investigación en Galicia sobre sistemas silvopastorales en prevención de incendios forestales. *II Conferencia Internacional sobre Estrategias de Prevención de Incendios en el Sur de Europa*, 380-387. Barcelona (España).

## SUMMARY

### **SHEEP GRAZING IN A FIREBREAK. EFFECTS ON THE HERBACEOUS FUEL LOAD**

This contribution evaluates the effectiveness of ovine livestock in the control of fuel loads in an herbaceous firebreak situated in the arid south-eastern Spain (Guadix, Granada), through the comparison of grazed and excluded plots during two years. Significant reductions were found both years in pasture biomass (between 53 and 72%) and height (between 50 and 79%). The second year, which had a very high stocking rate, pasture height was reduced to 3 cm and biomass to 200 kg DM ha<sup>-1</sup>. Soil cover was also affected by grazing, which caused a significant increase in the proportion of bare soil while pasture cover was diminished; litter was only reduced in the second year. No significant differences were found in plant diversity and richness in any of the two years. These results confirm that grazing is an effective tool for wildfire prevention

**Keywords:** controlled grazing, preventive silviculture, wildfires, arid climate.

## UTILIZACIÓN DEL GANADO ASNAL PARA LA PREVENCIÓN DE INCENDIOS EN MASAS FORESTALES DEL PIRINEO OSCENSE

M. GARTZIA<sup>1</sup>, F. FILLAT<sup>1</sup>, E. GÓMEZ<sup>2</sup>, J. AGUIRRE<sup>3</sup>, G. BUENO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC), Apdo. 64 22700 Jaca. <sup>2</sup>Instituto de Formación Agroambiental de Jaca (Gobierno de Aragón), Carretera Comarcal 134 km 7 22700 Jaca.

<sup>3</sup>Escuela Politécnica Superior de Huesca (UZ), Carretera de Cuarte s/n 22071 Huesca. [ffillat@ipe.csic.es](mailto:ffillat@ipe.csic.es)

### RESUMEN

Se estudió el pastoreo con asnos (60 adultos, de febrero a junio de 2008) en una zona repoblada de *Pinus nigra* (53,7 ha,) en el Pirineo de Huesca (España). Mediante 50 transectos al azar de 50 metros de largo y 2 de ancho se analizó la vegetación de la zona, cuantificando también las especies que estaban ramoneadas. Se correlacionaron todas las variables consideradas con el número de excrementos de cada transecto, además con dicha variable se comparó la frecuencia de uso entre comunidades.

Los asnos frecuentaron por igual las cinco comunidades vegetales de la zona pero prefirieron unas determinadas especies tales como: *Ononis fruticosa*, *Aphyllanthes monspeliensis*, *Dorycnium pentaphyllum* y *Lithodora fruticosa*, por lo que la abundancia de dichas especies se correlacionó positivamente con la distribución de excrementos. Por ello cabe esperar que la eficacia en el desbroce por los asnos, dependa de la proporción de especies palatables de un área.

**Palabras clave:** repoblaciones forestales, pastoreo extensivo, comportamiento animal.

### INTRODUCCIÓN

La conservación "in situ" de razas autóctonas, perfectamente adaptadas al medio, pasa por reactivar y fomentar funciones que justifiquen su mantenimiento en los territorios en los que han sido preservadas. Este es el caso de la ganadería asnal en medios climatológicamente severos, donde recientemente han sido propuestas diversas medidas de uso y gestión sostenibles (García, 2006). Entre algunos de los posibles usos, se cita expresamente la conservación de bosques a través de sus actuaciones de pastoreo para favorecer la prevención de incendios, la limpieza y apertura de senderos (Rodero y Varela, 1998). Por otra parte, los últimos avances sobre el pastoreo desarrollados por medio de diversos proyectos internacionales en áreas de influencia mediterránea, tales como el proyecto PASTOMED (véase Referencias Bibliográficas), consideran prioritarios temas como el de la multifuncionalidad del pastoreo. Dicho

interés se ve explícitamente expresado en la utilización del ganado para la reducción de biomasa potencialmente inflamable, que en último término influye en la prevención de incendios.

El objetivo de este estudio es determinar si los efectos del pastoreo de los asnos puede reducir la biomasa vegetal directamente relacionada con el riesgo potencial de incendios en el área de estudio.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

Se seleccionó una parcela de 53,7 ha perteneciente a la Pardina de Fanlo y situada en Ipiés (Huesca), propiedad del Gobierno de Aragón (Figura 1). El sustrato geológico de la parcela corresponde a turbiditas eocénicas (ITG, 1994). La vegetación pertenece al piso supra-mediterráneo dominado por el quejigo (*Quercus faginea*) con claras influencias del piso montano en las umbrías dominadas por el pino royo (*Pinus sylvestris*) (Rivas-Martínez, 1987). Las repoblaciones forestales de los años 1967-1970 propiciaron la presencia del pino negral (*Pinus nigra*) en la zona de estudio.

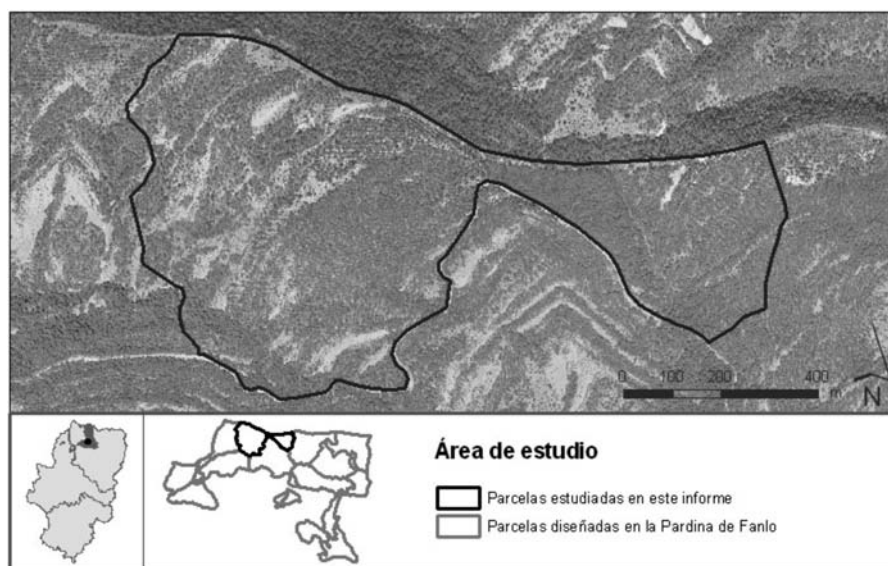


Figura 1. Localización de la zona de estudio.

Dentro de la parcela se identificaron cinco comunidades: quejigal, pinares de *P. nigra*, pinares de *P. sylvestris*, bujedos y tomillares. En el área de estudio, 60 asnos fueron introducidos desde el mes de febrero hasta el mes de junio del 2008.

### Estudio de la vegetación mediante transectos y tratamiento de los datos

Se efectuaron 50 transectos al azar, de 50 m de largo y 2 m de ancho cada uno. En cada transecto se anotaron: las especies vegetales más características (en cuanto a su aporte de biomasa), su abundancia y la presencia de ramoneo. Junto con estos datos se apuntó el número de excrementos encontradas durante el transecto, la cobertura

arbórea, arbustiva, herbácea y de suelo desnudo que presentaba, así como el modelo de combustibilidad asignado (EILA, S.A., 1991).

Con el propósito de identificar los factores que podían influir en la presencia más o menos acusada de los asnos en una zona, se correlacionaron mediante el *Rho de Spearman* el número de excrementos encontrados en cada transecto con diversas variables. Por un lado con las variables abióticas de cada uno de los transectos; altitud (MDE), pendiente (MDP), orientación y distancias al río, abrevadero, puntos de sal y cercado.

Por otro variables derivadas de los transectos; número de especies características, abundancia de árboles, abundancia de arbustos mayores de 0,5 m de altura, abundancia de arbustos y otras especies menores de 0,5 m, cobertura arbórea, cobertura arbustiva, cobertura herbácea, superficie de suelo desnudo, altura de herbáceas (medida en centímetros), transitabilidad (según era fácil o difícil transitar en línea recta por el transecto), índice de combustibilidad (derivada del modelo de combustibilidad) e índice de diversidad de Shannon (Lloyd y Ghelardi, 1964).

Con esta misma metodología y con el propósito de ver si una zona había sido más frecuentada por los asnos según la composición florística que presentaba, se correlacionó el número de excrementos con la abundancia de cada especie en cada transecto.

Para conocer la presión de los asnos en la vegetación, se analizaron los datos agrupando los transectos según la comunidad donde se había realizado la mayor parte del transecto; es decir, cada transecto fue agrupado en una de las 5 comunidades descritas para la zona y que fueron: tomillares, bujedos, pinar de *P. nigra*, pinar de *P. sylvestris* y quejigal. Para ver si las 5 diferentes comunidades fueron utilizadas con similar intensidad o no por el ganado asnal, se realizaron ANOVA univariantes, con el número de excrementos encontrados en los transectos de cada comunidad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Correlaciones entre las variables bióticas y abióticas de la zona de estudio

La Tabla 1 muestra que la distribución del número de excrementos sólo se correlaciona significativamente y en este caso con signo positivo, con el número de individuos arbustivos de menos de 0,5 m. Estas zonas presentan las características de baja cobertura vegetal, con menos alimento para los asnos pero fácil transitabilidad, por lo que estas zonas serían utilizadas por los asnos para moverse de unas áreas a otras.

### Efecto del pastoreo en la vegetación

Observamos que la distribución de los excrementos no es significativamente diferente entre las 5 comunidades (Tabla 2) encontrando entre 22 y 28 grupos de excrementos por transecto. Sin embargo, si consideramos el porcentaje de los individuos ramoneados en cada comunidad según los individuos totales de cada una de ellas, las diferencias entre las comunidades son notables, siendo el tomillar el que más

**Tabla 1. Resultados de las correlaciones entre diferentes variables.**

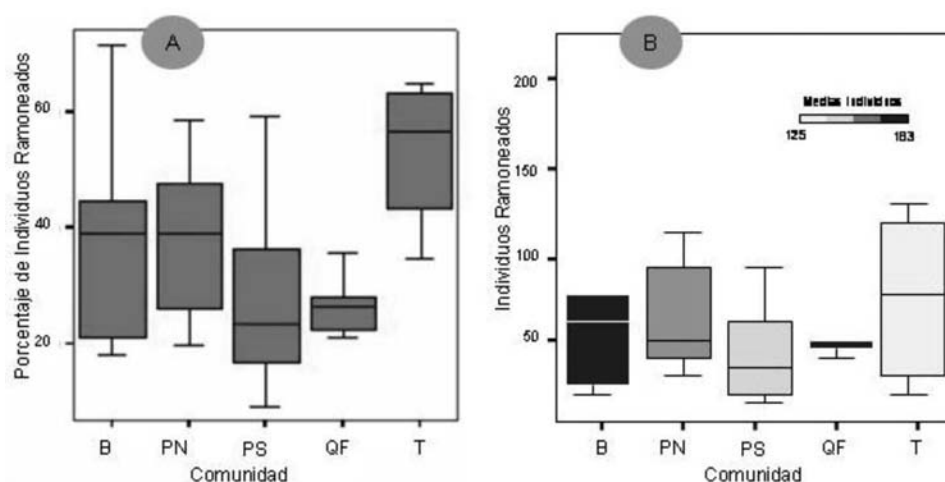
	Correlación de Rho de Sperman	Nº de excrementos
Variables bióticas	Nº de especies	0,138
	Suma total individuos vegetales	0,25
	Suma total individuos arbóreos	0,139
	Suma total individuos arbustivos (>0,5m)	0,085
	Suma total de individuos (<0,5m)	0,292 *
	Indice de combustibilidad	0,121
	Cobertura arbórea	0,036
	Cobertura arbustiva	-0,115
	Indice de transitabilidad	0,087
	Cob. hebácea	0,04
	Altura de gram.	0,059
	Cobertura de suelo desnudo	-0,189
	Indice de Shannon	0,167
Variables abióticas	Altitud (MDE)	0,102
	Pendiente (MDP)	-0,096
	Orientación	0,099
	Distancia al río	0,049
	Distancia al abrevadero	-0,028
	Distancia al cercado	-0,111

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral)

porcentaje de individuos ramoneados presenta (Figura 2, A). Hay que señalar que esta comunidad es la que menos individuos presenta por lo que si miramos el número de individuos absolutos ramoneados, apenas hay diferencias de una comunidad a otra (Figura 2, B). Por tanto, el que haya más o menos individuos para ramonear no está directamente relacionado con la tasa de ramoneo.

**Tabla 2. Media y desviación estándar el número de excrementos de los asnos según la comunidad prospectada. Test ANOVA univariante.**

Comunidad	Número de excrementos	p
Matorral de boj	22,833 ± 4,300	0,680
Quejigal	24,400 ± 4,710	
Pinar de <i>Pinus nigra</i>	28,238 ± 2,298	
Pinar de <i>Pinus sylvestris</i>	23,571 ± 2,815	
Tomillar	25,750 ± 5,266	



**Figura 2. Diagrama de cajas. A; Porcentaje de individuos ramoneados en las 5 comunidades; B; Número de individuos ramoneados por comunidad, en diferentes tonos de grises se indican las medias del total de los individuos en dichas comunidades. (B: bujedo, PN: pinar de pino negral, PS: pinar de pino rojo, QF: quejigal, T: tomillar).**

Al correlacionar el número de individuos de cada una de las especies características de la zona de estudio con el número de excrementos encontrados en cada transecto, resulta una correlación significativamente positiva con las especies *Ononis fruticosa*, *Aphyllanthes monspeliensis*, *Dorycnium pentaphyllum* y *Lithodora fruticosa* (Tabla 3). Es decir, aparecen más frecuentadas aquellas zonas donde hay más indivi-

**Tabla 3. Resultados de las correlaciones entre el número de individuos de cada especie y número de excrementos encontrados en cada transecto.**

	Nº EXC		Nº EXC		Nº EXC
<i>Acer campestre</i>	-0,204	<i>Juncus sp.</i>	-0,107	<i>Quercus faginea</i>	-0,064
<i>Amelanchier ovalis</i>	0,057	<i>Lavandula sp.</i>	0,159	<i>Quercus ilex</i>	0,06
<i>Aphyllanthes monspeliensis</i>	,494(**)	<i>Ligustrum vulgare</i>	-0,076	<i>Rhamnus alaternus</i>	0,049
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	0,004	<i>Lithodora fruticosa</i>	,289(*)	<i>Rosa sp.</i>	0,24
<i>Buxus sempervirens</i>	-0,196	<i>Lonicera xylosteum</i>	0,012	<i>Rubus sp.</i>	0,055
<i>Emerus major</i>	0,195	<i>Malus sylvestris</i>	0,007	<i>Sorbus aria (joven)</i>	0,06
<i>Cornus sanguinea</i>	-0,003	<i>Ononis fruticosa</i>	,354(*)	<i>Salix atrocinerea</i>	-0,198
<i>Crataegus monogyna</i>	0,257	<i>Pinus nigra (joven)</i>	-0,189	<i>Satureja montana</i>	-0,168
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	,349(*)	<i>Pinus sylvestris (joven)</i>	0,254	<i>Sorbus aria</i>	-0,21
<i>Genista hispanica</i>	0,166	<i>Pinus nigra</i>	0,206	<i>Sorbus aucuparia</i>	0,088
<i>Genista scorpius</i>	0,18	<i>Pinus sylvestris</i>	-0,009	<i>Staelhelia dubia</i>	-0,086
<i>Juniperus oxycedrus</i>	-0,195	<i>Prunus spinosa</i>	0,252	<i>Thymus vulgaris</i>	0,123
<i>Juniperus phoenicea</i>	-0,177	<i>Quercus faginea (joven)</i>	-0,039	<i>Viburnum lantana</i>	-0,084

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral). \*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral). (Nº EXC; Número de excrementos)

duos de estas especies concluyendo que sí hay una selección de las especies por parte de los asnos. Tres de estas cuatro especies, salvo *D. pentaphyllum*, aparecen con un grado de ramoneo muy alto (comidas en más del 85% de los casos). En cambio, no hay ninguna correlación negativamente significativa con ninguna de las especies de los transectos, o sea, no hay zonas que parezcan rechazar por la presencia de alguna especie en concreto.

Si consideramos los 50 transectos en su conjunto, las especies que han sido más ramoneadas (en más del 75% de los individuos presentes), son: *Genista scorpius*, *O. fruticosa*, *Ligustrum vulgare*, *A. monspeliensis*, *Emerus major*, *L. fruticosa*, *G. hispanica* y *Juncus* sp. Junto a éstas hay que añadir *Cornus sanguinea*, y ejemplares jóvenes de *Sorbus aria*. Sin embargo, hay otras que no han sido en ningún caso comidas como *Buxus sempervirens*, *Juniperus phoenicea* y *Arctostaphylos uva-ursi* y aparecen ramoneados en menos del 5%, *P. sylvestris*, *P. nigra*, *J. oxycedrus* o *communis*, *Rhamnus alaternus* y *Lavandula* sp.

Entre las especies arbustivas de más de 0,5 m y que no resultaron ramoneadas, están el boj (*Buxus sempervirens*), *Juniperus phoenicea* y *Juniperus oxycedrus* o *communis*. El boj es la especie que mayor biomasa presenta en el estrato arbustivo de la zona de estudio y al no ser ramoneada por los asnos en ningún caso el modelo de combustibilidad no ha sido modificado en presencia de éstos. Es decir, a más bojes, mayor riesgo de incendios y con la desventaja de no ser comidos. Sin embargo, respecto al riesgo de incendio, es una especie descrita como poco inflamable (Martín y Lara, 1989) aunque tenga un poder calorífico alto.

## CONCLUSIONES

El uso por los asnos de las 5 comunidades descritas, tomillar, bujedo, quejigal, pinar de pino royo y plantaciones de pino negral, es muy similar.

Los cambios no apreciados en la cobertura arbustiva se pueden explicar por la abundante presencia de boj, que no es palatable para los asnos. Junto con él, *J. phoenicea* y *A. uva-ursi* tampoco han sido ramoneados y *J. oxycedrus* o *communis*, *R. alaternus* y la lavanda, en menos del 5%.

Aunque la disminución de la cobertura vegetal no haya sido significativa, algunas especies arbustivas aparecen ramoneadas en más del 75% de los individuos y son: *G. scorpius*, *O. fruticosa*, *L. vulgare*, *A. monspeliensis*, *Emerus major*, *L. fruticosa*, *G. hispanica* y *Juncus* sp.

El número de individuos en cada transecto, de 4 de las especies más ramoneadas *O. fruticosa*, *A. monspeliensis*, *L. fruticosa* y *D. pentaphyllum*, se correlaciona significativamente y de manera positiva con el número de excrementos. Luego la intensidad del ramoneo de los asnos depende de la composición florística.

Según la composición florística de una zona, el modelo de combustibilidad y como consecuencia el riesgo de incendios, puede ser disminuido con el manejo de los asnos en la limpieza de sotobosques. La presión de pastoreo para la extensión estudiada ha sido baja y por ello también su función de limpieza y desbroce.



## AGRADECIMIENTOS

Al Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón, por la financiación de este trabajo; a Guillermo, Fernando y Jesús, por su ayuda en la metodología y en los muestreos de campo; a Pilar y Jesús, por haber impulsado el proyecto, y a José Bellosta, por su siempre amable información sobre la gestión de la pardina.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EILA, S.A., 1991. *La Clave Fotográfica para la Identificación de Modelos de Combustible de la zona del Pirineo realizado por Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Madrid.
- GARCÍA, E., 2006. *Caracterización morfológica, hematológica y bioquímica clínica en cinco razas asnales españolas para programas de conservación*. Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos. Bellaterra, Un. Autónoma de Barcelona. Ph 261. Barcelona.
- ITG, 1994. *Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. Jaca-176*. Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid.
- MARTÍN, E. ; LARA, H., 1989. *Inflamabilidad y energía de las especies de sotobosque*. Monografía INIA nº 68. Madrid.
- LLOYD, M. ; GHELARDI, R. J., 1964. A Table for Calculating the 'Equitability' Component of Species Diversity. *The Journal of Animal Ecology*, **33(2)**, 217-225.
- PASTOMED:<http://www.instelevage.asso.fr/html18/IMG/pdf/Lettredinformationno4dePastomedes.pdf>.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. 1987. *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. ICONA, Serie Técnica. Madrid.
- RODERO, E. & VALERA, M., 1998. Situación actual de la población asnal autóctona española. *Archivos de Zootecnia*, **47**, 523-528.

## SUMMARY

### USING DONKEY LIVESTOCK FOR FIRE PREVENTION IN REFORESTED AREAS OF THE CENTRAL PYRENNES

60 donkeys were introduced in a reforested area (reforested with *Pinus nigra*) from February to June 2008, for fire prevention purposes at Central Pyrenees (Huesca, Spain). 50 vegetation transect (50 x 2 m) were carried out to quantify the abundance of species and the percentage of browsed plants. All variables considered were correlated with the abundance of donkey dung at each transect. Abundance of donkey dung was also used to compare the frequency of donkey use among communities.

Donkeys used equally the five communities but they preferred only some species such as: *Ononis fruticosa*, *Aphyllanthes monspeliensis*, *Dorycnium pentaphyllum* and *Lithodora fruticosa*. In addition, the abundance of these species was positively correlated with dung distribution. In sum, we hypothesize that donkey biomass reduction for fire prevention purposes depends on the proportion of donkey preferred species in a specific area.

**Key words:** reforestation, extensive grazing, animal behaviour.





## ÍNDICE POR AUTORES



Afif E. ....	61	Chocarro C. ....	101, 109, 229
Aguilar M. ....	495	Cifre J. ....	343
Aguirre J. ....	663	Conesa M.A. ....	343
Albizu I. ....	53, 327	Congost S. ....	351, 545
Alcubilla M. ....	69	Córdoba E. M. ....	171
Aldezabal A. ....	253	Cristóbal I. ....	643
Alvarenga J. ....	197	Curran J. ....	503
Álvarez J. ....	471	De la Roza B. ....	287, 383
Álvarez L. ....	335, 383	De Nascimento L. ....	149, 155
Arandía A. ....	439	De Vita P. ....	605
Arévalo J.R. ....	155	Del Hierro O. ....	439
Ascaso J. ....	69	Delgado I. ....	311, 319, 351
Astrain C. ....	455	Delgado J.A. ....	85
Ayesa R. ....	141	Demdoum S. ....	319
Azorín J. ....	245	Díaz M.D. ....	527, 535
Azpilicueta J.P. ....	479	Domenech M. ....	261
Azpiroz M. ....	253	Epelde L. ....	327
Báez D. ....	163, 295	Fàbrega E. ....	447
Bande M.J. ....	221, 375	Fanlo R. ....	229, 261
Barbería A. ....	205, 479	Fernández-Casado J.A. ....	511, 519
Barrantes O. ....	101, 109	Fernández-Lorenzo B. ....	367
Bartolomé J. ....	267, 447, 643	Fernández-Lugo S. ....	149, 155
Bermejo L. ....	149, 155	Fernández-Olalla M. ....	637
Blanco M. ....	621	Fernández-Paz J. ....	375
Bou M. ....	261	Fernández-Rebollo P. ....	597, 605
Broca A. ....	69, 101, 109	Ferrer C. ....	69, 101, 109
Bueno G. ....	663	Ferrer V. ....	415, 487
Calleja A. ....	197	Fillat F. ....	15, 663
Calzado C. ....	597	Flores G. ....	367
Camacho A. ....	149	Garbisu C. ....	53, 327
Campo L. ....	399, 407	García A. ....	295
Canals R.M. ....	487	García M.I. ....	163
Carbonero M.D. ....	597, 605	García-Ciudad A. ....	125, 237, 273
Casasús I. ....	471, 545, 621	García-Criado B. ....	125, 237, 273
Cassinello J. ....	643	García-Criado L. ....	237
Castro J. ....	163, 295	García-González R. ....	15, 133, 245
Castro P. ....	295	García-Moreno A. ....	597
Cebolla C. ....	117	García-Navarro R. ....	197
China E. ....	359	García-Ramón E. ....	133

García-White T .	581	Martín A.	629
Garrido A.	187	Martínez-Fernández A.	287, 335, 391
Gartzia M.	663	Martínez-Jauregui M.	637
Gispert M.	447	Martínez-Martínez A.	335, 383, 391
Gómez E.	663	Martínez-Martínez T.	85
Gómez-Cabrera A.	187	Martínez-Suller L.	213, 279
Gómez-García D.	15, 245	Mata J.	149
González M.A.	287	Medrano H.	343
González-Arráez A.	367	Mendarte S.	53, 327
González-Arráez E.	177	Mesa R.	359
González-Garrido L.	85	Mijangos I.	327
González-Martín I.	303	Minaya M. A.	117
González-Oreja J.A.	253	Miranda M.	643
González-Rebollar J.L.	657	Modroño S.	287
González-Rodríguez A.	503, 511, 519	Monteagudo A.B.	407
González-Verdejo C. I.	171	Mora J.L.	359
Gonzalo J.	589	Moreno G.	573
Granada A.	205	Moreno J.	399, 407
Guerrero J.E.	187	Moreno M.	343
Gulías J.	343	Mosquera M.R	649
Hernández A.J.	43	Muñoz F.	311, 319
Hernández-Hierro J.M.	303	Nadal S.	171
Ibarra A.	327	Nafarrate L.	439
Icaran C.	439	Nuez T.	351
Intxaurrandieta J.M.	439	O'Donovan M.	503
Iragui U.	455	Oiarbide J.	205, 479
Iriarte A.	487	Olaizola A.M.	613
Iturriaga I.	463, 495	Olea L.	581, 589
Jaume J.	343	Oliveira J.A.	61, 177
Juárez A.	101, 109	Onaindia M.	53
Leiva M.J.	141	Orea M.	621
Lloveras J.	229	Panella N.	447
López E.	439	Pastor J.	43
López-Gelats F.	447	Paz A.	77
López-Carrasco C.	565	Pedrol N.	335, 383, 391
López-Díaz J.E.	177	Peña A.	149
López-Díaz M.L.	573	Perea F.	171
López-Mosquera M.E.	221	Perea R.	637
Lorda M.	245	Pereira S.	367
Louro A.	163	Pérez de Munian A.	495
Madrugá C.	267	Petisco C.	237
Maestro M.	69	Piñeiro J.	375
Maeztu F.	463	Pino R.	629
Maeztu F.A.	495	Pinto M.	439
Mancilla J.M.	141, 629	Plaixats J.	267
Mandaluniz N.	253	Poblaciones M.J.	581, 589
Mangado J.M.	205, 439, 463, 479	Pons P.J.	343
Manrique E.	613	Reiné R.	101, 109
Maroto F.	187	Remón J.L.	245

Revilla R., .....	545, 621	Sanz A. ....	471
Rigueiro A. ....	649	Sarmiento M. ....	279
Robles A.B. ....	657	Saro I. ....	155
Roca A.I. ....	163, 377, 503, 511, 519	Serrano M.S. ....	605
Rodrigo S. ....	581	Soldado A. ....	287
Rodríguez H.A. ....	359	Trapero A., .....	605
Roig S. ....	565	Uriarte L. ....	253
Rolo V. ....	573	Urmeneta A. ....	415
Román B. ....	171	Valderrábano J. ....	319
Romo M. ....	125	Valladares J. ....	367
Rozas M.A. ....	253	Vázquez de Aldana B. ....	125, 237, 273
Ruiz J. ....	657	Vázquez O.P. ....	511, 519
Sainz M.J. ....	221	Vidal E. ....	77
Salcedo G. ....	213, 279	Viguera F.J. ....	581
San Emeterio L. ....	487	Villanueva E. ....	487
San Miguel A. ....	637	Villanueva M. ....	495
Sánchez M.E. ....	605	Villar L. ....	93
Santamaría O. ....	581	Zamudio B.A. ....	613
Santamaría P. ....	439	Zea J. ....	527, 535



