

# Pastos, clave en la gestión de los territorios: Integrando disciplinas

Sociedad Española para el Estudio de los Pastos



Pilar Fernández Rebollo  
Augusto Gómez Cabrera  
José Emilio Guerrero Ginel  
Ana Garrido Varo  
Carmen Calzado Martínez  
Alma M. García Moreno  
M<sup>a</sup> Dolores Carbonero Muñoz  
Ángel Blázquez Carrasco  
Silvia Escuín Royo  
Sebastián Castillo Carrión  
(Editores)

*Consejería de Agricultura y Pesca*

**Título:**

Pastos, clave en la gestión de los territorios:  
Integrando disciplinas

**© Edita:**

JUNTA DE ANDALUCÍA  
Consejería de Agricultura y Pesca

**© Textos:**

Autores

**Publica:**

Viceconsejería. Servicio de Publicaciones y Divulgación

**Colección:**

Congresos y Jornadas

**Serie:**

Pastos

**Comité Organizador:**

Alma María García Moreno  
Ana Garrido Varo  
Ángel Blázquez Carrasco  
Augusto Gómez Cabrera  
Carmen Calzado Martínez  
José Emilio Guerrero Ginel  
María Dolores Carbonero Muñoz  
Pilar Fernández Rebollo  
Sebastián Castillo Carrión  
Silvia Escuin Royo

**Comité Científico:**

Adela Martínez Fernández  
*SERIDA - Gobierno de Asturias*  
Ainhoa Ibarra  
*NEIKER Tecnalia-Gobierno Vasco -Vitoria*  
Alfonso Broca Vela  
*Facultad de Veterinaria - Universidad de Zaragoza*  
Alfonso San Miguel Ayanz  
*E.T.S. Ingenieros de Montes - Universidad Politécnica de Madrid*  
Alfredo Calleja Suárez  
*Facultad de Veterinaria - Universidad de León*  
Ana Garrido Varo  
*E.T.S. Ingenieros Agrónomos y de Montes - Universidad de Córdoba*  
Ángel Blázquez Carrasco  
*Desarrollo Agrario y Pesquero - Junta de Andalucía*  
Antonio González Rodríguez  
*Centro de Investigación Agraria de Mabegondo - INGACAL- Xunta de Galicia*  
Antonio J. Pujadas Salva  
*E.T.S. Ingenieros Agrónomos y de Montes - Universidad de Córdoba*  
Augusto Gómez Cabrera  
*E.T.S. Ingenieros Agrónomos y de Montes - Universidad de Córdoba*  
Balbino García Criado  
*Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología - CSIC - Salamanca*

Begoña de la Roza Delgado  
*SERIDA - Gobierno de Asturias*

Carlos Ferrer Benimeli  
*Facultad de Veterinaria - Universidad de Zaragoza*

Celia López-Carrasco Fernández  
*Centro de Investigación Agropecuaria "Dehesón del Encinar" - Toledo*

Cristina Pérez-Carral Lorenzo  
*Escuela Politécnica Superior - Universidad de Huelva*

Emilio Manrique Persiva  
*Facultad de Veterinaria - Universidad de Zaragoza*

Ignacio Delgado Enguita  
*Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria - Gobierno de Aragón - Zaragoza*

Isabel Albizu Beitia  
*NEIKER Tecnalia-Gobierno Vasco-Vitoria*

José Emilio Guerrero Ginel  
*E.T.S. Ingenieros Agrónomos y de Montes - Universidad de Córdoba*

José Luis González Rebollar  
*Estación Experimental del Zaidín - CSIC - Granada*

Juan Piñeiro Andión  
*Centro de Investigación Agraria de Mabegondo - INGACAL- Xunta de Galicia*

Leopoldo Olea Márquez de Prado  
*Escuela de Ingenierías Agrarias - Universidad de Extremadura*

M<sup>a</sup> Dolores Carbonero Muñoz  
*E.T.S. Ingenieros Agrónomos y de Montes - Universidad de Córdoba*

Pilar Fernández Rebollo  
*E.T.S. Ingenieros Agrónomos y de Montes - Universidad de Córdoba*

Pilar Méndez Pérez  
*Instituto Canario de Investigaciones Agrarias - Tenerife*

Rafael Caballero García de Arévalo  
*Centro de Ciencias Medioambientales - CSIC - Madrid*

Rafael Villar Montero  
*Facultad de Ciencias - Universidad de Córdoba*

Ramón Reiné Viñales  
*Escuela Politécnica Superior - Universidad de Huesca*

Rosa María Canals Tresserras  
*Facultad de Ciencias- Universidad Pública de Navarra*

Rosario Fanlo Domínguez  
*E.T.S. de Ingeniería Agraria - Universidad de Lérida*

Segundo Ríos Ruiz  
*Facultad de Ciencias Biológicas - Universidad de Alicante*

Sonia Roig Gómez  
*CIFOR - Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias-Madrid*

Teodora Martínez Martínez  
*Instituto Madrileño de Investigación Agraria - Comunidad de Madrid*

**Depósito Legal:** SE-2081-08

**Impresión:** Lumen Gráfica S.L.

# ÍNDICE

<b>PRESENTACIÓN</b>	
<i>Editores</i> .....	11
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	13
<b>CONFERENCIA INAUGURAL</b>	
<i>E. Moyano Estrada</i> . Instituto de Estudios Sociales Avanzados (IESA). Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC. Agricultura, Territorio y Multifuncionalidad nuevas orientaciones de las políticas de desarrollo rural.....	15
<b>PRIMERA PARTE: BOTÁNICA Y ECOLOGÍA DE PASTOS</b>	
<b>Conferencia.</b>	
<i>A. B. Robles</i> . Estación Experimental del Zaidín. CSIC. En el conjunto de las Sierras Béticas: Pastos, producción, diversidad y cambio global .....	31
<b>Comunicaciones.</b>	
<i>E. M. Córdoba, J. I. Cubero, F. Perea, B. Román y S. Nadal</i> Selección de genotipos de semilla blanda en poblaciones silvestres de Zulla ( <i>Hedysarum Coronarium</i> L).....	53
<i>J. Corona, M. E. Pérez-Corona y F. Bermúdez de Castro</i> Efecto del extracto de las hojas de <i>Elaeagnus angustifolia</i> L. en el crecimiento de tres especies de gramíneas .....	59
<i>J. Corona, M. E. Pérez-Corona y F. Bermúdez de Castro</i> Influencia de una especie exótica ( <i>Elaeagnus angustifolia</i> L.) sobre la fenología de tres herbáceas de la zona sur de Madrid .....	65
<i>J. A. Olivera Prendes, L. Costal Andrade y E. Gonzalez Arraez</i> Multiplicación de accesiones de festucas finas: Fecha de Espigado y producción de semilla en mabegondo (A Coruña).....	71
<i>J. Sanz, R.B. Muntifering, B.S. Gimeno, V. Bermejo y I. González Fernández</i> Análisis del crecimiento y la Calidad nutritiva de briza maxima sometido a diferentes tratamientos de ozono y nitrógeno .....	77

<i>J.M. Mangado, I. Rodríguez, J. Oiarbide y B. Soret</i> Evaluación y Caracterización de los lixiviados generados en montones temporales de estiércol sobre suelo natural.....	83
<i>J. Pastor, S. García-Salgado, A.J. Hernández, M<sup>a</sup> A. Quijano, y M<sup>a</sup> M. Bonilla</i> Arsénico y otros metales pesados en plantas de comunidades de pastos del cerro de la plata (Bustarviejo, Madrid).....	91
<i>M<sup>a</sup> T. Domínguez, P. Madejón, T. Marañón y J.M. Murillo</i> Elementos traza en pastos de suelos afectados por el vertido minero de Aznalcollar (Sevilla).....	99
<i>C. Petisco, I. Zabalgogezcoa, B. R. Vázquez de Aldana, B. García Criado y A. García Ciudad</i> Identificación de Hongos Endofíticos de gramíneas mediante tecnología NIRS .....	105
<i>A. Soldado, A. Martínez-Fernández, S.N. Pedrol, A. Martínez y B. de la Roza-Delgado</i> Aplicación de la tecnología NIR para la determinación de la composición botánica de praderas.....	113
<i>Marc Taull, Cristina Chocarro y Rosario Fanlo</i> Calidad Bromatológica de los Pastos Supraforestales del Parque Nacional de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici (Pirineos Centrales, Catalunya).....	121
<i>L. Uriarte, A. Aldezabal, M. Azpiroz y E. Arbelaitz</i> Efecto del pastoreo y el desbroce sobre el éxito reproductivo sexual de <i>Daphne Cneorum</i> L., una especie amenazada de la CAPV.....	129
<i>A. García Fuentes, J.A. Torres Cordero y L. Ruiz Valenzuela</i> Aprovechamiento con ganado de la cubierta vegetal del olivar ecológico: estudios de diversidad florística y parámetros edáficos .....	137
<i>A.J. Hernández, C. Bartolomé, J. Álvarez y J. Pastor</i> Comunidades vegetales de antiguos vertederos sellados pastados por ovinos. Caracterización botánica y suelos .....	143
<i>F. López-Igelats y J. Bartolomé</i> Efectos del abandono agrícola sobre la composición botánica de prados de siega de montaña.....	151
<i>A. Peña, L.A. Bermejo, J. Mata, L. de Nascimento y A. Camacho</i> Efecto de la exclusión al pastoreo de pequeños rumiantes sobre la cobertura vegetal y sobre la diversidad vegetal en cuatro años de seguimiento en espacios naturales de Canarias .....	157
<i>J.A. Oliveira Prendes, M. Mayor López y E. Afif Khouri</i> Composición florística de los pastizales mediterráneos cantábricos .....	163

## SEGUNDA PARTE: PRODUCCIÓN VEGETAL

### Conferencia.

- J. I. Cubero Salmerón y S. Nadal Moyano.*  
*Universidad de Córdoba. IFAPA Centro Alameda del Obispo*  
Tendencias en los pastos cultivados desde la recuperación  
de variedades autóctonas hacia el desarrollo de los transgénicos ..... 169

### Comunicaciones.

- J. Piñero-Andión, N. Díaz-Díaz, J. Fernández-Paz,*  
*M. Castro-Losada y M.J. Bande-Castro*  
Leguminosas anuales para la mejora de pastos en Galicia ..... 177

- M.J. Bande-Castro, N. Díaz Díaz, J. Fernández-Paz y J. Piñeiro-Andión*  
Introducción de guisante, veza y haboncillo forrajeros  
en la explotación ganadera gallega..... 183

- J.R. Guzmán Álvarez, B. Román Castillo, M.P. Plaza García y S. Nadal Moyano*  
Mánganos, yeros, zulla y pipirigallo en Andalucía:  
¿Reliquias del pasado o alternativa de futuro? ..... 189

- F. González López, M. Murillo Vilanova, E. Polanco Redondo, y V. Maya Blanco*  
Distribución de ecotipos de *Ornithopus compressus* y *biserrula pelecinus*  
en pastos del suroeste de la Península Ibérica ..... 195

- R. Razz y T. Clavero*  
Rendimiento en materia seca de las fracciones botánicas del pasto  
King Grass Morado (*pennisetum purpureum* x *pennisetum typhoides*) bajo defoliación..... 203

- E. China, A. García-Ciudad y B. García-Criado*  
Calidad forrajera de tagasaste y tres especies de teline en Canarias ..... 207

- I. Degado, J. Díaz y F. Muñoz*  
Estudio de factores agronómicos y de manejo que inciden  
en la producción de semilla de alfalfa ..... 215

- S. Demdoun, I. Degado, J. Valderabano y F. Muñoz*  
Evaluación agronómica de una colección de esparcetas  
(*Onobrychis vicifolia scop.*) en el año de establecimiento ..... 223

- L. Campo Ramírez y J. Moreno-González*  
Varianza genética y heredabilidad de diversos parámetros nutritivos  
en ecotipos de maíz ..... 231

- M.J. Sousa-Martínez, L. Caruncho-Picos, M.J. Bande-Castro,*  
*J. Fernández-Paz y J. Piñeiro-Andión*  
Hacia una nueva metodología para la evaluación de variedades de maíz forrajero ..... 239

- L. Álvarez-Iglesias, A. Martínez y N. Pedrol*  
Evaluación de la tolerancia/resistencia a la sequía estival temprana de cultivares  
de maíz forrajero ..... 247

- L. San Emeterio, I. Ruiz de los mozos, A. Oreja, I. Zabalgoeazcoa y R.M. Canals*  
Origen de la toxicidad en *Carex Brevicollis*: una especie frecuente en  
pastos montanos templados ..... 255

<i>P. Fernández Rebollo, M.S. Serrano, P. de Vita, M.D. Carbonero, A. Trapero y M.E. Sánchez</i> Susceptibilidad del altramuz amarillo ( <i>Lupinus Luteus</i> L.) a la podredumbre radical causada por <i>Phytophthora cinnamomi</i> rands .....	261
<i>V. González-Rodríguez, R. Villar y R.Mª Navarro</i> Regeneración de cuatro especies de <i>quercus</i> . Influencia del progenitor y del micrositio .....	267
<i>S. Andrés, R. García, M.A. Paniagua, C. Valdés y A. Calleja</i> ¿Afecta la fertilización fosfatada de larga duración al proteoma de los tréboles? .....	275
<i>E. Afif Khouri y J.A. Oliveira Prendes</i> Relación propiedades edáficas - Estado nutricional de pastos en varios puertos de Asturias.....	281
<i>M.D. Báez Bernal, J.F. Castro Insua, M.I. García Pomar y J. Valladares Alonso</i> Producción de biomasa y extracción de nitrógeno en una pradera fertilizada con purines de vacuno y porcino.....	287
<i>C. López-Carrasco Fernández y J.C. Robledo Galán</i> Efecto de la aplicación de dos fertilizantes fosfóricos sobre la producción y composición de pastos herbáceos en “La Campana de Oropesa” Toledo .....	295
<i>M. Azpiroz, A. Aldezabal, L. Uriarte y M. Mendizabal</i> Efecto del pastoreo en la producción primaria aérea de los pastos de montaña y su relación con la precipitación .....	303
<i>J. Bedía, S. Cabañas, M.J. Mora y J. Busqué</i> Predicción de la Biomasa forrajera en Cervunales a través de mediciones de altura y cobertura de componentes del pasto.....	309
<i>J.E. López Díaz, A. González Rodríguez y O.P. Vázquez Yáñez</i> Revisión de métodos no destructivos de estimación de biomasa aérea en pastos .....	315
<i>M.J. Poblaciones, S. Rodrigo, L. Olea, N. Simoes y M.M. Tavare de Sousa</i> Aplicación de la tecnología NIRS para el análisis de calidad de las Gramíneas del S.O. de la Península Ibérica .....	323
<i>B. Fernández Lorenzo, M.L. Barreal, G. Flores, A. González Arráez, J. Valladares, P. Castro y S. Pereira</i> Calidad Higiéncia de piensos, leche y ensilados de hierba y maíz en explotaciones lecheras de Galicia .....	329
<i>B. Fernández Lorenzo, M.L. Barreal, G. Flores, A. González Arráez J. Valladares, S. Pereira y M. Cardelle</i> Efecto de la fecha de cosecha y el uso de inoculantes sobre la calidad fermentativa la estabilidad aeróbica y la calidad higiénica en ensilados de maíz .....	337
<i>A. Martínez Fernández, A. Soldado, E. Morales, F. Vicente y B. de la Roza Delgado</i> Caracterización de ensilados de pradera de raigrás italiano trébol violeta en manejo convencional vs. ecológico .....	347
<i>O. Barrantes, R. Reiné, A. Broca y C. Ferrer</i> Relaciones diversidad florística-Producción-Manejo en prados de siega pirenaicos .....	355

R. Reiné, O. Barrantes, A. Broca y C. Ferrer Influencia de los factores ambientales en la diversidad florística y en la producción de prados de siega pirenaicos.....	361
---	-----

### TERCERA PARTE: PRODUCCIÓN ANIMAL

#### Conferencia.

Sam Coleman USDA ARS STARS The impact of the technology explosion on pasture Management and utilization.....	371
---	-----

#### Comunicaciones.

M.D. Megías, A. Martínez Teruel, J. Madrid, T. Martínez, F.G. Barroso y F. Hernández Estudio comparativo de la evolución del ensilado de tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> mill) con diferentes aditivos.....	389
---	-----

G. Salcedo, L. Martínez Suller, Tejero I. y M. Sarmiento Efectos del color del plástico y del número de capas, sobre la composición química y calidad fermentativa en ensilados de hierba .....	395
---	-----

A. Gómez Cabrera, I. Salcedo, E. de Pedro, E. Díaz, I. Fernández y L. Sánchez Adaptación y aplicación de un método de análisis “in vitro” para la determinación de la digestibilidad de la materia seca de la bellota en ganado porcino.....	403
--	-----

P. Castro Comparación de resultados obtenidos por tres equipos NIRS estandarizados para el análisis de ensilados.....	409
---	-----

V. Cañete, I. Álvarez, J. de la Fuente, M.A. Oliver, C. Sañudo, F. Montossi y M.T. Díaz Variación en la composición en ácidos grasos de la carne de corderos cebados en pastoreo en relación a los que reciben un concentrado en aprisco .....	415
--	-----

I. Casaus, M. Chevrollier, J.L. Riedel, A. Van Der Zijpp y A. Bernúes Adaptación de los sistemas de explotación ovina a la disponibilidad de recursos: Casos de estudio .....	421
---	-----

A. Martínez, R. Celaya y K. Osoro Producción de carne de terneros añojos y de ovino en convencional o ecológico en praderas del norte de España .....	429
---	-----

A. Martínez, R. Celaya y K. Osoro Ingresos y gastos de alimentación comprada del cebo de terneros añojos y del ovino en convencional o ecológico sobre praderas del norte de España.....	437
--	-----

A. I. Roca Fernández, A. González Rodríguez y O.P. Vázquez Yáñez Detección de la urea en leche como parametro indicador de la ración de vacas en pastoreo y con ensilado.....	445
---	-----

A. González Rodríguez y O.P. Vázquez Yáñez Utilización del contenido de urea en leche en el diagnóstico de la alimentación del ganado lechero. Revisión.....	453
--	-----

<i>E. Morales Almaraz, F. Vicente, A. Soldado, A. González, A. Martínez Fernández y B. de la Roza-Delgado</i> Efecto del número de parto y del tiempo de pastoreo sobre el contenido en ácidos grasos de la leche de vaca.....	461
<i>A. I. Roca Fernández, A. González Rodríguez y O.P. Vázquez Yáñez</i> Efecto de la carga ganadera y de la suplementación en pastoreo sobre la producción sostenible de leche .....	469
<i>J. Zea Salgueiro y M<sup>a</sup> D. Díaz Díaz</i> Efecto del acabado y del peso al sacrificio en la carne de terneros alimentados con de ensilado de pradera.....	477
<i>J. Zea Salgueiro y M<sup>a</sup> D. Díaz Díaz</i> Efecto del acabado y del aumento del peso de sacrificio en la canal de terneros alimentados con ensilado de pradera .....	485
<i>P. Eliceits y N. Mandaluniz</i> Empleo de la sal como herramienta para la gestión ganadera en pastos de montaña.....	493
<i>A. Gómez Cabrera, F. Maroto Molina, J.E. Guerrero Ginel, A. Garrido Varo y grupos de trabajo del área</i> Proyecto “Tipificación, cartografía y evaluación de los pastos españoles”. Base de datos del área de dinámica productiva y valoración nutritiva de pastos .....	499

#### **CUARTA PARTE: SISTEMAS AGROSILVOPASTORALES**

##### **Conferencia.**

<i>Juan Gastó</i> <i>Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago</i> Producción animal y paisaje cultural .....	509
--	-----

##### **Comunicaciones.**

<i>R. Perea García-Calvo, S. Roig Gómez y A. San Miguel Ayanz</i> Selección de dieta del ciervo ( <i>Cervus Elaphus</i> L.) sobre especies leñosas y su efecto en la composición florística en los montes de Toledo (España).....	525
<i>P. Acevedo, J. Carrasco, J. Vicente, I.G. Fernández de Mera, S. Roig y Fierro y C. Gortazar</i> Relación entre la alimentación suplementaria de los ciervos y el impacto de la herbivoría en un área mediterránea.....	531
<i>T. Martínez</i> Estimación mediante cercados del impacto de uso por los herbívoros en pastos de puerto.....	539
<i>J. Mata, L.A. Bermejo, A. Camacho, F. Hardisson y L. de Nascimento</i> Aproximación al interés de la tasa de consumo como indicador de presión de pastoreo en las Islas Canarias.....	547
<i>A. Bravo Fernández, S. Roig Gómez, P. Aroca Fernández, A. Gastón González y R. Serrada Hierro</i> Pastoreo y regeneración: Condicionantes a la gestión forestal. Caso del Monte Cabeza de Hierro (Rascafría, Madrid) .....	551



<i>J. Ruiz-Mirazo, A.B. Robles, F. Delgado, R. Jiménez y J.L.G. Rebollar</i> Las áreas pasto-cortafuegos como experiencia de selvicultura preventiva en los espacios forestales y agroforestales mediterráneos: Los seguimietos ligeros .....	559
<i>A. García Moreno, C. Calzado Martínez, S. Escuin Royo, J.E. Guerrero Ginel P. Fernández Rebollo y M.P. González Dugo</i> Detección de cambios en la cobertura de arbolado en dehesa mediante imágenes Landsat-Tm y modelos lineales de mezclas espectrales .....	567
<i>D. Carbonero Muñoz, A. Fernández Ranchal, A. Blázquez Carrasco, A. García Moreno, C. Calzado Martínez y P. Fernández Rebollo</i> Los métodos de aforo de la producción de bellota en encina. Un análisis comparativo .....	575
<i>C. Hernández Díaz-Ambrona, L. Olea, M.J. Poblaciones y J. Martínez Valderrama</i> Aforo de montaneras mediante la aplicación del modelo dehesa .....	583
<i>J. Busqué, G. González, L. Agote, S. Benoit, J.M. Gutiérrez, M.J. Mora y J. Bedia</i> Teratogénesis en vacuno en los pastos de puerto de Áliva (Picos de Europa). Análisis de encuestas a los ganaderos .....	589
<i>E. Manrique, A.M. Olaizola, F. Ameen y B.A. Zamudio</i> La productividad del trabajo como indicador parcial de sostenibilidad de explotaciones ovinas en sistemas agro-silvo-pastorales .....	597



## PRESENTACIÓN

Presentar la Reunión Científica de una sociedad que lleva desarrollando su actividad de modo ininterrumpido durante 47 ediciones es motivo de especial orgullo y felicitación. La Sociedad Española para el Estudio de los Pastos ha mantenido año tras año fielmente su compromiso de fomentar el conocimiento y mejora de los pastos españoles. Esta veteranía es la mejor carta de presentación; su buen hacer y su perseverancia son motivos adicionales para tener la convicción de que su sole-  
ra sea garantía de calidad.

Hablar de pastos en Andalucía es referirse a un territorio esencial para entender la historia, el presente y el futuro de nuestra región. Contamos con algo más de un millón de hectáreas de pastos asociados a formaciones arboladas (que pueden englobarse en su mayor parte bajo la denominación común de dehesas) y cerca de 600.000 hectáreas de pastizales sin arboleda, lo que supone que aproximadamente una de cada cinco hectáreas de la Comunidad Autónoma esté ocupada por terreno de pastos.

Los pastos, con la modestia de su porte y el aparente silencio de sus paisajes, tienen mucho que enseñarnos. Tierras de vocación productiva, que poseen también un incuestionable valor natural. Territorio para el ganado domesticado, pero también recurso para la fauna silvestre y cinegética. Espacio de encuentro del botánico, del agrónomo y del veterinario.

Los pastizales en Andalucía son el espacio de la dehesa, espacio mixto e híbrido como pocos y paradigma de buen hacer secular donde pastan vacas retintas, reses bravas y ovejas merinas, pero también de los atochares y tomillares que ramonea el caprino (la cabra murciano granadina del oriente, la malagueña, la florida o la blanca serrana), de los pastos estacionales que morderían los rebaños de ovejas segureñas, o de las efímeras islas de fertilidad de los lucios y los cotos donde pastan los caballos marismeños y las vacas mostrencas.

Los pastos no deberían entender de burocracia, aunque a veces nos vemos obligados a encorsetarlos en categorías administrativas. La lección que parecen querer hacernos llegar es que el territorio es único y que parte de nuestro esfuerzo debe ir encaminado a ofrecer soluciones y propuestas integradoras.

Esta es la línea de trabajo seguida desde la Consejería de Agricultura y Pesca y la Consejería de Medio Ambiente. Colaborar en los espacios mixtos, aprovechar lo mejor de cada una de nuestras percepciones particulares. Muchas de las actuaciones propuestas en el nuevo Plan de Desarrollo rural de Andalucía 2007-2013 son ejemplo de ello; la línea de trabajo conjunto en relación con la dehesa, la firma del Pacto Andaluz por la Dehesa y la elaboración del Anteproyecto de Ley para la dehesa son otras iniciativas de la que nos sentimos especialmente orgullosos.

La Política Agraria Comunitaria y, en general, todo el contexto social, nos obliga a afianzar el papel de los pastizales en el marco del desarrollo sostenible que todos propugnamos. En Andalucía podemos sacar partido de la gran experiencia práctica acumulada en pascicultura. Muchos han sido los técnicos y científicos que se han empeñado en la tarea de clasificar, catalogar y mejorar nuestros pastos. Sin olvidar nunca que son nuestros ganaderos los que mejor saben diferenciar los buenos de los malos pastizales: nadie mejor que ellos para valorar las virtudes de nuestros vallicares y majadales.

Todavía nos queda mucho por aprender. Y por reaprender lo casi olvidado en un proceso ininterrumpido de transmitir el conocimiento a las nuevas generaciones. Técnicos, ganaderos, pastores, gestores de espacios naturales que precisan de respuestas para manejar y sacar provecho de los pastos, pero que también necesitarán conocerlos mejor para conservarlos.

La dependencia de la actuación humana sobre la presencia y distribución de muchas de nuestras comunidades de pastizales nos deben hacernos sentir responsables de su futuro. Porque, en buena medida, nuestras especies pratenses no son solamente taxones botánicos o un recurso esencial para obtener alimentos de gran calidad, sino también patrimonio, cultura e historia.

Estamos convencidos de que los resultados de esta Reunión que se han recogido en estas Actas entrarán a formar parte de la gran biblioteca de los pastos españoles.

Isaías Pérez Saldaña  
Consejero de Agricultura y Pesca

Fuensanta Coves Botella  
Consejera de Medio Ambiente

## AGRADECIMIENTOS

La XLVII Reunión Científica organizada por la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP) y por la Universidad de Córdoba no hubiera sido posible sin la colaboración de muchas instituciones, entidades, empresas y personas.

En primer lugar, quisiéramos agradecer a aquellas instituciones y entidades que han apoyado y financiado este evento. Al Ministerio de Educación y Ciencia (INIA); al Ayuntamiento de Córdoba y a Córdoba-Capitalidad Cultural 2016; al Comité Andaluz de Agricultura Ecológica (CAAE); a la Cooperativa del Valle de los Pedroches (COVAP) y en particular a la Fundación Ricardo Delgado Vizcaíno; a la Consejería de Turismo, Comercio y Deporte de la Junta de Andalucía; a la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía; y a la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. A todas las personas de estas instituciones que nos animaron, orientaron y atendieron amablemente nuestras peticiones.

En segundo lugar, nos gustaría expresar nuestro reconocimiento a todas aquellas personas que nos han ayudado en la organización de las visitas de campo. En esta reunión científica hemos querido destacar la fuerte singularidad natural, agraria y cultural de la comarca de los Pedroches, situada al norte de la provincia de Córdoba, articulando dos circuitos: uno, eminentemente ambiental, que recorre el Parque Natural Cardeña-Montoro; y otro, ganadero, que penetra en el territorio ocupado por las dehesas. Agradecemos la eficaz labor de D. José Manuel Quero, Director-Conservador del Parque Natural Cardeña-Montoro quién, además de orientar acerca de las actuaciones llevadas a cabo en el Parque de interés para los asistentes a esta Reunión Científica, puso a nuestra disposición todos los medios a su alcance para que la visita pudiera llevarse a cabo de forma adecuada. Asimismo, el circuito ganadero no hubiera sido posible sin la entrañable colaboración de D. Juan Fernández, D. Juan Carbonero y D. Rafael Muñoz, ganaderos, propietarios de dehesa y amigos, que, como siempre que se lo pedimos, nos abrieron de par en par las puertas de sus explotaciones. No queremos tampoco olvidar a quienes han colaborado documentando las visitas de campo: D. Juan Palomo, periodista de Villanueva de Córdoba y amante de la comarca, quien esbozó la historia natural y cultural del recorrido; D. José Manuel Quero y el personal técnico de la Delegación de la Consejería de Medio Ambiente en Córdoba, quienes detallaron el circuito ambiental; D. Antonio Fernández Ranchal, y D. Juan Carbonero que se ocuparon de documentar el circuito ganadero.

Al comité científico, por aceptar la responsabilidad de juzgar previamente los trabajos presentados a esta reunión científica; sus recomendaciones y sugerencias han contribuido sin duda alguna a mejorar la calidad y claridad de los artículos recogidos en este volumen. A los responsables de conducir la presentación y discusión de las comunicaciones en las distintas sesiones, por haber asumido desinteresadamente la labor, no siempre grata, de controlar los tiempos de exposición y de dar vida al debate.

Finalmente expresamos nuestro agradecimiento a los ponentes de las distintas sesiones, amigos que, pese a sus apretadas agendas, aceptaron ilusionados este encargo. Estamos convencidos que con sus sabias reflexiones, fruto de sus vastas trayectorias profesionales y científicas, aprenderemos y generarán debates e inquietudes en el seno de esta Sociedad Científica.

La SEEP abre en Córdoba una reunión científica y técnica sobre los pastos, los cuales se revelan clave en la gestión de los territorios.



## **AGRICULTURA, TERRITORIO Y MULTIFUNCIONALIDAD NUEVAS ORIENTACIONES DE LAS POLÍTICAS DE DESARROLLO RURAL**

*E. MOYANO ESTRADA*

**Instituto de Estudios Sociales Avanzados (IESA)  
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)  
emoyano@iesaa.csic.es**

### **RESUMEN**

En esta ponencia, se analizan las nuevas orientaciones de las políticas de desarrollo rural, mostrando sus diversas concepciones. De un lado, una concepción “agraria”, aplicada sectorialmente en la agricultura como eje del desarrollo de las zonas rurales; de otro lado, una concepción “territorial”, en la que la diversificación de actividades (agrarias y no agrarias) es su principal eje de actuación, y el territorio su ámbito de aplicación. Entre esas dos concepciones giran hoy los debates en torno al desarrollo rural, tanto a nivel de la UE como de los Estados miembros. El nuevo reglamento europeo FEADER refleja en su planteamiento la combinación de ambas concepciones en torno al principio de la multifuncionalidad de la agricultura y de los espacios naturales, proponiendo fórmulas de gestión integrada de los sistemas agroganaderos en zonas de montaña y de dehesa. La ley de Desarrollo Sostenible del Medio Rural es un buen ejemplo de política de desarrollo rural inspirada en una concepción territorial, proponiendo la fórmula de los “contratos territoriales de zonas rurales” como instrumento fundamental para su aplicación.

### **INTRODUCCIÓN**

El interés por los temas rurales no es algo nuevo, ya que ha sido una constante en el proceso de modernización social y económica del mundo contemporáneo acontecido durante el siglo XX. Tanto a nivel de la opinión pública, como del discurso y la acción política, los problemas relacionados con la agricultura y el medio rural siempre fueron objeto de interés y preocupación en ese periodo, constituyendo un elemento fundamental de la modernidad (bien como base del modelo de desarrollo productivista, bien como eje de las políticas agrarias y rurales impulsadas por los gobiernos en su afán de impulsar el proceso modernizador). Tampoco hay que olvidar la atención preferente que se le ha prestado a estos temas desde las ciencias sociales, constituyendo la sociología rural uno de los pilares de la construcción académica de la sociología.

No obstante, el sentido de ese interés por el mundo rural ha cambiado en las tres últimas décadas. En el ámbito de la opinión pública se aprecia hoy una conciencia sobre los problemas rurales distinta de la tradicional, hasta el punto de que puede hablarse de un proceso nuevo de ruralización. En efecto, la antigua concepción de la sociedad rural, percibida como un mundo aislado y distante al que se le identificaba exclusivamente con la actividad agraria y la cultura campesina -sea en su dimensión conflictiva en las zonas de predominio de la gran agricultura extensiva, sea en su dimensión de orden y estabilidad en las áreas de pequeña agricultura familiar-, ha dado hoy paso a una

percepción más diversa y heterogénea. Fuentes de reconocida solvencia, como el Eurobarómetro de la Unión Europea o el Agrobarómetro de Andalucía, corroboran este cambio de percepción social respecto al mundo rural. Concretamente, los datos proporcionados por esta segunda fuente en su encuesta de 2007 señalan que casi dos de cada tres andaluces se interesan por el mundo rural, pero más de la mitad no lo identifican ya con la agricultura y la ganadería, sino con el paisaje, el medio ambiente, el ocio, el aire puro o la vida sana, proporción aún mayor en los estratos de población más joven y con niveles de estudios más elevados<sup>1</sup>.

Paralelamente, los problemas relacionados con las zonas rurales se han ido incorporando al ámbito político en un proceso similar de nueva ruralización, siendo tratados ahora como problemas diferentes de los tradicionalmente relacionados con la agricultura. La creación de departamentos de desarrollo rural en la administración pública o la aprobación de leyes nacionales o regionales (como la reciente Ley española de Desarrollo Sostenible del Mundo Rural) y de reglamentos europeos (como el Reglamento 1.698/2005, que crea el nuevo fondo FEADER) denominados también de desarrollo rural para distinguirlos de las normativas propias de la política agraria, ponen de manifiesto la nueva ola de ruralización antes mencionada. Asimismo, basta con leer los programas electorales de los partidos políticos o escuchar los discursos de sus líderes y dirigentes para comprobar el cambio experimentado en la percepción que hoy se tiene sobre el mundo rural y sobre el rol a desempeñar por la agricultura y la ganadería en el desarrollo de las comunidades que residen en esos territorios. Es frecuente escuchar a cualquier dirigente político de distinto signo o a cualquier responsable público tratar los temas agrarios y rurales como temas de interés general no vinculados a un determinado sector de actividad, sino como asuntos con implicaciones económicas, sociales y territoriales.

Sin embargo, ese cambio de percepción social y política por lo que ocurre en el mundo rural no se ha visto hasta ahora reflejado en la consolidación de una política europea de desarrollo rural, autónoma y diferenciada de la PAC (Política Agraria Común). Lo que ha habido son acciones de corto alcance, limitadas a ámbitos territoriales específicos y adoptadas o bien como iniciativas experimentales de la propia Comisión Europea -como ha ocurrido con el programa Leader- o bien como programas operativos dentro de los planes nacionales de desarrollo -como ha sido el caso de los programas Proder<sup>2</sup>-. Junto a esas acciones se han puesto en marcha programas europeos (como el Equal o el Intereg) que sin el apelativo “desarrollo rural” han tenido efectos evidentes sobre la equidad y la cohesión social y territorial de las zonas rurales. Lo mismo ha ocurrido con los programas destinados a la gestión de los espacios naturales protegidos, algunos de ellos verdaderos programas de desarrollo sostenible, con efectos indudables sobre las comunidades rurales circundantes. Por último, no hay que olvidar las iniciativas de desarrollo que, sin el amparo de programas públicos, han tenido éxitos notables en algunas zonas rurales gracias al liderazgo de la clase política local y a la cultura emprendedora de la sociedad civil, éxitos analizados desde la nueva perspectiva del “capital social”<sup>3</sup>.

Para apoyar esta tesis de la ausencia de una verdadera política europea de desarrollo rural basta señalar que el Reglamento 1.257/99 del Consejo, resultante de la Agenda 2000<sup>4</sup> y titulado (confusamente) de Desarrollo Rural, era en realidad un reglamento enmarcado en el ámbito de la clásica

---

<sup>1</sup> El Agrobarómetro de Andalucía es una encuesta anual que realiza el IESA-CSIC por encargo de la Consejería de Agricultura de la Junta de Andalucía, sobre las actitudes y valores de los andaluces respecto a temas relacionados con la agricultura y el mundo rural.

<sup>2</sup> Aunque la iniciativa Leader y el programa operativo Proder no forman parte de la PAC, tampoco pueden considerarse los embriones de una verdadera política de desarrollo rural, dado su carácter provisional y los limitados recursos con que contaban.

<sup>3</sup> La perspectiva del “capital social” enfatiza la importancia de factores no económicos en el éxito de las estrategias de desarrollo, señalando la confianza entre vecinos, la credibilidad y eficiencia de las instituciones locales y la sinergia entre el sector público y el sector privado como factores relevantes.

<sup>4</sup> La Agenda 2000 fue la propuesta del escenario financiero del periodo 2000-2006 elaborada por la Comisión Europea. En ese marco se reformó parcialmente la PAC y se aprobó el mencionado Reglamento 1.257/1999 de desarrollo rural.



política de estructuras agrarias, si bien con algunas novedades -como la inclusión de los programas agroambientales, que antes eran regulados por un reglamento específico-. Puede decirse que ese Reglamento, al estar dirigido exclusivamente a los agricultores, se inspiraba en una concepción “agraria” del desarrollo rural, enfatizando la importancia de la agricultura para el desarrollo de las zonas rurales, en el sentido de considerar que las acciones que promovía (modernización de explotaciones agrarias, renovación generacional, instalación de jóvenes agricultores, introducción de nuevos sistemas de producción agrícola y ganadera, medidas agroambientales,...) serían beneficiosas para dicho desarrollo en la medida en que lo fuesen para los agricultores. Estábamos, por tanto, ante una concepción restringida del desarrollo rural –aún presente hoy en los ámbitos de la agricultura y las organizaciones profesionales–, según la cual la actividad agraria sigue siendo el motor del desarrollo de las zonas rurales, y la política agraria debe continuar siendo una política autónoma destinada a fortalecer el potencial productivo de la agricultura (ver Tabla nº 1). Para esta concepción, la multifuncionalidad de la agricultura es su principal contribución al desarrollo rural, incorporando las nuevas nociones de sostenibilidad, eficiencia y competitividad a un renovado, pero indiscutible, discurso agrarista.

Paralelamente a la aplicación del mencionado Reg. 1.257/1999, y en el marco de los programas Leader y Proder, se ha ido consolidando una concepción diferente del desarrollo rural, una concepción denominada “territorial” por estar orientada no a un sector, sino al territorio, y por dirigirse no a los agricultores, sino al conjunto de la población rural (ver Tabla nº 1). Para esta concepción, la agricultura ya no sería el motor del desarrollo de las zonas rurales al existir otras actividades de mayor relevancia en la generación de empleo y la dinamización de la economía; en lo que se refiere al tema de la multifuncionalidad, no sería ésta un atributo de la agricultura, sino de los espacios y los territorios rurales. Respecto a la política agraria, la concepción territorial considera que esa política debe ser subsumida en el marco de una política integral de desarrollo que impulse la diversificación de actividades y dote a los territorios de infraestructuras y equipamientos suficientes para que la población se mantenga en los espacios rurales en condiciones de calidad acordes con los parámetros de la sociedad del bienestar.

Propiciado por los acuerdos alcanzados en la Conferencia de Salzburgo (noviembre de 2003) y enmarcado en la última reforma de la PAC (reforma Fischler, por alusión al Comisario de Agricultura)<sup>5</sup>, la aprobación del nuevo Reglamento 1.698/2005 de Desarrollo Rural -que sustituye al mencionado Reg. 1.257/1999- y su posterior aplicación han propiciado interesantes debates en torno a esas dos concepciones del desarrollo rural (una, “agraria”; y otra, “territorial”). En esos debates surgen interesantes posiciones sobre el modo más apropiado de articular ambas concepciones, no faltándoles razones a los que argumentan en uno u otro sentido utilizando muchos de los argumentos antes esgrimidos, ni tampoco a los que se sitúan en una posición intermedia (que podríamos denominar “agro-territorial”) (Tabla nº 1).

---

5 La Conferencia sobre Desarrollo Rural celebrada en la ciudad de Salzburgo en noviembre de 2003 era continuación de la celebrada años antes en Cork y fue convocada por el propio Comisario de Agricultura de la UE (el austriaco Franz Fischler), justo unos meses después de que se aprobara su reforma de la PAC en la que se distingue entre el primer pilar (política de mercados) y el segundo pilar (política de estructuras agrarias). A esa Conferencia asistieron todas las redes europeas de desarrollo rural (donde se integran los grupos de desarrollo creados en el marco de la iniciativa Leader), y se alcanzaron acuerdos que están en la base de muchos de los planteamientos del nuevo reglamento.

**Tabla nº 1.** Concepciones del desarrollo rural

Concepciones	Rasgos característicos
AGRARIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La agricultura es el motor de desarrollo de las zonas rurales.</li> <li>• La PAC debe ser el eje prioritario del desarrollo de las zonas rurales y mantenerse como política autónoma.</li> <li>• La PAC debe ser la principal destinataria de los fondos europeos para el desarrollo rural (transfiriéndose recursos del primer pilar al segundo pilar).</li> <li>• La multifuncionalidad de la actividad agraria es la mejor prueba de su contribución al desarrollo rural.</li> <li>• Los objetivos de la política agraria deben estar orientados hacia la competitividad, la eficiencia y la sostenibilidad ambiental.</li> </ul>
TERRITORIAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La agricultura no es el motor del desarrollo rural; hay otras actividades más relevantes.</li> <li>• El desarrollo rural debe basarse en un enfoque territorial (no sectorial), ascendente (no descendente) y participativo (no elitista) mediante grupos de desarrollo.</li> <li>• El segundo pilar de la PAC debe ser integrado en una política de desarrollo rural orientada al territorio.</li> <li>• Debe crearse un fondo específico para el desarrollo rural gestionado de modo independiente a nivel de los territorios mediante planes estratégicos.</li> <li>• El concepto de multifuncionalidad se aplica al espacio rural y no a la agricultura.</li> <li>• Los objetivos de la política de desarrollo rural deben estar guiados por la generación de empleo, la fijación de población, la sostenibilidad y la calidad de vida.</li> </ul>
AGRO-TERRITORIAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La agricultura es un elemento fundamental del desarrollo de las zonas rurales.</li> <li>• La política agraria se dirige a un colectivo diferenciado de agricultores: unos, con explotaciones modernas (que hay que potenciar para hacerlas más eficientes), y otros, con explotaciones no competitivas (que hay que proteger por razones sociales y territoriales).</li> <li>• La PAC es necesaria como política autónoma para mejorar la competitividad y eficiencia de las explotaciones (el segundo pilar debe mantenerse como política de estructuras agrarias).</li> <li>• Bajo el concepto de multifuncionalidad agraria, deben adoptarse actuaciones dirigidas a garantizar la reproducción de las pequeñas explotaciones no competitivas.</li> </ul>

Frente a las concepciones agrarias y territoriales, la agroterritorial considera que la política agraria no es una política homogénea que deba ser analizada como un todo, sino una política diferenciada en sus acciones y sus destinatarios, en la que confluyen (no siempre en armonía) dos objetivos. En primer lugar, el objetivo de promover un modelo de explotaciones modernas, especializadas, orientadas al mercado y gestionadas como empresas bajo una lógica de competitividad y eficiencia productiva, cada vez más desvinculadas del territorio circundante; y en segundo lugar, el objetivo de apoyar a un tipo de agricultura estrechamente integrada en el territorio y basada en explotaciones orientadas también al mercado, pero gestionadas según una lógica multifuncional de generación de empleo (por lo general, autoempleo), reproducción de la mano de obra familiar, conservación del medio ambiente y diversificación de actividades.

Hay múltiples ejemplos de que la política agraria funciona en la práctica intentado conciliar esos dos objetivos (la propia PAC y sus tensiones internas así lo ponen de manifiesto). Los que se sitúan en esta posición intermedia (“agro-territorial”) creen que la política agraria debe intentar conciliar estos dos objetivos, y que el objetivo de la competitividad y eficiencia productiva sigue siendo importante para algunas áreas y territorios donde la agricultura de carácter empresarial desempeña un papel fundamental en las zonas rurales al generar riqueza (no necesariamente en forma

de empleo directo) y ser el sostén de la industria agroalimentaria. Pero entienden que son precisamente las acciones dirigidas a las explotaciones integradas en el territorio y con dificultades para ser competitivas en mercados abiertos (promoviendo la multifuncionalidad como vía para evitar su abandono) las que mejor pueden incardinarse en el marco de las políticas de desarrollo rural al estar inspiradas en una filosofía similar a la de éstas (fijar población en el medio rural, mantener el empleo y promover el desarrollo sostenible). Sobre la base de este tipo de explotaciones se podría establecer un puente entre la política agraria y la política de desarrollo rural, puente bajo el que discurrirían acciones encaminadas a potenciar su vinculación con el territorio.

El objetivo de esta ponencia es tratar de tales asuntos a propósito de los debates suscitados en torno a la aplicación del nuevo Reglamento europeo de Desarrollo Rural y a la Ley de Desarrollo Sostenible del Medio Rural aprobada en noviembre del pasado año 2007 en el parlamento español. Ello se hará a partir de lo que nos dicen las iniciativas europeas Leader y los programas Proder aplicados en España, unas iniciativas y programas sobre los que se dispone ya de información suficiente acerca de sus resultados más significativos como para utilizarlos de base para el debate. Los resultados de tales experiencias ponen de manifiesto que, una vez iniciadas las dinámicas de desarrollo y a medida que la población rural adquiere conciencia de los problemas que le afectan, se produce un salto cualitativo en sus demandas, de modo que los programas e iniciativas de carácter limitado, del tipo Leader o Proder, resultan insuficientes para satisfacerlas. Se pasa así a una fase en la que el tema del desarrollo de las zonas rurales se incardina en políticas no sectoriales, sino integrales, y el ámbito de actuación se integra en una perspectiva territorial más amplia. El debate sobre la aplicación del nuevo Reglamento y de la nueva Ley de Desarrollo Sostenible del Medio Rural gira, por tanto, en torno a si supone o no un avance en esta línea y a si el diseño institucional que propone es viable en el marco real de las dinámicas que acontecen en las zonas rurales.

En esta ponencia se analiza, en primer lugar, el contenido del nuevo Reglamento europeo 1.698/2005, un ejemplo claro de política basada en una concepción “agroterritorial” del desarrollo rural. En segundo lugar, se reflexiona sobre sus posibles implicaciones, tanto en lo que se refiere a las estrategias de los actores que intervienen en la aplicación del mismo, como a la necesaria coordinación institucional que conlleva. En tercer lugar, se analiza el modo como dicho reglamento se está aplicando en España, exponiendo los ejes fundamentales del nuevo Plan Nacional de Desarrollo Rural. Finalmente, se exponen las bases en las que se fundamenta el proyecto de Ley de Desarrollo Sostenible del Mundo Rural, como ejemplo de las nuevas orientaciones inspiradas en una concepción “territorial” del desarrollo rural.

## **EL NUEVO REGLAMENTO DE DESARROLLO RURAL**

El Reglamento 1.698/2005 de Desarrollo Rural aspira precisamente a clarificar la situación creada tras más de diez años de experiencias Leader en las zonas rurales y tras siete años de aplicación del recién derogado Reg. 1.257/99 en el sector agrario. Y lo hace integrando las concepciones agraria y territorial en torno al segundo pilar de la PAC (el relativo a la política de estructuras agrarias), un pilar que, ampliado, pasa a convertirse así en el soporte sobre el que descansará la futura política europea de desarrollo rural. De este modo pretende evitar la disociación observada durante estos años entre, de un lado, la agricultura y, de otro, el desarrollo rural, procurando recuperar la dimensión territorial de la actividad agraria, e incorporando la dimensión agraria en las estrategias territoriales de desarrollo.

En este sentido podríamos decir que la Comisión Europea (que elaboró la propuesta) y el Consejo de Ministros de Agricultura (que aprobó el nuevo Reglamento) han optado por la vía intermedia del desarrollo rural (la que hemos denominado “agro-territorial”), no sabemos si convencidos de ser ésta la mejor forma de afrontar los problemas del mundo rural y de integrar en ellos los temas agrarios o simplemente por razones de ingeniería financiera (los recursos para financiar

las acciones contempladas en el nuevo Reglamento proceden en su mayor parte de los fondos agrícolas). Sea como fuere, el hecho es que se crea un fondo específico, el FEADER (Fondo Europeo para la Agricultura y el Desarrollo Rural), separado del FEOGA (que pasa a denominarse FEAGA para financiar el primer pilar de la PAC, es decir la política de mercados). Los recursos de este nuevo Fondo se forman principalmente con parte de los del antiguo FEOGA, a los que se podrán añadir los procedentes de los fondos estructurales FEDER (Fondo Europeo de Desarrollo Regional), FSE (Fondo Social Europeo) e IFOP (Fondo Europeo para la Ordenación Pesquera), lo que da idea de la perspectiva amplia con la que se aborda el tema del desarrollo rural en la propuesta.

Aun reconociendo la escasa dotación de que dispone el FEADER (88.750 millones de euros para el conjunto del periodo 2007-2013), el nuevo Reglamento supone un avance en la consolidación de una verdadera política de desarrollo rural en la UE, dejando en manos de los gobiernos nacionales un amplio margen de maniobra para su aplicación en cada territorio. Es un Reglamento que está, además, en sintonía con la mayor parte de las conclusiones de la ya mencionada Conferencia de Salzburgo y de los Consejos Europeos de Lisboa (celebrado en marzo 2000, donde se enfatiza el objetivo de convertir a la UE en una zona altamente competitiva) y Goteburgo (junio 2001) (que pone el énfasis en la protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible), así como de los objetivos de las Perspectivas Financieras para el periodo 2007-2013 (aumentar la competitividad del sector agrario, mejorar el medio ambiente, mejorar la calidad de vida en las zonas rurales y fomentar la diversificación económica).

## Contenido

Entrando en el contenido del nuevo Reglamento, observamos tres ejes en torno a los cuales se articularán las distintas acciones de desarrollo rural, y un cuarto eje, transversal, para promover la extensión de la metodología ascendente y participativa (enfoque Leader) al resto de los ejes (ver Esquema nº 1). Para cada uno de ellos se fija un porcentaje mínimo de financiación por parte de la UE a través del mencionado fondo FEADER, a lo que se unirán los recursos que cada Estado decida destinar (bien de lo obtenido con la modulación de las ayudas del primer pilar de la PAC o de sus propios presupuestos)<sup>6</sup>.

El **Primer Eje** (al que se le fija un porcentaje mínimo del 10% de los recursos del FEADER) persigue dos objetivos. El primero es *mejorar la competitividad de la agricultura* mediante la clásica política de estructuras agrarias dirigida a incrementar el capital físico (es decir, la eficiencia productiva de las explotaciones) y el capital humano (es decir, el nivel de formación y cualificación profesional de los agricultores). El segundo objetivo es *mejorar la calidad de las producciones*, promoviendo sistemas de producción basados en la calidad. Algunos ejemplos de acciones que podrían incluirse en este primer eje son los siguientes: mejora de la eficiencia del regadío en las explotaciones agrarias; modernización de la maquinaria y el equipamiento agrícolas; introducción de nuevas variedades de cultivos o nuevas orientaciones productivas para sustituir las tradicionales en zonas de monocultivos (por ejemplo, sustituir el cultivo del algodón por otros de mejores perspectivas comerciales); modernización de las instalaciones ganaderas y del sistema de estabulación; programa de incentivos para la instalación de jóvenes en la agricultura y de ayudas para promover la jubilación anticipada de los agricultores de mayor edad; incentivos para integrar las producciones agrícolas o ganaderas en el marco de una denominación de calidad.

El **Segundo Eje** (que tiene asignado un porcentaje mínimo de financiación del 25% de los recursos del FEADER) tiene también dos objetivos. El primero se refiere a la *gestión sostenible de las explotaciones agrarias*, mediante las acciones incluidas en el programa agroambiental, como la

---

<sup>6</sup> La reforma Fischler de la PAC da opción a los Estados miembros de reducir en una determinada proporción (hasta un 5%) las ayudas del primer pilar (mercados) concedidas a los agricultores para que los recursos así detraídos puedan ser destinados a financiar las acciones del segundo pilar recogidas en el nuevo reglamento de desarrollo rural. Esa reducción se denomina "modulación" de las ayudas agrícolas.

introducción de prácticas más respetuosas con el medio ambiente (cuyos principales ejemplos serían la agricultura ecológica, la agricultura de conservación o la producción integrada) y la introducción de razas ganaderas en peligro de extinción, a lo que habría que unir las acciones de reforestación de las tierras agrícolas y los aprovechamientos agroganaderos del territorio (áreas de montaña, dehesas,...). El segundo objetivo está relacionado con la *gestión sostenible de los territorios* a través de la Red Natura 2000 (que es la red de espacios europeos donde se imponen ciertas restricciones al aprovechamiento agrícola de los mismos, condicionando la actividad de los agricultores cuyas explotaciones estuvieran ubicadas en el entorno de tales espacios naturales).

El **Tercer Eje** (con un porcentaje mínimo del 10% del FEADER) se orienta hacia los objetivos de *diversificar las actividades económicas en el medio rural* (promoviendo actividades no agrícolas, apoyando la creación de pequeñas empresas, protegiendo el patrimonio natural, fomentando el turismo rural,...) y de *mejorar la calidad de vida de su población* (garantizando servicios básicos y equipamientos). Es un eje que se inspira en la experiencia acumulada por los “grupos de acción local” del programa Leader, grupos donde se han implementado interesantes proyectos de desarrollo permitiendo la emergencia de iniciativas empresariales a nivel de los territorios rurales. Con la creación de este eje se institucionaliza lo que eran iniciativas de carácter piloto y experimental propiciadas por la Comisión Europea, integrando de modo definitivo la dimensión territorial en la nueva política de desarrollo rural.

**Esquema nº 1.** Ejes de actuación del Reglamento de Desarrollo Rural y porcentajes mínimos de financiación con cargo al FEADER (\*)

Ejes de actuación	Objetivos
PRIMER EJE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (10% de financiación mínima)</li> <li>• Mejora de la competitividad de la agricultura.</li> <li>• Mejora de la calidad de las producciones alimentarias</li> </ul>
SEGUNDO EJE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (25% de financiación mínima)</li> <li>• Gestión sostenible de las explotaciones agrarias (programa agroambiental,...) y forestales.</li> <li>• Gestión sostenible de los territorios (Red Natura 2000).</li> </ul>
TERCER EJE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (10% de financiación mínima)</li> <li>• Diversificación de actividades económicas.</li> <li>• Mejora de la calidad de vida en el medio rural</li> </ul>
CUARTO EJE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (5% de financiación mínima)</li> <li>• Extensión del enfoque Leader a los tres ejes anteriores</li> <li>• Constitución de grupos de desarrollo rural</li> </ul>

(\*) Los porcentajes mínimos suman 50%. Los gobiernos nacionales pueden elevar esos porcentajes distribuyendo a su criterio entre los distintos ejes el 50% restante de los recursos asignados por el FEADER a cada Estado miembro.

La implementación de esos tres ejes se haría siguiendo el enfoque ascendente y participativo que tan buenos resultados ha dado en los más de diez años de iniciativa Leader. Es en este sentido en el que hay que entender la inclusión del cuarto eje antes mencionado, un eje que no es un conjunto de acciones concretas, sino un eje transversal al que se le asigna recursos (un 5% de porcentaje mínimo de financiación) para poder extender el enfoque y filosofía Leader a la hora de aplicar las acciones comprendidas en los otros tres ejes. Los Estados gozarán de un amplio margen de maniobra para concretar la metodología de aplicación y fijar sus prioridades en materia de política de desarrollo rural, ya que podrán gestionar con flexibilidad los recursos que reciban del FEADER aumentando en mayor o menor medida los citados porcentajes mínimos de financiación de cada eje e inyectándoles recursos a través de la cofinanciación nacional.

En definitiva, el nuevo Reglamento integra las dos concepciones del desarrollo rural: la *agraria* (articulada en el primer eje y en parte del segundo, y dirigida a los agricultores como sus exclusivos beneficiarios) y la *territorial* (articulada en parte del segundo eje y en el tercero, y dirigida al conjunto de la población rural). Con ello se pretende evitar el divorcio entre agricultores y no agricultores generado en la confusa situación actual, donde los primeros (los agricultores) sólo se han venido interesando por las ayudas directas del primer pilar de la PAC y por los incentivos propiciados por el segundo pilar para la mejora de las explotaciones agrarias, y los segundos (la población rural no agraria) han centrado su atención en las ayudas ofrecidas por la iniciativa Leader y el programa Proder.

### Los actores sociales ante el nuevo Reglamento

En torno al contenido del Reglamento surge un interesante debate, en el que se ponen de manifiesto los recelos y desconfianza mutua entre los distintos grupos implicados en el desarrollo de las zonas rurales. En lo que se refiere al caso español, observamos, por un lado, cómo los agricultores y sus organizaciones ven el Reglamento como un trasvase de fondos desde el primer pilar de la PAC a un amplio (y heterogéneo) segundo pilar, cuyos recursos (escasos) tendrán que compartir ahora con otros actores y grupos de intereses (propietarios forestales, emprendedores rurales,...) en detrimento, según temen, de las acciones dirigidas a la mejora y modernización de las explotaciones agrarias. Por otro lado, los “grupos de acción local”, y las redes donde se integran, recelan del poder de las organizaciones profesionales agrarias y de su larga convivencia con los departamentos de agricultura de las distintas administraciones (que probablemente serán los que gestionarán la aplicación del nuevo Reglamento), temiendo que sean estas organizaciones las que presionen a los Gobiernos para aumentar el porcentaje mínimo del primer eje y acaparar la mayor parte de los recursos disponibles (principalmente los que correspondan a la parte de cofinanciación nacional, cuyos recursos, como se ha señalado, saldrán en gran medida de la modulación de las ayudas del primer pilar de la PAC y del art. 69 de la reforma Fischler)<sup>7</sup>.

Tanto las organizaciones agrarias como las redes de desarrollo rural ven, además, con preocupación cómo la inclusión de la Red Natura 2000 en el segundo eje supondrá detraer gran parte de los recursos del FEADER para financiar ese costoso programa medioambiental, un programa que hasta ahora no había estado incluido en el ámbito de la política de desarrollo rural. A esa preocupación se le une la ya mencionada escasa dotación del FEADER, más grave aún si consideramos que ha de aplicarse en un escenario ampliado a los territorios rurales de los nuevos Estados de la UE.

Por eso, bajo la presión de algunas de las redes formadas por los actuales “grupos de acción local” (insatisfechas con que el Leader se contemple en el Reglamento como un simple enfoque o metodología que deba impregnar a los tres ejes), se ha incluido el cuarto eje (con su correspondiente porcentaje de financiación asegurado) para recoger de un modo específico la dimensión innovadora de la iniciativa Leader, garantizándose la continuidad de dicha iniciativa y de los grupos que la sustentan<sup>8</sup>. La argumentación utilizada por estos grupos se basa en considerar que en muchas zonas rurales la iniciativa Leader no ha tenido todavía tiempo de mostrar su potencial de dinamización, siendo, por ello, necesario que continúe aplicándose como hasta ahora. Sea como fuere la solidez del argumento, lo cierto es que, al incluirlo como un nuevo eje,

7 El art. 69 de la reforma de la PAC da opción a los gobiernos nacionales a transferir hasta el 10% del conjunto global de los recursos correspondientes a las ayudas del primer pilar, a financiar acciones del segundo pilar, especialmente para el programa agroambiental. Esta opción complementa así la modulación, constituyendo ambas opciones una fuente adicional de recursos para financiar el nuevo Reglamento de desarrollo rural.

8 En España existen dos redes de desarrollo que articulan a la práctica totalidad de los “grupos de acción local” creados en el marco de la iniciativa Leader o del programa Proder. Una de esas redes es REDR (Red Española de Desarrollo Rural), mayoritaria en cuanto al número de grupos que integra, y la otra es REDER (Red Estatal de Desarrollo Rural), minoritaria, pero de fuerte implantación en algunas regiones como Galicia o Castilla-León.

el programa Leader dejaría de ser una iniciativa experimental (y por tanto provisional) de la Comisión, institucionalizándose como programa de actuación dentro de la nueva política europea de desarrollo rural.

Este planteamiento origina controversia en el debate sobre el nuevo Reglamento, pues, para algunos grupos de opinión no tiene sentido darle un tratamiento específico al programa Leader, ya que la misión de este programa habría finalizado ya tras más de diez años de iniciativa piloto y experimental, misión coronada con el éxito al ser incorporada su filosofía ascendente y participativa a los tres ejes de la nueva política de desarrollo rural. Para estos grupos de opinión, la inclusión del programa Leader como un cuarto eje del Reglamento no sería más que resultado del empecinamiento de las redes de “grupos de acción local” para, con una visión corporativista, mantener su espacio de poder frente al que representan las organizaciones agrarias y cooperativas, empecinamiento, afirman, que sólo serviría para abrir aún más el divorcio ya existente entre agricultores y no agricultores en la gestión de los espacios rurales. En sintonía con esta argumentación, lo lógico sería, señalan estas opiniones, haber mantenido durante un periodo adicional la iniciativa Leader en determinadas zonas, y no incorporarla como cuarto eje dentro del nuevo Reglamento. En todo caso señalan que el tercer eje (diversificación de actividades) recoge ya gran parte de las actuaciones que se vienen realizando en el marco de los programas Leader, y que quizá lo conveniente sería elevar su porcentaje mínimo de financiación, ampliar el ámbito de sus acciones y asegurar que su aplicación se haga mediante el enfoque ascendente y participativo que le caracteriza.

Otro elemento del debate se refiere al modo de interpretar la propuesta de que el método Leader impregne a todos los ejes a la hora de poner en marcha las correspondientes acciones. Hasta ahora el enfoque Leader se ha venido identificando con los actuales “grupos de acción local”, lo que lleva a pensar que la extensión de ese enfoque significaría o bien crear nuevos grupos (adaptados a las características de las acciones de cada eje) o bien ampliar las funciones de los grupos ya existentes para canalizar a través de ellos las iniciativas que se tomen en los tres ejes de actuación. Las tres organizaciones profesionales agrarias (ASAJA, COAG y UPA)<sup>9</sup> se oponen al unísono a que las acciones del primer eje (las relativas a la competitividad y mejora de la agricultura, como, por ejemplo, la instalación de jóvenes agricultores o los planes de mejora de las explotaciones) tengan que canalizarse a través de los actuales “grupos de acción local”, proponiendo que sigan aplicándose tal como se viene haciendo hasta ahora, es decir, con modelos descendentes y sectoriales dirigidos al agricultor (sea individualmente o en forma cooperativa). No obstante, en lo que respecta a las acciones del segundo eje (las relativas a la gestión territorial de las explotaciones, como, por ejemplo, el programa agroambiental, la reforestación de tierras agrícolas o la parte agraria de la red Natura), no hay tal unanimidad entre las organizaciones profesionales. Mientras ASAJA se opone también a que se aplique el método Leader en este segundo eje (prefiere que esas acciones se sigan aplicando como hasta ahora), UPA y COAG debaten con interés la idea de innovar en este sentido y de que, en torno a dichas acciones, pueda establecerse un nexo de unión entre las concepciones agrarias y territoriales del desarrollo rural mediante la presencia activa de los agricultores en los “grupos de acción local” (prefieren llamarlos “grupos de desarrollo rural” para remarcar que no han de ser una mera continuidad de los actuales “grupos”).

---

<sup>9</sup> ASAJA (Asociación Agraria-Jóvenes Agricultores) representa sobre todo los intereses de las grandes y medianas explotaciones de agricultura extensiva, aunque también tiene una importante base de pequeños agricultores en algunas regiones. UPA (Unión de Pequeños Agricultores) y COAG (Coordinadora de Organizaciones de Agricultores y Ganaderos) integran a titulares de pequeñas explotaciones ubicadas principalmente en zonas de agricultura intensiva, aunque también están presentes en zonas de olivar y viñedo. Junto a estas tres organizaciones ha emergido en los últimos años una nueva asociación de grandes empresarios agrícolas (GEA), que no ha tenido hasta ahora protagonismo en el debate sobre la aplicación del Reglamento de desarrollo rural.

## La aplicación del Reglamento en España

La aplicación del Reglamento europeo y del fondo FEADER en los distintos países exige, en una primera etapa, la elaboración de un Plan Estratégico Nacional (PEN) por parte de cada Estado miembro, cuyo Gobierno lo envía a Bruselas para su aprobación por la Comisión Europea. En este Plan, cada Gobierno realiza una evaluación de la situación económica, social y ambiental del territorio rural correspondiente, y analiza su potencial de desarrollo, fijándose las prioridades estratégicas de cada Estado en materia de desarrollo rural, de acuerdo con unas directrices previamente aprobadas por la Comisión (lo que se ha hecho a través del Reg. 1974/2006). En una segunda etapa, los Gobiernos presentan su Programa Nacional de Desarrollo Rural, que en el caso de Estados con estructura descentralizada, debe ser un conjunto de los programas regionales, si bien con la posibilidad de establecer directrices de coordinación mediante un Marco Nacional de Desarrollo.

En España, todo ello se viene realizando mediante un laborioso procedimiento, debido a la distribución de competencias entre la Administración central y las CC.AA. en materia de agricultura y desarrollo rural. El PEN español, aún no aprobado, estará formado por 17 Planes regionales de Desarrollo Rural (uno por cada Comunidad Autónoma) y un Plan para la Red Nacional Rural (formada por las dos redes que integran a los grupos de acción local).<sup>10</sup> Con objeto de orientar el trabajo de las CC.AA., el MAPA ha aprovechado la facultad que le concede la Comisión Europea, elaborando un Marco Nacional de Desarrollo en el que se ha hecho un diagnóstico de los problemas del mundo rural español, se han definido las áreas estratégicas de actuación, concretado algo más los porcentajes de financiación de los distintos ejes, y establecido algunas medidas comunes de carácter horizontal (como la posibilidad de establecer contratos territoriales de explotación para los ejes 1 y 2). En los Planes regionales, los gobiernos de las CC.AA. tienen posibilidad de concretar, según sus criterios y preferencias, las acciones que conforman los distintos ejes del Reglamento, definiendo sus estrategias y fijando de un modo definitivo los porcentajes mínimos de financiación con cargo a los recursos procedentes del FEADER o completándolos con recursos propios.

Un análisis del proceso previo de interlocución con las CC.AA., los departamentos ministeriales y los agentes sociales y económicos, así como del contenido del PEN y del MNDR, permite confirmar el predominio de una concepción agraria del desarrollo rural. La primera señal de ese predominio agrarista es el protagonismo asumido por el Ministerio de Agricultura (a través de su Dirección General de Desarrollo Rural) en la elaboración de ambos documentos y en el impulso de la dinámica de interlocución con los demás agentes administrativos y actores socioeconómicos.

En efecto, según se indica en el MNDR, ha sido el Ministerio de Agricultura el que ha dirigido la fase de consultas con los ministerios de Economía y Hacienda (a través de la Dirección General de Fondos Europeos Comunitarios), Medio Ambiente (a través de la Dirección General de la Biodiversidad) y Trabajo y Asuntos Sociales (a través del Instituto de la Mujer), así como con las consejerías responsables del desarrollo rural de las CC.AA. y con la Federación Española de Municipios y Provincias. Además, se indica que el MAPA ha sido el interlocutor ante las tres organizaciones profesionales agrarias (ASAJA, COAG y UPA), las dos redes de desarrollo rural (REDR y REDER), la confederación de cooperativas (CCAIE), algunas organizaciones sectoriales agrarias (como Fepex), la federación de industrias alimentarias (FIAB), las empresas forestales (a través de ASEMFO), y algunas asociaciones ecologistas (como ADENA, SEO o Ecologistas en Acción).

Respecto al contenido del PEN y del MNDR, se observa cómo ya en el capítulo de diagnóstico del Marco Nacional aparece con nitidez el rastro agrarista del desarrollo, al señalarse que “el sector agrario será el principal elemento sobre el que incidirá la programación de desarrollo rural en España” en el periodo 2007-2013. En sintonía con esa declaración inicial de principios, se considera que uno de los instrumentos fundamentales para luchar contra el problema del despoblamiento de las

<sup>10</sup> El programa para la Red Rural Nacional está destinado a potenciar el papel de las dos redes españolas de desarrollo rural, en las que se integran los distintos grupos de acción local: REDR y REDER.



zonas rurales españolas son las acciones contempladas en el Primer Eje del Reglamento, estableciéndose como medidas horizontales prioritarias la modernización de regadíos, la instalación de jóvenes en la agricultura, el apoyo a la industria agroalimentaria y el establecimiento de servicios de asesoramiento a los agricultores para facilitarles el cumplimiento de los criterios de condicionalidad y a mejorar las condiciones ambientales de sus explotaciones agrarias. En consonancia con ello, a la hora de fijar los porcentajes del FEADER para financiar las diversas acciones previstas en el Reglamento, el PEN eleva sensiblemente el porcentaje de financiación de este primer Eje, que se quintuplica (pasando del mínimo del 10% fijado en el Reglamento, a una horquilla de 50-55%).

Se indica, además, que es a través de estas acciones de carácter agrario como se podrán alcanzar también los objetivos ambientales relativos a la erosión de los suelos, el riesgo de incendios o la desertificación, objetivos más propios del Segundo Eje. Eso explicaría que el MNDR deje un margen amplio de autonomía a los Programas regionales en lo que se refiere a la aplicación de la Red Natura 2000 en los ámbitos agrarios (no se incluye como medida horizontal obligatoria), que contrasta con el carácter obligatorio de las acciones relativas a la aplicación de este programa en el ámbito forestal. En consonancia con ello, el porcentaje para financiar las acciones del Eje 2 (correspondiente a la Red Natura 2000 y el programa agroambiental) aumenta también, pero en menor medida que el Eje 1 (del mínimo del 25% pasa a una horquilla de 35-40%).

Lo mismo cabe decir de las acciones previstas en los Eje 3 y 4, donde el MNDR no establece medidas horizontales, sino simplemente algunas orientaciones comunes en relación a aquellas acciones de diversificación que se realicen siguiendo la metodología Leader y en relación a la composición de los grupos que las lleven a cabo. Respecto al porcentaje de financiación de este Eje 3 (diversificación de actividades), apenas aumenta (sólo pasa del 10% hasta una horquilla de 10-15%), mientras que el del Eje 4 (aplicación de la metodología Leader) pasa del 5 al 10%.

Finalmente, el hecho de incluir como opción voluntaria para las CC.AA. (y no obligatoria) el establecimiento de "*contratos territoriales de explotación*" para aplicar las acciones de los Ejes 1 y 2, significa que, en la práctica, pueden ser aplicados de forma disociada, corriéndose el riesgo de que se desaproveche el potencial integrador del propio Reglamento.

En definitiva, la aplicación del Reglamento está confirmando el sesgo agrario de la política española de desarrollo rural, un sesgo que es más la consecuencia de los condicionamientos institucionales en que se ve envuelta dicha política (canalizada a través de los departamentos de agricultura), que el reflejo de la importancia real de la agricultura en el desarrollo de las zonas rurales (importante todavía en algunas zonas por ser la base del sector agroalimentario, pero muy poco significativa en la mayor parte de los territorios españoles).

## LA LEY DE DESARROLLO SOSTENIBLE DEL MEDIO RURAL

Tal vez como compensación, y para contrarrestar el sesgo agrarista introducido en la aplicación del Reglamento, surgió la iniciativa política del gobierno socialista de Rodríguez Zapatero de elaborar una Ley de Desarrollo Sostenible del Medio Rural, cuya aprobación se produjo el pasado mes de diciembre de 2007. Entre los objetivos de la Ley figura de modo explícito el de "mantener y ampliar la base económica del medio rural mediante la preservación de actividades competitivas y *multifuncionales*, y la diversificación de su economía con la incorporación de nuevas actividades" (el subrayado es nuestro).

En la concreción de tales objetivos, se describen temas claramente ligados a una concepción territorial del desarrollo rural, con el propósito de lograr un medio rural habitable y con elevadas cotas de bienestar: mantenimiento de un sector agrario suficiente apoyando modelos de agricultura integrada en el territorio (en especial sistemas agroganaderos en zonas de montaña y áreas de dehesas); creación de equipamientos básicos e infraestructuras de transportes, educación y sanidad; fomento de las telecomunicaciones; apoyo a las energías renovables; fomento de la eficiencia, ahorro y buen uso de los recursos hídricos; preservación del patrimonio natural y cultural; conservación de

la biodiversidad; acceso a la vivienda; ordenación del territorio. Es por tanto una Ley integral de desarrollo que implica a prácticamente todos los departamentos ministeriales del gobierno, además de a los gobiernos de las CC.AA.

En lo que respecta a su institucionalización, la Ley prevé la elaboración de un Programa (plurianual) de Desarrollo Rural Sostenible, como instrumento principal para la planificación de las acciones de la Administración general del Estado en relación con el medio rural. En dicho Programa han de concretarse los objetivos y planes sectoriales a desarrollar desde ese ámbito administrativo o en concertación con las Comunidades Autónomas (que elaborarán sus correspondientes Directrices Estratégicas), así como determinarse los tipos de zonas rurales que serán objeto de actuación (la ley distingue entre zonas rurales a revitalizar, zonas rurales intermedias y zonas rurales periurbanas). La Ley incluye además como instrumento novedoso los “*contratos territoriales de zonas rurales*”, como fórmula para hacer factible en la práctica la apuesta por la multifuncionalidad en su más amplia acepción territorial. Son contratos más amplios que los “*contratos territoriales de explotación*” previstos en la aplicación del FEADER, pues mientras que éstos se dirigen en exclusiva a los titulares de explotaciones agrarias, los contemplados en la futura Ley de Desarrollo Sostenible del Medio Rural pueden ser contraídos por cualquier agente económico o social del mundo rural, sin tener necesariamente que ser agricultor.

Se prevé la creación de varios órganos. En primer lugar, una Comisión Interministerial para el Medio Rural, formada por los departamentos de los distintos ministerios implicados, y responsable de dirigir y coordinar la acción de esos departamentos en lo que se refiere a las materias que son objeto del mencionado Programa de Desarrollo Rural Sostenible. En segundo lugar, un Consejo para el Medio Rural, como órgano de coordinación y cooperación entre las administraciones públicas, constituido por representantes de los gobiernos de cada Comunidad Autónoma y de la Administración General del Estado, así como de la Federación Española de Municipios y Provincias. En tercer lugar, una Mesa de Asociaciones de Desarrollo Rural, como órgano de participación, información y consulta de las entidades asociativas relacionadas con el medio rural de ámbito estatal, garantizándose la presencia de las organizaciones profesionales, empresariales y sindicales vinculadas con el medio rural.

Si se analiza la composición de estos órganos puede verse con nitidez que responden a una concepción multifuncional y territorial del desarrollo rural, en la que son múltiples los departamentos ministeriales implicados, así como los agentes sociales y económicos representados en ellos. Así en la Comisión Interministerial, se prevé la inclusión no sólo del departamento de agricultura, sino también de los de medio ambiente, educación, sanidad, vivienda, asuntos sociales y bienestar social, cultura, e incluso interior. Por su parte en la Mesa de Asociaciones estarán representadas las agrarias y agrolimentarias, pero también las forestales, las redes de desarrollo rural, las asociaciones ecologistas o las de consumidores, en un foro abierto a todos los grupos que tengan algo que decir sobre el futuro de las zonas rurales.

## CONCLUSIONES

La política de desarrollo rural comienza a consolidarse como una política diferenciada de la PAC, integrando de manera global los problemas del mundo rural y respondiendo a las nuevas demandas de una sociedad como la europea que, al haber alcanzado la autosuficiencia alimentaria y unos niveles elevados de bienestar, se plantea ahora cómo hacer viable la continuidad del modelo equilibrado entre campo y ciudad, que ha sido uno de los grandes patrimonios de la cultura europea y uno de los elementos básicos de su cohesión social. Las nuevas orientaciones de la política de desarrollo rural tienden precisamente a evitar que los efectos no queridos del mercado acaben por romper ese equilibrio territorial, y para ello pretende ser un instrumento para dinamizar las iniciativas económicas y garantizar la equidad en las zonas menos favorecidas. Todo eso se plantea en un escenario complejo a nivel interno (la ampliación de la UE, nuevas demandas de los consumidores, nuevas prioridades en las agendas políticas,...) y externo (la creciente deslegitimación de la PAC en los foros internacionales de ayuda al desarrollo, la nueva ronda de la OMC,...)

Las nuevas orientaciones de las políticas de desarrollo rural van en la dirección de superar la fase de acciones limitadas, para integrar todo el conjunto de actuaciones que puedan contribuir a generar actividades económicas en el medio rural y mejorar la calidad de vida de su población. Son orientaciones incardinadas en una concepción integral y dinámica del desarrollo donde la agricultura y la ganadería extensiva, el territorio, el paisaje, el medio ambiente, la economía productiva y las actividades recreativas y de ocio no son compartimentos estancos, sino partes de un todo interdependiente. En este sentido, en el marco de esas nuevas orientaciones se plantea combinar acciones en distintos ámbitos: la dinamización de la población rural (induciendo capital social mediante fórmulas cooperativas), la cohesión social y territorial (aprovechando el potencial de programas del estilo del Equal o del Interreg, así como impulsando el trabajo en red entre comarcas), la formación y cualificación profesional (orientada a nuevos perfiles formativos para responder a las exigencias de la sociedad del conocimiento, pero también a la renovación de viejos oficios y actividades en claro peligro de extinción por falta de relevo generacional), la preservación del patrimonio cultural (entendiéndolo como una mezcla armónica de paisaje, arquitectura, artesanía, folklore y gastronomía), la agricultura y ganadería extensivas (especialmente la gestión integrada de los sistemas agro-ganaderos, según criterios de sostenibilidad y en sintonía con el principio de la multifuncionalidad), la industrialización rural (fomentando las pequeñas industrias y promoviendo el aprovechamiento de las fuentes de energía renovable), el medio ambiente (buscando un adecuado equilibrio entre la lógica de conservación y la de explotación productiva de los recursos naturales, incluyendo los vinculados al sector forestal) y el turismo rural (según una concepción integral de la oferta turística).

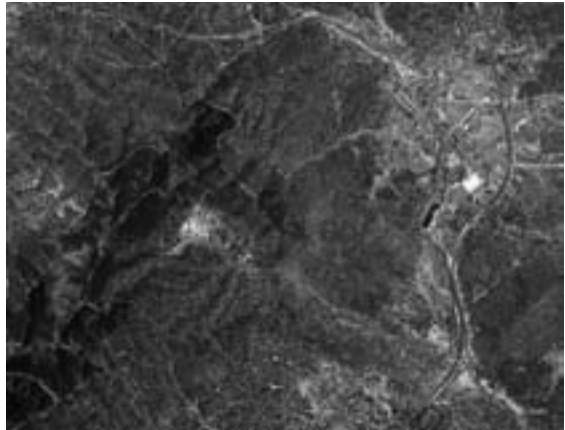
Todas esas acciones van acompañadas de la necesaria intervención de los poderes públicos, que, con criterios de equidad territorial y cohesión social, deben garantizar la infraestructura y equipamientos necesarios (en el área de la educación, la salud y el bienestar social) para que la población de las zonas rurales pueda aprovechar las oportunidades ofrecidas por el actual proceso de cambios. Sin esa intervención pública, las acciones surgidas desde la sociedad civil podrían contribuir no al desarrollo equilibrado de las zonas rurales, sino a acrecentar las desigualdades preexistentes en sus territorios. Ese es el objetivo del Reglamento europeo de desarrollo rural y de la Ley de Desarrollo Sostenible del Medio Rural.

Ambas iniciativas políticas (una, europea, y otra, española), junto a la reforma del primer pilar de la PAC, significan situar los temas agrarios y rurales en la agenda política de los gobiernos. Hasta ahora, la política agraria y rural de los distintos gobiernos se había limitado, salvo honrosas excepciones, a gestionar las ayudas procedentes de la UE en el marco de los dos pilares de la PAC o de la iniciativa Leader. Los temas agrarios y rurales parecían ser “asunto de Bruselas” escapando a los debates de la agenda política nacional. Hoy, los nuevos reglamentos europeos de las OCMs reformadas del primer pilar de la PAC, así como el reglamento de Desarrollo Rural, introducen cambios sustantivos que amplían el margen de maniobra de los gobiernos nacionales y regionales para definir sus políticas agrarias y rurales. El desacoplamiento parcial o total de las ayudas directas y su modulación son cuestiones a decidir por los gobiernos, lo que hace que los temas agrarios se incorporen a la agenda política. Aún mayor es el margen de maniobra de los gobiernos nacionales y regionales en lo que se refiere a la aplicación del nuevo Reglamento de Desarrollo Rural, ya que deberán fijar la cuantía de los porcentajes destinados a cada uno de los ejes de actuación y establecer la parte de cofinanciación que le corresponde a cada Estado, además de concretar su metodología de aplicación. Lo mismo cabe decir de la futura Ley de Desarrollo Sostenible del Medio Rural, cuya aplicación dependerá de la voluntad del gobierno nacional y de los gobiernos regionales de establecer acciones coordinadas en el ámbito del desarrollo de las zonas rurales. La prioridad que tales gobiernos den a estos temas, además del grado de compromiso que estén dispuestos a asumir a la hora de combinar acciones procedentes de distintos ámbitos de la acción pública (educación, salud, equipamientos, infraestructuras, servicios sociales,...), marcará su mayor o menor sensibilidad ante los problemas de las zonas rurales, unas áreas fundamentales para el equilibrio social y la cohesión territorial.



## BOTÁNICA Y ECOLOGÍA DE PASTOS

Primera Parte





## “EN EL CONJUNTO DE LAS SIERRAS BÉTICAS”: PASTOS, PRODUCCIÓN, DIVERSIDAD Y CAMBIO GLOBAL

A. B. ROBLES

**Grupo de Pastos y Sistemas silvopastorales Mediterráneos. Estación Experimental del Zaidín (CSIC). Profesor Albareda s/n.18008.Granada.  
abrobles@eez.csic.es**

### RESUMEN

Se recogen en este trabajo un conjunto de consideraciones generales sobre el contexto natural y agrario en el que se desarrollan los estudios pascícolas del mediterráneo árido y semiárido. La ponencia hace un énfasis especial en el sector oriental de Andalucía, en el que se han llevado a cabo la mayor parte de los estudios sobre las especies forrajeras de su flora natural, las características y composición de sus pastos, la producción de los mismos y el rango de diversidad que muestran. Se completa esta exposición con algunas valoraciones personales sobre la incidencia de los cambios de usos de la tierra y el papel que la ciencia de los pastos, puede aportar a la búsqueda de alternativas, frente a los interrogantes del cambio global, entre los cuales el abandono rural es quizá el rasgo dominante en estos agrosistemas pastorales tan desfavorecidos.

### INTRODUCCIÓN

“En el conjunto de las Sierras Béticas”. Esta era la frasecilla (casi infalible) con la que los estudiantes de botánica de Granada, de los años 80, intentábamos salvar las más variadas situaciones comprometidas. Y “lo mismo valía para un roto que para un descosido”. Quiero decir que, con gran probabilidad, lo mismos nos salvaba ante la pregunta de dónde se ubicaba determinado endemismo, como nos servía de colofón, de preámbulo (mientras tomábamos aliento) de cualquier trabajo sobre las características naturales de nuestro territorio andaluz.

Hoy la susodicha francesilla me vuelve a servir para ubicarles a Uds. en el tema que me han propuesto los organizadores de la XLVII Reunión de la SEEP. Pero sobre todo para ubicarme yo misma, con modestia, ante tópicos tan señalados como “Biodiversidad” o “Cambio Global”. Es decir, para hacerlo “en el conjunto de las Sierras Béticas”, sin dejarme arrastrar por la marea de estudios generalistas, teorías, modelos, hipótesis y posiciones personales que hoy inundan la prensa del día-día, y no pocos “papers” de máxima actualidad.

Y nada desdeñable es que hayamos acudido al recuerdo de las Sierra Béticas. Después de todo, Andalucía es una de las regiones más montañosa del continente europeo, y la montaña un buen escenario a la hora de apreciar el significado de muchos cambios. Y el estudio de los pastos y sistemas pastorales (mayoritariamente agrosistemas) un estupendo oficio para acumular observaciones sobre el paisaje, los usos de la tierra, y los cambios de experimentados.

Así, ubicada en la pequeña escala de nuestro trabajo, sea cual sea la contribución que podamos aportar al encargo de la SEEP, mejor será hablar de lo que conocemos y podemos documentar. Y -si se trata de hipotetizar y de recordar consideraciones de tipo general- al menos intentemos no despegarnos demasiado del contexto árido y semiárido en el que venimos trabajando.

## PASTOS SEMIÁRIDOS Y ÁRIDOS

Las zonas de pastoreo, principalmente pastos herbáceos y pastizales, ocupan el 30 % de la superficie terrestre continental. La mayor parte de ellos, alrededor de dos tercios, están situados en las zonas áridas y semiáridas del mundo (UICN, 1999; Le Houérou, 2006). En la Cuenca Mediterránea ocupan el 22% del territorio y en la España Mediterránea el 27% (Ferrer y Broca, 1999). Sin embargo, como indican estos últimos autores, dichas cifras serían mucho mayores si tuviéramos en cuenta el aprovechamiento extensivo que el ganado realiza del monte mediterráneo, más acorde con la definición de pasto que propone la SEEP (Ferrer *et al.*, 2001b): “cualquier producción vegetal (natural o artificial) que proporciona alimento al ganado domestico o salvaje, a diente o como forraje”; en definitiva una cifra final a la que habría que sumar la superficie ocupada por los pastos arbustivos y una parte de los espacios arbolados. Así, incluyendo los pastos leñosos, la superficie de pastos para la Cuenca Mediterránea ocuparía algo más del 50 % de su territorio (Le Houérou, 1991), el 45 % para la España mediterránea (Ferrer y Broca, 1999), y el 51 % para el sudeste peninsular, valor que aún podría ascender al 63 % si sumamos los pastos agrícolas procedentes de barbechos de cereal de secano, recurso muy importante en verano en estos ambientes (Correal *et al.*, 2006). Estos datos ponen en evidencia la potencialidad pastoral de los territorios mediterráneos, que sin embargo, contradice el actual retroceso que sufre el ámbito ganadero extensivo, causado tanto por la fuerte competencia del sector intensivo, cada vez más generalizado, como por la dureza de la misma práctica y el escaso reconocimiento social e institucional (regional, nacional y comunitario) del que es objetivo.

Los pastos y en su conjunto los ecosistemas mediterráneos, están definidos por su clima, caracterizado por una fuerte variación anual y estacional, con veranos secos y calurosos (de 3 a 11 meses) y un período de lluvias durante el semestre invernal (estaciones más frías), en el cual el valor absoluto de las precipitaciones es tan importante como la manera irregular de distribuirse.

El clima mediterráneo presenta un gran amplio rango de subclimas, desde el hiper-húmedo ( $P > 1200$ ) al hiper-árido ( $P < 100$ ), lo que origina una gran diversidad de ecosistemas, que van desde las estepas de los ambientes áridos a los bosques de caducifolios de los climas húmedos e hiper-húmedos, pasando por las formaciones de especies esclerófilas, garrigas y diferentes tipos de matorrales (Le Houérou, 1991) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Zonación bioclimática en la Cuenca Mediterránea (Le Houérou 1991)

Zonas climáticas		Pluviometría media anual (mm)	Relación P/ETP
Hiper-árida		100 > P	0.05 > R
Árida	inferior	200 > P < 100	0.12 > R < 0.05
	media	300 > P < 200	0.20 > R < 0.12
	superior	400 > P < 300	0.28 > R < 0.20
Semiárida		600 > P < 400	0.43 > R < 0.28
Sub-húmeda		800 > P < 600	0.60 > R < 0.43
Húmeda		1200 > P < 800	0.90 > R < 0.60
Hiper-húmeda		P > 1200	R < 0.90



Las áreas más secas de la Península Ibérica se encuentran en el sudeste, en ellas dominan los climas áridos ( $100 > P < 400$  mm) y semiáridos ( $400 > P < 600$  mm), pudiendo aparecer ambientes con clima subhúmedo ( $600 > P < 800$  mm) e incluso húmedo ( $800 > P < 1200$  mm) al subir en la montaña. Las variaciones altitudinales de temperatura y precipitación se refleja en una zonificación de la vegetación (Rivas-Martínez, 1987), estando representados en el sudeste los cinco pisos bioclimáticos descritos para la región mediterránea, del termomediterráneo al crioromediterráneo. Los climas áridos y semiáridos se sitúan, principalmente, en los pisos termomediterráneo y mesomediterráneo.

Las diferencias en temperatura y precipitación en estos pisos, condiciona la producción primaria en cada uno de ellos y la estacionalidad de la oferta forrajera, lo que obliga a la cabaña local a moverse en busca de alimento. Sin embargo esta práctica de trashumancia local o trasterminancia es cada vez menos frecuente, lo que está afectando a la estructura y composición de los pastos.

Abundan las plantas leñosas, esclerófilas y malacófilas, adaptadas a soportar condiciones climáticas extremas y las herbáceas anuales bien adaptadas a la estacionalidad de las lluvias. Por su parte, la continuada intervención del hombre ha moldeado el paisaje actual, creando espacios abiertos en los que coexisten distintas etapas sucesionales, responsables la diversidad estructural resultante.

### Pastos y Producción

Desde el punto de vista de la fisiología vegetal, los factores que afectan a la producción vegetal son los que influyen sobre la fotosíntesis. Los factores los podemos dividir en dos grandes grupos: los inherentes a la planta y los propios del medio donde vive. Entre los factores ambientales destacan la temperatura, la luz, los nutrimentos minerales y la disponibilidad de agua, que según la ley del mínimo de Liebig, afectan al rendimiento de la cosecha en la medida en que depende del elemento nutritivo más débilmente representado (Pianka, 1982).

Los ecosistemas mediterráneos se caracterizan por su baja fertilidad, si bien es la disponibilidad hídrica del suelo lo que limita más la producción primaria neta, e incluso se llega a hablar de síndromes de deficiencia en las plantas (Valladares *et al.*, 2004). En los más áridos esta escasez se hace altamente limitante (Le Houérou, 2006). Es por ello, que para la mayoría de los autores, la precipitación es la variable que mejor predice la producción primaria (Whittaker, 1970). En este sentido, se han propuesto diferentes ecuaciones predictoras de la productividad primaria de los ecosistemas vegetales ( $\text{kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ) a partir de la precipitación media anual (mm) (Passera *et al.*, 2001). Son clásicas las propuestas de Le Houérou y Hoste (1977) para la Cuenca Mediterránea y zonas del Sahel y Sudan (Tabla 2). En la Cuenca Mediterránea se produce  $2 \text{ kg MS ha}^{-1}$  consumible por cada mm de lluvia caída ( $\text{RUE} = \text{kg MS ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$  de agua caída) ó  $0,66 \text{ UF ha}^{-1}$ ; y en la zona del Sahel es algo menor,  $1$  a  $1,4 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$  y  $0,40$  a  $0,56 \text{ UF}$ . No obstante, estos autores indican que, además de la precipitación anual, en la producción influyen otros factores climáticos como la variabilidad de la lluvia, el número de días de lluvia, la duración del periodo seco y de lluvias y la evapotranspiración potencial. Por nuestra parte, en función de nuestra experiencia, hemos encontrado que para las zonas más áridas del sudeste de España el modelo del Sahel es el que mejor se ajusta (Robles *et al.*, 2004).

**Tabla 2.** Regresiones lineales ente producción anual ( $\text{kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ) y precipitación (mm) (Le Houérou y Hoste, 1977)

	Materia seca consumible	Materia seca total
Cuenca Mediterránea	$y = -103.72 + 2.17 x$	$y = -414.89 + 8.68 x$
Zonas Sahel y Sudan	$y = 42.17 + 1.03 x$	$y = 105.42 + 2.58 x$

Ahora bien, estas ecuaciones son satisfactorias, sobre todo cuando se compara de manera global la producción media anual de una misma zona ecológica y geográfica, y no tanto cuando se usan para predecir la productividad del forraje en un año concreto a partir de la cantidad de lluvia caída en ese año. En este caso, el resultado depende más de la distribución real de las lluvias que de la cantidad total recogida (Le Houérou *et al.*, 1988). Así, para estos ambientes se ha podido ver que las precipitaciones tempranas (caídas en invierno), son determinantes de la producción anual (Navarro *et al.*, 2003). No obstante, para pastos arbustivos, se ha observado que las variaciones de cobertura influyen también mucho en la oferta de los pastos arbustivos (Passera *et al.*, 2001).

En todo caso, tendríamos que reconocer que no existen muchos datos acerca de la productividad de los pastos leñosos, principalmente debido a la falta de tradición en su estudio, a la dificultad que entraña medir la producción primaria consumible de estos y a la diversidad de comunidades vegetales que existen. A esto hay que sumar los cambios en estructura y composición que producen los distintos tipos de manejo a que estén sometidas. De hecho, para una misma zona ecológica, la productividad puede variar entre uno a cinco veces, incluso más (Le Houérou, 1980). Para las zonas semiárida, de acuerdo al tipo de vegetación y a la condición del pasto la producción consumible varía de 200 a 1500 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Le Houérou, 1975, 1980). Debido a problemas de accesibilidad e el manejo de los animales, durante el pastoreo, se estima que sólo pueden consumir un 50 % de lo producido, y se consideran medias de producción de: 500-600 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para zonas semiáridas; de 600-800 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para las zonas subhúmedas; de 800-1200 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para húmedas y de 1220-2000 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para las hiperhúmedas. No obstante, si consideramos que la producción consumible en las zonas áridas es de 1-1,4 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> (Le Houérou y Hoste, 1977; Le Houérou 1980), se estima que la producción anual de los pastos arbustivos variaría entre 100-140 a 400-560 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Aunque, en algunas situaciones los pastos pueden alcanzar cifras superiores de 9,5-4,6 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>.

### Pastos y diversidad

En la Cuenca Mediterránea los grandes cambios climáticos, producidos a lo largo de su historia geológica, han favorecido la pervivencia de especies de muy diversa procedencia (Díaz *et al.*, 2003 en ecosistemas). Durante los períodos glaciales del cuaternario, el mediterráneo actuó como zona de refugio y centro de especiación de la flora actual, lo que probablemente colaboró a su gran diversidad (Blanca *et al.*, 1999; Valladares *et al.*, 2004), mientras que la acción del hombre, sobre todo a partir de la revolución neolítica, no ha cesado de influir en el paisaje (Le Houérou, 1991). Todos estos factores han contribuido a la gran diversidad de los ambientes mediterráneos haciendo difícil que se pueda pensar en una flora y vegetación original.

Los paisajes que queremos proteger hoy día son mayoritariamente de origen antrópico (Ferrer y Broca, 1999; San Miguel 2003) y han llegado hasta nuestros días como consecuencia de diversas perturbaciones en las que el papel del hombre ha sido determinante: agricultura, extracción de leña y sobre todo incendios, pastoreo etc. (Noy-Meir, 2005). Un ejemplo clásico de ello es el modelo agrosilvopastoral de la dehesa, que destaca por sus elevados niveles de diversidad (Díaz *et al.*, 2003; San Miguel, 2003), próximos a los encontrados en los bosques tropicales (Marañón 1991).

Como apuntan algunos autores (Monserrat y Fillat, 1990; González-Rebollar *et al.*, 1998; Noy-Meir *et al.*, 1989) no es posible entender el paisaje vegetal actual, sin tener en cuenta las relaciones entre las plantas y los animales, ni olvidar que sus pastos han evolucionado junto a herbívoros salvajes y domésticos. Ambos, herbívoros y pastos, presentan una historia evolutiva común, puestas de manifiesto a través de adaptaciones acumulativas que hablan claramente del impacto del herbívoro (Naveh y Whitaker 1979; Milchunas *et al.*, 1988). De hecho, Naveh y Whitaker (1979) ponen de manifiesto cómo en zonas de reserva excluidas al pastoreo se redujo drásticamente su

diversidad vegetal: las especies perennes altas, árboles y arbustos aumentaron su cobertura, en detrimento de las heliófilas bajas, las cuales contribuían positivamente a la mayor riqueza del pasto. Este empobrecimiento ha sido denominado por algunos autores como «desiertos verdes» (Ferrer y Broca, 1999).

Respecto a la relación diversidad-productividad hemos de indicar que existen diferentes opiniones, muchas de ellas opuesta. Reyes-Benayas (2001) destaca cómo esta relación es lineal a grandes escalas, mientras que a escalas locales está condicionada por otros factores (drenaje y topografía). En este sentido, cabe destacar la teoría de Milchunas et al. (1988) que señala que la respuesta estructural y funcional de los pastos depende de su historia de pastoreo y de la humedad del medio (Milchunas et al., 1988; Milchunas y Lauenroth, 1993). En el caso de los pastos áridos y semiáridos mediterráneos su elevada diversidad podría explicarse por su larga historia de pastoreo. Las adaptaciones de las especies al pastoreo son convergentes a las producidas por la falta de agua (portes rastreros y de poco tamaño), de tal forma que el aumento del pastoreo, incluso a cargas elevadas, sólo disminuye la diversidad moderadamente. En cambio, los pastos con una corta historia de pastoreo, como son los pastos subhúmedos de la pampa Argentina, o los templados de Australia, donde las plantas no presentan estas adaptaciones sino portes desarrollados, el pastoreo llega a reducir la diversidad, aún con cargas moderadas (Milchunas et al., 1988; Noy-Meir, 2005).

En nuestro ámbito geográfico, para pastos arbustivos se ha observado que la diversidad fue mayor en pastos con cargas medias de pastoreo (Pueyo et al., 2003 y 2005). Esta respuesta estaría más relacionada con la hipótesis de Paine (1966) que predice que los máximos de diversidad corresponden a niveles medios de perturbación; y según Grime (1979) estas intensidades intermedias llevan asociadas los máximos de productividad. En el caso del pastoreo, las intensidades medias limitarían la dominancia de las especies por el espacio y la luz, y favorecerían la coexistencia de mayor número de especies (Noy-Meir, 2005).

En definitiva, cabría conducir que la respuesta de los pastos a la herbivoría, tanto en diversidad como en producción, puede ser muy diferente de unos casos a otros, y depende no sólo de factores ambientales sino también de la carga ganadera y de la propia historia de uso de ese territorio. Por ello, ante estas diversas circunstancias, para lograr resultados sostenibles en la conservación de los pastos es imprescindible llevar a cabo una adecuada planificación del pastoreo.

### Pastos del sudeste peninsular

Son pastos leñosos, dominados por matorrales de nanofanerófitos y caméfitos caracterizados por leguminosas y labiadas; si bien, en las situaciones menos alteradas y/o húmedas los podemos ampliar a los bosques dominados por quercineas. En las condiciones más áridas abundan los pastos herbáceos de *Stipa tenacísima* y matorrales de caméfitos. Cuando la acción antrópica ha sido menos intensa se desarrollan matorrales altos (*Quercus coccifera*, *Rhamnus alaternus*,...), frecuentemente relegados a las laderas más altas y escarpadas, que son situaciones difíciles de cultivar y de poco interés para el hombre (Alados et al., 2004; Pueyo et al., 2006a).

La Tabla 3 muestra la producción forrajera (kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) de nuestros pastos, considerada como la fracción que puede consumir el ganado sin que produzca deterioro a la planta (alrededor del 50 % de su producción anual) (Le Houérou y Hoste, 1987), la energía metabolizable (MJ MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), calculada a partir de la digestibilidad de la materia orgánica de los pastos (Robles et al., 2001; Robles y González-Rebollar, 2006; Boza et al., 2008), y la diversidad florística referida a las especies leñosas. Son datos que mayoritariamente provienen de nuestros proyectos de investigación (Boza et al., 1998; González-Rebollar, 2006).

**Pastos arbolados.** Como ocurre en el resto del territorio mediterráneo español la formación arbórea dominante es el encinar de *Quercus ilex* subsp. *ballota*, presente principalmente en el piso mesomediterráneo y supramediterráneo, aunque en condiciones de mayor humedad puede aparecer en el piso termomediterráneo, siempre a partir de 350- 400 mm anuales de precipitación (Robles y González Rebollar 2006). En los dos pisos basales es frecuente la presencia de *Pinus halepensis*. Cuando aumenta la precipitación, por encima de 600 mm de precipitación anual (ambientes subhúmedos y húmedos), a menudo al subir en montaña (1200- 1400 m hasta los 1900-2000 m) se desarrollan bosques de *Q. pyrenaica* Willd. y/o *Q. faginea* Lam.

**Tabla 3.** Pastos semiáridos y áridos del sudeste peninsular: cobertura del estrato arbustivo (%), producción forrajera (PF, kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), energía metabolizable disponible (EMD, MJ ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), diversidad de leñosas (SH, bits)

Tipos de pasto	Cobert. (%)	PF Herbácea	PF Leñosas	PF Total	EMD MJ ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	SH bits
<b>Pastos arbolados</b>						
<i>Arbolado denso</i>						
<sup>1</sup> Pinar	> 50	s/VP*	s/VP	s/VP	s/VP	-
Encinar	70-50	72-192	920-1552	1024 -1745	3632-8397	1,3-1,7
Robledal	50-100	259-816	695-1240	1499 -1981	7888-12 197	1,2-2,4
Mezcla de quercíneas	50	373	1404	1778	8699	2,2
Mezcla de frondosas	2 1-75	373-482	429-3509	911- 881	3558-14 775	0,8-1,7
Mezcla de coníferas frondosas	> 50	-	-	612	2075	-
<i>Arbolado ralo</i>						
<sup>1</sup> Pinar	35-50	245-260	1290-1361	1535-625	3110-4670	-
Encinar	46-65	210-380	924-255	1280-2613	3630-5150	1,8-2,2
Robledal	6-15	293-545	83- 59	560-1005	2480-4792	1,5-2,5
<b>Pastos arbustivos</b>						
<i>De alta montaña</i>						
Enebral-sabinar	40-100	210-763	781- 765	1200 -5328	4704-20 703	1,3-2,6
Piornal	28-100	202-662	1433-3296	1635 -3776	3530-14 515	0,3-2,2
<i>Permanente de zonas subdesérticas</i>						
Matorral de <i>Ziziphus lotus</i>	20-60	-	164-576	540- 1285	1756-4780	0,7-2,4
Matorral de <i>Periploca laevigata</i>	45-70	-	-	170 - 475	489-971	1,9-2,3
Matorral <i>Chamaerops humilis</i>	50-70	-	-	441- 1951	1045-4482	2,0-2,3
Lentiscares	40-70	-	-	253 - 955	1682-2600	2,9
<i>Seriales alto nivel evolutivo</i>						
Coscojar	45	-	-	985	7864	
Espinar caducifolio	55	-	-	2030	4 487	
Escobonal	85	455	2 810	3265	11 415	1,6
Retamal	10-40	460-890	450-1025	1485 - 2030	8780-9320	0,7-2,25

Tipos de pasto	Cobert.	PF	PF	PF	EMD	SH
	(%)	Herbácea	Leñosas	Total	MJ ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	bits
<i>Seriales bajo nivel evolutivo</i>						
Aulagares	50-60	168-452	300-2290	748- 450	2455-5707	1,9-2,9
Boli nares	30-60	40-577	330-670	370-1245	1235-4340	2,2-2,4
Albaidar	18-65	270- 470	160-665	430-1090	1775-4245	1,2-2,4
Romeral	20-60	68-415	667-1580	290- 760	490-4310	1,5-2,8
Tomillar	12-40	185-410	190-1150	840-1460	1037-4 076	1,2-2,8
<i>Azonales</i>						
Tarayales	20	-	-	287	784	
Matorral halófitos	75		1	149	1494	0,2
Matorral halonitrófilo	20-40	-	-	203-710	672-710	2,2
Matorral gipsófilo	30	-	-	301	411	2,5-2,6
<b>Pastos herbáceos</b>						
<i>De Puerto</i>						
Pastizal psicroxerófilo	15 -20	466-638	-	466-638	1557-3076	
Borreguil	90 -100	506-2245	-	506-2245	2 113-6062	
<i>Xeromesofítico</i>						
Lastonar	20 - 80	32 -1103	-	327-1390	1423-3387	
Espartal	25 - 51	211-521	-	211-521	560-1457	0,8-2,8
Terofíticos	-	156-403	-	156 -2403	236-5498	
<b>Pastos agrícolas naturalizados</b>						
<sup>2</sup> Naturalizados de <i>Opuntia</i>	20		-	2784-3544	8215-15 309	2,4-2,6

\* s/VP VP = sin valor pastoral

1 Pinares de repoblación,; 2 Incluye *Opuntia maxima* y/o con pastos naturales

Tanto en las condiciones secas como en las más húmedas se ha observado, cuando se abren las formaciones arbóreas, un aumento de producción del estrato herbáceo, de la capacidad de carga ganadera y de la diversidad florística (ver pastos arbolados: encinares y robledales en la Tabla 3). Este hecho es bien conocido en los sistemas silvopastorales mediterráneos y un buen ejemplo es la dehesa española y portuguesa, cuyo manejo va dirigido a aumentar la producción del pasto herbáceo realizando claras del estrato arbóreo y eliminando el matorral.

Los pinares de repoblación presentan similar comportamiento, las claras facilitan la entrada de luz y el desarrollo de especies herbáceas y arbustivas, posibilitando su uso pastoral (Tabla 3). Fernández-García (1995) encontraron que la diversidad florística de pinares de repoblación fue siempre mayor en formaciones abiertas que en densas del piso supramediterráneo (0,75-3,05 bits formaciones claras vs 0,58-1,74 bits formaciones densas) y mesomediterráneo (0,63-2,95 bits formaciones claras vs 0,61-2,11 bits formaciones densas). Papanastasis (1996) señala que la producción forrajera disminuye con el aumento de densidad de árboles. Considera idóneas para aprovechamiento silvopastoral las formaciones arbóreas con cobertura menores del 40 %, debido al dominio de herbáceas y arbustos. Este mismo autor encuentra que pinares de *Pinus pinaster* con densidades bajas (300 pies ha<sup>-1</sup>) muestran menor producción que los más densos (600 y 1200 pies ha<sup>-1</sup>) (Papanastasis et al., 1995).

En todo caso, la relación entre capacidad de carga y producción no es lineal necesariamente, y pastos con mayor producción pueden presentar capacidad de carga inferior a otros de menor producción, debido a diferencias en el valor nutritivo de las especies que los forman. Por ejemplo, esto se puede observar en algunos robledales y encinares (Tabla 3).

**Pastos arbustivos.** Los pastos arbustivos de alto nivel evolutivo aparecen como consecuencia de la degradación del bosque, o en situaciones ambientales que limitan su desarrollo, como son las comunidades permanentes de ladera o bajo condiciones climáticas más séricas. Los bosquetes mediterráneos y subdesérticos están compuestos por arbustos altos (> 2 m) muy apetecidos por el ganado. La especie más característica es *Q. cocciferae* y son frecuentes *Olea europaea* var. *sylvestris*, y *Juniperus oxycedrus*, acompañadas por otras, según los casos (*Phyllirea angustifolia*, *P. media*, *Rhamnus alaternus*, *R. lycioides*...). En condiciones áridas son característicos los palmitares de *Chamaerops humilis*, azufaihares de *Ziziphus lotus*, cornicales de *Periploca laevigata* y lentiscares de *Pistacea lentiscos*, presentando mayor producción y energía metabolizable las dos primeras (Tabla 1). La baja preferencia del ganado por la especie *P. lentiscus* determina el escaso valor pastoral de los lentiscares, si bien se puede observar consumida cuando existe sobrepastoreo. Respecto a la diversidad, nuestros datos muestran que todas ellas presentan valores similares, con valores máximos entre 2,3-2,4 bits. La tendencia de todas es a disminuir la diversidad cuando aumenta la cobertura.

Los pastos compuestos por leguminosas de porte retamoide se encuentran entre los más productivos (Tabla 3). En matorrales abiertos es siempre importante la contribución del estrato herbáceo, que incluso en ambientes áridos, puede alcanzar producciones cercanas a 900 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en años. *Retama sphaerocarpa* es un recurso pascícola de gran interés para zonas áridas y semiáridas, por el apreciable valor nutritivo de su fruto y ramón (PB: 15,90; EM: 10, 41 MJ kg MS del ramón), así como por estar presente en las estaciones de menor oferta forrajera. La diversidad y tendencia de estos pastos es similar a las observadas en las comunidades arbustivas altas de zonas subdesérticas, aunque se constata el bajo valor de retamares en situaciones de poca cobertura y zonas muy pastoreadas (0,7 bits).

De todos los pastos de la Tabla 3 los piornales de alta montaña y enebrales-sabinares son los que muestran mayor producción y capacidad de carga ganadera. Sin embargo, cuando la cobertura es muy alta la capacidad de carga se reduce, ya que al cerrarse el matorral queda muy limitado el acceso de los animales. Los enebrales-sabinares alcanzan la mayor oferta forrajera y capacidad de carga cuando aumentan la cobertura de los piornos y disminuye la de enebros y sabinas. Las especies que dominan estos pastos son *Genista versicolor*, *Cytisus galianoi*, *Erinacea anthyllis*, *Hormathophylla spinosa*, *Juniperus sabina*, *Juniperus communis*. Respecto a la diversidad florística del estrato arbustivo la Tabla 3 muestra máximos entre 2,2 y 2,6 bits, mayores para enebrales-sabinares que para piornales. Los valores más bajos (0,3-1 bits) se ha encontrado en piornales en los que la carga ganadera actual es menor que la que soportaron en otras épocas (González-Rebollar, 2006).

Los pastos de bajo nivel evolutivo muestran rangos muy similares, aunque son los aulagares (domina *Ulex parviflorus*) los que alcanzan las mayores valores, tanto de producción, energía metabolizable (EM), como diversidad (Tabla 3). Respecto a la producción y EM, los mínimos los presentan los tomillares, y ocasionalmente los bolinares y romerales, especialmente cuando se desarrollan sobre sustratos rocosos (Tabla 3). En el caso de los tomillares nitrófilos (campos en abandono) la producción media de herbáceas puede llegar a 1100 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en zonas de montaña y de 825 MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en el piso termomediterráneo cuando el año ha sido climatológicamente bueno (Robles et al., 2004). La diversidad máxima ha sido de 2,9 (aulagar) y 2,8 (tomillar y romeral).

El manejo adecuado de los romerales y albardares, mediante pastoreo o poda, puede aumentar el número de ramas, hojas y flores, y por tanto la producción forrajera (Alados et al., 1996; Escos

et al., 1996; Robledo et al., 2001). De modo, que el abandono de estas actividades llevan al envejecimiento de las comunidades vegetales y a la pérdida del recurso.

Las comunidades de sustratos ricos en sales, son las que presentan menor producción (Tabla 3). Sin embargo, gran parte de las especies que los integran, son de la familia Chenopodiaceae (*Atriplex halimus*; *A. glauca*, *Salsola oppositifolia*; *Salsola vermiculada*, *Suaeda vera*, *S. pruinosa*), y destacan por su alto contenido en proteína bruta y minerales (Barroso et al., 2005). Frecuentemente, las especies del género *Atriplex* han sido utilizadas como arbustos forrajeros, tanto en España como en otras partes de la Cuenca Mediterránea y muestran una buena implantación en campo y respuesta positiva al pastoreo (Correal et al., 2006; Ruiz-Mirazo et al., 2007). Respecto a la diversidad hemos de destacar la baja diversidad (0,2 bits) encontrada en matorrales halófilos densos (80 % recubrimiento) en los que prácticamente domina una única especie, *Sarcocornia fruticosa* (75 %) (Boza et al., 1998).

**Pastos herbáceos.** Los pastos de herbáceas que hemos estudiado con mayor producción y energía metabolizable son los de alta montaña, situados por encima de 2000 m en Sierra Nevada (Tabla 3), con clima subhúmedo y húmedo. Destacan los pastos del piso crioromediterráneo: los borreguiles compuestos por *Nardus stricta*, *Festuca frigida*, *Agrostis canina*, *Carex nigra*, *Trifolium repens subsp. nevadense* entre otros, y los pastos psicroxerófilos dominados por gramíneas duras del género *Festuca* (*F. indigesta*, *F. clementeii*) (Tabla 3). Tradicionalmente, estos pastos han sido utilizados en verano por los rebaños trashumantes, pero el abandono de los usos ligados a esta práctica, ha tendido como consecuencia la reducción de la superficie borreguiles y la consecuente sobrecarga en los colindantes, originando el deterioro de los mismos y una reducción de la producción de alrededor 1500 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, se ha pasado de algo más 2000 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> a cerca de 600 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (González-Rebollar, 2006).

En pisos inferiores (principalmente meso y supramediterráneo) se desarrollan los lastonares y otros pastos xeromesofíticos de gramíneas duras (*Festuca scariosa*, *F. histrix*, *Helictotricho filifolium*, *Brachypodium retusum*, *Corinephorus* sp, etc.) con medio o bajo valor nutritivo, que se mejoran con la presencia de otras especies como *Koeleria* sp., *Dactylis hispanica subsp. glomerata*, *Avenula* sp. En la mayoría de los casos estos pastos aparecen entre el matorral y no presentan grandes coberturas, por lo que su producción no es muy alta. En tales condiciones los lastonares de *F. scariosa* llegan a presentar como máximo algo más de 1100 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y los pastos xeromesofíticos de *Dactylis glomerata* 1390 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Robledo et al. (2007), miden producciones mayores para los lastonares de *B. retusum*, 2612- 8664 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en el primer año de corte y 656- 1748 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, para el segundo año de corte. Esta diferencia puede ser debida al acumulo materia muerta en el primer corte. Para los pastos de *Dactylis glomerata*, estos autores encuentran producciones de 752- 2208 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

El espartal de *Stipa tenacissima* es el pasto dominante en muchas zonas áridas y semiáridas. El valor energético de esta comunidad es bajo (560-1457 MJ ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>), debido a que la mayor parte de su producción anual no es consumible. Cuando el pastoreo es conservador, los animales sólo consumen los rebrotes anuales de invierno, con producciones bajas, 211 y 521 kg MS ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>. Robledo et al. (2007), encuentran producciones mayores 1500 kg MS ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>, probablemente debido a que incluyen la producción anual de hojas. Con todo, la diversidad florística de los espartales presentan un rango muy amplio (0,8-2,8 bits) dependiendo de la cobertura, la carga animal y el piso bioclimático. Pueyo et al. (2006b) señalan para espartales (coberturas superior a 60%) del parque natural de Cabo de Gata valores próximos (2,4-2,8 bits) a los máximos encontrados por nosotros en estos mismos ambientes.

Cuando las condiciones climáticas son favorables, los pastos anuales pueden llegar a tener producciones mayores de 2000 kg MS ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>, incluso en los ambientes más áridos del Parque Natural de Cabo de Gata (Robles et al., 2004).

**Pastos agrícolas naturalizados.**- Las plantaciones de *Opuntia maxima* tienen gran importancia en estos ambientes áridos y semiáridos principalmente por el aporte de agua (92 %) y de carbohidratos (68,6% MS). Se ha determinado para caprinos una energía metabolizable de 7,9 MJ kg<sup>-1</sup> MS. La mayoría de los casos esta especie se ha naturalizado bien y se integra fácilmente con las especies autóctonas del monte. El rendimiento potencial de una plantación de chumberas en zonas áridas es de 5 a 10 t MS ha<sup>-1</sup> de forraje. Pero, cuando se naturaliza con las restantes especies del monte, las producciones son menores 2500-3000 kg MS ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> (Boza et al., 2008).

Como síntesis de los datos presentados en la Tabla 3, hemos de destacar la importancia del estrato leñoso en la producción forrajera total de los pastos áridos y semiáridos. En general, la contribución de las especies leñosas a la oferta forrajera es elevada, mayor al 60 %; y sólo en algunos robledales abiertos (38 % cobertura) y en comunidades de etapas iniciales de la sucesión como son los tomillares nitrófilos (25%- 40 % cobertura) han mostrado valores inferiores al 50 %.

En relación a la diversidad florística de las leñosas se observa que las estructuras abiertas presentan mayor diversidad que las cerradas, y esta diferencia es más manifiesta en encinares que en robledales. Los pastos arbustivos llegan a alcanzar máximos superiores a 2 bit, destacando los aulagares con un rango de 1,9-2,9 y los lentiscares de 2,9 bit. El valor más bajo se ha encontrado en saladares con elevada cobertura de *Sarcocornia fruticosa* (0,2 bit).

### Algunas sorpresas relacionadas con nuestros estudios

En las líneas anteriores hemos querido recoger un conjunto de estudios y consideraciones sobre los pastos y las actividades ganaderas de los pastos áridos y semiáridos de nuestro entorno. Pero poco de esto sabíamos en 1986, cuando iniciamos nuestras primeras evaluaciones de pastos en una pequeña zona piloto de la Sierra de los Filabres (Robles, 1990). De hecho, investigar sobre la diversidad de los pastos no estaba entonces en el centro de nuestro interés: no podía estarlo. La necesidad de documentar bien la flora del lugar, identificar de ella los recursos pascícolas más relevantes, estudiar sus fenología, evaluar sus características nutricionales, caracterizar los pastos y medir su oferta forrajera, fueron desde el primer momento aspectos inexcusables. Como lo fue desarrollar una metodología propia, adaptada a las peculiaridades de los pastos leñosos del sudeste español y capaz de suministraros datos de todo ello. No obstante, a lo largo de más de dos décadas de investigación han ido apareciendo sorpresas sobre los pastos leñosos del sudeste y sus consumidores. Señalaremos algunas de ellas, que han servido para hacernos revisar nuestra creencia generalizada de que los usos ganaderos extensivos van en contra de la conservación del medio natural. De hecho, lo primero que nos llamó la atención fue documentar un catálogo florístico de casi 300 especies botánicas en apenas cien hectáreas.

El análisis retrospectivo (mediante fotografías aéreas) de la evolución de la cubierta vegetal de nuestra zona piloto, en relación con los cambios de uso en los últimos 32 años (Robles et al., 1997), constató que el abandono de muchas parcelas cerealistas en beneficio de una ganadería extensiva con cabra, no sólo limitó los riesgos de erosión sino que propició la recuperación de los matorrales seriales, protectores frente a la erosión y a la vez interesantes desde el punto de vista pascícola. Las fotografías aéreas de 1956 a 1988 mostraron con claridad un aumento de la cobertura vegetal (pastos arbustivos), que pasó de un 36% en 1956 a un 78% en 1988. Todo ello coincidiendo con el cambio de ganadería, de ovino asociada a barbechos y rastrojeras (1956), a caprino extensivo que aprovechaba el matorral.

Por su parte, el estudio que se realizó para determinar la capacidad de carga ganadera de la finca, evidenció como ésta respuesta favorable, obedecía al manejo conservador que el ganadero realizaba, ajustando la carga ganadera (0,72 animales ha<sup>-1</sup>) a la capacidad de carga de los pastos (0,94 animales ha<sup>-1</sup>) (Robles, 1990).



El hecho, que las especies arbustivas dominantes del matorral se encontraran entre las más apetecidas por el ganado (Barroso *et al.*, 1995) no afectó a la recuperación de estos pastos ni a su diversidad, especialmente de los dominados por *Anthyllis cytisoides*, *Artemisia barrelieri* y *Thymus baeticus*, que presentaron valores de 3,5 y 4 bits, inalcanzable en nuestras latitudes y en condiciones no perturbadas (González Rebollar *et al.*, 1998). Por su parte, los estudios realizados por Alados *et al.* (1996) y Escós *et al.* (1996) sobre simulación del pastoreo en albarda (*Anthyllis cytisoides*), muestran como el pastoreo intermedio favorece el desarrollo de esta especie, tanto en hojas, tallos y producción de semillas. Incluso, con pastoreo intenso se observa aumento de la longitud de inflorescencias y número de flores (Escós *et al.*, 1996), pauta que se repite en la producción de semillas cuando los individuos son senescentes. Estos autores sugieren que, la presión selectiva que los herbívoros han realizado a lo largo del tiempo, puede haber jugado un papel importante en la adaptación, de *Anthyllis cytisoides* al herbivorismo, y probablemente en otras especies de interés forrajero del área.

Los albardares presentan un gran interés ganadero. Son comunidades pioneras que se instalan rápidamente tras el abandono de los cultivo y probablemente han sido mantenidas por el pastoreo. Junto a los argumentos mencionados anteriormente, esta hipótesis se puede apoyar en los resultados obtenidos en el seguimiento de parcelas excluidas al ganado durante ocho años (Robles *et al.*, 1997). La tendencia general de la dinámica vegetal fue aumentar la cobertura y la fitomasa total hasta alcanzar un umbral de 90-92% de recubrimiento, a partir de aquí la fitomasa total comenzó a descender. Esta disminución afectó de forma más marcada en *Anthyllis cytisoides* y *Artemisia barrelieri*., especies dominantes y preferidas por el ganado.

El rápido aumento de la cobertura y fitomasa en los primeros año, al cesar el pastoreo, podría deberse a la respuesta compensatoria de las plantas ante el estrés motivado por el herbivorismo (McNaughton, 1983; Soriano, 1988; Alados *et al.*, 1996). Aunque claramente, a medio plazo se observa un mayor incremento de la lignificación de los individuos, que parece afectar más a las especies forrajeras dominantes (*Anthyllis cytisoides* L. y *Artemisia barrelieri*).

En otro orden de cosas, estudios posteriores realizados por nosotros en la Sierra Nevada (Laujar de Andarax, Almería), desautorizaron también el planteamiento simplista que enfrentan las prácticas de reforestación con las de pastoreo (Robles *et al.*, 1994). Se compararon, en términos de oferta forrajera, diversidad florística y capacidad de carga, zonas desarboladas de composición florística diferentes, (dominados por *Ulex parviflorus* o *Erinacea anthyllis*), con zonas arboladas (encinares naturales y pinares de repoblación) objeto de distinto tratamiento silvícola (formaciones abiertas y cerradas). El estudio permitió ver que los pastos *desarbolados* presentaron la mayor diversidad florística, oferta forrajera y capacidad de carga, seguidos en importancia por los encinares abiertos. Entre las formaciones arboladas las estructuras abiertas (adehesadas) dieron cifras de receptividad ganadera más altas que las cerradas, y los encinares más que los pinares, aunque los encinares cerrados y los pinares en mosaico presentaron valores equivalentes. Únicamente los pinares densos eran inhábiles para el aprovechamiento pascícola. En el caso de las repoblaciones el estudio puso de manifiesto cómo las opciones mixtas en mosaico (árboles con matorral) minimizan las pérdidas de capacidad de uso, mostrando la compatibilidad de los usos ganadero y el forestal. En definitiva, el uso múltiple que es propio de los sistemas silvopastorales mediterráneos.

La dispersión es otro proceso de gran importancia para el reclutamiento y el mantenimiento de las poblaciones vegetales (Willson, 1992). Los primeros trabajos que realizamos en la provincia de Almería ya nos reveló el conocimiento que tienen los pastores sobre la responsabilidad del ganado en la dispersión de ciertas especies. Sobre como especies que no eran propias de un territorio, aparecían en él tras el traslado de animales desde otras zonas en las que tales plantas eran habituales. Estas observaciones han sido sobradamente contrastadas en muchos estudios sobre los pastos de dehesa y el efecto de la movilidad y redileo de los animales. El traslado y encierro del ganado durante varias noches en un cercado o redil, enriquece en materia orgánica humificable y nutrientes el suelo por medio de las deyecciones que aporta (Montero *et al.*, 1998). Durante el

traslado los animales transportan y dispersan gran número de semillas. En esta línea, varios de nuestros trabajos sobre endozoocoría han puesto de manifiesto la efectividad del ganado en la dispersión de plantas productoras de frutos secos, que en algunos casos pueden alcanzar valores de recuperación de semillas ingeridas entre 30%-50 % (*Cistus monspelliensis*, *Helianthemum violaceus*, *Fumana ericoides*, *Trigonella polyseratia*, *Medicago sativa*) (Robles et al., 2005; Ramos et al., 2006a, b). Esta efectividad depende del tiempo de retención de las semillas en el tracto digestivo, lo que permite la dispersión hasta lugares alejados, pero también de la dureza de las cubiertas, que protege a las semillas durante el proceso digestivo (Malo et al., 2000; Russi et al., 1992).

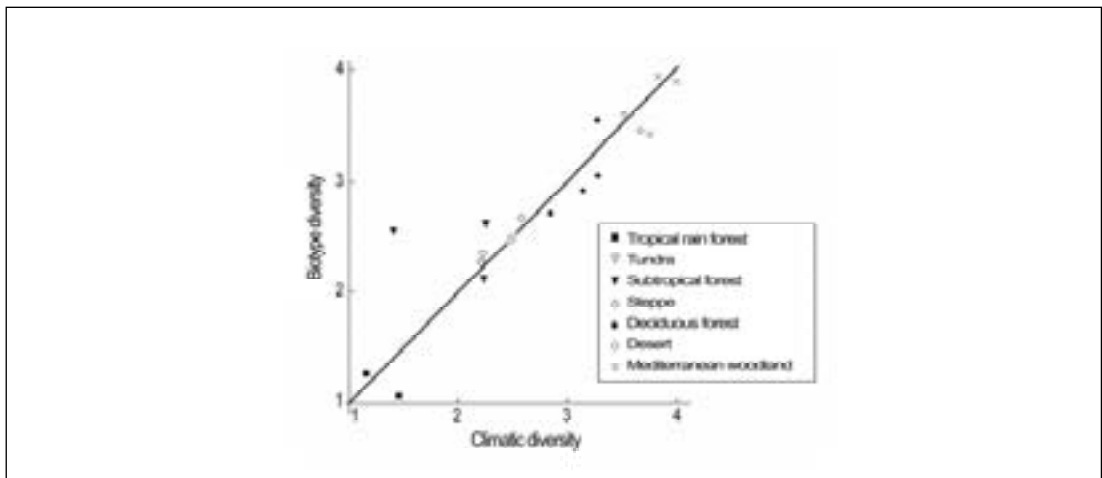
En el monte mediterráneo abundan las especies leguminosas, ésta se caracteriza por la dificultad a germinar debido a la dormancia física impuesta por la dureza de las semillas. En algunas de ellas hemos podido comprobar como el paso de las semillas por el tracto digestivo facilita su germinación: *Anthyllis cytisoides* (Ibáñez y Passera, 1997), *Coronilla juncea* (Robles et al., 2002) y *Adenocarpus decorticans* (Robles et al., 2005), En todos los casos se incrementó el porcentaje de germinación respecto al control. También otros trabajos, ponen de manifiesto el papel positivo de la exozoocoría en la dispersión de semillas por el ganado (Traba et al., 2001).

## EN RELACIÓN AL CAMBIO GLOBAL

Respecto a las grandes generalidades sobre *Biodiversidad* o *Cambio Global* es muy probable que casi todo haya sido dicho ya (pocos serán los colegas de esta reunión que no estén al corriente), y de manera magistral muchas de ellas han quedado recogidas en anteriores Reuniones Científicas (Ferrer y Broca, 1999, 2001; Mannetje, 2006; Soussana y Lüscher, 2006) o en la revista *Pastos* (Ferrer et al., 2001a). Por lo tanto poco sentido tendría (así nos lo parece), volver a insistir en las mismas “generalidades”. Al contrario, entiendo yo que quizá tenga mayor interés desarrollar aquí algunas consideraciones propias, sobre aspectos de producción, diversidad y cambios de uso, surgidos de nuestros trabajos en Andalucía Oriental.

Es un tópico, entre naturalistas, destacar la riqueza y diversidad de Andalucía. El 60% de la flora española y el 63% de nuestros vertebrados están presentes aquí: en lo que aproximadamente es el 15% del territorio nacional. La gran diversidad orográfica y geológica, unidas a la multiplicidad de condiciones fitoclimáticas que configuran suelo, relieve y exposición, junto a la larga historia de su pasado natural y ocupación humana, hacen de esta tierra un mosaico en el que no es raro que casi medio millón de hectáreas sean “hábitats prioritarios” (buena parte de ellos “exclusivos”), o que cerca de 1.800.000 hectáreas sean “hábitat de interés comunitario” (Junta de Andalucía, 2005).

**Figura 1.** Relación entre la diversidad climática y la diversidad de biotopos en siete biomas del mundo (Pianka 1982).

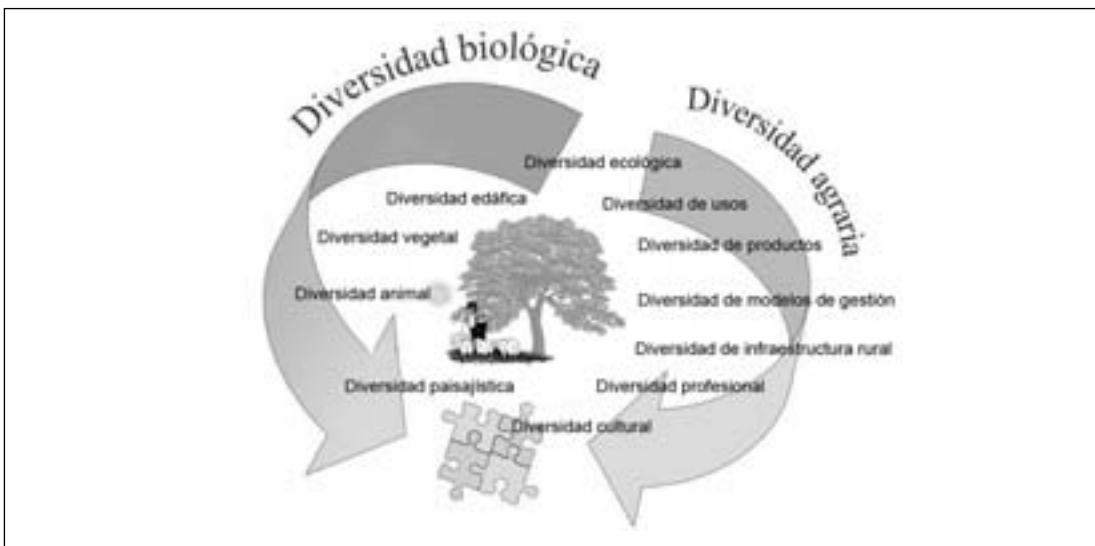


Pianka (1982), en su análisis sobre las correlaciones existentes entre la *Diversidad climática* y la *Diversidad de tipos biológicos* (Figura 1), muestra bien los máximos mediterráneos. Pero, más allá de la mención genérica a la riqueza de los paisajes, no ha sido tan ponderado lo que los naturalistas han subrayado de los espacios agrícolas, o del entorno pastoral. En ambos se veía, más bien, un mundo anacrónico y un buen conjunto de ejemplos de degradación, o de prácticas rurales contraproducentes, desarrolladas por una población campesina enemiga de todo propósito de conservación. En definitiva tierras y sistemas escasamente valorables. Sobresaliendo por su excepcionalidad al respecto -como todos sabemos- las llamadas de atención, ¡ya desde los años 50!, del Dr. Pedro Montserrat Recorder.

Hoy, las cosas ya no se ven así. Pero aún era así como se veían, mayoritariamente, a principios de los 80: cuando completamos nuestro paso por la universidad. Es más, nosotros mismos las veíamos así cuando empezamos a trabajar en el programa LUCDEME, cuyas siglas y contexto hacía explícita referencia a la “lucha contra la desertificación”, enmarcando (para nosotros) el sentido potencialmente “desertificador” de las prácticas ganaderas, cuyos estudios iniciábamos en aquellos años.

Pero las observaciones de campo y los estudios ayudan a matizar las cosas; y así, un esquema como el que recoge la Figura 2 ayuda a revisar gran parte de las interrelaciones en las que se mueven (o se han movido) las prácticas ganaderas más extensivas y tradicionales.

**Figura 2.** Relaciones de la ganadería extensiva y diversidad



No obstante -hecha la salvedad de Montserrat, cuyo magisterio personal ha impregnado a cuantos han trabajado con él o le hemos conocido- quizá deberíamos reconocer que, entre los primeros que advirtieron las consecuencias del abandono rural en las pérdidas del patrimonio natural de nuestro entorno, no estuvieron (o –mejor dicho- no estuvimos) la mayoría de los botánicos. Fueron ecólogos, pascólogos, y –relevantemente- un grupo de ornitólogos de la SEO, preocupados por las aves esteparias, los primeros en hacerlo. Son sus advertencias sobre la incidencia de las perturbaciones y de los perturbadores en la ecología y conservación de muchos sistemas naturales o seminaturales las que más han estado contribuyendo a los cambios de visión.

Lo ha hecho, incluso, buena parte del movimiento ecologista, reconociendo alianzas, e intereses comunes, con el mundo agrario. El monográfico sobre *Ganadería y Naturaleza*, que publicó la revista *Quercus* en 1995, en homenaje a D. Miguel Ángel García Dory, es un buen ejemplo de lo

que decimos; recordándonos en su editorial la importancia que tuvieron, en ese despertar a la realidad de nuestro entrono, personas como M. Ángel García Dory y Fernando González-Bernaldez (Quercus, 1995).

En definitiva, hoy (como hemos señalado en alguna ocasión) muchos aspectos agrarios se revalorizan a la luz de una concepción integrada de la gestión de los recursos; muchos se saben, o se intuyen, fuertemente relacionados con la preservación de elementos naturales, culturales o emocionales, cada vez más apreciados; las relaciones entre la protección del entorno y la calidad de vida cobran un significado cada vez mayor para el ciudadano, y éste, profundamente arraigado en uno de los entornos más antropizados del planeta, empieza a comprender la dependencia existente entre algunos valores y recursos que desea preservar y los usos agrarios del territorio. (González-Rebollar *et al.*, 1998).

Destaca, entre tales usos, la implicación de las prácticas ganaderas en paisajes tan diferenciados como los sotos, “bocages”, y dehesas de las tierras medias, o los ejidos y marismas del litoral. Espacios entrelazados por una tupida red de cañadas, cordeles y veredas que relaciona entre sí las teselas del mosaico rural de Andalucía.

Es relevante la incidencia de los animales sobre características del suelo que pueden verse traducidas en un mosaico de condiciones edáficas muy diversas: “positivas”, unas, en términos de fertilización y movilización de nutrientes; “negativas”, otras, en términos de erosión y compactación; pero relevantes ambas (positivas y negativas) en la heterogeneidad resultante. Y si, como por ejemplo, algunos trabajos de geología parecen indicar, gran parte de los “borreguiles” de Sierra Nevada no alcanzan los 2000 años de antigüedad (Esteban, 1996), no estaría de más interrogarse –como hace el propio autor– sobre el favorecimiento de las actividades ganaderas en la extensión de estos humedales montanos, cuya conservación, y la de su patrimonio natural asociado, se muestra tan altamente dependiente de ciertas técnicas tradicionales de captación y aprovechamiento de acuíferos.

Respecto a la diversidad animal asociada a prácticas ganaderas no basta con recordar el extenso patrimonio de razas y animales domésticos seleccionados por el hombre para la explotación ganadera, pues de hecho, crecen en importancia las implicaciones de la ganadería, y las consecuencias de su abandono, en la conservación de hábitats y recursos de gran importancia para la pervivencia de predadores, carroñeros, esteparios, etc.

Desde el punto de vista botánico, cada vez hay más estudios en los que se destaca el papel de los animales domésticos en la biología, fisiología, composición, dinámica, riqueza y diversidad de nuestra flora. Y respecto a nuestra contribución, veremos más adelante algunos ejemplos.

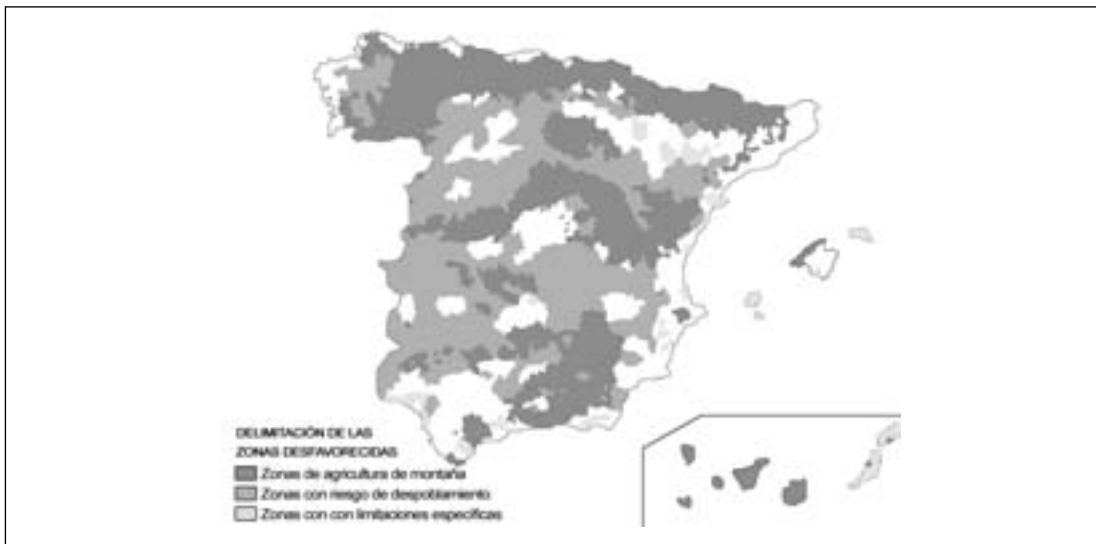
Pero lo que más hemos querido destacar en la figura 2 es cómo, este complejo conjunto de interacciones “vivas” y “funcionales” que están en la base de lo que podemos denominar “Diversidad Biológica” y “Biodiversidad” es absolutamente indisociable del conjunto de acciones e interacciones humanas, agrarias y culturales que lo generan. La propia Política Agraria Común (PAC) ha reconocido esta importancia, y determinados programas de la Unión Europea son un ejemplo del reconocimiento otorgado a muchos sistemas agrarios conservadores del paisaje y la biodiversidad (Díaz-Pineda, 2004).

Montserrat y Fillat (1990) destacan que hablar de lo mediterráneo es hacerlo de un mosaico de condiciones naturales, variables en tiempo y espacio, al que se ha ajustado un mosaico cultural de agronomías integradas en el paisaje. Novas (1989) habla de que no se puede conservar la cubierta vegetal y la naturaleza en su conjunto sin la presencia de una población suficiente en el medio rural, y Bardají y Moreno (1989) que el agricultor desempeña o podría desempeñar, dos funciones simultáneas: una, productiva y, al mismo tiempo, una de protección del medio ambiente y desarrollo rural.

Pero hoy el 30% de las razas ganaderas del mundo están en riesgo de extinción (Barker, 1999) y el incremento en la competencia por el uso de espacios y recursos pastorales es una amenaza para la diversidad genética global. De modo que un mapa como el de la Figura 3 formaliza bien nuestros interrogantes antes las consecuencias del abandono rural.

La entrada de España en la CEE supuso la calificación de *Zonas Desfavorecidas* de un 63,7% de su superficie agrícola útil (SAU), y afectó a un 36,9% de su población (MAPA, 1990). En Andalucía estas cifras representan el 69,9% y el 49,7%, respectivamente. De los 8,7 millones de hectáreas de Andalucía, más de la mitad (4,9 millones) son terrenos rústicos, y de ellos casi otro 50% están cubiertos por matorrales y eriales: el 43% de esta cifra la aportan Almería-Granada-Jaén. La entrada supuso además la calificación de zonas de agricultura de montaña de 2870 municipios españoles, que en Andalucía fueron 327 (Gómez, 1987), con una superficie de 3820 788 ha. Es decir, el 43.8% del suelo andaluz. De esta superficie, el 72%, corresponde a Almería, Granada, Jaén y Málaga (Salas, 1989)

**Figura 3.** Áreas desfavorecidas en España



En todo caso, agricultura y biodiversidad todavía tienen que recorrer un largo camino junto. La relación entre agricultura y conservación se percibe a menudo como origen de conflictos. Pero esta percepción puede modificarse si se establece un nuevo marco conceptual que combine el funcionamiento de la agricultura y los sistemas ecológicos Baudry (2003),

Nos recordaba Alfonso San Miguel en su ponencia a la XLIII Reunión Científica de la SEEP, en Granada, cómo, España, posee el más amplio y valioso catálogo vivo y funcional de sistemas agroforestales de Europa, albergando un patrimonio biológico y cultural de incalculable valor (San Miguel, 2003). Me gusta recordar este párrafo por los dos adjetivos que el autor elige: “vivo” y “funcional”, términos, ambos, enormemente importantes en momentos como los actuales en los que tantas cosas están muriendo a nuestro alrededor (Leakey y Lewin, 1997) y tanto apremia la búsqueda de respuestas vivas y funcionales a la pérdida de patrimonio (Loreau, 2002).

El cambio climático y los cambios en los usos del suelo son los dos principales componentes de denominado “Cambio Global” (Global Change). Pero no deja de ser sorprendente (al menos lo es para mí) la prevalente atención que recibe el primero de los acontecimientos, frente a la mención colateral, como de pasada, que toca al segundo. Se diría que es mucho lo que podemos hacer respecto al primero. A ello somos convocados diariamente con todo el ruido mediático disponible

y desde las más diversas esferas (ciencia, política, ingeniería, religión, etc.). En cambio, respecto al segundo apenas algunas tibias reflexiones lastimeras. Se diría que bien poco podamos hacer: *estas cosas siempre han sido así, el hombre ha cambiado los usos de la tierra conforme a sus posibilidades y necesidades,...* Nos perderíamos en la páginas de la historia si quisiéramos documentar los cambios acaecidos desde el pasado, que –sin duda– seguirán ocurriendo en el futuro: *¡qué le vamos a hacer!, etc., etc.*

Y, sin embargo, es precisamente nuestra documentada capacidad y experiencia para lo segundo lo que nos hace muy responsables de la desatención con la que afrontamos los problemas de cambio de usos de la tierra.

Así que no estará de más recordar la gran experiencia que tenemos al efecto y lo mucho que sí podemos hacer. En lo que a nosotros atañe, como investigadores de los pastos y sistemas silvo-pastorales, lo que podemos hacer va más allá de las simples llamadas de atención. La preservación y gestión de los espacios naturales, la calidad y seguridad de los productos alimentarios y la salvaguarda del patrimonio natural y cultural, forman parte de los objetivos de nuestro tiempo (PAS-TOMED, 2007). Colaborar a su logro, mediante iniciativas de I+D capaces de revertir el abandono rural y la pérdida de valor de tierras, recursos pastorales y razas ganaderas, es algo que sí podemos hacer. Al menos eso sí lo podemos hacer.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDOU, H. A., 2008. *Fonctionnement des ecosystèmes Méditerranéens*. <http://www2.ac-toulouse.fr/mesoe/pdf/conf03.pdf>
- ALADOS, C.L.; BARROSO, F.G.; AGUIRRE, A; ESCOS, J.M., 1996. Effects of early season defoliation on further herbivore of a Mediterranean brows species. *Journal of Arid Environments*, 34, 455-463.
- ALADOS, C. L.; PUEYO, Y.; BARRANTES, O.; ESCOS, J.; GINER, L.; ROBLES, A.B., 2004. Variations in landscape patterns and vegetation cover between 1957 and 1994 in a semiarid Mediterranean ecosystem. *Landscape Ecology*, 19, 543-559.
- BARDAJÍ, I.; MORENO, C., 1989. *La Política Agrícola Común*. Mundi-Prensa. 126 pp. Madrid (España).
- BARKER, J. S. F, 1999. Conservation of livestock breed diversity. *Animal Genetic Resources Information*, 25: 33-43.
- BARROSO, F.G ; PEDREÑO, A.; MARTÍNEZ, T.; ROBLES A.B; GONZÁLEZ-REBOLLAR, J.L, 2005. Potencialidad de las especies C4 como alimento para el ganado en repoblaciones de zonas semiáridas, 351-357. En: *Producciones agroganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural*. Eds. OSORO, K.; ARGAMENTERÍA, A; LARRACELETA, A. Ed. SERIDA. Gijón (España).
- BARROSO, F.G.; ALADOS, C.L.; BOZA, J., 1995. Food selection by domestic goats in Mediterranean arid shrublands. *Journal of Arid Environments*, 31, 205-217.
- BAUDRY, J. 2003. Agricultura, paisaje y conectividad. En *Conectividad Ambiental: las áreas protegidas en la cuenca mediterránea*, 71-82. Ed. GARCÍA MORA, R. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. 400 pp. Sevilla (España).
- BLANCA, G.; CABEZUDO, B.; HERNÁNDEZ-BERMEJO, J.E.; HERRERA, C.M.; MOLERO, J; MUÑOZ, J.; VALDÉS, B., 1999. *Libro rojo de la flora silvestre amenazada de Andalucía. Especies en peligro de extinción*, Vol 1. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Sevilla (España)

- BOZA, J.; ROBLES, A.B.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, A.; BARROSO, F.G.; FERNÁNDEZ-REBOLLO, P.; TERRADILLOS, A.; 1998. Análisis de los pastos y evaluación de la capacidad sustentadora del Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar. Informe Proyecto Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Sevilla (España).
- CORREAL, E.; ROBLEDO, A.; RIOS, S.; RIVERA, D., 2006. Mediterranean dryland mixed sheep-cereal systems. *Grassland Science in Europe*, 11, 14-27.
- DÍAZ-PINEDA, F. 2004. Procesos de intensificación agrícola, abandono de áreas rurales y conservación de la naturaleza. En: *Medidas Agroambientales y Sistemas Ganaderos en Europa, su contribución a la conservación de los paisajes culturales*, 17-36. Ed. BUNCE, R. G. H.; PÉREZ SOBA, M. ; ELBERSEN, B. S.; PRADOS, M. J. ; ANDERSEN, E.; BELL, M.; SMEETS, P. M. A. Consejería de Agricultura y Pesca. 261 pp. Junta de Andalucía. Sevilla (España).
- DÍAZ, M.; PULIDO, F.J.; MARAÑÓN, T. 2003. Diversidad biológica y sostenibilidad ecológica y económica de los sistemas adehesados. *Ecosistemas*, <http://www.aeet.org/ecosistemas/033/investigacion4.htm>.
- ESCOS, J.M.; BARROSO, F.G; ALADOS, C.L ;GARCIA, L., 1996. Effects of simulated herbivory on reproduction of a Mediterranean semi-arid shrub (*Anthyllis cytisoides*). *Acta Oecologica*, 17 (2), 139-149.
- ESTEBAN, A. 1997. Evolución del paisaje nevadense durante los últimos 1.500 años a partir del análisis polínico de borreguiles. En: *Sierra Nevada. Conservación y Desarrollo sostenible (IV)*, 251-273. Eds. CHACÓN MONTERO, J.; ROSÚA, J.L. Universidad de Granada y Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla (España).
- FERNÁNDEZ-GARCÍA P., 1995. Aprovechamiento silvopastoral de un agrosistema mediterráneo de montaña en el Sudeste Ibérico. Evaluación del potencial forrajero y la capacidad sustentadora. Tesis Doctoral, Universidad de Granada.
- FERRER, C.; BROCA, A., 1999. El binomio agricultura – ganadería en los ecosistemas mediterráneos. Pastoreo frente a desierto verde. *Actas de la XXXIX Reunión Científica de la SEEP*, 307-334. SEEP. Almería (España).
- FERRER, C.; BARRANTES, O.; BROCA, A., 2001a. La noción de biodiversidad en los ecosistemas pascícolas españoles. *Pastos*, 31(2), 129-184.
- FERRER C.; SAN MIGUEL A.; OLEA L. 2001b. Nomenclator básico de pastos en España. *Pastos*, 31 (1), 7-44.
- GÓMEZ, C.; RAMOS, E; SANCHO, R., 1987. La política socioestructural en zonas de agricultura de montaña en España y en la C.E.E. MAPA. 178 pp. Madrid (España).
- GONZÁLEZ-REBOLLAR, J. L.; ROBLES CRUZ, A. B.; BOZA, L. 1998. Sistemas pastorales. En: *Agricultura Sostenible*, 555-574. Eds. JIMÉNEZ DÍAZ, R.M.; LAMO DE ESPINOSA, J. Mundi-Prensa. Madrid (España).
- GONZÁLEZ-REBOLLAR, J.L., 2006. Caracterización, análisis y dinámica de los sistemas silvopastorales del Parque Nacional de Sierra Nevada. Informe Proyecto O.A.P.N. 015/2002. 2004-2006.
- GRIME, J. P. 1979. *Plant strategies and vegetation processes*. John Wiley and Sons. 222 pp. New York (USA).

- IBAÑEZ, A.; PASSERA, C.B., 1997. Factors affecting the germination process of albaída (*Anthyllis cytisoides* L.) a forage legume of the Mediterranean Coast. *Journal of Arid Environments*, 35: 225-231.
- JUNTA DE ANDALUCÍA, 2005. *Plan de Medio Ambiente de Andalucía 2004-2010*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. 248 pp. Sevilla. (España).
- LEAKEY, R. E.; LEWIN, R., 1997. *La Sexta Extinción*. Tusquets Eds. 296 pp. Barcelona (España).
- LE HOUÉROU, H.N., 1975. The natural pastures of North Africa; types, production, productivity, and development. 41-56. *International Symposium on Range Inventory and Mapping in Tropical Africa*. Bamako (Mali).
- LE HOUÉROU, H.N., 1980. *Browse in Northern Africa*. International Livestock Centre for Africa, ILCA. Addis Ababa, (Ethiopia).
- LE HOUÉROU, H.N., 1991. Le Méditerranée en l'année 2050 : Impacts respectifs d'une éventuelle évolution climatique et de la démographie sur la végétation, les écosystèmes et l'utilisation des terres. *La Météorologie*, 36, 4-37.
- LE HOUÉROU, H.N., 2006. Environmental constraints and limits to livestock husbandry in arid lands. *Sécheresse*, 17 (1-2), 10-18.
- LE HOUÉROU, H.N.; HOSTE, C.H., 1977. Rangeland production and annual rainfall relations in the Mediterranean Basin and in the African Sahelian and Sudanian zones. *Journal of Range Management*, 30, 181-189.
- LE HOUÉROU, H.N.; BINGHAM, R.L.; SKERBEK, W., 1988. Relationship between the variability of primary production and the variability of rain annual precipitation in world arid lands. *Journal of Arid Environments*, 15, 1-18.
- LOREAU, M.; NAEEM, S.; INCHAUSTI, P., 2002. *Biodiversity and ecosystem functioning*. Oxford University Press. 312 pp. Oxford (U.K).
- MALO, J.E.; JIMÉNEZ, B.; SUÁREZ, F., 2000. Herbivore dunging and endozoochorous seed deposition in a Mediterranean dehesa. *Journal of Range Management*, 53, 322-328.
- MANNETJE L.T. Climate change and grasslands through the ages –an overview. *Grassland Science in Europe*, 11, 733-738.
- MAPA, 1990; Aplicación de la P.A.C. en España: Campaña 1989-90. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General Técnica. 355 pp. Madrid (España).
- MARAÑÓN, T. 1991. Diversidad en comunidades de pasto mediterráneo: modelos y mecanismos de coexistencia. *Ecología*, 5, 149-157.
- MCNAUGHTON, S. J., 1983. Compensatory plant growth as a response to herbivory. *Oikos*, 40: 329-336.
- 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.
- 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.



- MONTERO, G.; SAN MIGUEL, A.; CAÑELLAS, I., 1998. Sistemas de selvicultura mediterránea. La dehesa. En: *Agricultura Sostenible*, 519-5574. EDS. JIMÉNEZ DÍAZ, R.M.; LAMO DE ESPINOSA, J. Mundi-Prensa. Madrid (España).
- MONTERRAT, P. y FILLAT, F.; 1990. The systems of grassland management in Spain. En: *Manager Grasslands*, Cap. 3, 37-70. Ed. BREYMEYER, A. Elsevier Science Publishers. Ámsterdam.
- NAVARRO, F.B.; JIMÉNEZ, M.N.; RIPOLL, M.A.; BOCIO, I.; GALLEGO, E.; DE SIMON, E., 2003. En: *Pastos desarrollo y conservación*, 449-454. Eds. ROBLES, A.B.; RAMOS, M.E.; MORALES, M.C.; DE SIMÓN, E.; GONZÁLEZ-REBOLLAR, J.L.; BOZA, J.L. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla (España).
- NAVEH, Z.; WHITTAKER, R. H. 1979. Structural and floristic diversity of shrublands and woodlands in northern Israel and other Mediterranean regions. *Vegetatio*, 41, 171-190.
- NOVAS, A.; 1989. *El Sector Forestal y la CEE. Serie Comunidad Económica Europea*. ICONA-MAPA. 387 pp. Madrid. (España).
- NOY-MEIR, I., 2005. Producción ganadera y conservación de la biodiversidad: conflictos y soluciones. III Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales Naturales. 6 pp. Córdoba (Argentina).
- NOY-MEIR, I.; GUTMAN, M.; KAPLAN, Y. 1989. Responses of Mediterranean grasslands plants to grazing and protection. *Journal of Ecology*, 77, 290-310.
- PAINE, R.T. 1966. Food web complexity and species diversity. *American Naturalist*, 100, 65-75.
- PAPANASTASIS, V., 1996. Silvopastoral systems and range Management in Mediterranean region. En: *Western European silvopastoral systems*, 143-156. Ed. ETIENNE, M. INRA. Paris (France).
- PAPANASTASIS, V.; KOUKOURA, Z.; ALIFRAGIS, D.; MAKEDOS, I., 1995. Effects of thinning, fertilization and sheep grazing on the understorey vegetation of *Pinus pinaster* plantations. *Forest Ecology and Management*, 77, 181-189.
- PASSERA C.B.; GONZÁLEZ-REBOLLAR J.L.; ROBLES A.B.; ALLEGRETTI L.I., 2001. Determinación de la capacidad sustentadora de pastos de zonas áridas y semiáridas del sureste ibérico, a partir de algoritmos. En: *Biodiversidad en pastos*. 611-618. Ed. SEEP. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación Generalitat Valenciana. Alicante (España).
- PASTOMED, 2007. *El pastoreo mediterráneo: una pieza clave para el desarrollo sostenible de nuestros territorios*. Maisson Régionale de l'Élevage. 30 pp. Manosque (France).
- PIANKA, E.R. 1982. *Ecología Evolutiva*. Omega. 365 pp. Barcelona (España).
- PUEYO, Y.; ALADOS, C. L.; BARRANTES, O., 2006a. Determinants of land degradation and fragmentation in semiarid vegetation at landscape scale. *Biodiversity and Conservation*, 15, 939-956.
- PUEYO, Y.; ALADOS, C. L.; FERRER-BENIMELI, C., 2006b. Is the analysis of plant community structure better than common species-diversity indices for assessing the effects of livestock grazing on a Mediterranean arid ecosystem? *Journal of Arid Environment*, 64, 698-712.
- QUERCUS, 1995. Un año sin Miguel Ángel García Dory. Nº 107 (Editorial)
- RAMOS M.E.; ROBLES, A.B.; CASTRO, J., 2006a: Efficiency of endozoochorous seed dispersal in six dry-fruited species (Cistaceae): from seed ingestion to early seedling establishment. *Plant Ecology*, 185, 97-106.

- RAMOS M.E.; ROBLES A.B.; RUIZ-MIRAZO J.; CARDOSO J.A.; Y GONZÁLEZ REBOLLAR J L, 2006b. Effect of gut passage on viability and seed germination of legumes adapted to semiarid environments. *Grassland Science in Europe*, 11, 315-317.
- REY-BENAYAS, J.M. 2001. Diversidad de plantas en comunidades mediterráneas. Regularidades, procesos e implicaciones del cambio global. En: *Ecosistemas mediterráneos. Análisis funcional*, 391-422. Eds. PUGNAIRE, R., ZAMORA, R. AEET/CSIC. Madrid (España).
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., 1987. Memoria y mapas de series de vegetación de España. ICONA. Madrid (España).
- ROBLEDO, A.; RÍOS, S.; CORREAL, E, 2001. Influencia del grado de aprovechamiento sobre la estimación de biomasa en cinco poblaciones de *Rosmarinus officinalis* L. En: *Biodiversidad en pastos*, 576- 586. Ed. SEEP. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación Generalitat Valenciana. Alicante (España)
- ROBLEDO A.; MARTÍNEZ A.; MEGIAS M.D.; ROBLES A.B.; ERENA M. GARCÍA P.; RÍOS S y CORREAL E. (2006). Productividad y Valor Nutritivo de los pastos. Cap.5. En: *Tipificación, cartografía y evaluación de los recursos pastables de la región de Murcia, Serie Informes*. Eds. CORREAL, E.; ROBLED, A.; ERENA M. Consejería de Agricultura y Agua. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (España).
- ROBLES, A.B., 1990. Evaluación de la oferta forrajera y capacidad sustentadora de un agrosistema semiárido del sureste ibérico. Tesis Doctoral. Universidad de Granada (España).
- ROBLES, A.B.; FERNANDEZ, P.; MORALES, C, 1994. Pastoralismo, diversidad florística y silvicultura mediterránea. *Paralelo*, 37,16:79-84.
- ROBLES, A.B.; PASSERA, C.; ALLEGRETTI, L.I, 1997. Dinámica de los albardares en áreas excluidas al pastoreo del sudeste español (Sierra de los Filabres, Almería). *XVI Jornadas de fitosociología. Vegetación y cambios climáticos*. Almería (España).
- ROBLES, A.B.; GONZÁLEZ-REBOLLAR, J.L; PASSERA, C.B; BOZA, J., 2001. Pastos de zonas áridas y semiáridas del sureste ibérico. *Archivos de Zootecnia*, 50, 501-515.
- ROBLES, A.B.; ALLEGRETTI L.I.; PASSERA, C.B., 2002. *Coronilla juncea* is both a nutritive fodder shrub and useful in the rehabilitation of abandoned Mediterranean marginal farmland. *Journal of Arid Environments*, 50: 381-392.
- ROBLES, A.B.; GONZÁLEZ, A.; GONZÁLEZ-REBOLLAR, J.L., 2004. Biomasa aérea y digestibilidad de pastos herbáceos en el parque natural de Cabo de Gata-Níjar (Almería). En: *Pastos y Ganadería Extensiva*. 455-459. Ed. GARCÍA B.; GARCÍA, A.; VAZQUEZ DE ALDANA, B.R.; ZABALGOGEAZCOA, I. SEEP. Salamanca (España).
- ROBLES, A.B.; CASTRO, J.; GONZÁLEZ- MIRAS, E., RAMOS, M.E., 2005. Effect of ruminal incubation and goat ingestion on seed germination of two legume shrubs: *Adenocarpus decorticans* boiss. and *Retama sphaerocarpa* (L.) Boiss. *Options Méditerranéennes, Serie A*, 67, 111-115.
- ROBLES, A B; GONZALEZ REBOLLAR, J. L. 2006. Les parcours arides et bétail du sud-est de l'Espagne. *Sécheresse*, 17, 309-313.
- RUIZ-MIRAZO, J.; ROBLES, A.B.; RAMOS, M.E ; CARDOSO, J.A.; VAREL, E.; GONZÁLEZ-REBOLLAR, J.L, 2007. Efecto del pastoreo sobre una plantación de *Atriplex halimus* L. En: *Los sistemas forrajero. Entre la producción y el paisaj*, 226-233. Eds. PINTO, M.; AIZPURUA, A.; ALBIZU, A.; ALDEZABAL, A.; MENDARTE S.; RUIZ, R. SEEP. Vitoria-Gasteiz (España).

- RUSSI, L.; COCKS, P.S.; ROBERTS, E.H., 1992. The fate of legume seeds eaten by sheep from a Mediterranean grassland. *Journal of Applied Ecology*, 29, 772-778.
- SALAS, F., GONZÁLEZ, P.M., ZAMORA, R. COLLADO, R., 1989. *Plan Forestal Andaluz*. IARA. Junta de Andalucía. 389pp. Sevilla (España).
- SAN MIGUEL, A. 2003. Gestión Silvopastoral y Conservación de Espacios y Espacios Protegidos. En: *Pastos, Desarrollo y Conservación*, 409-421. Eds. ROBLES, A.B.; RAMOS, M.E.; MORALES, M.C.; DE SIMÓN. E.; GONZÁLEZ-REBOLLAR, J.L.; BOZA, J.L. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla (España).
- SORIANO, A., 1988. El pastoreo como disturbio: consecuencias estructurales y funcionales. *Ciencia e Investigación*, 42: 132-139.
- SOUSSANA J.F.; LÜSCHER, A., 2006. Temperate grassland and global atmospheric change. *Grassland Science in Europe*, 11, 739-748.
- TRABA, J; LEVASSOR, C.; PECO, B., 2001. Dispersión de semillas por adhesión en pastizales mediterráneos. Una aproximación experimental. En: *Biodiversidad en pastos*. 129-134. Ed. SEEP. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación Generalitat Valenciana. Alicante (España).
- UICN, 1999. La diversidad biológica de ecosistemas de zonas secas, mediterráneos, áridos, semi-áridos, de pastizales y sabanas. [http://www.iucn.org/themes/pbia/wl/docs/biodiversity/sbstta4/drylands\\_s.pdf](http://www.iucn.org/themes/pbia/wl/docs/biodiversity/sbstta4/drylands_s.pdf).
- VALLADARES, F.; CAMARERO, J.J.; PULIDO, F.; GIL-PELEGRÍN, E., 2004. El bosque mediterráneo, un sistema antropizado y cambiante. En: *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. 13-26. Ed. F. VALLADARES. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid (España).
- Wells, T. C. E. 1969. Botanical aspects of conservation management of chalk grasslands. *Biology Conservation*, 2, 36-44.
- WHITTAKER, R.H., 1970. *Communities and ecosystems*. Mac-Millan. New York (USA).
- WILLSON, M.F., 1992. The ecology of seed dispersal. En: *Seeds. The ecology of regeneration in plant communities*, 61-85. Ed. M. FENNER. CAB International, Wallingford (UK).

## ARID AND SEMIARID RANGELANDS: PRODUCTION, DIVERSITY AND GLOBAL CHANGE

### ABSTRACT

This paper comprises some general issues about the natural and agricultural context in arid and semiarid Mediterranean pastures. We include most of our studies concerning to shrublands characteristics: composition, production and diversity; which have been developed in the oriental sector of Andalusia for more than 20 years. This work is concluded with some personal considerations about the changes in the land uses, mainly due to rural abandonment, and its incidence in the global change. Pastoralism may provide alternatives to the land abandonment, which is the main feature of less-favoured pastoral agrosystems.

**Key words:** shrublands, southeastern Spain.



## SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE SEMILLA BLANDA EN POBLACIONES SILVESTRES DE ZULLA (*HEDYSARUM CORONARIUM* L)

E. M. CÓRDOBA<sup>1</sup>, J. I. CUBERO<sup>2</sup>, F. PEREA<sup>3</sup>, B. ROMÁN<sup>1</sup> Y S. NADAL<sup>1</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> Departamento de Genética. E.T.S.I.A.M., Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba. <sup>3</sup> Área de Producción Agraria. IFAPA Centro “Las Torres-Tomejil” Ctra. Sevilla-Cazalla km 12,2 Apdo. 41200 Alcalá del Río, Sevilla.

### RESUMEN

Un total de 18 líneas de zulla (*Hedysarum coronarium* L.), 15 poblaciones silvestres recogidas en la provincia de Cádiz y tres cultivares comerciales, fueron evaluadas para su proporción en semilla blanda-dura en condiciones controladas de cámara de crecimiento. Para tal determinación se procedió a evaluar la germinación tanto de semilla descascarillada como de semilla sin descascarillar de 10 individuos de cada población, con 10 semillas de cada individuo, según un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones. Las semillas se colocaron sobre papel de filtro humedecido con agua destilada en placas de 12x12 cm. a temperatura constante de germinación de 15°C y un régimen de 12 horas de luz y 12 de noche. Se contaron las semillas que germinaron a los 4, 7 y 14 días. Un total de 10 genotipos de las poblaciones naturales han sido seleccionados por presentar altos valores de germinación.

**Palabras clave:** leguminosas forrajeras, agricultura sostenible

### INTRODUCCIÓN

La zulla (*Hedysarum coronarium* L) es una planta herbácea perenne (cf. Valdés, Flora ibérica vol. X, 2000) bianual de la familia de las leguminosas, originaria del W de la cuenca Mediterránea (Talamucci, 1998) y utilizada desde antiguo como planta productora de forraje para alimentación animal bien a diente, bien como heno o ensilado (Valente et al., 1999). Su profundo sistema radical la ha adaptado a alternativas de secano, llegando a producciones de más de 30.000 kg/ha de forraje verde (MAPA, 2003), superando en estas condiciones a cualquier otra especie forrajera.

Sin embargo, debido a que es una especie en la que apenas se ha realizado labor de mejora vegetal, estando aún a medio domesticar, presenta características propias de plantas silvestres, características que tendrán que ser mejoradas para un mayor aprovechamiento.

Entre estas características se encuentra la alta proporción de semilla dura, semilla con la cubierta impermeable, capaz de sobrevivir varias campañas de cultivo especialmente en ambientes caracterizados por lluvias imprevisibles en cantidad y distribución, logrando la persistencia de la leguminosa en condiciones silvestres (Sulas et al.; Taylor y Ewing, 1988). Bajo condiciones de domesticación, ésta es una cualidad no deseable, obligando al agricultor a aumentar la dosis de

siembra a valores exagerados, con objeto de asegurar una mínima nascencia e implantación en el terreno; se recomiendan valores alrededor de 30 kg de semilla descascarillada por hectárea, lo cual suponen unas 1000 semillas por metro cuadrado (Ewing et al., 2006).

Por lo tanto un primer objetivo a la hora de hacer mejora en la especie será el de seleccionar genotipos con alta proporción de semilla blanda, fácilmente germinable, dando un paso más si se consiguen líneas de alto valor de germinación con semilla sin descascarillar, ya que así el propio agricultor-ganadero podría producir su propia semilla sin tener que trillarla, que al ser ésta de tan pequeño tamaño requiere de maquinaria específica.

Con estas premisas, el objetivo que se planteó fue el de evaluar la proporción existente en las poblaciones silvestres recolectadas de semillas blandas y duras, estudiando su germinación a los cuatro, siete y catorce días, con las semillas descascarilladas y sin descascarillar (con vaina). El fin último será el de seleccionar aquellos genotipos con alto valor de germinación, lo cual implica una mayor proporción de semilla blanda producida, para ser incorporados en el programa de mejora de la especie.

## MATERIALES Y METODOS

Un total de 15 poblaciones de zulla, recolectadas por el mismo equipo en la provincia de Cádiz, junto con tres variedades comerciales 'Carmen', 'Comercial' y 'Grimaldi'(usadas como testigos) han sido los materiales vegetales estudiados en este trabajo.

De cada población-variedad, se tomaron 10 individuos al azar y de cada individuo 10 semillas para evaluar la germinación tanto de semillas desnudas como de semillas vestidas, según un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones.

Las semillas desnudas y las semillas vestidas se colocaron sobre papel de filtro humedecido con agua destilada, en placas petri de 12 x 12 cm y se mantuvieron a una temperatura constante de germinación de 15°C, y a un régimen de 12 horas luz y 12 horas noche (Ewing et al., 2006).

Paralelamente se contaron las semillas desnudas y las vestidas que germinaron a los 4, 7 y 14 días según el criterio acordado por la International Seed Testing Association.

Se realizó el análisis de la varianza y de comparaciones de valores medios (LSD), según el diseño anteriormente expuesto, con los datos de germinación obtenidos entre poblaciones y dentro de cada población.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los valores medios obtenidos para el porcentaje de germinación de las distintas líneas ensayadas a los cuatro, siete y catorce días, tanto con la semilla descascarillada como sin descascarillar.

Diferencias significativas entre las poblaciones, tanto en semilla descascarillada como sin descascarillar han resultado para la germinación a los cuatro, siete y catorce días. En el ensayo con la semilla descascarillada, se han identificado cuatro poblaciones (Hc-3, Hc-6, Hc-26 y Hc-30) con altos valores medios de germinación, valores muy superiores al resto de ecotipos evaluados y similares a los obtenidos en las líneas comerciales, lo cual los sitúa ventajosamente sobre éstos por su mayor adaptación en sus entornos específicos. Sin embargo, en el ensayo realizado con la semilla sin descascarillar, los valores medios obtenidos son muy reducidos, alcanzado solamente la población Hc-26 valores en torno al 7%, valor que casi dobla a los obtenidos por las variedades comerciales.

Analizando las poblaciones individualmente, encontramos una gran variabilidad intrapoblacional para los valores de germinación alcanzados. En la Tabla 2 se muestra a modo de ejemplo los valores obtenidos dentro de la población Hc-3 (para semilla descascarillada). Se observan diferencias significativas entre los diez individuos evaluados con valores de germinación que van desde prácticamente el 60% hasta el 0%.

A la vista de los resultados obtenidos, un total de 10 individuos de las poblaciones silvestres han sido seleccionados por su alto valor de germinación y llevados a cultivo en campo en condiciones controladas de polinización, con objeto de seleccionar para alto valor de germinación.

**Tabla 1.** Valores medios de germinación en semilla descascarilla y semilla sin descascarillar, a los 4, 7 y 14 días desde comienzo de imbibición en condiciones controladas de cámara de cultivo, de poblaciones silvestres y cultivares comerciales de *Hedysarum coronarium* L.

POBLACIÓN/ CULTIVAR	SEMILLAS DESCASCARILLADAS % germinación						SEMILLAS SIN DESCASCARILLAR % germinación					
	4 días	GH	7 días	GH	14 días	GH	4 días	GH	7 días	GH	14 días	GH
Hc-3	21.3±3.9	A	23±3.8	A	24.3±4.1	BC	2.3±1.2	A	4.6±2.1	AB	5.3±2.1	B
Hc-4	0.6±0.4	GH	2.6±0.9	E	7.6±1.6	GHI	0±0	D	0.3±0.3	EF	1.3±0.6	CD
Hc-6	8±2.5	DE	10±2.5	C	24±2.6	AB	0±0	D	0.3±0.3	EF	0.3±0.3	D
Hc-9	0.6±0.4	GH	3±0.9	E	5±1.4	I	0±0	D	0.3±0.3	EF	1.3±0.6	CD
Hc-10	3.3±0.9	EFG	4.6±1.04	CDE	9.6±1.5	EFGH	0±0	D	0±0	F	0.6±0.6	CD
Hc-11	2±0.7	FGH	4.3±1.2	DE	11±1.8	DEFG	0.3±0.3	CD	0.6±0.4	DEF	1±0.5	CD
Hc-12	0±0	H	2.3±0.9	E	6.6±1.6	HI	0±0	D	0.3±0.3	EF	0.3±0.3	D
Hc-13	0.6±0.4	GH	5±1.1	CDE	16.3±2.4	DE	0±0	D	0.3±0.3	EF	0.6±0.4	CD
Hc-14	0±0	H	2.6±0.9	E	8.3±1.5	Fghi	0.3±0.3	CD	1.3±0.6	CDEF	1.3±0.6	CD
Hc-15	6±1.4	DE	8.3±1.6	CD	12.6±1.8	DEF	1±0.5	ABC	3.3±0.9	AB	3.6±1.0	B
Hc-16	5±1.5	EF	6±1.7	CDE	8±2	GHI	1.6±0.6	A	2±0.7	BCD	3.6±1.0	B
Hc-26	19±3.4	A	26.3±3.8	A	31±3.9	AB	1±0.7	ABCD	5.3±1.6	AB	7.6±1.8	A
Hc-30	18.3±4.5	BC	20±4.8	B	21.3±5.1	DE	1.6±0.8	AB	2±0.8	BCDE	2.6±0.9	BC
Hc-33	4±1.2	EF	5.3±1.4	CDE	7.3±1.8	GHI	0.3±0.3	CD	0.6±0.4	DEF	0.6±0.4	CD
Hc-103	2.3±0.9	FGH	5.6±1.6	CDE	15.3±1.7	CD	0±0	D	1±0.5	DEF	2.6±9	BC
Comercial	10.3±2.4	CD	22.3±3.1	A	30.6±3.0	A	0.3±0.3	CD	3.3±0.8	AB	4.3±1.0	AB
Grimaldi	16.3±2.8	AB	24.3±3.2	A	28.6±3.4	AB	0.6±0.4	BCD	3.3±1.1	ABC	4.3±1.1	B
Carmen	15±1.6	AB	21±2.2	A	22.3±2.3	BC	0±0	D	3.6±1.3	AB	4±1.3	B

HG: Grupos homogéneos. Las poblaciones con distinta letra son estadísticamente diferentes para su valor de germinación (LSD<0,1).



**Tabla 2.** Valores medios de germinación con la semilla descascarillada a los 4, 7 y 14 días desde comienzo de imbibición de los individuos evaluados de la población silvestre de *Hedysarum coronarium* Hc-3

4 días			7 días			14 días		
Individuo	Media %	Grupos Homogeneos*	Individuo	Media %	Grupos Homogeneos*	Individuo	Media %	Grupos Homogeneos*
9	59.2	A	9	59.2	A	9	61.9	A
3	30.7	B	3	30.7	B	5	32.2	B
5	30.0	B	5	30.0	B	1	30.7	B
1	28.7	BC	1	28.7	B	3	30.7	B
8	28.2	BC	8	28.2	B	8	28.2	B
6	21.1	BC	4	23.3	B	4	23.3	BC
4	18.4	BCD	7	22.1	B	7	22.1	BC
7	17.2	CD	6	21.1	B	6	21.1	BCD
10	6.1	DE	2	6.1	C	10	8.8	CD
2	0.0	E	10	6.1	C	2	6.1	D
MEDIA	21.3		MEDIA	23		MEDIA	24.3	
SE MEDIA	3.9		SE MEDIA	3.8		SE MEDIA	4.1	
CV37.08	CV		40.3	CV		42.55		
MDS12.5	MDS		14.5	MDS		15.9		

\*Individuos con distinta letra son estadísticamente diferentes para su valor de germinación (LSD<0,1).

## CONCLUSIONES

Diferencias tanto entre poblaciones como dentro de poblaciones han sido obtenidas para el valor de germinación de la semilla tanto descascarillada como sin descascarillar. Esta variabilidad inter e intra poblacional deberá ser aprovechada en la mejora de la especie en la búsqueda de genotipos con alta proporción de semilla blanda.

## 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

- EWING, M.; FOSTER, K.; SKINER, P.; NICHOLS, P.; Nutt, B.; Snowball, R. Y Beatty R. 2006. Sulla and purple clover as fodders. Limits on seed production. Informe número de publicación 06/049. *Rural Industries Research and Development Corporation. Gobierno de Australia*
- MAPA, 2003. *Anuario de Estadística Agroalimentaria*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- SULAS, L.; RE, G.A.; CAREDDA, S. 1999. Hard seed breakdown pattern of sulla (*Hedysarum coronarium* L.) in relation to its regeneration capacity and persistence. *Proc. Dynamics and sustainability of Mediterranean pastoral systems*.
- Etienne M. (Ed.). CIHEAM-IAMZ, 1999. 296 p (Cahiers Options Mediterraneennes; V. 39. 9 Meeting of the Mediterranean Sub-Network of the FAO-CIHEAM. Inter Cooperative Research and Development Regional
- Talamucci, P. 1998. The role of sulla in Italian forage crops. P. 1-21. EN P. Talamucci, P; Stagliano, N.; Y Sabatini. S (ed.) *La sulla: Possibili ruoli nella foreggicoltura mediterranea (In Italian)*. Accademia dei Georgofili. Quaderni, 1998-I, Florencia, Italia.
- TAYLOR, G.B. Y EWING, M.A. 1988. Effect of depth of burial on the longevity of hard seeds of subterranean clover and annual medics. *Austr. J. of Exp. Agric.*, 28: 77-81.
- Valente M.E.; Peiretti, P.G.; Borreani, G.; Roggero, P.P.; Ladetto, G. y Ciotti, A. 1999. Influence of D.M. content on silage fermentation of sulla (*Hedysarum coronarium* L.) out at two stages of maturity. P. 119-120. In T. Pauly (ed.) *Silage production in relation to animal performance, animal health, meat and milk quality. Proc. Int. Silage Conf. 12th*. Uppsella, Sweden 5-7 July 1999. Swedish Univ. of Agric. Sci., Uppsella.

## SELECTION OF SOFT-SEEDED GENOTYPES IN WILD POPULATIONS FROM SULLA (*HEDYSARUM CORONARIUM* L)

### SUMMARY

Eighteen accessions of *Hedysarum coronarium* L., fifteen wild populations collected from Cádiz, Southern Spain and three commercial varieties were evaluated by soft-seeded proportion under chamber growth conditions. Seeds were placed on a filter paper moistened with distilled water inside petri dishes at a germination temperature of 15° and a 12h/12h photoperiod. Germination counts were conducted in days four, seven and fourteen. Rates of germination were higher in naked seeds than in seeds within pods. On basis of our results, ten genotypes were selected.

**Key words:** fodder legume, sustainable agriculture

## EFFECTO DEL EXTRACTO DE LAS HOJAS DE *ELAEAGNUS ANGUSTIFOLIA* L. EN EL CRECIMIENTO DE TRES ESPECIES DE GRAMÍNEAS

J. CORONA<sup>1,2</sup>, M.E. PÉREZ-CORONA<sup>2</sup> Y F. BERMÚDEZ DE CASTRO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Ambientales de la Comunidad de Madrid Fernando González Bernáldez. C/ Almendros 2. 28791. Soto del Real (España). <sup>2</sup> Departamento de Ecología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. 28040. Madrid (España)

### RESUMEN

En este trabajo se estudio cómo la presencia de *Elaeagnus angustifolia* L., una especie exótica introducida, puede condicionar el crecimiento de algunas especies del sotobosque. Para ello se analizó el posible efecto alelopático del extracto de las hojas de *E. angustifolia* en el crecimiento de tres especies de gramíneas (*Hordeum murinum* L., *Elymus pungens* (Pers.) Melderis y *Bromus sterilis* L), considerando los siguientes parámetros de crecimiento: RGR (tasa de crecimiento relativo), LAR (razón de área foliar), SLA (área foliar específica), LWR (proporción del peso de las hojas), SWR (proporción del peso del tallo) y RWR (proporción del peso de la raíz). Los resultados obtenidos revelaron diferencias significativas entre las especies para todos los parámetros de crecimiento. Las tasas de crecimiento de las tres especies de gramíneas oscilaron entre 0.159 g g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> en *Hordeum murinum* y 0.145 g g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> en *Bromus sterilis*. El extracto de las hojas (15, 50 y 100%) de *E. angustifolia* disminuyó los valores medios de RGR y aumentó la razón de área foliar de las tres especies de gramíneas. Probablemente el desarrollo de estas gramíneas en el bosque está muy condicionado por la presencia del árbol.

**Palabras clave:** alelopatía, competencia, especies invasoras, herbáceas, desarrollo.

### INTRODUCCIÓN

Los árboles crean condiciones microclimáticas, debajo de su dosel, que difieren de los espacios abiertos y que ejercen diferentes efectos sobre el estrato herbáceo acompañante. Estas condiciones afectan la germinación, el crecimiento, la distribución, la composición y la producción de las plantas del sotobosque (Belsky *et al.*, 1993).

Varios autores han observado que las especies invasoras tienen la capacidad de afectar la estructura de la comunidad vegetal de las zonas donde se han introducido (Vitousek, 1990; Mack *et al.*, 2000; Woitke & Dietz, 2002). El impacto de estas plantas incluye cambios en la diversidad o abundancia relativa de especies y la alteración de la dinámica sucesional de comunidades vegetales en el tiempo (Parker *et al.*, 1999). Estas especies pueden desplazar a especies nativas a través de la competencia, cambios en procesos del ecosistema o alelopatía, entre otros mecanismos (Mallik & Prescott, 2001; Hierro & Callaway, 2003; Levine *et al.*, 2003).

El término aleopatía se utiliza para referirse a los efectos perjudiciales o benéficos que son directa o indirectamente el resultado de la acción de compuestos químicos, que liberados por una planta ejercen su acción en otra (González Rodríguez, 2004). Estos compuestos pueden reducir, por ejemplo, la germinación de las semillas y la elongación de las raíces de las plántulas, inhibir la fotosíntesis, interferir en la nutrición mineral, inhibir la síntesis de proteínas etc. (Rice, 1984). La prueba de la existencia del mecanismo de aleopatía requiere comparar los efectos de la especie invasora en plantas del hábitat donde se ha introducido. Un primer paso sería determinar si la especie invasora tiene un impacto negativo en las especies que conviven en su hábitat. Sin embargo, pocas investigaciones han explorado si las especies nativas difieren en sus respuestas a la aleopatía (Grant *et al.*, 2003; Renne *et al.*, 2004), dando por resultado un cambio en la composición de las especies debido a los efectos alelopáticos de la invasora.

En este trabajo se estudió el posible efecto del extracto de las hojas de *E. angustifolia* en el crecimiento de las tres gramíneas elegidas. Aunque este experimento no fue diseñado para distinguir entre el efecto directo de los compuestos alelopáticos (Kobayashi, 2004) y los efectos indirectos mediados por las comunidades microbianas asociadas a las hojas de las plantas (Inderjit & Weiner, 2001; Kourtev *et al.*, 2003), se trató de eliminar parte del efecto de las comunidades microbianas, a través de la esterilización de las semillas y de un sistema de filtración. Este trabajo es un primer paso para conocer más acerca de las posibles causas de la distribución y establecimiento de las especies que encontramos en la zona en relación a las condiciones impuestas por *Elaeagnus angustifolia*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para determinar el efecto del extracto de las hojas de *Elaeagnus angustifolia* en el crecimiento de las herbáceas, se recolectaron semillas de *Hordeum murinum*, *Bromus sterilis* y *Elymus pungens*, de más de 10 individuos seleccionados al azar, en un bosque de *Elaeagnus angustifolia* situado en Valdemoro (Madrid) (UTM 30TUK 448492). Las semillas fueron secadas en el laboratorio a temperatura ambiente durante dos semanas, y tras este tiempo se introdujeron en frascos de vidrio con algodón, cerrados herméticamente, y se almacenaron en el frigorífico a una temperatura de 4°C hasta el inicio del experimento. Las semillas utilizadas se escogieron al azar de entre las recolectadas, eliminando las que fueran vanas o estuvieran parasitadas por insectos.

Antes de la siembra, las semillas fueron desinfectadas con NaHCl<sub>3</sub> al 3% y luego embebidas en agua destilada a 70°C durante 12 horas, en agitación constante para romper la dormancia. Las semillas se colocaron en tiestos de plástico de 15 x 5 x 5 cm rellenos con vermiculita exfoliada TERMITA nº. 3 (1-4 mm) mezclada con 0.225 g de abono de liberación lenta (Abono Césped "Compo Floranid", 20% N, 5% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 8% K<sub>2</sub>O, 2% MgO, 0.3% Fe) por tiesto. Antes de utilizarlos para el experimento, los tiestos se lavaron con detergente y abundante agua y después con agua destilada.

Se utilizaron 16 tiestos por especie. En cada tiesto con vermiculita, previamente humedecida con agua destilada, se pusieron 5 semillas. Después de la siembra, los tiestos se distribuyeron aleatoriamente y se colocaron con un fotoperiodo de 12 horas de luz. Este experimento se llevó a cabo en condiciones de laboratorio a 25°C. Cada tiesto se regó diariamente con 50 mL de agua de grifo durante un mes. Tras este tiempo, las plántulas se sacaron de los tiestos, se separó cuidadosamente la vermiculita de las raíces y se pesaron para obtener el peso fresco inicial. A continuación, se eligieron al azar 10 plántulas por especie, que se separaron en raíz, tallo y hojas. Cada una de las partes se secó en una estufa de aire forzado a 75°C hasta peso constante (aproximadamente 48 horas), y se pesaron. Con los datos del porcentaje de peso fresco/peso seco de estas plantas y del peso fresco inicial de todas las plántulas utilizadas en el tratamiento, se calculó el peso seco estimado inicial de las mismas.

El extracto de *E. angustifolia* se elaboró con hojas cortadas en piezas de 1 cm de largo. De este material, 100 g se colocaron en un matraz con 500 mL de agua destilada y se incubaron en una estufa, a 22°C, durante 24 horas. A continuación, el extracto se filtró con un sistema de filtración MILLIPORE esterilizado utilizando papel filtro de 0.22 µm de poro. El filtrado se consideró como la concentración alelopática al 100%. Las concentraciones del 15 y 50% se obtuvieron diluyendo el extracto de 100% con agua destilada. El control (agua destilada) se consideró como el 0%.

Con las plántulas restantes se estableció el experimento. Se colocaron 2 plántulas en cada tiesto con vermiculita. Se realizaron cuatro réplicas para cada concentración alelopática (0, 15, 50 y 100%). Una vez colocadas las plántulas en los tiestos, se regaron diariamente con agua de grifo durante una semana. Tras este tiempo, las plántulas se regaron con 30 mL de su respectiva concentración alelopática cada 2 días, y en días alternos se humedecía ligeramente con agua destilada, para evitar que se secan. Las plantas se cosecharon cuando tenían 4 meses de edad.

Una vez que se cosecharon las plantas, se separaron en raíz, tallo y hojas. Se escanearon las hojas y se midió su área con el programa SCION IMAGE (Release beta 4.0.2. para Windows). Cada una de las partes de la planta se secó en una estufa de aire forzado MEMMERT 800 a 75°C hasta peso constante (aproximadamente 48 horas). Entonces se pesaron y se obtuvo el peso seco de raíz, tallo y hojas.

Con los pesos estimados iniciales, los pesos secos finales y las áreas se obtuvieron los siguientes parámetros para realizar el análisis de crecimiento (Villar *et al.*, 2004): RGR (tasa de crecimiento relativo), LAR (razón de área foliar), SLA (área foliar específica), LWR (proporción del peso de las hojas), SWR (proporción del peso del tallo) y RWR (proporción del peso de la raíz). Los resultados se compararon por medio de un ANOVA de dos factores (especie y concentración de extracto). Los análisis estadísticos se realizaron con el programa STATISTICA 6.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ANOVA de 2 factores (especie y concentración) reveló diferencias significativas para todos los parámetros de crecimiento con el factor especie (Tabla 1). El extracto de las hojas de *E. angustifolia* sólo afectó la tasa de crecimiento relativo (RGR) y la razón de área foliar (LAR). Ningún parámetro de crecimiento reflejó una interacción significativa 'especie x concentración de extracto'.

**Tabla 1.** Resultados del análisis de varianza para cada parámetro de crecimiento con los dos factores (especie y concentraciones del extracto). Los valores en negrita indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ )

Variable	Efecto	F	P
RGR (g g <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	Especie	43,737	0,000
	Concentración	2,882	0,040
	E x C	0,541	0,775
RWR (g g <sup>-1</sup> )	Especie	6,438	0,002
	Concentración	1,546	0,208
	E x C	0,627	0,707
SWR (g g <sup>-1</sup> )	Especie	20,287	0,000
	Concentración	0,103	0,957
	E x C	0,265	0,951
LWR (g g <sup>-1</sup> )	Especie	19,981	0,000
	Concentración	1,777	0,157
	E x C	0,872	0,518

Variable	Efecto	F	P
LAR (m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> )	Especie	18,089	0,000
	Concentración	3,266	0,025
	E x C	1,111	0,362
SLA (m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> )	Especie	42,902	0,000
	Concentración	2,227	0,090
	E x C	1,624	0,144

Al comparar las tasas de crecimiento relativo de las tres especies, encontramos que el incremento de biomasa de *B. sterilis* (0,145 g g<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) es menor que el de *H. murinum* (0,159 g g<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) y *E. pungens* (0,156 g g<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>). Por otra parte, se encontró que el crecimiento de todas las plantas fue mayor en el control (0,156 g g<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) en comparación con las concentraciones del 15 (0,152 g g<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>), 50 (0,152 g g<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) y 100% (0,151 g g<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>). Aunque el efecto del extracto es significativo, la disminución es muy pequeña, menos del 3%.

La asignación de biomasa a los órganos de la planta fue diferente en las tres especies elegidas. La proporción de raíz (RWR) en *B. sterilis* (0,26 g g<sup>-1</sup>) fue mayor que la encontrada en *H. murinum* (0,18 g g<sup>-1</sup>) y *E. pungens* (0,16 g g<sup>-1</sup>). La proporción del tallo (SWR) de *H. murinum* (0,25 g g<sup>-1</sup>) mostró un valor mayor que *B. sterilis* (0,18 g g<sup>-1</sup>) y *E. pungens* (0,14 g g<sup>-1</sup>), y finalmente la proporción de hojas (LWR) en *E. pungens* (0,70 g g<sup>-1</sup>) fue superior a la de *B. sterilis* (0,56 g g<sup>-1</sup>) y *H. murinum* (0,56 g g<sup>-1</sup>). En ninguno de estos parámetros de crecimiento se encontraron diferencias significativas entre el control y las concentraciones del extracto.

En cuanto a los componentes morfológicos del crecimiento, encontramos que el valor medio del área foliar específica (SLA) de *E. pungens* (12,59 m<sup>2</sup> kg<sup>-1</sup>) fue significativamente menor que los valores de *B. sterilis* (25,24 m<sup>2</sup> kg<sup>-1</sup>) y *H. murinum* (26,74 m<sup>2</sup> kg<sup>-1</sup>). Igualmente, el valor medio de la razón de área foliar (LAR) de *E. pungens* (8,84 m<sup>2</sup> kg<sup>-1</sup>) fue menor que el observado en *H. murinum* (14,90 m<sup>2</sup> kg<sup>-1</sup>) y *B. sterilis* (14,41 m<sup>2</sup> kg<sup>-1</sup>). Por otra parte, el valor medio de LAR observado en las plantas del control (10,29 m<sup>2</sup> kg<sup>-1</sup>) fue menor que los valores encontrados en las concentraciones de 15% (13,76 m<sup>2</sup> kg<sup>-1</sup>), 50% (13,76 m<sup>2</sup> kg<sup>-1</sup>) y 100% (13,06 m<sup>2</sup> kg<sup>-1</sup>).

Por tanto, en este trabajo se encontró que las tres especies invirtieron sus recursos de distinta forma entre los órganos que captan luz y asimilan dióxido de carbono (hojas), captan agua y nutrientes minerales (raíces) y de sostén (tallos). *B. sterilis* asigna mayor cantidad de biomasa a la raíz; *H. murinum* mostró una mayor proporción del tallo, y *E. pungens* tiene una mayor proporción de biomasa foliar. Desde el punto de vista ecológico, una planta con mayor proporción de biomasa en raíz tiene un crecimiento más lento, pero en cambio podría tener otras ventajas, como una mayor superficie de absorción y una alta supervivencia en hábitats donde los recursos del suelo (agua y nutrientes) son limitantes. Igualmente, una mayor asignación de biomasa a las hojas, tendría como consecuencia una mayor capacidad para captar luz y dióxido de carbono, redundando en un mayor crecimiento (Villar et al. 2004). Por otra parte, *B. sterilis* y *H. murinum* presentaron los valores más altos de LAR y SLA, por lo que probablemente estas especies compensan la menor proporción de biomasa foliar produciendo hojas con más superficie por masa foliar.

En cuanto al efecto del árbol del paraíso, en nuestro experimento se encontró que el extracto de las hojas de *E. angustifolia* aumentan los valores de LAR y disminuyen la tasa de crecimiento relativo, probablemente por la disminución de la tasa de asimilación neta (NAR). Esto implicaría que el extracto influye en la ganancia de carbono probablemente porque afecta la asimilación de los nutrientes por el sistema radical. Lo que sugiere que el efecto de *E. angustifolia* afecta el desarrollo de estas gramíneas y su capacidad para competir con las plantas adyacentes por el espacio y por los recursos del suelo. Sin embargo, estos resultados deben ser tomados con cautela,

debido a que, aunque el riego con extracto de hojas es el método más utilizado en la bibliografía para evaluar los efectos alelopáticos, algunos autores reconocen que es un método con limitaciones, ya que no reproduce las condiciones naturales (Orr et al., 2005), por lo que sería necesario que los resultados se contrastaran con estudios experimentales en condiciones de campo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AANDERUD, Z.T.; BLEDSOE, C.S.; RICHARDS, J.H., 2003. Contribution of relative growth rate to root foraging by annual and perennial grasses from California oak woodlands. *Oecologia*, 136, 424-430.
- BELSKY, A.J.; MWONGA, S.M.; AMUNDSON, R.G.; DUXBURY, J.M.; ALI, A.R., 1993. Comparative effects of isolated trees on their undercanopy environments in high- and low-rainfall savannas. *Journal of Applied Ecology*, 30, 143-155.
- HIERRO, J.L.; CALLAWAY, R.M., 2003. Allelopathy and exotic plant invasion. *Plant Soil*, 256, 29-39.
- INDERJIT; WEINER, J., 2001. Plant allelochemical interference or soil chemical ecology?. *Perspectives in Plant Ecology, Evolutions and Systematics*, 4, 3-12.
- KOBAYASHI, K., 2004. Factors affecting phytotoxic activity of allelochemicals in soil. *Weed Biology and Management*, 4, 1-7.
- KOURTEV, P.S.; EHRENFELD, J.G.; HAGGBLOM, M., 2003. Experimental analysis of the effect of exotic and native plant species on the structure and function of soil microbial communities. *Soil Biology and Biochemistry*, 35, 895-905.
- GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, L. 2004. Relaciones alelopáticas. En: *La ecofisiología vegetal: Una ciencia de síntesis*. 527-576. Reigosa, M.J.; Pedrol, N. and Sánchez, A. (eds.) Paraninfo. Madrid (España).
- GRANT, D.W.; PETERS, D.P.C.; BECK, G.K.; FRALEIGH, H.D., 2003. Influence of an exotic species, *Acroptilon repens* (L.) DC on seedling emergence and growth of native grasses. *Plant Ecology*, 166, 157-166.
- LEVINE, J.M.; VILA, M.; D'ANTONIO, C.M.; DUKES, J.S.; GRIGULIS, K.; LAVOREL, S., 2003. Mechanisms underlying the impacts of exotic plant invasions. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences*, 270, 775-781.
- MACK, R.N.; SIMBERLOFF, D.; LONSDALE, W.M.; EVANS, H.; CLOUT, M.; BAZZAZ, F.A., 2000. Biotic invasions: Causes, epidemiology, global consequences and control. *Ecological Application*, 10, 689-710.
- MALLIK, A.U.; PRESCOTT, C.E., 2001. Growth inhibitory effects of salal on western hemlock and western red cedar. *Agronomy Journal*, 93, 85-92.
- ORR, S.P.; RUDGERS, J.A.; CLAY, K. 2005. Invasive plants can inhibit native tree seedlings: Testing potential allelopathic mechanisms. *Plant Ecology*, 181, 153-165.
- PARKER, I.M.; SIMBERLOFF, D.; LONSDALE, W.M.K.G.; Goodell, K.; WONHAM, M.; Kareiva, P.M.; Williamson, M.H.; Von Holle, B.; Moyle, P.B.; Byers, J.E.; Goldwasser, L., 1999. Impact toward a framework for understanding the ecological effects of invaders. *Biological Invasions*, 1(1), 3-19.
- POOTER, H.; REMKES, C., 1990. Leaf ratio and net assimilation rate of 24 wild species differing in relative growth rate. *Plant Physiology*, 94, 621-627.

RENNE, I.J.; RIOS, B.G.; FEHMI, J.S.; TRACY, B.F., 2004. Low allelopathic potential of an invasive forage grass on native grassland plants: A cause for encouragement?. *Basic and Applied Ecology*, 5, 261-269.

RICE, E.L., 1984. *Allelopathy*. Academic Press. 422 pp.

VILLAR, R.; RUIZ-ROBLETO, J.; QUERO, J.L.; POORTER, H.; VALLADARES, F.; MARAÑÓN, T., 2004. Tasas de crecimiento en especies leñosas: Aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. En: *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. 191-227. Valladares, F. (coord.). Ministerio de Medio Ambiente. Madrid (España).

VITOUSEK, P.M., 1990. Biological invasions and ecosystem processes- towards an integration of population biology and ecosystem studies. *Oikos*, 57, 7-13.

WOITKE, M.; DIETZ, H., 2002. Shifts in dominance of native and invasive plants in experimental patches of vegetation. *Perspectives in Plant Ecology, Evolutions and Systematics*, 5, 165-184.

## EFFECT OF *ELAEAGNUS ANGUSTIFOLIA* L. LEAF EXTRACTS ON THE UNDERSTORY GRASSLAND SPECIES GROWTH.

### SUMMARY

The allelopathic effect of *Elaeagnus angustifolia* L. leaf extracts on the understory grassland species growth was evaluated. The Russian olive (*Elaeagnus angustifolia*) is an exotic N fixing tree species that can likely affect the growth and biomass allocation of understory species as *Hordeum murinum* L., *Elymus pungens* (Pers.) Melderis and *Bromus sterilis* L. In order to quantify this allelopathic effect the following growth parameters were considered: RGR (relative growth rate), LAR (leaf area ratio), SLA (specific leaf area), LWR (leaf weight ratio), SWR (stem weight ratio) and RWR (root weight ratio). The results showed significant differences between grassland species for all growth parameters. The RGR for the grassland species were 0,159 g g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> in *Hordeum murinum* and 0,145 g g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> in *Bromus sterilis*. The leaf extracts of *Elaeagnus angustifolia* decreased RGR for all species and LAR was also affected. The growth and success of these grassland species is probably conditioned by the presence of the alien tree *E. angustifolia* in the area.

**Key words:** allelopathy, invasive species, herbaceous, development.



## INFLUENCIA DE UNA ESPECIE EXÓTICA (*ELAEAGNUS ANGUSTIFOLIA* L.) SOBRE LA FENOLOGÍA DE TRES HERBÁCEAS DE LA ZONA SUR DE MADRID

J. CORONA<sup>1,2</sup>, M.E. PÉREZ-CORONA<sup>2</sup> Y F. BERMÚDEZ DE CASTRO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Ambientales de la Comunidad de Madrid Fernando González Bernáldez. C/ Almendros 2. 28791. Soto del Real (España). <sup>2</sup>Departamento de Ecología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. 28040. Madrid (España)

### RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el posible efecto del dosel de *Elaeagnus angustifolia* L. sobre los patrones fenológicos de *Bromus sterilis* L., *Hordeum murinum* L. y *Elymus pungens* (Pers.) Melde-  
ris, tres especies de gramíneas dominantes en el sotobosque de un bosque de *E. angustifolia* localizado en el municipio de Valdemoro, al sur de Madrid. Para ello se realizó un seguimiento de la fenología de las especies señaladas anteriormente, debajo y fuera del dosel, de marzo a diciembre del 2003. Durante las observaciones se registraron las fenofases de foliación, encañado, espigado, floración, fructificación y agostamiento. Se encontró que las tres herbáceas presentaron diferencias temporales en algunas fenofases, debajo y fuera del dosel. En *B. sterilis*, las fenofases de floración, fructificación y agostado resultaron más retrasadas bajo el dosel arbóreo que fuera de él, mientras que en *H. murinum* y *E. pungens* ocurre lo mismo pero solo en las fases de fructificación y agostamiento. La duración de algunas fases se vio afectada por el dosel. En las tres especies la floración fue más larga bajo el dosel y el agostado más corto. Este comportamiento manifiesta que el dosel del árbol del paraíso afecta la fenología de algunas especies herbáceas del sotobosque. Probablemente causa cambios microclimáticos que aumentan el tiempo de maduración de la semilla y retrasan la muerte de las herbáceas anuales que crecen bajo su dosel.

**Palabras clave:** dosel, gramíneas, especie invasora.

### INTRODUCCIÓN

A lo largo del año, las plantas presentan diferentes cambios que se pueden observar y reconocer a simple vista como la brotación, la floración, la maduración de los frutos, la caída de las hojas, etc. Al estudio de la recurrencia temporal de estos eventos biológicos, las causas de esta temporalidad con relación a los factores abióticos y bióticos y las interrelaciones entre las fases de una misma o distintas especies, se le conoce como fenología (Lieth, 1974).

En las regiones mediterráneas muchos recursos están sometidos a cambios estacionales (Mooney, 1981). El agua es más abundante en el invierno, pero durante el verano, viene a ser un recurso limitado para la mayoría de las especies vegetales. Así mismo, los nutrientes del suelo en estas regiones se encuentran en un nivel bajo y su disponibilidad varía estacionalmente, afectando al ciclo de desarrollo de las plantas (Mooney y Kummerow, 1981). Como consecuencia de la variación estacional de los recursos, la actividad vegetativa y reproductiva de las plantas queda confinada a las estaciones favorables del año. En general, el crecimiento intenso y los acontecimientos

reproductivos en las zonas mediterráneas se concentran en primavera, cuando las condiciones ambientales son más favorables, mientras que el desprendimiento de las hojas y tallos tiene lugar generalmente durante los períodos de estrés (Mooney, 1981; Orshan, 1989).

Varios autores han encontrado que los árboles amortiguan una parte de las variaciones climáticas, puesto que su presencia mejora la textura e incrementa la disponibilidad de agua y el contenido de nutrientes del suelo (Montoya y Mesón, 1982; Scholes y Archer, 1997; Dahlgren *et al.*, 2003; Girón, 2004), influyendo así en la fenología de la vegetación que crece cerca de él. Generalmente, bajo la copa de un árbol las plantas tienden a germinar antes y florecen, fructifican y se agostan más tarde alargando su ciclo de desarrollo, permitiendo incluso una correcta fructificación a especies que sin el árbol no lo lograrían (Montoya y Mesón, 1982).

En el caso del bosquete en Valdemoro, se ha observado que *Elaeagnus angustifolia* L. ha colonizado un fondo de valle, de humedad y salinidad alta, desarrollándose sobre la comunidad herbácea que primero ocupaba la zona y en la actualidad se encuentran ejemplares de *E. angustifolia* compartiendo el hábitat con diferentes herbáceas que conforman su sotobosque (Girón, 2004). *Elaeagnus angustifolia* L. es una planta considerada invasora en Estados Unidos donde se encuentra muy extendida en el territorio oeste, principalmente en zonas de ribera (Lesica y Miles, 2001). En Europa se ha señalado su carácter invasor en diversos países, aunque sin llegar a ser tan grave como en EEUU (Sanz-Elorza *et al.*, 2004). El potencial de las especies exóticas para alterar el funcionamiento y estructura del ecosistema ha sido ampliamente reconocido (Ashton, 2005). Varios estudios han observado que las especies invasoras frecuentemente tienen altas concentraciones de nitrógeno en sus hojas y por consecuencia, se espera que la descomposición de su hojarasca libere más rápidamente nitrógeno al suelo que las especie nativas (Vitousek *et al.*, 1987; Vitousek, 1990; Nagel y Griffin 2001) aumentando así la disponibilidad de este nutriente en el sistema que ha invadido. Otros factores, como los derivados de la presencia física del árbol, pueden afectar a la comunidad vegetal en distinto sentido (positivo o negativo) y sin embargo han sido poco estudiados (Levine *et al.*, 2003).

En este trabajo se pretende evaluar el posible efecto del dosel de una especie exótica (*Elaeagnus angustifolia*) sobre los patrones fenológicos de las gramíneas del sotobosque.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

Este trabajo se realizó en el sotobosque herbáceo de un bosquete de *Elaeagnus angustifolia* ubicado en la zona sur de Madrid en el término municipal de Valdemoro (coordenadas UTM 30TUK 448492). El bosquete tiene una extensión aproximada de 34.34 ha. El clima es mediterráneo. La precipitación media anual es de 360 mm, siendo octubre, noviembre y diciembre los meses más lluviosos. La temperatura media anual es de 15 °C. Los meses de heladas probables son de noviembre a abril y los meses más cálidos, julio y agosto. El suelo es un solonchack, yesoso, gley alcalino, muy rico en sulfato cálcico y con gran concentración de sales solubles (Ron, 1971). El bosquete de *Elaeagnus angustifolia* se encuentra sobre una pradera juncal salina mediterránea que pertenece a la clase *Juncetea maritimi* Br.-Bl (Ron, 1971), con una alta proporción de gramíneas. Entre las especies de gramíneas dominantes en el sotobosque se encuentran: *Hordeum murinum* L., *Elymus pungens* (Pers.) Melderis. y *Bromus sterilis* L. (Girón, 2004). Antiguamente el bosquete fue la Dehesa Boyal del municipio, y era utilizado por el pueblo como zona de explotación ganadera y de cultivo. Desde hace algunos años es zona verde protegida del municipio.

### Diseño experimental

Se realizó un seguimiento fenológico de *Hordeum murinum*, *Bromus sterilis* y *Elymus pungens* en el bosquete de *E. angustifolia* de marzo a diciembre del 2003. Para ello se seleccionaron al azar 10 árboles del paraíso adultos y se eligió, debajo y fuera del dosel, una planta de cada especie de

gramínea. En total fueron 20 ejemplares por especie (10 debajo y 10 fuera del dosel). Se marcaron y se realizaron observaciones quincenales durante el tiempo de estudio, excepto de mayo a agosto que fueron semanales debido a que es el período en el que las plantas presentan intensos cambios fenológicos. Durante las observaciones se registraron las siguientes fenofases: foliación, encañado, espigado, floración, fructificación y agostamiento. Con los datos obtenidos durante el período de observación se elaboró un espectro fenológico para cada especie y situación (fuera o debajo del dosel).

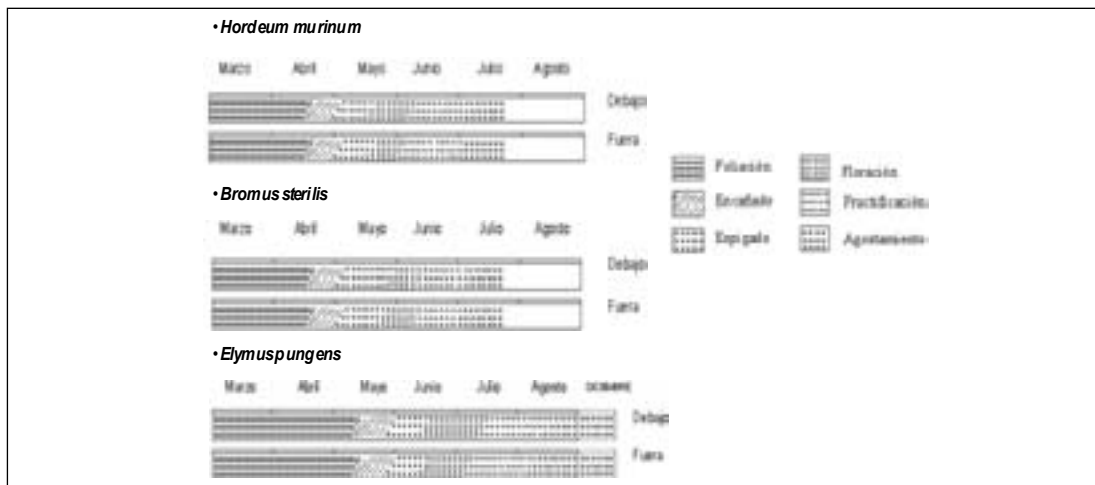
La duración de las fases fenológicas de *Bromus sterilis*, *Hordeum murinum* y *Elymus pungens* se comparó por medio de un ANOVA de dos factores (especie y dosel). Cuando hubo diferencias significativas, se realizó la prueba LSD para conocer entre qué niveles de los factores se encontraban dichas diferencias.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las tres especies de gramíneas presentaron la fase de foliación en la estación de primavera, momento en el que, tras las lluvias invernales, la disponibilidad hídrica es alta y las temperaturas son más benignas. En *Hordeum murinum* y *Bromus sterilis* la producción de las hojas ocurre en marzo-abril, mientras que en *Elymus pungens* sucede en marzo-mayo (Fig. 1). El período de crecimiento vegetativo encontrado en este estudio para *H. murinum* y *B. sterilis* se ha observado también en otras especies de gramíneas anuales como *Bromus mollis* L., *Vulpia bromoides* (L.) S.F. Gray y *Vulpia myuros* L. en pastizales de dehesas de Salamanca (Luis et al., 1980). Igualmente, el crecimiento vegetativo de *E. pungens* coincide con el registrado en otras especies perennes de pastizales en el sur de Francia, como *Phleum pratense* L ssp. *pratense* (Orshan, 1989).

La actividad reproductiva de las tres especies de gramíneas ocurrió en la estación de primavera cuando, después del invierno, los ejemplares estuvieron expuestos a temperaturas bajas y los días van alcanzando una duración determinada. *H. murinum* y *B. sterilis* presentaron la fase de espigado en abril, el encañado ocurrió a principios de mayo y la floración tuvo lugar en mayo-junio. Por otra parte, *E. pungens* presentó la fase de encañado a mediados del mes de mayo, el espigado a principios de junio y la floración sucedió en junio-julio. La fase de fructificación en *Bromus sterilis* y *Hordeum murinum* ocurrió en junio-julio, mientras que en *Elymus pungens* ocurrió en julio-agosto. Finalmente, las plantas se agostaron durante el período de sequía estival. En *B. sterilis* y *H. murinum* ocurrió en julio, mientras que *E. pungens* sucedió a mediados de agosto y duró hasta comenzar de nuevo el crecimiento vegetativo (Fig. 1).

**Figura 1.** Espectros fenológicos de las tres especies de gramíneas: (a) *Hordeum murinum*, (b) *Bromus sterilis* y (c) *Elymus pungens*, debajo y fuera del dosel de *Elaeagnus angustifolia*. En el caso de *E. pungens*, se colocó después de agosto el mes de diciembre para indicar que esta especie continúa en la fase de agostamiento hasta este mes.



En general, se encontró una similitud en la fenología de las dos especies anuales (*H. murinum* y *B. sterilis*) puesto que ambas concentran su actividad vegetativa y reproductiva en primavera, cuando las condiciones ambientales son más favorables, y la maduración de sus frutos antes del comienzo del período estival. Sin embargo, en *B. sterilis* el período de floración es mayor y el tiempo de fructificación es menor en comparación con *H. murinum*. En el caso de la especie perenne (*E. pungens*), se observa también que la fase vegetativa sucede en primavera, pero la actividad reproductiva se concentra principalmente en verano.

Por otra parte, el análisis estadístico mostró diferencias significativas en el tiempo de duración de las fases fenológicas para las especies elegidas. El periodo de foliación, fructificación y agostado es mayor en *Elymus pungens* en comparación con las otras dos especies, debajo y fuera del dosel de *Elaeagnus angustifolia* (Tabla 1). La fase de floración fue mayor en *Hordeum murinum* y *Elymus pungen* debajo del dosel arbóreo. También, se observaron diferencias significativas en la fase de espigado para las tres especies, tanto debajo como fuera del dosel. No se encontraron diferencias significativas en el tiempo de encañado entre las especies.

**Tabla 1.** Resultados de las variables fenológicas estudiadas (media  $\pm$  error; n=10) para las tres especies en las situaciones fuera y debajo del dosel de *E. angustifolia*. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas (LSD;  $p < 0.05$ ) entre especies fuera o debajo del dosel. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas (LSD;  $p < 0.05$ ) para una especie fuera y debajo del dosel

Fenofases	Bromus sterilis		Elymus pungens		Hordeum murinum	
	Dosel	Fuera	Dosel	Fuera	Dosel	Fuera
Foliación	39,20 $\pm$ 1,87 A a	39,20 $\pm$ 1,87 A a	64,80 $\pm$ 1,14 B a	64,80 $\pm$ 1,14 B a	39,20 $\pm$ 1,87 A a	39,20 $\pm$ 1,87 A a
Encañado	15,80 $\pm$ 1,14 A a	15,80 $\pm$ 1,14 A a	15,40 $\pm$ 0,93 A a	15,40 $\pm$ 0,93 A a	14,40 $\pm$ 0,93 A a	14,40 $\pm$ 0,93 A a
Espigado	22,40 $\pm$ 0,93 A a	16,10 $\pm$ 1,07 A b	18,90 $\pm$ 1,49 AB a	18,90 $\pm$ 1,49 AB a	20,30 $\pm$ 0,70 BC a	20,30 $\pm$ 0,70 B a
Floración	18,20 $\pm$ 1,14 A a	16,80 $\pm$ 1,14 A b	23,80 $\pm$ 1,14 B a	16,80 $\pm$ 1,14 A b	21,70 $\pm$ 0,70 B a	16,10 $\pm$ 1,07 A b
Fructificación	18,20 $\pm$ 1,14 A a	18,20 $\pm$ 1,14 A a	33,60 $\pm$ 0,93 B a	29,40 $\pm$ 0,93 B b	18,90 $\pm$ 1,07 A a	15,40 $\pm$ 0,93 A a
Agostado	11,40 $\pm$ 1,98 A a	19,60 $\pm$ 1,22 A b	114,80 $\pm$ 1,14 B a	125,3 $\pm$ 0,70 B b	10,10 $\pm$ 1,07 A a	18,50 $\pm$ 1,17 A b

En cuanto al efecto del dosel *Elaeagnus angustifolia* sobre la fenología de las especies del sotobosque, se observó que las tres herbáceas presentaron diferencias temporales en algunas fenofases, debajo y fuera del dosel de *E. angustifolia* (Tabla 1). En *Hordeum murinum* las fases de foliación, encañado, espigado y fructificación duran el mismo tiempo debajo y fuera del dosel, mientras que el periodo de floración es mayor debajo del dosel arbóreo. En el caso de *B. sterilis* y *Elymus pungens*, se encontró que las fenofases de espigado y floración duran más debajo del dosel. Así mismo, en las tres especies el agostado sucede antes fuera del dosel del árbol. Este comportamiento manifiesta que el árbol del paraíso afecta la fenología de las especies que crecen cerca de él, aumentando el tiempo de maduración de la semilla y retrasando la muerte de las plantas. Los resultados coinciden con lo observado por Díez et al. (1987) en otras especies de gramíneas como *Arrhenatherum elatius* subsp. *bulbosum*, *D. glomerata* y *P. pratense* en zonas de claro y bosque.

El comportamiento fenológico de las tres gramíneas observado en este trabajo está de acuerdo con el hecho, mencionado por varios autores, de que el árbol causa cambios en el microclima y las propiedades del suelo que influyen la fenología de las herbáceas que crecen bajo su dosel (Montoya y Mesón, 1982; Scholes y Archer, 1997; Dahlgren et al., 2003), retrasando algunas de sus fenofases (floración, fructificación y agostamiento) y, como consecuencia, favoreciendo el desarrollo de las plantas (Montoya y Mesón, 1982). Díez et al. (1987) señalan que la influencia del árbol retrasa las manifestaciones fenológicas como efecto indirecto de la disminución de la

luminosidad. Esto probablemente ocurre en el bosque de *E. angustifolia*, donde la copa de este árbol reduce la cantidad de luz que llega al dosel afectando a la fenología de las plantas del sotobosque. Por otra parte, Rathcke y Lacey (1985) señalan que floración y fructificación requieren de una entrada de energía y nutrientes, de manera que la abundancia de los recursos y la capacidad de las plantas para asimilarlos puede influir en su patrón fenológico. Los árboles del paraíso, al ser fijadores de nitrógeno atmosférico, aportan mayor cantidad de este nutriente al suelo. Este hecho probablemente beneficia a las especies nitrófilas (*B. sterilis* y *H. murinum*) permitiéndoles la prolongación de la duración de sus fenofases reproductivas.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos los comentarios realizados por el revisor anónimo que han contribuido a mejorar este trabajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ASHTON, W.I.; HYATT, A.L.; HOWE, M.K.; GUREVITCH, J.; LERDAU, T.M., 2005. Invasive species accelerate decomposition and litter nitrogen loss in a mixed deciduous forest. *Ecological Applications*, 15(4), 1263-1272.
- DAHLGREN, R.A.; HORWATH W.R.; TATE, K. W.; CAMPING, T.J., 2003. Blue oak enhance soil quality in California oak woodlands. *California Agriculture*, 57(2), 42-47.
- DÍEZ, C.; LUIS, E.; TARREGA, R., 1987. Análisis fenológico de herbáceas en claros de bosque de roble. *Pastos*, 17(1-2), 257-268.
- GIRÓN, M., 2004. *Evolución del bosque de *Elaeagnus angustifolia* L.* Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. 257 pp. Madrid (España).
- LESICA, P.; MILES, S., 2001. Natural history and invasion of Russian olive along Montana rivers. *Western North American Naturalist*, 61(1), 1-10.
- LEVINE, J.M.; VILA, M.; D'ANTONIO, C.M.; DUKES, J.S. GRIGULIS, K.; LAVOREL, S., 2003. Mechanisms underlying the impacts of exotic plant invasions. *Proceedings of the Royal Society of London (Series B)*, 270, 775-781.
- LIETH, H. 1974. *Phenology and seasonality modeling*. Chapman and Hall. 444 pp. London (Inglaterra).
- LUIS, E.; NAVASCUÉS, I; GÓMEZ, J.M., 1980. Análisis fenológico en pastizales de dehesa. *Pastos*, 10(2), 17-30.
- MONTOYA, O.J.M.; MESON, G.M.L., 1982. Intensidad y efectos de la influencia del arbolado de las dehesas sobre la fenología y composición específica del sotobosque. *Anales del INIA, Serie Forestal*, 5, 43-59.
- MOONEY, H.A., 1981. Primary production in Mediterranean-climate regions. En: *Mediterranean-Type shrublands*. 249-255. DI CASTRI, D.W; SPECHT, R. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam (Holanda).
- MOONEY, H.A & KUMMEROW, J. 1981. Phenological development of plants in Mediterranean-climate regions. En: *Mediterranean-Type shrublands*. 303-307. DI CASTRI, D.W; SPECHT, R. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam (Holanda).

- NAGEL, J.M; GRIFFIN, K.L., 2001. Construction cost and invasive potential: comparing *Lythrum salicaria* (Lythraceae) with co-occurring native species along pond banks. *American Journal of Botany*, 88, 2252-2258.
- ORSHAN, G., 1989. *Plant pheno-morphological studies in Mediterranean type ecosystems*. Kluwert Academic Publishers. 404 pp. Dordrecht (Holanda).
- RATHCKE, B.; LACEY, P.E. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 16, 179-214.
- RON, M.E., 1971. Sobre el carácter subespontáneo de *Elaeagnus angustifolia* L. *Anales de la Real Academia de Farmacia*, 37, 229-240.
- SANZ-ELORZA, M; DANA, E.D; SOBRINO, E., 2004. *Atlas de las plantas alóctonas invasoras en España*. Ministerio de Medio Ambiente. pp 164-165. Madrid (España).
- SCHOLES, R.J.; ARCHER S.R. 1997. Tree-grass interactions in savannas. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28, 517-544.
- VITOUSEK, P.M., 1990. Biological invasions and ecosystem processes- towards an integration of population biology and ecosystem studies. *Oikos*, 57, 7-13.
- VITOUSEK, P.M.; WALKER, L.R; WHITEAKER, L.D.; MUELLERDOMBOIS, D.; MATSON, P.A., 1987. Biological invasion by *Myrica faya* alters ecosystem development in Hawaii. *Science*, 238, 802-804.

## **INFLUENCE OF AN EXOTIC SPECIES (ELAEAGNUS ANGUSTIFOLIA L.) ON THE PHENOLOGY OF THREE UNDERSTORY GRASSLAND SPECIES IN THE SOUTH OF MADRID.**

### **SUMMARY**

The objective of the study was to evaluate the effect of the canopy of *Elaeagnus angustifolia* L. canopy on the phenology of *Bromus sterilis* L., *Hordeum murinum* L. and *Elymus pungens* (Pers.) Melderis. These are grassland species that dominate the understory of a Russian olive (*E. angustifolia*) forest located in the vicinity Valdemoro (South of Madrid). An intensive field observation campaign was carried out to record the phenological phase of the species from March to December of 2003 both outside and below the Russian olive canopy. The following phenological phases were registered during the observations: vegetative phase, reed stage, tassel stage, flowering, fruiting and withering. The duration of the phenological phases was different under tree canopy than in the open area for the three grasses species. *B. sterilis* flowering, fruiting and withering phases were delayed under the canopy situation whereas *H. murinum* y *E. pungens* showed similar results except for the flowering phase. These results suggest that tree canopy has an effect on the phenology of grassland species likely mediated by microclimated changes. These changes would modify some plant processes as, for instance, the increase the seed maturation time and delay the death of the herbaceous plants growing under the trees.

**Key words:** canopy, invasive species, grasses.

## MULTIPLICACIÓN DE ACCESIONES DE FESTUCAS FINAS: FECHA DE ESPIGADO Y PRODUCCIÓN DE SEMILLA EN MABEGONDO (A CORUÑA)

J.A. OLIVEIRA PRENDES<sup>1</sup>, L. COSTAL ANDRADE<sup>2</sup> Y E. GONZALEZ ARRAEZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Área de Producción Vegetal. Dpto. de Biología de Organismos y Sistemas. Campus de Mieres. Universidad de Oviedo. 33600 Mieres, Asturias (España). <sup>2</sup>Servizo de Transferencia Tecnolóxica, Estudos e Publicacións. Consellería do Medio Rural. Fonte dos Concheiros. 15703. Santiago de Compostela, A Coruña (España). <sup>3</sup>Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Apartado 10. 15080, A Coruña (España). E-mail: oliveira@uniovi.es

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue la multiplicación de 15 accesiones de festucas finas (siete de *Festuca* grupo *rubra* y ocho de *Festuca* grupo *ovina*) recogidas en la Cordillera Cantábrica y determinar su fecha de espigado y su producción de semilla por planta en Mabegondo (A Coruña). La multiplicación se realizó al aire libre, en parcelas rodeadas de trigo gallego de caña alta y a 20 m de otra fuente de polen contaminante. La semilla se recogió individualmente en 50 plantas por accesión. Se observaron diferencias significativas entre 15 accesiones de festucas finas tanto en la fecha de espigado (fecha media de espigado el 8 de abril), como en el rendimiento en semilla por planta (rendimiento medio de 29,6 g). Dentro de cada población no se observaron grandes diferencias en el rendimiento en semilla por planta, por lo tanto la recomendación de recoger individualmente las semillas de cada planta dentro de cada accesión y hacer una mezcla con cantidades iguales de semillas por planta (mezcla equilibrada) no se considera necesaria.

**Palabras clave:** *Festuca* grupo *ovina*, *Festuca* grupo *rubra*, recursos fitogenéticos.

### INTRODUCCIÓN

La multiplicación es uno de los procesos más delicados en el mantenimiento de las muestras en los bancos de germoplasma, ya que se puede producir pérdida de diversidad (Breese y Tyler, 1981). En especies alógamas anemófilas y autoincompatibles (Fearon *et al.*, 1983) como pueda ser el caso de las festucas del grupo *ovina* y del grupo *rubra*, la necesidad de aislamiento restringe el número de muestras que pueden ser multiplicadas en una misma superficie.

El Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM), dependiente de la Consellería de Medio Rural de la Xunta de Galicia mantiene una colección de aproximadamente 800 accesiones de gramíneas y leguminosas pratenses, así como de cereales y especies hortícolas del Norte de España. La mayoría de estas muestras presentan una gran variabilidad agromorfológica e isoenzimática (Oliveira, 1999, Costal *et al.*, 2005, 2006).

Dentro de cada población, hay a menudo grandes diferencias en el rendimiento en semilla por planta, por lo que se suele recomendar recoger igual cantidad de semilla de cada planta para tratar

de evitar cambios genéticos y posibles pérdidas de alelos adaptativos (Breese y Tyler, 1981). Este método requiere unas necesidades grandes de mano de obra y debido a las limitaciones en recursos no siempre es el más utilizado. En general, la semilla se recoge en conjunto de todas las plantas de cada población.

Con el fin de evaluar posibles cambios en la diversidad genética mediante marcadores isoenzimáticos y agromorfológicos, Oliveira (2006) mostró que la multiplicación de poblaciones de raigrás italiano anual, con mezcla en conjunto de las semillas recogidas en 90-100 plantas por población, permitió la conservación de la variabilidad agromorfológica e isoenzimática (heterocigosidad, nº de alelos/locus, alelos comunes). Sin embargo, se produjeron cambios en las frecuencias alélicas en el 32% de los loci y la pérdida de algunos alelos raros.

El término festuca fina se usa para describir una serie de especies de festucas morfológicamente similares y con interés para su uso en céspedes. Las festucas finas tienen hojas estrechas y finas, son especies de la zona templado-húmeda, bastante tolerantes a la sombra, la sequía y a la acidez (Ruemmele *et al.*, 1995). Aunque la taxonomía de las festucas finas a menudo es difícil, se pueden dividir la mayoría de las especies útiles para céspedes en dos grupos: *Festuca* grupo *rubra* y *Festuca* grupo *ovina* (Huff y Palazzo, 1998).

En general, las festucas del grupo *rubra* son densamente cespitosas y más o menos rizomatosas con vainas soldadas hasta el ápice y pubescentes, esclerénquima en macizos no decurrentes, sin acúleos ni protuberancias en la epidermis abaxial (envés de la hoja). En cambio las festucas del grupo *ovina* son siempre densamente cespitosas, con esclerénquima continuo, vainas abiertas, glabras, con sección foliar en forma de “V” (Fernández, 2008).

El objetivo de este trabajo fue la multiplicación de quince poblaciones de festucas finas (*Festuca* grupo *rubra* y *Festuca* grupo *ovina*) recogidas en la Cordillera Cantábrica y determinar su fecha de espigado y la producción media de semilla por planta en Mabegondo (A Coruña).

## MATERIAL Y METODOS

El ensayo de multiplicación en campo de las festucas se realizó en el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (43º 15' N, 8º 18' O) en A Coruña, a 100 m de altitud y cercano a la costa en el año 2005. Debido a que las festucas finas son especies alógamas y con polinización anemófila, las parcelas de multiplicación se aislaron mediante un cultivo de trigo autóctono gallego de caña alta, separándolas 20 metros de cualquier fuente de polen contaminante (otra parcela de multiplicación, cultivo, población natural, etc.). La Tabla 1 indica el origen y los datos de pasaporte de las 15 accesiones estudiadas.

**Tabla 1.** Número de la accesión y datos de pasaporte de las 15 accesiones de *Festuca* grupo *rubra* (Fr) y *Festuca* grupo *ovina* (Fo)

ACCESION	PROVINCIA	LOCALIDAD	LAT	LONG	ALT
1254Fo8	Asturias	Grandas de Salime	4315N	0655W	300
1255Fo7	Asturias	Villanueva de Oscos	4318N	0659W	650
1256Fo6	Cantabria	Puerto San Glorio	4305N	0445W	460
1257Fo5	Cantabria	Lebeña	4315N	0435W	210
1258Fo4	Cantabria	Puerto San Glorio	4305N	0445W	1600
1259Fo3	Asturias	Niserias	4320N	0445W	400
1260Fo2	Asturias	Castro (Somiedo)	4310N	0515W	500



ACCESION	PROVINCIA	LOCALIDAD	LAT	LONG	ALT
1261Fo1	León	Riaño	4315N	0450W	1300
1304Fr12	Asturias	Tanes	4315N	0525W	495
1306Fr14	Asturias	Alto Cobertoria	4310N	0558W	1179
1307Fr16	Asturias	Paramios	4322N	0701W	500
1308Fr10	León	La Uña	4303N	0507W	1250
1309Fr9	León	Acebedo	4303N	0507W	1180
1310Fr15	Asturias	Sta. Eulalia de Oscos	4315N	0701W	560
1311Fr11	León	Carande	4250N	0450W	1000

El suelo, de textura franco limosa y pH 5,7, se labró y se abonó a razón de 40 kg/ha de N, 75 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 75 de K<sub>2</sub>O y se sembró con trigo del país (de porte alto) a una dosis de 180 kg/ha con el fin de que actuase como barrera de protección de una polinización incontrolada. Al final del invierno se trasplantaron al terreno 50 plantas/accesión procedentes del invernadero y se situaron en los campos con un marco de plantación de 0,5 m x 0,5 m. Entre las plantas de cada línea se situó malla antihierba para evitar una invasión de malas hierbas. No obstante se hizo una escarda manual.

Se observó la fecha de espigado en cada una de las 50 plantas de cada accesión, en número de días a partir del 1 de enero, haciendo tres observaciones por semana, los lunes, miércoles y viernes. Se consideró una planta espigada cuando la extremidad superior de la espiga aparece fuera de la vaina.

Tras la determinación de la fecha de espigado se embolsaron los tallos y sus correspondientes espigas para asegurar la recogida de la semilla tanto en pureza como en cantidad. La semilla se recogió individualmente en cada una de las 50 plantas por accesión y tras la trilla y limpieza de las semillas se determinó el peso de la semilla ajustándolo a una humedad del 12%. Todas las semillas se mantienen en una cámara fría (0-4 °C) en envases herméticos en el CIAM.

Con los datos obtenidos en la multiplicación de las accesiones se realizó un análisis de varianza considerando el factor accesión, y los datos de las 50 plantas por accesión para los caracteres fecha de espigado y rendimiento de semilla. Con los caracteres que resultaron significativos para el factor accesión (prueba F significativa) se estimaron las diferencias mínimas significativas (LSD al 5%). Se calcularon también las correlaciones entre la fecha de espigado y el rendimiento en semilla. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SPSS 15.0 (SPSS, 2006).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza mostró diferencias significativas para el factor accesión tanto para la fecha de espigado ( $F = 20,2$ ,  $p < 0,001$ ) como para el rendimiento en semilla por planta ( $F = 23,2$ ,  $p < 0,001$ ).

Los valores LSD al final de cada columna (Tabla 2) representan las diferencias mínimas entre dos accesiones necesarias para tener una confianza del 95% de que las diferencias no se pueden atribuir al azar.

En la fecha de espigado hubo una gran variabilidad variando la fecha de espigado desde el 21 de marzo en la accesión de *Festuca rubra* 1310 al 29 de abril de la accesión de *Festuca rubra* 1308. La fecha media de espigado fue el 8 de abril (media 97,4).

En el rendimiento medio en semilla por planta también hubo una gran variabilidad, variando desde los 6,9 gramos/planta de la accesión de *Festuca ovina* 1261 a los 49,1gramos de semilla por

planta en la accesión de *Festuca ovina* 1256. El rendimiento medio en semilla fue de 29,6 gramos de semilla por planta.

**Tabla 2.** Medias (desviación estándar entre paréntesis) de fecha de espigado (en número de días de el uno de enero), Rendimiento en semilla (g por planta ajustados al 12% de humedad). LSD = Mínima diferencia significativa ( $p = 0,05$ )

Accesiones	Fecha espigado	Rendimiento
1254Fo8	92,6 (3,1)	45,7 (2,8)
1255Fo7	86,3 (2,7)	46,4 (2,4)
1256Fo6	81,5 (2,9)	49,1 (2,6)
1257Fo5	114,9 (2,8)	40,2 (2,6)
1258Fo4	104,7 (2,9)	32,0 (2,7)
1259Fo3	86,5 (2,9)	30,7 (2,7)
1260Fo2	95,1 (2,8)	37,8 (2,5)
1261Fo1	101,9 (3,2)	6,9 (2,9)
1304Fr12	85,9 (2,7)	23,4 (2,4)
1306Fr14	109,7 (3,1)	20,7 (2,8)
1307Fr16	112,4 (2,9)	13,9 (2,6)
1308Fr10	117,7 (2,8)	31,5 (2,6)
1309Fr9	105,2 (3,3)	17,4 (3,0)
1310Fr15	79,8 (2,7)	32,9 (2,5)
1311Fr11	86,6 (2,9)	14,9 (2,7)
Media	97,4 (0,7)	29,6 (0,7)
LSD ( $p = 0,05$ )	8,4	7,2

Se obtuvo una correlación lineal negativa no significativa de -0,301 ( $N = 15$ , grados de libertad 13,  $p > 0,05$ ) entre la fecha de espigado y el rendimiento en semilla, lo cual indica que no influyeron las diferencias en fecha de espigado en el rendimiento en semilla.

Una de las decisiones importantes que hay que tomar cuando se va a multiplicar una población es la de decidir el número de individuos a multiplicar. Lawrence *et al.* (1995) recomiendan que al muestrear una población en el campo se mantenga los alelos con frecuencia de 0,05 y superior. Este tipo de alelos son los que Brown (1978) denomina comunes y son los que se consideran adaptativos y que es necesario mantener en una población. A pesar de que las frecuencias alélicas en las accesiones multiplicadas con mezcla en conjunto de la semilla, se puedan desviar de las obtenidas en las accesiones originales, este método de multiplicación no condujo a una pérdida de alelos comunes, según mostró Oliveira (2006) en accesiones de raigrás italiano en Galicia. Debido a que no se observaron grandes diferencias en el rendimiento en semilla entre las plantas dentro de cada accesión (medidas por la desviación estándar), no son previsibles cambios en las frecuencias de los alelos adaptativos, por lo que la recomendación de recoger individualmente las semillas de cada planta dentro de cada accesión y hacer una mezcla con cantidades iguales de semillas por planta (mezcla equilibrada) no se considera necesaria. Desde el punto de vista práctico se aconseja recoger las semillas de las plantas de cada accesión en mezcla.

Brown *et al.* (1997) mostraron que el muestreo sucesivo en una muestra previa, como se hace en las multiplicaciones de semillas de accesiones, resulta en un aumento del tamaño de la accesión en progresión geométrica, para mantener un porcentaje determinado del número total de alelos presentes inicialmente a una frecuencia determinada. Por ese motivo se trata de evitar en lo posible las multiplicaciones sucesivas de una misma accesión.

Con los valores medios obtenidos de producción de semilla, con un marco de plantación de 0,5 m x 0,5 m, se puede esperar un rendimiento de semilla de 1184 kg/ha. Esta cantidad es superior a los rendimientos medios de producción de semilla en condiciones normales de cultivo (Ehlke y Undersander, 1990).

## CONCLUSIONES

La multiplicación de accesiones de festucas finas en aislamiento y con un marco de plantación de 0,5 m x 0,5 m permitió observar diferencias significativas entre 15 accesiones de festucas finas tanto en la fecha de espigado como en el rendimiento en semilla por planta.

Dentro de cada población no se observaron grandes diferencias en el rendimiento en semilla por planta, por lo que no se recomienda la recolección individual de la semilla de cada planta y la mezcla equilibrada de semilla de cada planta perteneciente a una accesión para evitar cambios genéticos y posibles pérdidas de alelos adaptativos.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha podido realizar gracias a la financiación INIA (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria de España) concedida en el proyecto RF-025-C2-1 (2003-2005) y al apoyo del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (Xunta de Galicia).

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BREESE, E.L.; TYLER, B.F., 1981. Regeneration of germplasm collections of forage grasses and legumes. En: *Seed regeneration in cross-pollinated species*, 45-67. Ed. E. PORCEDDU, G. JENQUINS. A. A. BULKEMA, Rotterdam (Holanda).
- BROWN, A.H.D., 1978. Isozymes, plant population genetic structure and genetic conservation. *Theoretical and Applied Genetics*, 52, 145-157.
- BROWN, A.H.D.; BRUBAKER, C.L.; GRACE, P., 1997. Regeneration of germplasm samples. Wild versus cultivated plant species. *Crop Science*, 37, 7-13.
- COSTAL, L.; GONZÁLEZ, E.; OLIVEIRA, J.A., 2005. Resultados medios de la caracterización agronómica de gramíneas pratenses de la Cordillera Cantábrica. En: *producciones agro-ganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural* (Vol. II), 473-480. Actas XLV Reunión Científica de la SEEP. Gijón (Asturias).
- COSTAL, L.; GONZÁLEZ, E.; OLIVEIRA, J.A., 2006. Characterisation of Cantabrian (Northwest Spain) tall fescue wild populations. *Grassland Science in Europe*, Vol. 11, 170-172. Badajoz (España).
- EHLKE, N. J.; UNDERSANDER, D. J., 2006. Cool-season grass seed production. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/grassseed.html>.
- FEARON, C.H.; HAYWARD, M.D.; LAWRENCE, M.J., 1983. Self incompatibility in ryegrass. V. Genetic control in diploid *Lolium multiflorum*. *Heredity*, 50, 35-45.

FERNÁNDEZ, V., 2008. *Caracterización morfológica y de anatomía foliar de festucas finas del Norte de España*. Trabajo Fin de Carrera. Ingeniería Técnica Forestal. Campus de Mieres. Universidad de Oviedo, 91 pp. Asturias (España).

HUFF D.R.; PALAZZO A.J., 1998. Fine fescue species determination by laser flow cytometry. *Crop Sci.*, 38, 445-450.

LAWRENCE, M.J.; MARSHALL, D.F.; DAVIES, P., 1995. Genetics of conservation.I. Sample size when collecting germplasm. *Euphytica*, 84, 89-99.

OLIVEIRA, J.A., 1999. Collections of forage grasses in Northern Spain. En: *Report of a working group on forages*. Seventh meeting, Elvas (Portugal), 146-147. Ed. L.

MAGGIONI, P. MARUM, N. SACKVILLE, M. HULDEN, E. LIPMAN. IPGRI, Roma (Italia).

OLIVEIRA, J.A., 2006. Conservación y utilización de recursos fitogenéticos de gramíneas praten-ses. Editorial Cersa, 165 pp. Madrid (España).

RUEMMELE B.A.; BRILMAN L.A.; HUFF D.R., 1995. Fine fescue germplasm diversity and vulnera-bility. *Crop Sci.*, 35, 313-316.

SPSS, 2006. SPSS para windows versión 15.0. SPSS Inc. 2006.

## REGENERATION OF FINE FESCUE ACCESSIONS: HEADING DATE AND SEED YIELD AT MABEGONDO (A CORUÑA)

### SUMMARY

The objective of this research was to regenerate 15 fine fescue accessions (seven of the *Festuca* group *rubra* and eight of the *Festuca* group *ovina*) collected in the Cantabrian Mountains and to determine their heading date and their seed yield per plant at Mabegondo (A Coruña). The regeneration was outside, in sheltered site, surrounded by tall Galician wheat, 20 m from nearest alien pollen source. Seed was harvested individually on 50 plants within each accession. Significant differences were observed among the 15 accessions both for heading date (average heading date the 8<sup>th</sup> April), and seed production per plant (average seed yield per plant = 29.6 g). Within each accession, there were not large differences in seed yield, so the recommended practice of harvesting equal amounts of seed from each plant (balancing) is not required and for practical considerations, plants in a regeneration population can be harvested in bulk.

**Key words:** *Festuca* group *ovina*, *Festuca* group *rubra*, plant genetic resources.

## ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO Y LA CALIDAD NUTRITIVA DE BRIZA MAXIMA SOMETIDO A DIFERENTES TRATAMIENTOS DE OZONO Y NITRÓGENO

J. SANZ<sup>1</sup>, R.B. MUNTIFERING<sup>2</sup>, B.S. GIMENO<sup>1</sup>, V. BERMEJO<sup>1</sup> Y I. GONZÁLEZ FERNÁNDEZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Ecotoxicología de la Contaminación Atmosférica, DMA. CIEMAT, Avda. Complutense 22, 28040, Madrid, España.* <sup>2</sup> *Department of Animal and Dairy Sciences, Auburn University, Auburn, AL 36849, USA*

### RESUMEN

Se analiza la respuesta al ozono (O<sub>3</sub>) de *Briza maxima*, una gramínea anual característica de los pastizales terofíticos mediterráneos, y la modulación que ejerce en esta respuesta el incremento de nitrógeno en el sustrato. Se han incluido entre las variables de análisis, parámetros de crecimiento, como biomasa aérea y radical, y parámetros de calidad nutritiva, como el contenido en fibra ácido y neutro detergente, lignina y proteína bruta. El desarrollo experimental se ha realizado en una instalación de Cámaras Descubiertas (OTCs), un sistema diseñado específicamente para el análisis de efectos de los contaminantes atmosféricos sobre la vegetación. Se han empleado tres tratamientos de O<sub>3</sub> y tres de N. La biomasa aérea y subterránea no se vió modificada por el O<sub>3</sub>, aunque sí se produjo un aumento de su biomasa seca y una reducción de su calidad nutritiva al incrementarse los valores de FAD, FND y lignina. No se ha encontrado ninguna modulación del N en la respuesta a este contaminante atmosférico. Los resultados indican también la importancia de considerar parámetros de calidad, no solo de producción, en la definición de la sensibilidad al O<sub>3</sub> de una especie vegetal. La sensibilidad de *Briza* al O<sub>3</sub> varía dependiendo del parámetro considerado.

**Palabras clave:** producción, FAD, FND, PB, contaminación atmosférica

### INTRODUCCIÓN

El ozono troposférico (O<sub>3</sub>) es un contaminante atmosférico que se genera como consecuencia de reacciones fotoquímicas complejas entre sus precursores, los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles. Actualmente es considerado el contaminante atmosférico más fitotóxico, debido a su fuerte capacidad oxidativa a escala celular que finalmente desemboca en el desarrollo de síntomas foliares visibles y pérdidas de producción. A escala mundial se ha producido un incremento de los niveles de fondo de O<sub>3</sub> desde el comienzo de la era industrial. En algunas zonas como en el área mediterránea, cuyo clima (intensa radiación, escasez de lluvias) favorece la producción de este contaminante, es frecuente la presencia de concentraciones elevadas de O<sub>3</sub> especialmente en primavera y verano afectando a zonas rurales extensas alejadas de las fuentes de contaminación que emiten los precursores. En estas áreas se crea una situación potencialmente dañina para las especies vegetales y los ecosistemas, al superarse frecuentemente los límites de daño establecidos en la legislación actual para la protección de la vegetación sensible (EU, 2002).

Otra fuente importante de contaminación de origen antrópico la constituyen los compuestos nitrogenados cuyos focos más importantes proceden de la agricultura y ganadería intensiva, la combustión del carbono fósil y la quema de biomasa. Las medidas de deposición atmosférica de compuestos nitrogenados en la Península Ibérica son mayores que en otras áreas europeas registrándose en bosques del noreste de la Península valores entre 15-22 Kg ha<sup>-1</sup> año (Roda *et al.*, 2002). Aunque la entrada crónica de N inicialmente puede provocar un efecto positivo en los ecosistemas, una vez sobrepasada su capacidad de asimilación puede favorecer el aumento de la susceptibilidad a otros estreses bióticos y abióticos (Van der Wal *et al.*, 2003).

El centro de la península Ibérica, donde la dehesa domina el paisaje de una gran superficie, esta siendo afectado por una contaminación crónica de O<sub>3</sub> y N, por lo que en los últimos años se han realizado estudios en sus comunidades vegetales herbáceas, que señalan la gran sensibilidad al O<sub>3</sub> de la mayor parte de las leguminosas analizadas frente a la relativa resistencia de las gramíneas (Bermejo *et al.*, 2003; Gimeno *et al.*, 2004). Cuando estos estudios se hacen considerando de forma conjunta al O<sub>3</sub> y al N, la interacción entre ambos es compleja dependiendo de la especie, del parámetro de análisis y de las concentraciones tanto del O<sub>3</sub> como del N (Sanz *et al.*, 2005).

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la respuesta al O<sub>3</sub> de *Briza maxima*, una gramínea característica de pastizales mediterráneos oligotróficos y determinar si esta respuesta se modula por un enriquecimiento de N en el sustrato, considerando tanto variables de producción de biomasa, como de calidad nutritiva.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se emplearon semillas de *Briza maxima* que fueron recogidas en la dehesa de Moncalvillo (Madrid, 40°40'N 03°46'W). El sustrato de siembra fue una mezcla 50% de vermiculita y 50% de turba neutra, transplantándose posteriormente a macetas de 2,5 l con un sustrato 50% de turba, 30% de vermiculita y 20% de perlita cuyo pH fue corregido mediante la adición de 4 kg m<sup>-3</sup> de Ca O. Se elaboraron tres soluciones nutritivas para obtener los tres tratamientos de fertilización con N: 5 (N5), 15 (N15) y 30 (N30) kg de N ha<sup>-1</sup>, partiendo de un abono de base (Peters, 4/25/35) y de NO<sub>3</sub>NH<sub>4</sub> (34,5 %). El aporte de N se realizó en dos aplicaciones quincenales. Se empleó un sistema de riego por goteo para asegurar su distribución homogénea. El experimento se realizó en una instalación experimental de Cámaras Descubiertas (OTCs) empleando tres tratamientos de O<sub>3</sub>: aire filtrado sin O<sub>3</sub> (AF), aire no filtrado que reproduce las concentraciones ambientales de O<sub>3</sub> (ANF) y aire no filtrado al que se añaden 40 ppb de O<sub>3</sub> entre las 07:00 hasta las 17:00 (GMT) 5 días a la semana (ANF+). Se emplearon 3 réplicas por tratamiento de O<sub>3</sub> (3 OTCs por tratamiento) y 3 plantas por tratamiento de N dentro de cada OTC. Un sistema automático y secuencial permitió un control continuo de las concentraciones de O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NO y NO<sub>2</sub> en el interior de cada una de las cámaras. La descripción detallada del campo experimental puede consultarse en Pujadas *et al.* (1997).

A los 30 días de exposición a los tratamientos de O<sub>3</sub>, se separó la parte aérea de la subterránea y ambas se desecaron a 60 °C hasta peso constante. Para el análisis de la calidad nutricional, se tomaron 3 muestras por tratamiento de N y O<sub>3</sub> que se obtuvieron mezclando la biomasa verde de las tres macetas por cámara pertenecientes a cada tratamiento de N. Se analizó el contenido en proteína cruda por la técnica de Kjeldhal. La determinación de fibra ácido y neutro detergente (FAD y FND) y lignina se determinó secuencialmente de acuerdo a los procedimientos de Goering y Van Soest (1970). Todos los análisis químicos se realizaron en el laboratorio del *Department of Animal and Dairy Sciences* de la Universidad de Auburn (USA).

### Análisis estadístico

El efecto de la fertilización con N y de las concentraciones de O<sub>3</sub> sobre los parámetros considerados fue analizado mediante un análisis de la varianza de doble vía para cada parámetro. Se

empleó el test de Tukey para analizar las diferencias entre las medias cuando el ANOVA indicó la existencia de diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Previo al ANOVA se comprobó la homogeneidad de las varianzas mediante el test de Levene y se inspeccionó la normalidad de las variables y de sus residuos mediante los gráficos correspondientes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1a se presentan los valores medios encontrados por tratamiento de  $O_3$  y N para los distintos parámetros de crecimiento analizados en *Briza maxima*. El  $O_3$  incrementa de forma significativa la producción de necromasa por planta ( $p < 0,01$ ). Este incremento alcanza el valor medio entre tratamientos de N del 140 % en ANF+ (el tratamiento sometido a la atmósfera más enriquecida de  $O_3$ ) respecto a las plantas control que crecieron en atmósfera libre de del contaminante (AF). Sin embargo no se detectó ningún efecto significativo en la biomasa verde aérea o biomasa total aérea (suma de verde y necromasa) de las plantas, resultando en una alteración de la tasa necromasa/biomasa aérea verde que se incrementa como consecuencia del  $O_3$ . No se observó ningún efecto del  $O_3$  sobre el sistema radicular. Estos resultados coinciden con los de Gimeno *et al.*, (2004) que no encuentra ningún efecto del contaminante en las tasas de crecimiento relativo de la parte aérea ni de la subterránea de *Briza*.

El aumento de la necromasa debido a la senescencia prematura de las hojas es un síntoma inespecífico pero frecuentemente observado en plantas sensibles al  $O_3$  Bermejo *et al.*, (2003) también considera este parámetro para establecer una clasificación de sensibilidad relativa al  $O_3$  de una veintena de especies anuales mediterráneas señalando la importancia de este parámetro en la determinación de la sensibilidad de las gramíneas anuales, que a diferencia de las leguminosas, no suelen presentar síntomas foliares visibles como consecuencia de la exposición al contaminante sino que incrementan la senescencia foliar. En este trabajo el  $O_3$  aumenta la senescencia foliar en el 67% de las gramíneas analizadas mientras que tan solo el 33% llegaron a desarrollar daños foliares.

La producción de biomasa aérea y subterránea se incrementa con el aumento de N en el sustrato, siendo la intensidad del efecto semejante en ambos parámetros. La producción media de biomasa (parte aérea y subterránea) del tratamiento 15 kg N ha<sup>-1</sup> aumenta un 46% respecto al aporte de solo 5 kg N ha<sup>-1</sup> (media entre tratamientos de  $O_3$ ), este porcentaje se eleva hasta un 124% al considerar la dosis de N del tratamiento 30 kg N ha<sup>-1</sup>. La fertilización con N también provoca un aumento de la producción de necromasa, pero en este caso relacionada con un el incremento de biomasa verde que sucede al mismo tiempo. Sin embargo, como la fertilización nitrogenada intensifica en mayor grado la producción de biomasa verde respecto a la senescente, se produce una reducción de la tasa biomasa verde/ necromasa de la planta, contrario a lo que sucede con el  $O_3$ .

La exposición al  $O_3$  redujo la calidad nutritiva, al incrementar de forma significativa el contenido de ADF, NDF y lignina ( $p < 0,001$ ). Al mismo tiempo se observó una tendencia ( $p < 0,1$ ) a reducir el contenido proteico foliar en las plantas crecidas en los niveles de  $O_3$  más elevados (Tabla 1b). El incremento observado en el contenido de fibra foliar, tanto en ADF como en NDF, fue semejante para los tratamientos ANF y ANF+ en un porcentaje entre el 9-8% respecto al control. Destaca el notable incremento del contenido de lignina foliar inducido por el  $O_3$ , un 89% en ANF y un 121% en ANF+.

El aporte de N en el sustrato afecta también el contenido de FAD y FND. El N mejora la calidad nutritiva de *Briza*, ya que el contenido de fibras se reduce un 6-7% cuando la dosis de N es la mayor (30 kg N ha<sup>-1</sup>). Aunque el N no afecta de forma general al contenido de lignina, se ha observado una tendencia ( $p < 0,1$ ) a la interacción entre los factores considerados,  $O_3$  y N, en la que el aporte nitrogenado elevado (30 kg N ha<sup>-1</sup>) podría contrarrestar el incremento de lignina foliar causada por la fumigación con  $O_3$ .

Otros estudios previos realizados con gramíneas como *Poa pratensis* y *Cynosurus echinatus* (Bender et al, 2006; Sanz et al., 2006), también ponen de manifiesto la pérdida de calidad nutritiva, aunque en menor medida, por el incremento de la concentración de fibras cuando crecen en atmósferas contaminadas por O<sub>3</sub>. No se detectaron interacciones significativas O<sub>3</sub> x N, pero este tipo de efectos si se ha observado en estudios semejantes con otras especies más sensibles al O<sub>3</sub> como *T. subterraneum* (Sanz et al, 2005). En esta especie el efecto de O<sub>3</sub> sobre el FAD, FND y lignina fue, para concentraciones de O<sub>3</sub> semejantes, mucho más intenso que el observado en *Briza* y el N moduló significativamente el efecto del O<sub>3</sub>, contrarrestándolo en el parámetro tasa biomasa senescente/biomasa verde e intensificándolo en el contenido de FAD, lo que indica la complejidad de la interacción O<sub>3</sub>\*N.

Los resultados encontrados en cuanto al efecto del O<sub>3</sub> en *Briza maxima*, tanto el incremento de la biomasa seca de la planta, como el aumento de la concentración foliar de fibras y lignina, podrían interpretarse como consecuencia de un proceso de aceleración de la senescencia inducida por el O<sub>3</sub>.

La legislación europea actual (EU, 2002) establece para asegurar la protección de la vegetación un valor máximo del índice de O<sub>3</sub> AOT40 de 9.000 ppb h. como objetivo a corto plazo y de 3.000 ppb h. como objetivo a largo plazo acumulados hasta 3 meses. En el experimento con *Briza*, el valor del índice de exposición AOT40 que provocaría una respuesta negativa en la producción de esta especie está cercano a las 15.000 ppb h. acumuladas durante un mes, por lo que parece razonable considerarla como una especie relativamente resistente al O<sub>3</sub> y protegida por los valores límite que establece la legislación europea actual. Sin embargo, los efectos inducidos por el O<sub>3</sub> en la calidad nutritiva de esta especie aparecen con un valor del índice acumulado AOT40 de tan solo 1.196 ppb h., lo que permitiría calificarla como una especie muy sensible al O<sub>3</sub> y vulnerable con los límites establecidos para el O<sub>3</sub> en la legislación actual. Estos resultados contribuyen a abrir un debate sobre que parámetros deben de considerarse en la definición de la sensibilidad al O<sub>3</sub> de las especies vegetales.

## CONCLUSIONES

El O<sub>3</sub> induce en *Briza maxima* un incremento de la biomasa seca aérea y del contenido de fibra foliar, especialmente de lignina, lo que provoca una reducción de su calidad nutritiva. Los resultados se interpretan como una aceleración de la senescencia inducida por el O<sub>3</sub>. *Briza maxima* puede considerarse como una especie resistente al O<sub>3</sub> valorando los parámetros de producción de biomasa, pero podría considerarse como muy sensible atendiendo a los parámetros de calidad nutritiva.

## AGRADECIMIENTOS

Los resultados presentados forman parte del proyecto BIOSTRESS (UE, contrato EVK2-C-1999-00040) y del acuerdo realizado entre el Ministerio de Medio Ambiente y el CIEMAT sobre "Cargas y Niveles Críticos".



**Tabla 1.** Producción de biomasa aérea y subterránea (1a) y calidad nutritiva (1b) de Briza máxima en los distintos tratamientos de O3 y N.

1a.- Briza máxima	Biomasa Verde (g)	Necromasa (g)	Biomasa Total Aérea (g)	Biomasa Radical (g)	Biomasa Total (g)	Tasa Negro /B.verde	1b- Briza máxima	PB (g)	FND	FAD	Lignina
O3	ns	<0.001	ns	ns	ns	<0.0001	O3	(p<0.1)	<0.01	< 0.001	<0.01
Nitrógeno	<0.0001	<0.005	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.01	Nitrógeno	ns	<0.05	<0.05	ns
O3 * Nitrógeno	ns	ns	ns	ns	ns	ns	O3 * Nitrógeno	ns	ns	ns	(p<0.1)
AF N5	0.73±0.10	0.071±0.01	0.80±0.09	0.72±0.05	1.52±0.13	0.12±0.03	AF N5	9.81±0.49	45.20±1.36	22.79±0.57	0.12±0.04
AF N15	1.03±0.08	0.06±0.00	1.10±0.08	0.86±0.05	1.95±0.12	0.06±0.01	AF N15	10.03±0.08	43.59±0.93	21.75±0.50	0.19±0.08
AF N30	1.90±0.17	0.09±0.03	0.73±0.19	1.38±0.09	3.37±0.25	0.04±0.01	AF N30	11.02±0.83	43.02±1.82	21.23±0.51	0.26±0.05
ANF N5	0.67±0.04	0.05±0.01	0.73±0.04	0.75±0.03	1.48±0.07	0.08±0.01	ANF N5	10.50±0.31	50.36±0.63	24.46±0.48	0.35±0.04
ANF N15	1.09±0.08	0.08±0.01	1.17±0.09	1.18±0.10	2.35±0.18	0.07±0.01	ANF N15	10.44±0.17	47.83±0.51	24.09±0.17	0.40±0.05
ANF N30	1.77±0.14	0.14±0.02	1.91±0.14	1.59±0.13	3.51±0.23	0.08±0.01	ANF N30	9.88±0.16	45.88±0.47	23.05±0.23	0.34±0.08
NFA+ N5	0.86±0.11	0.13±0.02	1.00±0.13	0.84±0.12	1.84±0.24	0.15±0.01	NFA+ N5	9.58±0.33	48.98±1.18	24.20±0.53	0.56±0.06
NFA+ N15	1.18±0.10	0.17±0.02	1.35±0.12	1.18±0.14	2.54±0.24	0.14±0.01	NFA+ N15	9.46±0.23	47.99±1.28	24.13±0.63	0.48±0.10
NFA+ N30	1.96±0.16	0.21±0.03	2.17±0.18	1.62±0.16	3.79±0.31	0.10±0.01	NFA+ N30	9.06±0.48	45.98±0.61	22.94±0.21	0.23±0.04

En la primera parte de las tablas se indica el límite de significación para cada fuente de variación (ozono, O3 y nitrógeno, N) y en la segunda mitad las medias± es de cada tratamiento. AF = aire filtrado; ANF=aire no filtrado; NFA+ = aire no filtrado + 40ppb de O3; 5N= aporte de N total de 5 Kg ha<sup>-1</sup>; 15N= aporte de N total de 15 Kg ha<sup>-1</sup>; 30N= aporte de N total de 30 Kg ha<sup>-1</sup>; PB= contenido en Proteína Bruta; FAD=fibra ácido-detergente; FND=fibra neutro-detergente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENDER, J.; MUNTIFERING, R.B.; LIN, J. C.; WEIGEL, H. J., 2006. Growth and nutritive quality of *Poa pratensis* as influenced by ozone and competition. *Environ. Pollut.* 142, 109-115.
- BERMEJO, V.; GIMENO, B.S.; SANZ, J.; DE LA TORRE, D.; GIL, J.M., 2003. Assessment of the ozone sensitivity of 22 native plant species from Mediterranean annual pastures based on visible injury. *Atmos. Environ.* 37, 4667-4677.
- EU, 2002. Directive 2002/3/EC of the European Parliament and of the council of 12 February 2002 relating to ozone in ambient air. *Oficial Journal of the European Communities* L67, 14-30.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J., 1970. *Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures an some applications)*. Agricultural Handbook N° 379. USDA/ARS. Washington (USA).
- GIMENO, B.S.; BERMEJO, V.; SANZ, J.; DE LA TORRE, D.; ELVIRA, S., 2004. Growth response to ozone of annual species from Mediterranean pastures. *Environmental Pollution* 132, 297-306.
- PUJADAS, M.; TERÉS, J.; GIMENO, B.S., 1997. La experiencia española en el diseño de sistemas experimentales para el estudio de efectos producidos por contaminantes gaseosos sobre especies vegetales. *Boletín de Sanidad Vegetal – Plagas* 23, 39-54.
- RODA, F.; AVILA, A.; RODRIGO, A., 2002. Nitrogen deposition in Mediterranean forests. *Environ. Pollut.* 118, 205-213.
- SANZ, J.; MUNTIFERIING, R.B.; GIMENO, B.S.; BERMEJO, V.; ELVIRA, S., 2005. Ozone and increased nitrogen supply effects on the yield and nutritive quality of *Trifolium subterraneum* *Atmos. Environ.* 39, 5899-5907.
- SANZ, J.; MUNTIFERIING, R.B.; GIMENO, B.S.; BERMEJO, V., 2005. Análisis del crecimiento y de la calidad nutritiva de *Trifolium cherleri* y de *Cynosurus echinatus* sometidos a diferentes tratamientos de ozono y nitrógeno. Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural (Volumen II). Sociedad Española para el Estudio de los Pastos ( de la Roza Delgado, B.; Martinez, A.; Carballal, A.), 573-579.
- VAN DER WAL, R.; PEARCE, I.; BROOKER, R.; SCOTT, D.; WELCH, D.; WOODIN, S., 2003. Interplay between nitrogen deposition and grazing causes habit degradation. *Ecol. Lett.* 6, 141-146.

## YIELD AND NUTRITIVE QUALITY OF BRIZA MAXIMA EXPOSED TO DIFFERENT OZONE AND NITROGEN TREATMENTS

### SUMMARY

The response of the yield and the nutritive quality (leaf acid and neutral detergent fibers, lignine and crude protein content) of the annual grass *Briza maxima* species, to ozone (O<sub>3</sub>) exposure and nitrogen supply was assessed. A factorial experiment was carried out in an open-top chamber facility, combining three O<sub>3</sub> treatments and three nitrogen levels. Aerial and subterranean biomasses were not affected by O<sub>3</sub>, but O<sub>3</sub> exposure determined an increase in the senescent biomass per plant and in the ADF, NDF and lignine content. *Briza maxima* can be considered a non-sensitive O<sub>3</sub> species regarding yield parameters but a very O<sub>3</sub> sensitive species if plant quality characteristics were considered. Results showed the interest of include forage quality parameters in the assay of O<sub>3</sub> sensitivity of the species.

**Key words:** yield, ADF, NDF, CP, atmospheric pollution

## EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS LIXIVIADOS GENERADOS EN MONTONES TEMPORALES DE ESTIERCOL SOBRE SUELO NATURAL

J.M. MANGADO<sup>1</sup>, I. RODRIGUEZ<sup>2</sup>, J. OIARBIDE<sup>1</sup> Y B. SORET<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ITG Ganadero. Avda. Serapio Huici, 22 Edif. Peritos. 31610 Villava (Navarra). <sup>2</sup> UPNA. Campus Arrosadía s/nº 31006 Pamplona (Navarra) [jmangado@itgganadero.com](mailto:jmangado@itgganadero.com)

### RESUMEN

Los amontonamientos temporales de estiércol sobre suelo natural están regulados por las Administraciones aunque se conoce poco acerca de su afección sobre el entorno. Esta experiencia tiene por objetivo evaluar y caracterizar los lixiviados procedentes de montones temporales de estiércol, sin cubrir, sobre suelo natural. El trabajo de campo se realizó entre Mayo y Julio de 2007, con tres montones de estiércol de tres especies de ganado doméstico sobre tres suelos de textura diferente. Se controló la producción y composición de los lixiviados generados a dos profundidades de recogida (20 y 60 cm) y se comparó con lixiviados recogidos en suelos sin alterar.

Las características iniciales de los estiércoles utilizados, referidos a materia seca, difieren muy poco entre sí, modificándose a lo largo de la experiencia. Las precipitaciones ocurridas y los volúmenes de lixiviados recogidos están bien relacionados en suelos de textura franca y franco-arcillosa, no existiendo esta relación en suelos de textura arcillosa.

La composición de los lixiviados recogidos a 20 cm muestra un arrastre de nutrientes de los montones de estiércol hacia el suelo. Este efecto se diluye conforme el lixiviado va profundizando, llegando a anularse a los 60 cm en el caso de suelos de textura arcillosa.

**Palabras clave:** estiércol, lixiviados, textura del suelo, legislación

### INTRODUCCIÓN

El manejo de cualquier tipo de estiércol supone la producción de un líquido denominado vulgarmente “jugo de estiércol” procedente de los orines sobrantes no absorbidos o de los líquidos procedentes de la fermentación. Este “jugo”, diluido y arrastrado por el agua de lluvia en amontonamientos exteriores de estiércol sobre suelo natural puede ser causa de graves problemas ambientales (Labrador, 1996). La legislación actual acerca de la producción y gestión de estos residuos procedentes de la actividad ganadera contempla estos amontonamientos temporales de estiércol sobre suelo natural como una fuente posible de contaminación. La generación y naturaleza de estos lixiviados es un tema poco estudiado y el nivel de conocimiento en este campo es escaso. Por ello se ha planteado una experiencia inicial con el objetivo de evaluarlos y caracterizarlos. Los resultados obtenidos pueden ser la base de nuevas experiencias que se planteen para profundizar en el conocimiento de la generación, composición y dinámica de estos lixiviados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el inicio de Mayo de 2007 se hicieron tres montones de estiércol sobre suelo natural en tres localidades de Navarra. Los criterios para la elección de las localidades de ensayo fueron:

Localidades con alta probabilidad de precipitaciones abundantes en Mayo-Junio.

Localidades en las que en su proximidad existiera una estación meteorológica completa y automática dentro de la red de estaciones meteorológicas del Gobierno de Navarra

Localidades que abarcaran el rango habitual de suelos con propiedades físicas que afectan a su capacidad de retención de agua (Stout *et al.*, 2000)..

En la tabla 1 se recogen las características de cada una de ellas. En cada localidad se amontonaron entre 15 y 20 t de estiércol sacado directamente de la instalación donde se generó. Se abrieron tres catas y en cada una ellas se colocaron dos lisímetros con toma a 20 y 60 cm. Además se colocaron otros dos lisímetros fuera del área de influencia del montón de estiércol para caracterizar los lixiviados en el suelo no alterado por el amontonamiento. Los lisímetros son de cápsula porosa SDEC modelos SPS240-31 y SPS280-31.

**Tabla 1.** Características de los amontonamientos de estiércol

	DONEZTEBE	TABAR	OSKOTZ
Región biogeográfica	atlántica	mediterránea	atlántica
Origen del suelo	aluvial	terrazza fluvial	coluvial
Suelo, textura 0-20 cm	franco	franco-arcilloso	arcilloso
Suelo, textura 20-60 cm	franco	franco-arcilloso	arcillo-limoso
Cultivo	prado	alfalfa	prado
Sistema de cultivo	secano	regadío	secano
Estiércol	vacuno	ovino	caballar
Período	9/05 a 4/07	8/05 a 4/07	7/05 a 5/07
Precipitación (mm)	217.8	67 (p) + 112 (r)	113.6

En Tabar se encontró un horizonte impermeable (pudinga) a 40 cm de profundidad, por lo que, en esta localidad, los lixiviados en capa profunda se recogieron a esta profundidad.

Se consideró 20 cm como el límite de actividad radicular de la flora de los prados por lo que los nutrientes presentes en los lixiviados hasta esa profundidad pueden ser absorbidos por las raíces de las plantas. Sin embargo a 60 cm de profundidad ya no hay presencia radicular y los solutos de los lixiviados podrían pasar a los flujos de aguas subterráneas.

Se tuvo dificultades para el mantenimiento del nivel de vacío en algunos de los equipos. Los resultados que se presentan son de los que funcionaron correctamente.

Al inicio de la experiencia se analizaron los suelos de cada localidad a dos profundidades (0-20 cm y 20-60 cm). Los análisis fueron físicos (humedad, componentes texturales y densidad) y químicos (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica oxidable, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, nitrógeno total, C/N, CO<sub>3</sub><sup>=</sup> totales y caliza activa).

Se analizó el estiércol de cada montón al inicio y al final de la experiencia. Los parámetros analizados fueron humedad, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica total y oxidable, nitrógeno

amoniaco y orgánico, C/N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, MgO, Na<sub>2</sub>O y SO<sub>3</sub>. Los análisis se realizaron en el laboratorio AGROLAB® de Pamplona.

Se estableció una recogida de lixiviados de una vez por semana y siempre que la precipitación diaria superara los 20 mm. Se medía el volumen y sobre cada muestra se analizaba pH, conductividad eléctrica, sólidos totales, minerales en solución, nitrógeno nítrico, nitrógeno nitroso, nitrógeno amoniacal, fósforo (P) y potasio (K). Los análisis de suelos y lixiviados se llevaron a cabo en el Laboratorio Agrario de Navarra (NASERSA).

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete SPSS versión 8.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **Estiércol inicio** (tabla 2)

Las diferencias encontradas sobre materia fresca se deben a la mayor presencia de paja en el estiércol de equino frente a los otros dos. Por ello se dan diferencias significativas entre aquel y estos en nitrógeno (N) orgánico y total. Por el mismo motivo la relación C/N del estiércol de equino duplica a la de los otros dos y la materia orgánica oxidable es inferior a la de los otros dos estiércoles, aunque no se encuentran diferencias significativas. En equino la conductividad eléctrica es significativamente superior a la de vacuno, aunque alcanza un valor inferior a la mitad de valores habituales en purín de vacuno (Mangado *et al.*, 2006).

Sobre materia seca se anulan todas las diferencias entre los parámetros analizados salvo en el caso del N amoniacal, aunque sus valores son muy bajos y su presencia está más relacionada con el proceso de extracción y amontonamiento del estiércol.

**Tabla 2.** Características iniciales de los estiércoles

	Sobre materia fresca			Sobre materia seca		
	VACUNO	OVINO	EQUINO	VACUNO	OVINO	EQUINO
Mat. seca (%)	30,5 a	44,1 a	26,1 a			
pH	8,6 a	8,2 a	8,8 a			
CE (dS/m)	2,8 a	5,3 ab	7,2 b			
C/N	18,3 a	19,3 a	53,3 a			
MO oxidable (%)	21,9 a	31 a	18,8 a	81,4 a	69,6 a	70,6 a
N total (%)	0,75 b	0,91 b	0,26 a	2,7 a	2,2 a	1,04 a
N amoniacal (%)	0,02 a	0,06 ab	0,08 b	0,05 a	0,14 ab	0,3 b
N orgánico (%)	0,74 b	0,85 b	0,17 a	2,64 a	2,06 a	0,72 a
P205 (%)	0,49 a	0,82 b	0,39 a	1,59 a	1,87 a	1,53 a
K20 (%)	0,91 a	1,81 a	1,18 a	2,86 a	4,05 a	4,58 a

En la misma fila de cada bloque valores seguidos por distinta letra difieren significativamente ( $p < 0,05$ ) Duncan

### **Evolución del estiércol** (tablas 3 y 4)

La materia seca de los tres tipos de estiércol no varía significativamente entre la situación inicial y final. El pH del estiércol al final de la experiencia es superior al del inicio pero solamente en el caso del de ovino lo hace de una manera altamente significativa. La conductividad eléctrica de los

tres tipos de estiércol no varía significativamente entre la situación inicial y final. Tampoco el contenido en materia orgánica oxidable aunque en todos los casos tiene una tendencia a disminuir entre la situación inicial y final, tanto analizado sobre el producto fresco como sobre su materia seca.

En ovino y equino se dan diferencias en el contenido de N total sobre materia fresca siendo contrarias las tendencias encontradas. En vacuno no se encuentran diferencias. Sobre materia seca se da un incremento significativo en el caso de estiércol de equino. En estiércol de ovino el contenido en N amoniacal disminuye de una forma altamente significativa analizado sobre producto fresco y significativa si se analiza sobre materia seca..

El N orgánico se incrementa tanto analizado sobre producto natural como sobre materia seca aunque de una forma significativa solamente en el caso de estiércol de equino.

El contenido en óxido fosfórico presenta tendencia a disminuir en todos los estiércoles analizados tanto sobre producto natural como sobre materia seca, siendo esta disminución significativa en el caso de estiércol de ovino sobre producto natural y altamente significativa en los casos de estiércol de equino sobre producto natural y estiércol de vacuno sobre materia seca. El contenido en potasa de los tres estiércoles no varía significativamente entre las situaciones inicial y final ni analizándolo sobre producto natural ni sobre materia seca.

**Tabla 3.** Evolución de las características de los estiércoles (s/ producto fresco)

	VACUNO			OVINO			CABALLAR		
	inicio	final	sig.	inicio	final	sig.	inicio	final	sig.
Materia seca (%)	30,5	28,6	NS	44,1	28,8	NS	26,1	30,5	NS
pH	8,6	9,1	NS	8,2	8,9	**	8,8	9,2	NS
CE (dS/m)	2,7	3,5	NS	5,3	4,2	NS	7,2	9,9	NS
C/N	18	11,2	NS	20,2	15,6	NS	55,5	11,4	NS
MO oxidable (%)	21,8	17,8	NS	31	19,4	NS	18,7	16,6	NS
N total (%)	0,75	0,99	NS	0,91	0,72	*	0,26	0,83	*
N amoniacal (%)	0,02	0,03	NS	0,057	0,017	**	0,08	0,03	NS
N orgánico (%)	0,74	0,96	NS	0,85	0,71	NS	0,17	0,8	*
P205 (%)	0,49	0,29	NS	0,82	0,45	*	0,39	0,23	**
K20 (%)	0,44	0,35	NS	1,8	1,51	NS	1,18	2,17	NS

t Student \* p<0,05, \*\* p<0,01, \*\*\* p<0.001, NS no significativa

**Tabla 4.** Evolución de las características de los estiércoles (s/ materia seca)

	VACUNO			OVINO			CABALLAR		
	inicio	final	sig.	inicio	final	sig.	inicio	final	sig.
MO oxidable (%)	70,6	63,6	NS	69,6	67,7	NS	71,9	54,2	NS
N total (%)	2,7	3,4	NS	2,2	2,5	NS	1,03	2,77	*
N amoniacal (%)	0,06	0,09	NS	0,14	0,05	*	0,31	0,01	NS
N orgánico (%)	2,6	3,3	NS	2,1	2,5	NS	0,72	2,67	*
P205 (%)	1,6	1,0	**	1,9	1,6	NS	1,53	0,79	NS
K20 (%)	2,9	3,2	NS	4	5,3	NS	4,57	6,76	NS

t Student \* p<0,05, \*\* p<0,01, \*\*\* p<0.001, NS no significativa

### Volúmenes de lixiviados

En las figuras 1 y 2 se presentan las relaciones encontradas entre las precipitaciones y los volúmenes de lixiviados recogidos en cada una de las dos profundidades de control.

Las relaciones más ajustadas para las dos profundidades de muestreo se han encontrado en los suelos de textura franco-arcillosa (Tabar). Las ecuaciones de relación son:

$$0-20 \text{ cm} \quad y = -0,0318 x^2 + 2,953 x + 57,733 \quad R^2 = 0,8482$$

$$20-40 \text{ cm} \quad y = -0,0868 x^2 + 6,0438 x + 96,703 \quad R^2 = 0,9344$$

En suelos de textura franca (Doneztebe) las ecuaciones de relación son:

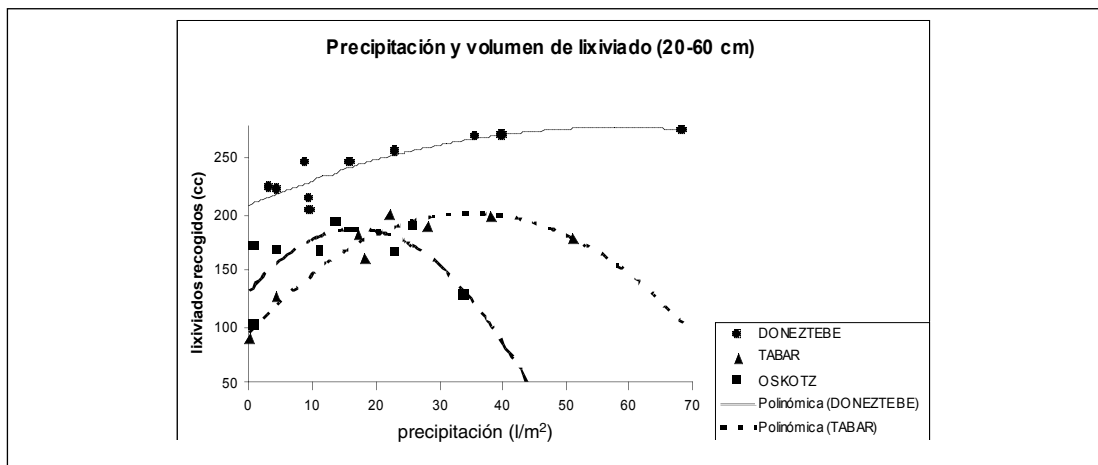
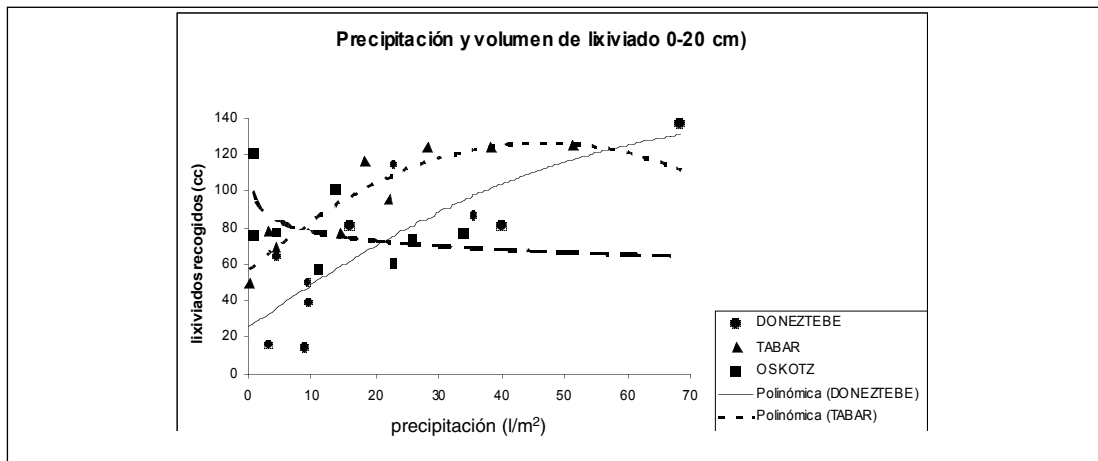
$$0-20 \text{ cm} \quad y = -0,0145 x^2 + 2,5397 x + 24,819 \quad R^2 = 0,6718$$

$$20-40 \text{ cm} \quad y = -0,0202 x^2 + 2,3478 x + 209,54 \quad R^2 = 0,7733$$

En los suelos de Oskotz de textura arcillosa (0-20 cm) y arcillo-limosa (20-60 cm) los ajustes son deficientes. Las ecuaciones de relación encontradas son:

$$0-20 \text{ cm} \quad y = -6,9123 \text{Ln } x + 93,701 \quad R^2 = 0,2505$$

$$20-40 \text{ cm} \quad y = -0,19 x^2 + 6,4112 x + 133,61 \quad R^2 = 0,5015$$



Los suelos de texturas más ligeras tienen una menor capacidad de retención de agua. Encontramos una relación directa entre la precipitación y los volúmenes de lixiviados recogidos hasta 70 mm de precipitación sobre suelos francos y 40 mm sobre suelos franco-arcillosos. En los suelos de texturas más pesadas no encontramos esa relación. Consideramos que cuando los suelos alcanzan su capacidad de campo evacúan los excesos de forma distinta (escorrentía, encharcamiento, evaporación).

### Características de los lixiviados

Los puntos testigo superficial de Oskotz y testigo profundo de Tabar presentaron problemas en el funcionamiento de los lisímetros por lo que decidió anularlos y trabajar con los equipos que aportaban un número suficiente de datos. En las tablas 5 y 6 se presenta la comparación de las características de los lixiviados frente a los testigos para las dos profundidades de muestreo.

**Tabla 5.** Características de los lixiviados de estiércol vs testigo (0-20 cm)

	DONEZTEBE			TABAR		
	testigo	lixiviado	sig.	testigo	lixiviado	sig.
pH	8,3	8,0	NS	8,4	7,9	*
CE (dS/m)	0,46	1,64	***	0,66	2,22	***
Materia orgánica (g/l)	0,32	1,16	***	0,47	1,51	***
Minerales (g/l)	0,34	1,18	***	0,35	1,28	***
NO <sub>3</sub> - (mg/l)	0,39	2,64	NS	46,9	138,4	*
NO <sub>2</sub> - (mg/l)	0,023	0,075	NS	1,69	2,91	NS
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0,33	7,12	***	0,39	4,33	NS
P (mg/l)	1,55	1,24	NS	1,19	1,22	NS
K (mg/l)	0,74	26,76	***	4,44	69,11	***

t Student \* p<0,05, \*\* p<0,01, \*\*\* p<0.001, NS no significativa

**Tabla 6.** Características de los lixiviados de estiércol vs testigo (20-60 cm)

	DONEZTEBE			TABAR		
	testigo	lixiviado	sig.	testigo	lixiviado	sig.
pH	8,2	7,8	**	8,0	7,9	NS
CE (dS/m)	0,51	0,76	***	1,42	1,61	NS
Materia orgánica (g/l)	0,36	0,42	NS	0,81	1,06	NS
Minerales (g/l)	0,37	0,51	**	0,8	0,97	NS
NO <sub>3</sub> - (mg/l)	0,48	0,26	NS	5,47	7,58	NS
NO <sub>2</sub> - (mg/l)	0,04	0,02	**	1,13	0,14	NS
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0,52	0,59	NS	3,38	2,65	NS
P (mg/l)	1,17	1,08	NS	0,61	1,12	NS
K (mg/l)	0,97	1,26	NS	16,8	29,03	NS

t Student \* p<0,05, \*\* p<0,01, \*\*\* p<0.001, NS no significativa



Respecto a los testigos los lixiviados de los montones de estiércol recogidos en el horizonte superficial de suelos de texturas franca y franco-arcillosa incrementan de forma altamente significativa la conductividad eléctrica, la materia orgánica, el contenido total de minerales y, entre ellos, el potasio. En el caso de suelos francos (Doneztebe) también lo hace el N amoniacal mientras que en suelos franco-arcillosos (Tabar) este parámetro también se incrementa aunque no de una forma significativa. Los pH de estos lixiviados son ligeramente menos alcalinos y, en el caso de Tabar, diferente al de los testigos. El N nítrico de los lixiviados del estiércol en el caso de Doneztebe multiplica por 6,7 el contenido del testigo, aunque esta diferencia no alcanza significación estadística. Sin embargo en el caso de Tabar lo multiplica por 3 y alcanza significación estadística. Cabe destacar el muy alto valor de este parámetro en esta localidad, incluso en el testigo, y puede deberse a que el emplazamiento del montón experimental se hizo en un entorno en el que, por las favorables características físicas de su suelo y su proximidad al aprisco, ha sido utilizado tradicionalmente como lugar de almacenamiento temporal del estiércol generado en la explotación.

En los lixiviados recogidos a 60 cm de profundidad se mantienen las tendencias de incremento/decremento de los parámetros analizados entre los lixiviados del montón de estiércol y el testigo pero solamente en el caso de texturas francas se dan diferencias significativas en pH y N nitroso (decremento) y en conductividad eléctrica y contenido total de minerales (incremento). En suelos de textura arcillosa no se encuentran diferencias significativas entre los lixiviados de los montones de estiércol y los testigos en ninguno de los parámetros analizados.

## CONCLUSIONES

Las características de los estiércoles utilizados en esta experiencia, referidas a la materia seca, son muy similares entre sí aunque proceden de especies domésticas diferentes.

En el período de control se mantienen los niveles de humedad, de conductividad eléctrica y de materia orgánica oxidable, se incrementa el pH y disminuye la relación C/N. En general, se incrementa el contenido en N total debido al incremento del N orgánico. Los niveles de fósforo disminuyen y los de potasio no varían significativamente.

En suelos de textura franca y franco-arcillosa hay una relación directa entre las precipitaciones y los volúmenes de lixiviados recogidos. La pendiente de esta relación es alta en el horizonte superficial y menor en capas más profundas. Se propone como límite superior de precipitación para esta relación 70 mm en los primeros suelos y 40 mm en los segundos. En los suelos de textura arcillosa no se encuentra ninguna relación entre la precipitación y los volúmenes de lixiviados ni en el horizonte superficial ni en las capas profundas.

La composición de lixiviados de montones de estiércol recogidos en el horizonte superficial de suelos de textura franca y franco-arcillosa es significativamente diferente a la de los procedentes del suelo sin alterar. En capas profundas se encuentran diferencias en pH, conductividad eléctrica, contenido total en minerales y N nitroso para suelos de textura franca. En suelos de textura arcillosa no se encuentran diferencias en ningún parámetro.

## AGRADECIMIENTOS

“Mejora de la utilización de purines y estiércoles en la cuenca del Ebro”, proyecto RTA04-114 subproyecto 3, cofinanciado por INIA y Gobierno de Navarra. Trabajo Fin de Carrera (TFC) presentado en la ETSIA de la Universidad Pública de Navarra (UPNA).

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- LABRADOR, J., 1996. *La materia orgánica en los agrosistemas*. MAPA. Ed. Mundi-Prensa, 174 pp. Madrid (España)
- MANGADO, J.M.; SANZ, A.; SORET, B., 2006. Producción de purines en vacuno de leche. I Caracterización. En: *Navarra agraria* 157, 41-48. Pamplona (España)
- STOUT, W.L.; WEAVER, S.R.; GBUREK, W.J.; FOLMAR, G.J.; SCHNABEL, R.R., 2000. Water quality implications of dairy slurry applied to cut pastures in the northeast USA. En: *Soil use and management* 16, 189-193. USA

## EVALUATION AND CHARACTERIZATION OF MANURE TEMPORARY PILES LEACHINGS ON SOIL

### SUMMARY

The temporal manure heaps is object of tighter regulations, but currently there is not much knowledge about the environmental effects of this practice. This paper describes the essays carried out in order to evaluate and characterize the leachates derived from open temporal manure heaps on natural soils. The experimental essays were carried out from May to July 2007 on three different textural soils using the manure of three different animal species (cattle, sheep and horses). The leachates were collected at 20 and 60 cm depth in vacuum-columns for that purpose, the amount of the leachates was measured and their composition determined. Another set of collecting columns was used to collect control leachates.

The results show that the three initial manures had very similar composition (in dry matter basis), but that there is a modification in their characteristics at the end of the essay.

The volume of leachates collected, at both 20 and 60 cm depth, and the precipitation showed a good relationship in loam and clay loam textural soils but there is not relationship in clay textural soils.

The leachates collected at 20 cm indicate that the nutrients were transferred from the manure heaps to the soil. This effect was less patent as the depth was higher or even nule in clay soils.

**Key words:** manure, leaching, textural soil, legislation

## ARSÉNICO Y OTROS METALES PESADOS EN PLANTAS DE COMUNIDADES DE PASTOS DEL CERRO DE LA PLATA (BUSTARVIEJO, MADRID)

J. PASTOR<sup>1</sup>, S. GARCÍA-SALGADO<sup>2</sup>, A. J. HERNÁNDEZ<sup>3</sup>, M<sup>a</sup> A. QUIJANO<sup>2</sup>, Y M<sup>a</sup> M. BONILLA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dpto. de Ecología de Sistemas, CCMA, CSIC (Madrid). <sup>2</sup> Dpto. de Ingeniería Civil, Tecnología Hidráulica y Energía. Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas. Universidad Politécnica de Madrid (Madrid). <sup>3</sup> Departamento de Ecología, Universidad de Alcalá (Madrid)

### RESUMEN

Se estudia el impacto de una antigua mina de plata en Bustarviejo (Madrid) en relación al contenido de As en las plantas de los pastos por la relevancia de este elemento en los suelos, ya que sus contenidos totales están comprendidos entre 209 y 15436 ppm, junto con el de algunos otros metales pesados acumulados por ellas: Zn, Cd, Cu, Cr, Ni y Pb. Los pH en agua de los suelos van desde 4,0 a 5,9. De las 44 muestras de plantas analizadas, 33 superaron 10 ppm de As (22 con valores mayores a 20 ppm y 10 con valores mayores a 37 ppm). Hubo tres con contenidos ampliamente superiores a 100 ppm de As. Los contenidos de otros metales fueron menos relevantes, 16 tuvieron contenidos de Zn superiores a 200 ppm, 11 contenidos de Cu superiores a 20 ppm y 8 valores de Cd superiores a 4 ppm; una muestra tuvo un contenido de 184 ppm de Pb y otra uno de 45 ppm de Cr.

Los elevados contenidos de As en los suelos, unidos a los contenidos de éste y de otros metales detectados en las plantas, y el clima fuertemente ventoso de la zona, que puede arrastrar partículas de polvo de suelos y escombreras, hacen a los ecosistemas pascícolas estudiados, lugares poco saludables tanto para los animales como para el hombre.

**Palabras clave:** ecofisiología vegetal, suelos contaminados, toxicidad, carcinogénesis.

### INTRODUCCIÓN

Europa registra una historia minera y metalúrgica que se extiende desde los tiempos del Imperio Romano y que ha dejado un legado, muchas veces oculto, de escombreras de minerales que con el pasar de los siglos han sido "disimuladas" por la acción de la naturaleza o actividades humanas. En España existen cientos de minas abandonadas, con sus escombreras y/o balsas, cuya explotación cesó en el siglo XIX o XX. La inmensa mayoría presentan riesgos ambientales que aun no han sido en gran parte evaluados. Este es el caso de las antiguas explotaciones de plata de Bustarviejo (Madrid), cuya mineralogía incluye minerales de Arsénico (arsenopirita). Este elemento se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre combinado con Oxígeno, Cloro y Azufre, formando compuestos inorgánicos. En animales y plantas se combina con Carbono e Hidrógeno formando compuestos orgánicos. La exposición a niveles de As más altos que lo normal ocurre principalmente cerca de sitios de residuos peligrosos o en áreas con niveles de As naturalmente

elevados y puede ser muy dañina. Ingerirlo en pequeñas cantidades en los alimentos y el agua es la forma más común de exposición en estas áreas. La exposición puede también ocurrir a través del contacto de la piel con el suelo o agua que lo contenga. El As es venenoso en dosis significativamente mayores a 65 mg, y el envenenamiento también puede producirse por acumulación progresiva de pequeñas dosis repetidas, como la inhalación de gases o polvo. La exposición al As inorgánico causa efectos sobre la salud, irritación del estómago e intestinos, disminución en la producción de glóbulos rojos y blancos e irritación de los pulmones. Cantidades significativas puede intensificar las posibilidades de desarrollar cáncer de piel, pulmón, hígado, linfa. Puede causar infertilidad y abortos, pérdida de la resistencia a infecciones, perturbaciones en el corazón y daño del cerebro. Finalmente, puede dañar el ADN (Wang y Rossman, 1996). Si la piel entra en contacto directo con sus compuestos inorgánicos puede sufrir irritación, enrojecimiento e hinchazón. La OMS, el Departamento de Salud y Servicios Humanos, la EPA y la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer han determinado también que el As inorgánico es carcinogénico. El As orgánico no causa cáncer, ni daño al ADN, pero puede causar lesiones nerviosas y dolores de estómago.

Una vez que ha entrado en el ambiente el As no puede ser destruido, así que puede esparcirse y causar efectos dañinos sobre la salud de humanos y animales, ya que los minerales de As se encuentran entre los venenos más importantes por su abundancia y elevada toxicidad. Mientras el As esté fijado a la fase sulfurada, el problema es mínimo, si no incluye As soluble, pero ésta, puede acabar oxidándose y liberando complejos de As. Todos los solubles, óxidos, arseniatos de metales alcalinos y algunos alcalinotérreos son muy peligrosos (Nriagu *et al.*, 2007). Al disminuir su solubilidad disminuye el riesgo. En el extremo menor está la arsenopirita, importante en la mina, pero debe tenerse además en cuenta la presencia de minerales peligrosos “camuflados”, ya que la arsenopirita en las escombreras, al aire libre o expuesta al agua, se altera fácilmente, formando una costra que incluye arseniatos más o menos solubles que pueden ser peligrosos si se tocan. De ahí la importancia del clima en la zona en lo que respecta a los procesos de oxidación, y de acidificación, ya que la mayor o menor cantidad de lluvias o las temperaturas jugarán un papel importante. Mientras menor sea la temperatura, más lenta será la cinética de las reacciones, lo que significa que los procesos químicos tardan más en completarse. Además, la carga mineral que no se explotó en su momento por razones tecnológicas, o se hizo solo parcialmente, está sujeta a procesos químicos que actúan sobre los minerales; pero la opinión pública suele fijar sus críticas en un impacto ambiental, mucho más evidente, que se produce en las minas, el impacto visual, olvidando aspectos mucho más importantes como los mineralógicos y químicos que se derivan de la actividad minera. Obviamente tampoco es lo mismo, bajo el punto de vista de la salud ambiental, animal o humana, la explotación minera de unos metales, que de otros como As o Pb, en un caso se pueden generar importantes impactos visuales, pero en otros se presentan elementos peligrosos.

Así pues, el problema debe enfocarse primeramente con respecto a poder conocer la mineralogía del yacimiento explotado y los elementos que permanecen en el ambiente, máxime si son de la peligrosidad del As, que además se encuentra en cantidades muy importantes en los suelos de los pastos, que cubren las antiguas escombreras, y que aprovecha el ganado doméstico, junto con una importante fauna silvestre, con bastantes especies de interés cinegético.

El objetivo principal de este trabajo es por tanto conocer cuanto As acumulan las plantas que crecen en el lugar, especialmente las de mayor valor pastoral. A ello se une el obtener información acerca de los contenidos de metales pesados existentes en las mismas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### **Características de la “Mina de Bustarviejo”. Situación, vegetación, geología:**

Se encuentra en la Cuesta de la Plata, a unos 2 km al NE de Bustarviejo (Madrid). Sus coordenadas U.T.M. son X= 438.45, Y= 4524.50. A ella se asciende por una fuerte ladera en zigzag que

sube por encima de restos minerales. En invierno suele haber 20 ó 30 cm. de nieve a esas alturas, superiores a los 1.400 metros. Arriba, se eleva el antiguo molino del mineral, sobre pequeños montículos de residuos y a su derecha se ubica una pradera. El toponímico del municipio, Bustarviejo proviene de “bustar”, derivado del latín bos-stare, dehesa o pastizal de bueyes, y “viejo” es un determinante claro de su origen ancestral. En el pasado esta zona siempre ha estado muy dedicada a la ganadería y agricultura, pero esto no sucede en la actualidad, pese a que todavía queda algún resto de la forma de vida tradicional, como los “tinaos” pequeñas edificaciones para guardar el ganado. La vegetación en la plataforma, desde el entorno de la bocamina hasta el molino son pastos, que cubren las escombreras con los restos de minerales, y manchas de matorral. En las laderas y al descender hay fresnos, álamos, rebollos y pinos (*Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* y *Pinus pinaster*), procedente de distintas repoblaciones entre principios y mediados del siglo XX, las dos primeras se han adaptado muy bien y se extienden por las laderas. Otro árbol muy abundante es el rebollo (*Quercus pyrenaica*). En las orillas de los arroyos que rodean o atraviesan la zona minera predominan sauces (*Salix alba*), fresnos (*Fraxinus excelsior* y *F. angustifolia*) y varios tipos de álamos o chopos (*Populus nigra*, *P. alba*, etc.). Entre los animales de caza que además del ganado pueden consumir los pastos que crecen en este emplazamiento, están jabalíes, corzos, conejos y liebres.

Desde el punto de vista geológico destaca el que se pueden observar varios conjuntos litológicos. Parte de la pista de acceso transcurre por el granito de la Cabrera con dos facies. Cruzado uno de los arroyos se entra en un conjunto de neises, que han sufrido un importante proceso de anatexia. Según se llega al molino los neises recuerdan a los de cualquier otro punto de la Sierra. Aquí aflora la mineralización, sobre todo de cuarzo y mispíquel, manchados de colores amarillos pardos debido a la presencia de goethita. También pueden encontrarse pirita (arsenopirita y calcopirita) principalmente en las escombreras, asociada esta última a azurita y malaquita. La mina se encuentra sobre unos ortoneises. (Puche et al., 2000; Bouso, 2004; Jordá y Jordá, 2005). Una fuerte impregnación de óxidos se aprecia en toda la zona. Lo más característico del clima del área es el viento, que llega a alcanzar grandes velocidades, especialmente el del oeste. Este factor es muy importante porque el As puede llegar al aire en tormentas de polvo, al agua y a los suelos en el polvo que arrastra el viento o en agua proveniente de escorrentía superficial provocada por las lluvias que se filtran a través del suelo.

### **Muestreo y análisis químico:**

El muestreo ha sido estratificado en relación a las distintas escombreras y a los sistemas afectados por ellas en el mismo emplazamiento de la mina; dentro de estas unidades se han realizado muestreos en 15 parcelas distribuidas al azar, recogiendo 15 muestras de la capa superficial edáfica (0-10 cm). La cantidad de suelo recogida ha sido de unos 2 Kg, tomados en distintos puntos de cada parcela. En todas las muestras edáficas se realizaron los análisis de las variables químicas y físicas con los métodos que se detallan en Hernández y Pastor (1989), pero por razones de espacio y por la temática puntual de este trabajo, sólo se mencionan los que corresponden a los análisis que pueden verse en las tablas. El contenido de As en los suelos, previamente triturados con molino de bolas, fue medido mediante FRX. Aunque fueron muchas las especies de plantas recolectadas para análisis, en las principales comunidades vegetales presentes (vallicares de *Agrostis castellana* y comunidades de *Tuberarietea*, con manchas de matorral aisladas), el As en las mismas únicamente se determinó en aquellas especies de mayor abundancia en las parcelas, cuyos suelos analizados presentaron contenidos elevados de As (cerca y superiores a 1000 ppm). Las muestras vegetales corresponden a la parte aérea en el caso de las plantas herbáceas y a brotes tiernos en las plantas leñosas. La digestión de las muestras de planta se realizó en horno de microondas (200 °C durante 10 min) con 10 mL de HNO<sub>3</sub> (70%, v/v), seguida de una posterior dilución a 25 mL con H<sub>2</sub>O desionizada. La determinación de elementos metálicos en las mismas se realizó mediante ICP-AES.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los análisis de suelos se muestran en la Tabla 1 y los correspondientes a las plantas analizadas se exponen en la Tabla 2.

En la Tabla 1, vemos que los contenidos de As total en los suelos de la mina están comprendidos entre 205 y 15436 ppm, acompañados de Zn, Cd, Cu, Cr, Ni y Cd.

**Tabla 1.** pH y contenidos de As total (ppm) en los suelos de la mina

Suelos	pH H <sub>2</sub> O	As	Suelos	pH H <sub>2</sub> O	As
1	4,7	1973	9	4,9	2363
2	5,5	874	10	5,5	538
3	4,3	2329	11	5,6	1582
4	4,5	15436	12	6,2	1861
5	4,6	10490	13	6,0	1952
6	4,0	5256	14	4,5	205
7	5,0	209	15	4,5	4958
8	5,6	1052			

Los pH en agua de los suelos van desde muy ácidos a casi neutros (4,0-6,2). Los contenidos de As total son muy elevados, salvo en dos de los suelos. En 11 de ellos superan los 1000 ppm; en 8 superan valores cercanos a 2000 ppm y en 5 valores similares o superiores a 5000 ppm. Los valores son superiores a los encontrados en suelos no cultivados de un área minera del sur de la provincia de Salamanca, en los que se estudió su distribución en los suelos (Alonso *et al.* 2007). En la Tabla 2, vemos que de las 44 muestras de plantas analizadas, 33 superaron los 10 ppm de As (22 con valores mayores que 20 ppm y 10 con valores mayores que 37 ppm).

**Tabla 2.** Contenidos de As (media  $\pm$  desviación típica) y de otros metales pesados. ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) en plantas recolectadas en la Mina de Bustarviejo

Especie	Suelo	As	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Pb
<i>Leontodon</i> sp,	2	12 $\pm$ 2	36,5	1087,2	23,9	n.d	n.d	n.d
Helecho	2	5,9 $\pm$ 2,6	12,6	89,0	2,2	n.d	0,5	n.d
<i>Agrostis castellana</i> Boiss & Reuter	3	17 $\pm$ 2	5,0	73,0	n.d	0,3	n.d	n.d
<i>Cytisus</i> sp.	3	18 $\pm$ 3	6,4	96,0	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Santolina rosmarinifolia</i> L.	3	12 $\pm$ 3	6,8	109,0	5,9	n.d	n.d	n.d
<i>Digitalis</i> sp,	3	28,3 $\pm$ 0,9	14,2	276,0	5,4	n.d	n.d	n.d
<i>Rumex acetosella</i> L.	3	25 $\pm$ 3	10,7	218,0	4,1	n.d	n.d	n.d
<i>Hipochoeris radicata</i> L.	3	24 $\pm$ 6	11,4	529,2	5,5	n.d	n.d	n.d
<i>Micropyrum tenellum</i> (L.) Link	3	15 $\pm$ 4	5,5	110,0	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Phalaris minor</i> Retz.	3	20 $\pm$ 4	6,0	126,6	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Arrhenatherum elatius</i> Willd.	3	4 $\pm$ 2	4,8	101,3	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Corrigiola telephiifolia</i> Pourret	3	41 $\pm$ 3	4,6	223,9	2,9	n.d	n.d	n.d

Especie	Suelo	As	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Pb
<i>Arrhenatherum elatius</i> Willd.	3	75 ± 12	57,7	363,8	3,9	44,5	6,9	n.d
<i>Rumex acetosella</i> L.	4	65 ± 12	47,4	171,4	1,6	2,3	1,0	18,8
<i>Bromus tectorum</i> L.	4	23 ± 6	3,6	33,8	n.d	0,1	0,2	1,2
<i>Lolium rigidum</i> Gaudin	4	29 ± 5	4,3	47,5	n.d	1,8	0,7	3,3
<i>Phalaris minor</i> Retz.	4	31 ± 6	0,6	72,3	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Thymus zygis</i> L.	4	43 ± 15	7,3	52,0	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Agrostis castellana</i> Boiss & Reuter	5	28 ± 5	3,2	134,4	0,7	1,8	n.d	n.d
<i>Rumex acetosella</i> L.	5	112 ± 9	23,4	418,1	10,9	n.d	n.d	n.d
<i>Agrostis castellana</i> Boiss & Reuter	6	9,4 ± 3,2	0,5	78,9	n.d	5	n.d	n.d
<i>Corrigiola telephiifolia</i> Pourret	6	14 ± 3	85,5	454,4	0,6	n.d	n.d	n.d
<i>Microphyrum tenellum</i> (L.) Link	6	13 ± 4	2,8	101,7	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Rumex acetosella</i> L.	6	37 ± 5	23,6	420,9	0,7	n.d	n.d	n.d
<i>Arrhenatherum elatius</i> Willd.	7	1,3 ± 0,6	2,2	51,8	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Bromus hordeaceus</i> L.	7	10 ± 4	2,8	38,8	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Cytisus</i> sp.	7	3,1 ± 1,9	6,4	225,4	0,9	n.d	n.d	n.d
Graminea sp.	7	4,4 ± 2,4	0,6	79,0	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Agrostis castellana</i> Boiss & Reuter	8	21 ± 8	6,6	114,8	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Arrhenatherum elatius</i> Willd.	8	2,5 ± 1,1	3,5	45,4	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Corynephorus canescens</i> (L.) Beauv.	8	32 ± 9	11,0	107,8	0,4	3,1	n.d	n.d
<i>Cytisus</i> sp.	8	21 ± 5	4,6	79,3	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Jasione montana</i> L.	8	118 ± 10	25,5	359,4	24	n.d	n.d	n.d
<i>Lolium rigidum</i> Gaudin	8	24 ± 7	7,6	87,8	n.d	1,2	n.d	n.d
<i>Santolina rosmarinifolia</i> L.	8	5,6 ± 3,4	12,3	67,4	2	n.d	n.d	n.d
<i>Thymus zygis</i> L.	8	20 ± 4	20,1	129,5	1,5	n.d	n.d	n.d
<i>Trisetum ovatum</i> (Cav.) Pers.	8	49 ± 7	7,2	109,4	0,3	1,9	n.d	n.d
<i>Centaurea paniculata</i> Boiss & Reuter	8	13 ± 2	12,6	93,6	2,5	n.d	n.d	n.d
<i>Hipochoeris radicata</i> L.	8	2,2 ± 1,5	7,3	216,4	2,2	n.d	n.d	n.d
<i>Cytisus</i> sp.	13	6 ± 4	15,5	132,5	1,1	n.d	n.d	n.d
<i>Agrostis castellana</i> Boiss & Reuter	15	8,4 ± 0,6	7,9	269,0	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>Plantago lanceolata</i> L.	15	126 ± 16	28,0	284,0	1,3	n.d	n.d	15,9
<i>Thymus zygis</i> L.	15	66 ± 3	39,5	431,0	0,8	n.d	n.d	31,2
<i>Plantago lanceolata</i> L.	15	37 ± 5	52,6	878,6	6,0	n.d	n.d	183,7

n.d.: no detectado

Las especies que alcanzaron mayores cantidades de As son: *Rumex acetosella*, *Jasione montana* y *Plantago lanceolata*, ya que presentaron contenidos ampliamente superiores a 100 ppm de As total. A ellas le siguen *Arrhenatherum elatius* y *Thymus zygis* con contenidos superiores a 60 ppm; *Trisetum ovatum* y *Corrigiola telephiifolia* superan los 40 ppm; *Bromus tectorum*, *Lolium rigidum*, *Phalaris minor*, *Agrostis castellana* y *Corynephorus canescens* (entre las gramíneas), *Digitalis purpurea*, *Hypochoeris radicata* y *Cytisus* sp, superan los 20 ppm. *Bromus hordeaceus*, *Micropyrum tenellum*, *Santolina rosmarinifolia*, *Centaurea paniculata* y *Leontodon* sp. superan los 10 ppm.

Los contenidos de otros metales fueron menos relevantes, 16 especies tuvieron contenidos de Zn superiores a 200 ppm, 11 contenidos de Cu superiores a 20 ppm y 8 valores de Cd superiores a 4 ppm, una muestra tuvo un contenido de Pb de 184 ppm y

otra uno de Cr de 45 ppm. Las plantas han podido acumular el As, tanto por captación a través de las raíces como por adsorción en las hojas de As aerotransportado; lo absorben con cierta facilidad bajo la forma de As orgánico, menos dañina. Los contenidos de As que presentan las especies estudiadas, son en la mayoría de los casos relevantes y muy relevantes, Pratas *et al.* (2005) encontraron contenidos de As bastante menores en plantas muestreadas en minas abandonadas portuguesas. Sabemos que los niveles de As en alimentos varían entre 20 y 140 ppb (aunque los niveles de As inorgánico son mucho más bajos). Según la OMS, el consumo de 1 mg de As inorgánico diario es peligroso y puede producir efectos dañinos en pocos años. La ingesta máxima tolerable diaria se ha establecido de forma provisional en unos 120 µg de As inorgánico, según el M<sup>o</sup> de Agricultura Británico, y en unos 2 µg por kilo de peso según la OMS, lo que en un adulto vendría a ser entre 110 y 130 µg diarios. El problema en muchos casos, no es tanto la cantidad, sino sus efectos a largo plazo tras un consumo continuado en pequeñas cantidades. La cantidad total que entra al cuerpo a través de estas fuentes es aproximadamente 50 microgramos al día (García-Vargas y Cebrián, 1996).

Esta mina es la 1<sup>a</sup> que se recupera en la CAM con fines científicos y turísticos. Durante su presentación, las diferentes autoridades han subrayado la importancia histórica y cultural que muchas explotaciones mineras inactivas, pueden aportar en el futuro, desde la perspectiva de su utilización didáctica, de ocio, cultural, histórica y turística, si se restauran para que puedan ser visitadas, aprovechando el auge del turismo rural y el interés por las antiguas tradiciones; para ello sugieren suscitar el interés del público. Pero la administración olvida que muchas de estas antiguas minas, son áreas en donde existen escombreras y suelos, en los que se desarrollan comunidades de pastos de aspecto aparentemente normal, pese a estar sus suelos contaminados por elementos tóxicos y peligrosos, y crecer allí muchas plantas con contenidos elevados de elementos nocivos para el ganado y fauna silvestre que las consume.

**Agradecimientos:** Al Proyecto CTM2005-02165/TECNO del MEC y al Programa EIADES de la CAM.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALONSO, P.; GARCÍA-SÁNCHEZ, A.; SANTOS, F.; MOGOLLÓN, M., 2007. Distribución de As en suelos no cultivados de un área minera del sur de la provincia de Salamanca. *Actas XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo*. León, Gto., México, 4 pp.
- BOUSO, J. L. 2004. La antigua mina de plata de Bustarviejo, Localización, rocas y minerales. *Técnicas y procesos de minas y canteras*, 391, 24-29.
- GARCÍA-VARGAS, G.; CEBRIÁN, M.E. 1996. Health Effects of Arsenic. In: *Toxicology of metals*, 423-38. Chang, L.W. (ed.). Lewis Publishers, Boca Raton.
- HERNÁNDEZ, A. J.; PASTOR, J. 1989. Técnicas analíticas para el estudio de de las interacciones suelo-planta. *Henares Rev. Geol.* 3: 67-102.



- JORDÁ, L.; JORDÁ, A. 2005. La mina de plata de Bustarviejo. Modelos de gestión e intervención del patrimonio geológico y minero. *Industria y minería* 361, 38-40.
- NRIAGU, J. O.; BHATTACHARYA, P.; MUKHERJEE, A. B.; BUNDSCHUH, J.; ZEVENHOVEN, R.; LOEP-  
PERT, R. H. 2007. Arsenic in soil and water: an overview. In: *Arsenic in Soil and Groundwater  
Environment*, 3-60. BHATTACHARYA, P. MUKHERJEE, A. B.; BUNDSCHUH, J.; ZEVENHOVEN,  
R.; LOEPPERT, R. H. (eds.) Elsevier, Amsterdam.
- PRATAS, J.; PRASAD, M. N. V.; FREITAS, H.; CONDE, L. 2005. Plants growing in abandoned mines  
of Portugal are useful for biogeochemical exploration of arsenic, antimony, tungsten and mine  
reclamation. *J. Geochemical Exploration*, 85, 99-107.
- PUCHE, O.; GARCÍA, I.; MAZADIEGO, L. F. 2000. Patrimonio Minero de la Mina del Cerro de la Plata  
de Bustarviejo. *Actas III Sesión Científica de la Sociedad Española para la Defensa del Patri-  
monio Geológico y Minero*. Universidad de Huelva. 4 pp.
- WANG, Z.; ROSSMAN, T. G., 1996. The Carcinogenicity of Arsenic. In: *Toxicology of metals*, 221-  
29. CHANG, L.W. (ed.). Lewis Publishers, Boca Raton.

## ARSENIC AND OTHER HEAVY METALS IN PLANTS OF THE PASTURE COMMUNITIES OF CERRO DE LA PLATA (BUSTARVIEJO, MADRID)

This study was designed to assess the impact of an old silver mine in Bustarviejo (Madrid) by deter-  
mining the As contents of the plants of its grasslands, given that the soil contents of this metal range  
from 209 to as much as 15436 ppm. We also examined other heavy metals accumulated by these  
plants: Zn, Cd, Cu, Cr, Ni and Cd. The soils are acidic with a pH measured in water of 4.0 to 5.9.

Of 44 plant samples analysed, 33 contained over 10 ppm of As (22 showed levels greater than 20  
ppm and 10 greater than 37 ppm). In 3 samples, As levels were higher by far than 100 ppm. The  
contents of the other heavy metals were less alarming. Thus, 16 samples showed a Zn content  
above 200 ppm, 11 samples a Cu content above 20 ppm and 8 showed Cd levels above 4 ppm;  
one sample had a Pb content of 184 ppm and a further sample a Cr level of 45 ppm.

The high soil As concentration and the contents of this and other metals detected in the plants,  
along with a windy climate in the region capable of transporting dust particles from the soils and  
landfills determine that these pasture ecosystems are not the most healthy for animal and humans.

**Key words:** ecofisiology, contaminated soils toxicity, carcinogenesis.



## ELEMENTOS TRAZA EN PASTOS DE SUELOS AFECTADOS POR EL VERTIDO MINERO DE AZNÁLCOLLAR (SEVILLA)

M<sup>a</sup>.T. DOMÍNGUEZ, P. MADEJÓN, T. MARAÑÓN Y J.M. MURILLO

**Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología. CSIC. Apartado 1052, 41080, Sevilla**

### RESUMEN

Tras el accidente minero de Aznalcóllar se creó el 'Corredor Verde del Guadiamar', perteneciente a la RENPA, reforestado con especies leñosas autóctonas. Prohibido el pastoreo desde su establecimiento, debido a la contaminación del suelo, se estudia actualmente la posibilidad de permitirlo con ganado equino no destinado a consumo. Se analizan las concentraciones de los elementos traza As, Bi, Cd, Cu, Pb, Sb, Tl y Zn en los pastos de 7 zonas contaminadas del corredor (primavera y otoño) frente a un testigo. La 'dilución' de sus concentraciones en la biomasa del pasto permite que se alcancen niveles tolerables para el ganado (con consumos diario de, p. ej., 0,038 mg de As, 0,008 mg de Cd, y 0,095 mg de Pb, por kg de peso animal). Parece, pues aconsejable iniciar el pastoreo con pastos suficientemente desarrollados, que evitaría, además, la ingestión de pasto con suelo adherido.

**Palabras clave:** pastoreo, metales pesados, toxicidad de pastos.

### INTRODUCCIÓN

Tras el accidente minero de Aznalcóllar (Sevilla, abril de 1998), se liberó una mezcla de lodos y aguas ácidas (unos 6 millones de m<sup>3</sup>) que inundó los suelos de las cuencas de los ríos Agrio y Guadiamar (Grimalt y Macpherson, 1999). Tras el accidente, se aplicaron distintas medidas correctoras para controlar posibles efectos negativos de elementos traza: concretamente, se realizó una limpieza de suelos, se aplicaron distintas enmiendas (orgánicas e inorgánicas) y se procedió a la reforestación de gran parte de la zona afectada (unas 2700 ha) con especies leñosas autóctonas (CMA, 2003). Sin embargo, se sigue detectando contaminación residual por metales en todo el área (Cabrera *et al.*, 2008).

Actualmente, la zona afectada (Corredor Verde del Guadiamar) forma parte de la Red de Espacios Protegidos de Andalucía. Desde su inicio, estuvo prohibida cualquier actividad agrícola y ganadera en todo el área, incluido el pastoreo, por el peligro que pudiera entrañar para el ganado la ingestión de pastos con elevadas concentraciones de elementos tóxicos.

Sin embargo, se está contemplando la posibilidad de permitir el pastoreo con ganado equino (no destinado a consumo) como medio de controlar la vegetación herbácea sin tener que recurrir al desbroce mecánico, que resulta muy costoso, más contaminante y peligroso para la fauna y especies reforestadas. Se ha estudiado la concentración de los elementos traza As, Bi, Cd, Cu, Pb, Sb, Tl y Zn en los pastos (primavera y otoño) de ocho zonas del corredor, una de ellas no afectada por el vertido, comparándose los valores obtenidos con los niveles máximos tolerados por el ganado, recogidos en la bibliografía especializada.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Muestreo y análisis de plantas y suelo

Se establecieron ocho puntos de muestreo a lo largo del Corredor Verde del Guadiamar, uno de ellos en una zona no afectada por el vertido (punto PAS-6, Fig. 1). En cada punto de muestreo se delimitó un área de 0,5 ó 1 ha donde se recolectó el pasto (10 ó 20 muestras por punto) comprendido en un cuadrado de 25 cm de lado. El muestreo se realizó durante la primavera (abril) y otoño (noviembre) del año 2007. Se trata de pastos ruderales, propios de zonas que han sido alteradas.

Una vez en el laboratorio, cada muestra de pasto, sin descontaminar, se secó hasta peso constante (70° C) en estufa de aire forzado, se pesó y se molió en molino de acero inoxidable (luz de malla de 500 mm). Las muestras fueron digeridas por vía húmeda, con HNO<sub>3</sub> concentrado bajo presión, en horno microondas, analizándose los elementos traza por ICP-MS (espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente). También se analizaron dos muestras de referencia (hojas de álamo blanco y olivo) para contrastar la calidad de la metodología empleada. En todos los casos, excepto para el Sb (60 %), la recuperación obtenida fue superior al 90 %.

Los datos de Sb deben contemplarse como una estima aproximada de la concentración real de las muestras.

La extracción de elementos traza de suelos se realizó mediante 'agua regia' en horno microondas y su análisis mediante ICP-OES (espectrofotometría óptica con plasma acoplado inductivamente). El pH se midió en agua (relación 1:2.5 p/v).

**Figura 1.** Situación del Corredor Verde del Guadiamar en la Península Ibérica, y localización de los puntos muestreados



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Contaminación del suelo y productividad del pasto

Los niveles máximos de contaminación del suelo: 300 mg kg<sup>-1</sup> de As (punto PAS 2), 3,10 de Cd (PAS 5), 612 de Pb (PAS 2), 43 de Sb (PAS 2), 2,93 de Tl, (PAS 2) y 1000 de Zn (PAS 5), no parecen estar relacionados con el crecimiento del pasto. Tanto la biomasa media más alta de primavera, 728 g m<sup>-2</sup>, como el máximo absoluto por muestra en esa estación, 2218 g m<sup>-2</sup>, se registraron en un punto con elevada contaminación residual y pH ácido (PAS 3.1, Tabla 1). Domínguez *et al* (2008) han comprobado recientemente que la disponibilidad de elementos traza es comparativamente baja en los suelos básicos, aumentando notablemente en los suelos ácidos. Sin embargo, su transporte a la parte aérea es siempre bajo en plantas leñosas, siendo retenidos en la raíz. En herbáceas, aún contando con cierto nivel de retención radical, también puede ser efectiva la dilución de elementos traza en la biomasa vegetal aérea, al tratarse de plantas con crecimiento muy rápido. Esta circunstancia puede estar favorecida por la humedad del suelo, factor determinante para la productividad del pasto (García *et al.*, 2001).

**Tabla 1.** Valores de pH, concentración de S, As y Pb, y producción de pasto (valor medio  $\pm$  error estándar) en las distintas zonas. Valores con una misma letra en cada columna no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ). (PAS 6, zona no afectada)

Puntos	pH	S (mg kg <sup>-1</sup> )	As (mg kg <sup>-1</sup> )	Pb (mg kg <sup>-1</sup> )	Biomasa seca (g MS m <sup>-2</sup> )	
					primavera	otoño
PAS-1.1	6,0	19500	249	128	204 $\pm$ 31b	151 $\pm$ 18a
PAS-1.2	8,0	2295	87,6	148	249 $\pm$ 22b	171 $\pm$ 42a
PAS-2	4,0	16400	270	290	252 $\pm$ 34b	137 $\pm$ 24a
PAS-3.1	4,0	8120	175	263	728 $\pm$ 203a	195 $\pm$ 47a
PAS-3.2	8,0	556	19,7	63	467 $\pm$ 93ab	174 $\pm$ 53a
PAS-4	8,1	1677	62,2	128	592 $\pm$ 85ab	160 $\pm$ 27a
PAS-5	8,1	1290	51,6	188	479 $\pm$ 64ab	323 $\pm$ 99a
PAS-6	7,8	212	15,6	14	558 $\pm$ 103ab	194 $\pm$ 40a

Una buena distribución de lluvias (como la del año hidrológico 2006-2007) y la proximidad al cauce del Guadiamar, facilitan la existencia de una densa cubierta vegetal en la zona, que cuenta, además, con una capa freática alta. Para pastizales de otras zonas áridas mediterráneas, Alhamad (2006) registró un rango de 12-841 g m<sup>-2</sup>, con un valor medio de 195,5  $\pm$  126,1 g m<sup>-2</sup>; los valores registrados en este estudio (Tabla 1) estarían dentro de este intervalo, siempre muy por encima del valor mínimo de 12 g m<sup>-2</sup>.

### Análisis químico del pasto. Elementos esenciales Cu y Zn.

Los elementos Cu y Zn, salvo casos puntuales (el valor máximo de Zn: 595 mg kg<sup>-1</sup> es consecuencia de una elevada contaminación con suelo), se mantuvieron en general dentro de límites considerados normales para plantas superiores (Tabla 2), a pesar de su elevada concentración en el vertido (Grimalt y Macpherson, 1999). Su concentración resultó más baja en primavera, en consonancia con la notable biomasa alcanzada por los pastos en esa época (Fig. 2).

La diferencia entre muestras afectadas y no afectadas resultó significativa ( $p < 0,05$ ), en el caso del Zn, pero no en el del Cu. La elevada presencia de Cu en los suelos afectados parece tener

poca influencia, en relación con otros elementos, sobre la composición de las plantas, como ya observaron Madejón *et al.* (2002) en otras herbáceas espontáneas de la zona.

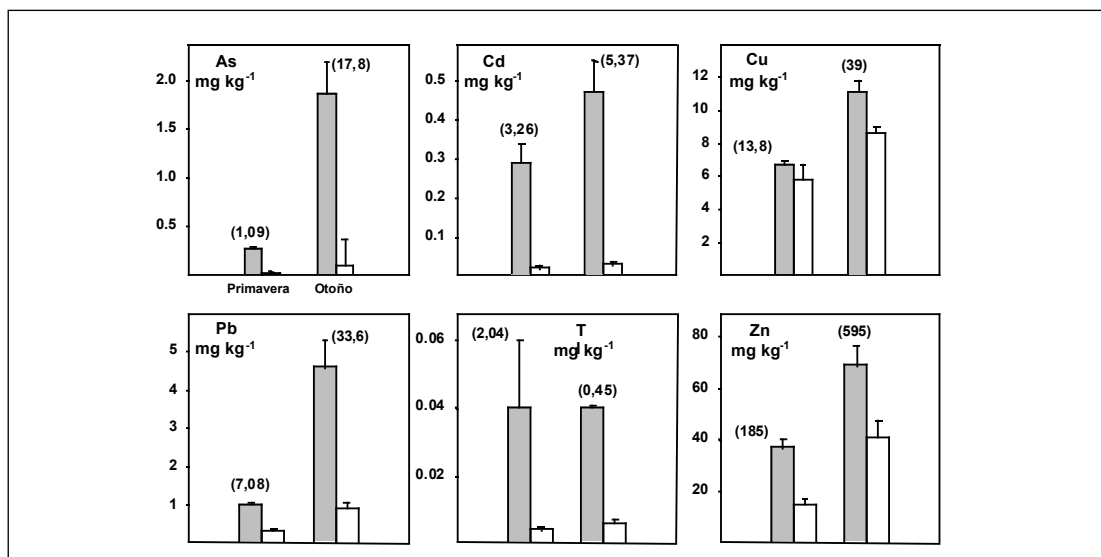
**Tabla 2.** Concentraciones consideradas normales en plantas superiores (CN), fitotóxicas para plantas superiores (CF) y límites máximos tolerados por el ganado (LM) (Chaney, 1989; Kabata Pendias y Pendias, 1992)

Elemento	CN	CF	LM
<b>Elementos esenciales para el ganado</b>			
Cu	3 – 20	25 – 40	25 (ovinos) - 100 (bovinos)
Zn	15 – 150	500 - 1500	300 (ovinos) - 500 (bovinos)
<b>Elementos no esenciales para el ganado</b>			
As	0,01 – 1	3 – 10	50
Cd	0,1 – 1	5 – 700	0,5
Pb	2 – 5	-	30
Tl	0,03 – 0,3	20	

**Elementos potencialmente tóxicos, As, Bi, Cd, Pb, Sb y Tl.**

Las diferencias de concentración entre el pasto afectado y no afectado sólo resultaron significativas ( $p < 0,05$ ) en el caso de los elementos As, Cd, Pb y Tl (Fig. 2). Las concentraciones de Bi y Sb resultaron del mismo orden en ambas áreas: 0,03 (Bi) y 0,5 (Sb), primavera, y 0,04 (Bi) y 0,4 (Sb), otoño. Salvo casos muy puntuales (p. ej., 2,04 mg kg<sup>-1</sup> de Tl en una muestra aislada), las concentraciones de los elementos más tóxicos se mantuvieron dentro de límites tolerables para el ganado (Tabla 2). Sólo en el caso del Cd parecen relativamente frecuentes concentraciones altas en los pastos de otoño (valor medio próximo a 0,5 mg kg<sup>-1</sup>, Fig. 2), aunque existen autores que consideran que la tolerancia al Cd es mayor que la indicada (Beyer, 2000). De cualquier forma, el Cd es uno de los elementos cuya monitorización periódica parece aconsejable en el área afectada.

**Figura 2.** Concentraciones de elementos traza en muestras de pasto de zonas afectadas (N=90, barras grises) y no afectadas (N=10, barras blancas) recogidas en primavera y otoño. Valores medios ± estándar, materia seca. Para las zonas afectadas se indican los máximos valores encontrados (entre paréntesis).



### **Ingesta diaria de elementos traza por el ganado**

Los valores estimados de ingesta diaria por el ganado (Tabla 3) corroboran lo indicado en el apartado anterior: se trata de pastos cuyo consumo es tolerable para el ganado.

Por citar un ejemplo, se han registrado efectos muy negativos sobre équidos tras una ingesta diaria de 2,4 - 99,5 mg Pb / kg peso /día (Palacios et al., 2002), 120 – 1047 veces mayor que la estimada en este estudio (0,020 – 0,095, Tabla 3). Algo similar podría decirse para los restantes elementos.

**Tabla 3.** Ingesta de elementos traza esenciales y no-esenciales en el área afectada (valores medios, n = 90) y en el control (n = 10). Ingesta estimada para ganado equino, mg elemento/ kg de peso y día (estima basada para un consumo diario de 21 g de MS por kg de peso corporal)

Elemento	Área afectada		Control		Razón afectada/control	
	primavera	otoño	primavera	otoño	primavera	Otoño
<b>Elementos esenciales para el ganado</b>						
Cu	0,14	0,23	0,12	0,18	1,16	1,28
Zn	0,81	1,28	0,32	0,86	2,56	1,52
<b>Elementos no esenciales para el ganado</b>						
As	0,005	0,038	0,0004	0,002	12,6	18,8
Bi	0,0009	0,0009	0,0004	0,0009	2,14	1,03
Cd	0,006	0,008	0,0004	0,0005	13,9	14,9
Pb	0,020	0,095	0,007	0,019	2,76	4,99
Sb	0,011	0,009	0,016	0,009	0,69	1,06
Tl	0,0009	0,0009	0,00008	0,0001	10,5	7,1

## **CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos en este estudio indican que, tomando las debidas precauciones, es posible el pastoreo en el espacio protegido 'Corredor Verde del Guadiamar' con ganado equino no destinado al consumo. No conviene comenzar el mismo con pastos poco desarrollados, ya que esto implicaría que las concentraciones de elementos traza fueran mayores, y también una mayor probabilidad de ingesta de suelo contaminado, adherido al pasto. Una vez que el pasto alcanza suficiente biomasa, la dilución de elementos traza parece resultar efectiva, siendo su ingesta tolerable para el ganado equino, no destinado a consumo.

## **AGRADECIMIENTOS**

El presente estudio ha sido financiado por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALHAMAD, M.N., 2006. Ecological and species diversity of arid Mediterranean grazing land vegetation. *Journal of Arid Environments*, 66, 698-715.
- BEYER, WN. 2000., Hazards to wildlife from soil-borne cadmium reconsidered. *Journal of Environmental Quality*, 29, 1380-1384.

- CABRERA, F.; ARIZA, J.; MADEJÓN, E.; MADEJÓN, P.; MURILLO JM., 2008. Mercury and other trace elements in soils affected by the mine tailing spill in Aznalcóllar (SW Spain). *Science of the Total Environment*, 390, 311-322.
- CMA., 2003. *Ciencia y Restauración del Río Guadiamar (PICOVER 1998-2002)*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, 578 pp, Sevilla
- CHANEY, RL., 1989. Toxic element accumulation in soils and crops: protecting soil fertility and agricultural food-chains. En: *Inorganic Contaminants in the Vadose Zone*, 140-158. Eds. B. Bar-Yosef, N.J. Barrow, J. Goldshmid. Springer-Verlag, Berlin (Alemania).
- DOMÍNGUEZ, M.T.; MARAÑÓN, T.; MURILLO, J.M.; SCHULIN, R.; ROBINSON, B.H., 2008., Trace element accumulation in woody plants of the Guadiamar Valley, SW Spain: A large-scale phytomanagement case study. *Environmental Pollution* (en prensa).
- GARCÍA, M.; PALACIOS-ORUETA, A.; USTIN, S.L., 2001., Análisis de patrones espacio-temporales de la estructura de la vegetación en ecosistemas Mediterráneos a distintas escalas. *Revista Española de Teledetección*, 16, 29-36.
- GRIMALT, J.O.; MACPHERSON, E., (editores) 1999. The Environmental impact of the mine tailing accident in Aznalcóllar (Volumen especial), *The Science of the Total Environment*, 242, 1-337.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H., 1992. *Trace elements in soils and plants*. CRC Press, 365 pp. Boca Ratón (USA).
- MADEJÓN, P.; MURILLO, J.M.; MARAÑÓN, T.; CABRERA, F.; LÓPEZ R., 2002. Bioaccumulation of As, Cd, Cu, Fe and Pb in wild grasses affected by the Aznalcóllar mine spill (SW Spain). *The Science of the Total Environment*, 290, 105-120.
- PALACIOS, H.; IRIBARREN, I.; OLALLA, M.J.; CALA, V., 2002. Lead poisoning of horses in the vicinity of a battery recycling Plant. *The Science of the Total Environment*, 290, 81–89.

## TRACE ELEMENTS IN PASTURE OF SOIL AFFECTED BY THE MINING SPILL OF AZNÁLCOLLAR (SEVILLE)

### SUMMARY

The Guadiamar Green Corridor was established after the Aznalcóllar mine accident. It was afforested with native woody plants and included within the RENPA net. Grazing was them forbidden because of the soil pollution; however, the possibility of grazing with horses (non human-edible livestock) is being currently considered. We analysed the As, Bi, Cd, Cu, Pb, Sb, Tl y Zn trace element concentrations in the pasture of 7 affected areas of the Corridor (Spring and Autumn) in comparison to those of an unaffected area. Tolerable levels for cattle were reached by dilution of the trace element concentrations in the pasture biomass (with a potential daily ingestion of e.g. 0,038 mg As, 0,008 mg Cd, and 0,095 mg Pb, per kg animal weight). Thus, grazing must be started when pastures reach enough growth, which could also avoid pasture consumption with soil adhered.

**Key words:** grazing, heavy metals, pasture toxicity.



## IDENTIFICACIÓN DE HONGOS ENDOFÍTICOS DE GRAMÍNEAS MEDIANTE TECNOLOGÍA NIRS

C. PETISCO, I. ZABALGOGEAZCOA, B.R. VÁZQUEZ DE ALDANA,  
B. GARCÍA CRIADO Y A. GARCÍA CIUDAD

**Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, IRNA-CSIC, Apdo. 257, 37071-Salamanca**

### RESUMEN

Se pretende conocer el potencial de la espectroscopía Vis-NIR (400-2498 nm), para la identificación de tres especies morfológicamente similares de hongos endofíticos asociados a gramíneas. Para ello se registraron los espectros de 34 aislados de *Epichloë sylvatica*, 32 de *Epichloë typhina* y 38 de *Epichloë festucae*, sobre micelio intacto. A continuación se desarrollaron los modelos de clasificación mediante un método de análisis discriminante basado en la técnica de regresión por mínimos cuadrados parciales modificada (MPLS), empleando varios pretratamientos espectrales. Los mejores modelos de predicción se obtuvieron aplicando conjuntamente la corrección del efecto multiplicativo de la dispersión (transformación MSC) y primera derivada (1D) de los datos espectrales, tratamiento con el que se consigue clasificar correctamente el 100% de las muestras de validación externa de *E. typhina*, el 66.7% de *E. festucae* y el 63.6% de *E. sylvatica*. Estos resultados preliminares, sugieren que la espectroscopía Vis-NIR puede ser un método rápido y eficaz para la identificación de especies de hongos filamentosos.

**Palabras clave:** hongos, *Epichloë*, clasificación, espectroscopía Vis-NIR

### INTRODUCCIÓN

El estudio de la interacción gramínea-hongo endofítico en ecosistemas naturales adquiere gran importancia en nuestro país, debido a la demanda de la ganadería sobre los pastos naturales.

Las plantas de gramíneas hospedadoras pueden no mostrar ningún síntoma externo durante la fase vegetativa de su ciclo de vida. Sin embargo, en esta fase las hifas del hongo colonizan el espacio intercelular de hojas, vainas foliares y tallos. En ocasiones, las plantas sí que muestran síntomas y se forma un estroma fúngico en los tallos reproductivos de la planta huésped que impide la emergencia de la espiga y el tallo es esterilizado. La asociación gramínea-endofito es de carácter duradero, y en general, una vez infectada la planta, ésta continúa infectada durante toda su vida.

La asociación entre endofitos y gramíneas es de carácter mutualista: el hongo se beneficia de la planta al encontrar en su interior un nicho y obtener nutrientes, así como un medio de dispersión en el interior de las semillas; por su parte, las plantas infectadas se benefician al tener una protección contra herbívoros mediada por alcaloides, así como una mayor tolerancia a ciertos estreses abióticos. La toxicidad para el ganado, así como los beneficios obtenidos por las plantas infectadas, ha despertado un gran interés con vistas a la utilización de endofitos para la mejora de gramíneas. De esta forma, la simbiosis mutualista entre gramíneas y hongos endofíticos ha sido citada como una de las áreas de la investigación sobre interacciones entre plantas y microorganismos de mayor interés en la actualidad (Scholthof, 2001).

Hasta el momento, el criterio predominante para la identificación de especies de hongos, es la diferenciación en base a caracteres morfológicos o moleculares (tales como secuenciación de algunas zonas del genoma). En cultivos puros, las especies de *Epichloë* son muy similares morfológicamente, motivo por el que la caracterización basada en secuenciación de nucleótidos, ha sido ampliamente usada para la identificación y para el estudio de sus relaciones taxonómicas (Clay y Schardl, 2002). Sin embargo este método resulta largo y tedioso.

La tecnología NIRS presenta ventajas sobre los métodos empleados en la identificación de hongos: la preparación de la muestra es más sencilla, los costes de laboratorio son menores y es ambientalmente más respetuosa, puesto que no se requieren reactivos químicos. En los últimos años la espectroscopía de infrarrojo, basada en la transformada de Fourier, empleando la región del infrarrojo medio (FT-IR, 500-4000  $\text{cm}^{-1}$ ), ha sido usada para discriminar e identificar varios microorganismos, incluyendo hongos, siendo la mayoría de estos estudios llevados a cabo con levaduras (Mariey *et al.*, 2001).

El objetivo que se plantea en este trabajo es conocer el potencial de la espectroscopía Vis-NIR (región del visible e infrarrojo cercano), combinada con análisis multivariante, para identificar tres especies, muy similares morfológicamente, de hongos endofíticos pertenecientes al género *Epichloë* (*E. sylvatica*, *E. typhina* y *E. festucae*). La importancia del trabajo reside en que es la primera vez que se identifican diferentes especies de hongos filamentosos mediante Vis-NIR.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Gramíneas hospedadoras

Se recogieron plantas de tres especies de gramíneas (34 de *Brachypodium sylvaticum*, 32 de *Dactylis glomerata* y 38 de *Festuca rubra*), en 10 localidades de las provincias de Salamanca y La Coruña. El muestreo se efectuó durante la temporada de Mayo a Agosto de 2004, en esta época las gramíneas espigan y se identifican con relativa facilidad. Las plantas de *D. glomerata* infectadas por *Epichloë typhina* fueron reconocidas por la presencia de estromas en los tallos (Sampson, 1933); sin embargo, las infecciones de *E. festucae* y *E. sylvatica*, generalmente son asintomáticas, por lo que en estos casos, los aislados se obtuvieron de plantas sanas de *F. rubra* y *B. sylvaticum* (Leuchtman y Schardl, 1998). La presencia de endofitos en las plantas asintomáticas fue determinada mediante análisis por microscopía de muestras de médula de tallo teñidas con azul de anilina (Bacon y White, 1994).

### Método de referencia para el aislamiento e identificación de hongos endofíticos

El aislamiento de hongos se llevó a cabo en placas Petri con agar de patata y dextrosa (PDA), a partir de fragmentos de tallos o vainas foliares (Figura 1a). Todas las placas se prepararon a la vez, con el objeto de que pertenecieran al mismo lote y presentaran mayor uniformidad en su composición para las posteriores medidas por NIRS. Previamente se realizó una desinfección superficial del material vegetal con una solución de lejía al 20%. Las placas se incubaron en la oscuridad, a temperatura ambiente, y según fueron emergiendo los hongos, el micelio fue transferido a placas de PDA (Figura 1b), preparándose 5 réplicas de cada aislado.

**Figura 1.** Aislamiento de *Epichloë*: (a) plaqueo de fragmentos de tallo y vaina foliar en PDA, (b) aislamiento de cada endofito en una nueva placa de PDA



Los endofitos aislados fueron identificados mediante observación microscópica de sus caracteres morfológicos. Además la propia planta hospedadora confirmó las especies de cada uno de los aislados, ya que *Epichloë typhina* es la única especie conocida de *Epichloë* que infecta a *D. glomerata*, *E. festucae* es la única especie que infecta a *F. rubra* y *B. sylvaticum* es el único hospedador conocido de *E. sylvatica* (Leuchtman y Schardl, 1998; Clay y Schardl, 2002).

### Espectroscopía Vis-NIR

Los 5 cultivos preparados de cada uno de los 104 aislados se mantuvieron en oscuridad a una temperatura entre 22-25° C y después de cuatro semanas alcanzaron un tamaño adecuado (diámetro de 30-40 mm), para efectuar de manera aleatoria el registro de los espectros. Para ello, de cada una de las placas Petri preparadas, se tomaron discos de micelio y se situó directamente sobre una celda de cuarzo circular (Figura 2).

**Figura 2.** Aislado de *Epichloë* situado en una cápsula de cuarzo circular para su presentación en el espectrofotómetro



Los espectros de cada aislado fueron recogidos en la zona del visible e infrarrojo cercano (400-2498 nm) cada 2 nm, realizándose un total de 1040 registros, en un equipo FOSS NIRSystem Mod. 6500. Durante el proceso de medida por NIRS se mantuvo una temperatura de  $24 \pm 3$  °C. Se registraron dos espectros de cada uno de los cinco cultivos preparados de cada aislado, obteniéndose posteriormente su espectro medio que fue el empleado en el desarrollo de los diversos modelos. Una vez promediados los espectros, se obtuvieron un total de 104 espectros a partir de

34 aislados de *E. sylvatica*, 32 de *E. typhina* y 38 de *E. festucae*, que fueron almacenados en formato log 1/R (Figura 3). La selección de las muestras se realizó al azar: 71 muestras para calibración y 33 muestras para validación externa.

Se aplicaron nueve tipos distintos de tratamientos matemáticos a los datos espectrales. Así, los modelos de análisis discriminante se obtuvieron con los datos de absorbancia de los espectros sin transformar (log 1/R) y transformados mediante la aplicación de primera derivada (1,4,4,1) y segunda derivada (2,12,2,2), con y sin la utilización previa de las transformaciones MSC (*multiplicative scatter correction*) y SNV-DT (*standard normal variate and detrend*). También se utilizaron MSC y SNV-DT sin combinarse con el uso de derivadas.

Un análisis de componentes principales (PCA), realizado previamente al desarrollo de los modelos de clasificación, permitió una inspección preliminar de los datos y de posibles *outliers* (muestras atípicas). A continuación, se empleó la regresión por mínimos cuadrados parciales modificada (MPLS), con un nivel de confianza del 95% y se asignaron variables *dummy* a cada una de las muestras pertenecientes a las tres especies de hongos. Los modelos se desarrollaron asignando el valor *dummy* de 1 a las muestras de *E. sylvatica*, de 2 a las de *E. typhina* y de 3 a las de *E. festucae*, con el fin de establecer un modelo de clasificación de las muestras de hongos a partir de sus datos espectrales. Así, una muestra se clasifica como *E. sylvatica* si su valor *dummy* predicho está comprendido entre 0.5 y 1.5; como *E. typhina* si el valor predicho está entre 1.5 y 2.5, y finalmente se clasifica como *E. festucae* si oscila entre 2.5 y 3.5 (ver Figura 4). Finalmente el error de cada uno de los modelos fue estimado mediante el cálculo del porcentaje de muestras correctamente clasificadas.

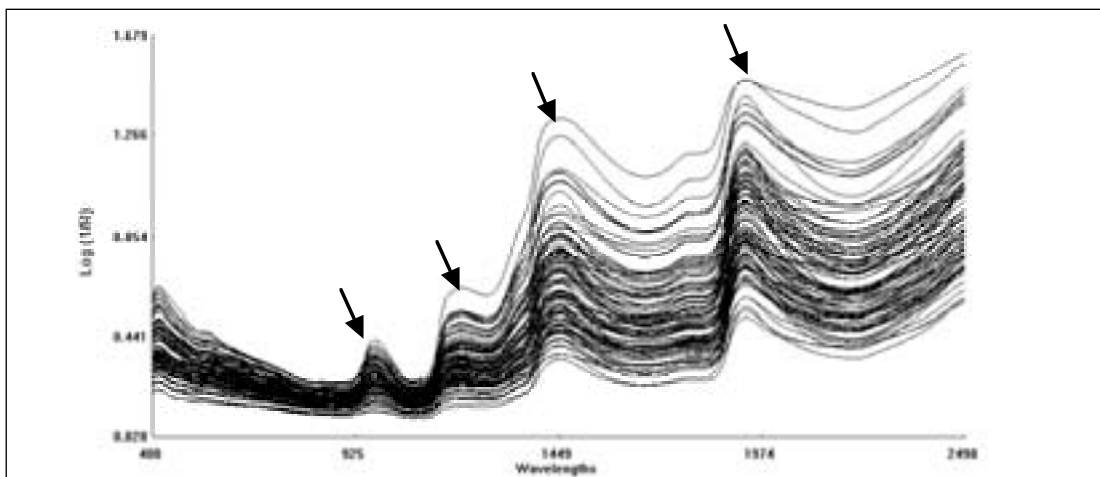
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los 104 espectros (400-2498 nm), correspondientes a los 34 aislados de *E. sylvatica*, 32 de *E. typhina* y 38 de *E. festucae*, se reflejan en la Figura 3.

Los principales picos del espectro corresponden a los puentes de H del agua (970, 1190, 1450 y 1940 nm), los cuales absorben fuertemente radiación infrarroja, contribuyendo a una elevada dispersión de la luz (Segtnan *et al.*, 2001).

Mediante el análisis de componentes principales no se detectaron muestras atípicas, sin embargo si que se aprecia cierta separación, aunque no demasiado nítida, entre las tres especies de *Epichloë* consideradas.

**Figura 3.** Espectros de 104 aislados de tres especies de hongos del género *Epichloë*



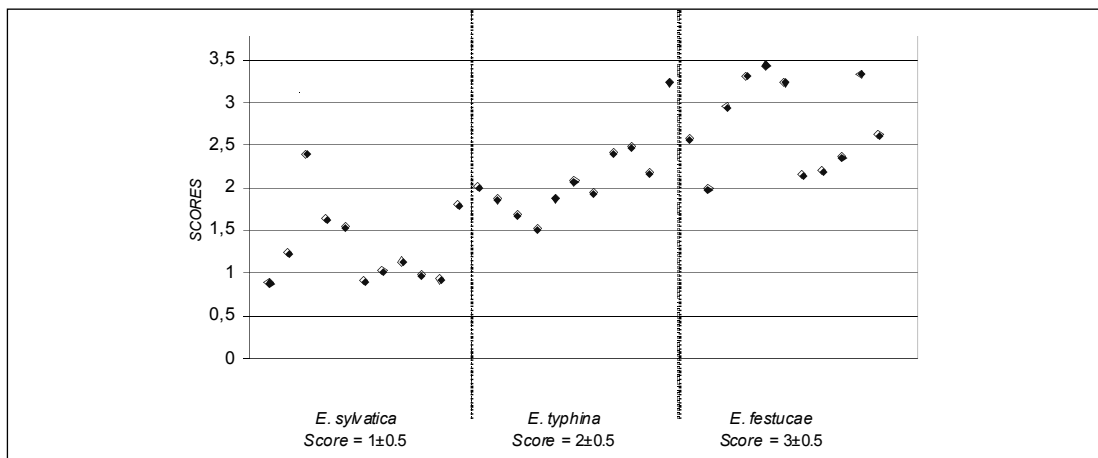
Una síntesis de los resultados obtenidos mediante MPLS, para la clasificación de las 33 muestras de validación externa, se expone en la Tabla 1. El modelo que proporcionó un mayor porcentaje de éxito en la clasificación fue el obtenido, usando como transformación, la corrección del efecto multiplicativo de la dispersión (MSC) seguida de primera derivada (1D) (Tabla 1). Este tratamiento minimizó los efectos provocados por la dispersión de la luz, reduciendo el enmascaramiento de la información química contenida en los espectros. Esto provoca mayores diferencias entre las especies de hongos endofíticos del género *Epichloë* consideradas. Dicho tratamiento identificó correctamente el 100%, 66.7% y 63.6% de las muestras de validación externa de *E. typhina*, *E. festucae* y *E. sylvatica*, respectivamente (Tabla 1, Figura 4). En general se observaron mayores porcentajes de éxito en la identificación de *E. typhina*, siendo superior al 80% con todas las transformaciones matemáticas propuestas. La clasificación de las otras dos especies resultó muy similar, alcanzándose para ambas especies porcentajes de correcta clasificación inferiores al 70% en la mayoría de los casos.

**Tabla 1.** Porcentajes de clasificación para la validación externa (n=33) de tres especies de *Epichloë*, empleando MPLS como regresión y diversas transformaciones matemáticas

Transformación matemática	% de clasificación correcta (muestras de validación)		
	<i>E. typhina</i> (n=10)	<i>E. festucae</i> (n=12)	<i>E. sylvatica</i> (n=11)
Log 1/R	80.0	58.3	45.5
MSC	70.0	58.3	63.6
SNV-DT	80.0	66.6	72.7
1D	90.0	58.3	72.7
<b>MSC + 1D</b>	<b>100</b>	<b>66.7</b>	<b>63.6</b>
SNV-DT + 1D	90.0	58.3	63.9
2D	80.0	66.7	72.7
MSC + 2D	90.0	66.7	54.5
SNV-DT + 2D	100	66.7	54.5

MSC: multiplicative scatter correction; SNV-DT: standard normal variate and detrend; 1D: primera derivada; 2D: segunda derivada.

**Figura 4.** Discriminación de las tres especies de *Epichloë*, en el grupo de muestras de validación externa, con el método MPLS y la transformación MSC + 1D



## CONCLUSIONES

El estudio realizado sugiere que la espectroscopía Vis-NIR puede ser empleada con éxito para identificar especies morfológicamente similares de hongos filamentosos. Aunque en este caso particular, se han empleado tres especies de *Epichloë* como material experimental, el método podría ser utilizado en situaciones similares con otras especies de hongos. Por todo ello se puede considerar la técnica Vis-NIR como una herramienta complementaria, rápida y eficaz en estudios microbiológicos.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado con el proyecto AGL2005-02839/AGR del MECD y con el soporte de la beca FPU concedida por el MECD a C. Petisco. Asimismo se agradece la colaboración prestada por María Romo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACON, C.W.; WHITE, J.F., 1994. Strains, media and procedures for analysing endophytes. En: *Biotechnology of endophytic fungi of grasses*, 47-56. Eds. BACON, C.W. and WHITE, J.F. CRC Press, Boca Raton (USA).
- CLAY, K.; SCHARDL, C.L., 2002. Evolutionary origins and ecological consequences of endophyte symbiosis with grasses. *American Naturalist*, 160S, 99-127.
- LEUCHTMANN, A.; SCHARD, C.L., 1998. Mating compatibility and phylogenetic relationships among two new species of *Epichloë* and other congeneric European species. *Mycological Research*, 102, 1169-1182.
- MARIEY, L.; SIGNOLLE, J.P.; AMIEL, C.; TRAVERT, J., 2001. Review: Discrimination, classification, identification of microorganisms using FTIR spectroscopy and chemometrics. *Vibrational Spectroscopy*, 26, 151-159.
- SAMPSON, K., 1933. The systemic infection of grasses by *Epichloë typhina* (Pers.) Tul. *Transactions of the British Mycological Society*, 18, 30-47.
- SCHOLTHOF, H.B., 2001. Molecular plant-microbe interactions that cut the mustard. *Plant Physiology*, 127, 1476-1483.
- SEGTMAN, B.H.; SASIC, S.; ISAKSSON, T.; OZAKI, Y., 2001. Studies on the structure of water using two-dimensional near-infrared correlation spectroscopy and principal component analysis. *Analytical Chemistry*, 73, 3153-3161.

## IDENTIFICATION OF ENDOPHYTIC FUNGI OF GRASSES BY NIRS

### SUMMARY

In this work we try to know the potential of Vis-NIR spectroscopy (400-2498 nm) for the identification of three morphologically similar species of endophytic fungi of grasses. For this purpose there were recorded spectra using intact mycelium from 34 isolates of *Epichloë sylvatica*, 32 of *Epichloë typhina* and 38 of *Epichloë festucae*. After that, the classification models were developed by means of a discriminant analysis method based on modified partial least squares regression (MPLS), using several spectra pre-treatments. The best prediction models were obtained using

jointly multiplicative scatter correction (MSC) and first derivative (1D); with this method, 100% of *E. typhina*, 66.7% of *E. festucae* and 63.6% of *E. sylvatica* samples were successfully classified in the external validation set. These results suggest that Vis-NIR spectroscopy can be a rapid and effective method for the identification of species of filamentous fungi.

**Key words:** fungi, *Epichloë*, classification, Vis-NIR spectroscopy.





## APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA NIR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE PRADERAS

A. SOLDADO, A. MARTÍNEZ- FERNÁNDEZ, S., N. PEDROL, A. MARTÍNEZ Y B. DE LA ROZA-DELGADO

**Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA).  
Área de Nutrición Animal, Pastos y Forrajes. Apdo. 13. E-33300 Villaviciosa,  
broza@serida.org**

### RESUMEN

El propósito del presente trabajo ha sido utilizar la tecnología NIRS como herramienta para determinar la composición botánica de praderas sembradas de zonas templadas húmedas, y evitar el tedioso trabajo de separación y cuantificación manual de especies. Se recogieron los espectros de 150 muestras procedentes de diferentes sistemas de manejo y estados vegetativos, coincidentes con los aprovechamientos reales efectuados en las mismas, utilizando un equipo monocromador FOSS NIRSystems™ 6500 dotado de módulo de transporte, con rango de medida entre 400-2500 nm. Los espectros se tomaron directamente en las muestras en su estado verde, sin realizar preparación previa, utilizándose la cápsula para productos naturales con una ventana de 20x4,7 cm. Se almacenaron dos espectros por muestra, empleándose el espectro promedio en el proceso de calibración. Como datos de referencia, se determinó la composición botánica mediante separación manual y posterior cuantificación de especies, en base a los siguientes grupos: especies sembradas, otras especies y materia muerta. Los resultados obtenidos confirman la existencia de diferencias espectrales entre géneros y abre expectativas sobre la posibilidad de predicción NIRS de la composición botánica de praderas sembradas. Las ecuaciones preliminares obtenidas poseen errores de validación cruzada entre 4 y 13 % y coeficientes de determinación entre 0,82 y 0,95%.

**Palabras clave:** espectroscopia en el infrarrojo cercano, NIRS, composición botánica, *Lolium sp.*, *Trifolium sp.*

### INTRODUCCIÓN

Las asociaciones de especies (imitando la diversidad natural) y la rotación de cultivos (evitando el agotamiento del suelo y la consiguiente disminución de rendimientos) son claves para mantener el equilibrio dinámico de un agrosistema en el tiempo. Como resultado de la asociación de cultivos se obtienen producciones de mayor cantidad y calidad que los monocultivos de las mismas especies en una superficie equivalente (Jolliffe, 1997). En el caso de las mezclas de pratenses, se ha demostrado que el cultivo mixto con leguminosas puede incrementar la masa foliar de la gramínea (Shehu et al., 1999), y ejercer un control más efectivo de las malas hierbas que los monocultivos de las mismas especies. Buscando estos beneficios, las mezclas de pratenses raigrás-trébol son adecuadas para introducirlas en rotaciones forrajeras convencionales y ecológicas de zonas templado húmedas.

La composición botánica es un indicador del estado de una pradera y resulta esencial para estudios agronómicos y ecológicos. La evaluación de la composición botánica se efectúa tradicionalmente por dos métodos. El primero relativamente preciso consiste en la separación manual de

especies, método tedioso, que demanda importante cantidad de tiempo y trabajo (Shaffer *et al.*, 1990). El segundo está basado en una estimación visual de la contribución de las especies por unidad de área, más rápido que el anterior pero con muchas imprecisiones (García-Criado *et al.*, 1991).

La espectroscopía en el infrarrojo cercano (NIRS) ha demostrado ya en la década de los años 80, una modesta capacidad para diferenciar especies y predecir la composición botánica en mezcla de prateras (Coleman *et al.*, 1985, Petersen *et al.*, 1987, García-Criado *et al.*, 1991, Wachen-dorf *et al.*, 1998), entre otros. Sin embargo, todos estos trabajos se han realizado en muestras de forraje desecado y molido. La segunda generación de instrumentos NIRS, aportó universalidad a la toma de información espectral y se abrieron enormes expectativas. Estos instrumentos permiten entre otros, el análisis directo de forrajes verdes y conservados sobre muestras en su estado natural empleando cápsulas con amplias ventanas de cuarzo (Martínez *et al.*, 2004, de la Roza-Delgado *et al.*, 2006). Además, el desarrollo de nuevos algoritmos han posibilitado nuevas estrategias con la mejora en exactitud y precisión de las ecuaciones de calibración (de la Roza-Delgado *et al.*, 2006, Soldado *et al.*, 2007). Por tanto, el objetivo de este trabajo ha sido desarrollar y evaluar modelos de regresión NIRS que permitan el análisis instantáneo proximal de la composición botánica en praderas de zonas templadas húmedas en muestras de forraje en su estado verde y tras el aprovechamiento.

## MATERIAL MÉTODOS

### a. Diseño experimental

El material vegetal se obtuvo de unos ensayos establecidos con el propósito de contrastar condiciones de manejo convencionales frente a los requerimientos de la agricultura ecológica (CEE, 1991), que comenzó en otoño de 2006, de unas praderas de corta duración de raigrás italiano-trébol violeta (*Lolium multiflorum* Lam. cv. *Ansyl-Trifolium pratense* L. cv. *Violetta*) y otras de larga duración de raigrás inglés- Trébol blanco (*Lolium perenne* L. cv. *Tove -Trifolium repens* cv. *Huia*), ubicadas en un valle interior (43,23N 6,07O) y una zona costera (43,28N 5,27O) de Asturias. En la zona costera, los ensayos se realizaron en parcelas de tamaño explotación (1,5 ha), que se muestrearon en cuatro zonas atendiendo al gradiente de pendiente. En la zona interior, se establecieron en parcelas experimentales de 90 m<sup>2</sup>, en un diseño en bloques al azar con cuatro réplicas por tratamiento. Paralelamente al desarrollo vegetativo, tanto en parcelas experimentales como a nivel explotación y, para cada una de los aprovechamientos realizados, entre marzo y noviembre de 2007, se recogieron los espectros de absorción en las muestras de forraje verde correspondientes a dos zonas de muestreo (zona medio-alta y zona medio-baja) en las parcelas a nivel de explotación y de cada repetición en las experimentales, directamente sobre la muestra en verde, con el propósito de evaluar la variación en la composición botánica en el tiempo para ambos tipos de praderas. Además, se recogió información espectral de especies puras, separadas del resto manualmente, para disponer del espectro de absorción de éstas en diferentes estados vegetativos. El forraje verde homogeneizado fue subdividido en tres fracciones para ser analizado para definir sus características de ensilabilidad (de la Roza-Delgado *et al.*, 2004), composición química por NIRS y composición botánica en un total de 150 muestras, según método manual.

### b. Análisis NIRS

La recogida de datos espectrales NIRS se llevó a cabo en un equipo monocromador FOSS NIRSystems™ 6500, (Silver Spring, MD, USA) dotado de módulo de transporte, con rango comprendido entre 400-2500 nm. Los espectros de las muestras en verde se recogieron utilizando una cápsula especial para productos naturales con ventana de cuarzo de 20x4,7 cm (superficie de irradiación de la muestra de 94 cm<sup>2</sup>). Se analizaron dos espectros por muestra y se utilizó el espectro

promedio en el proceso de calibración. La recogida de datos espectrales y el análisis quimiométrico se llevó a cabo mediante el programa WinISI II versión 1.50 (Infrasoft International, Port Matilda, PA, USA, 2000).

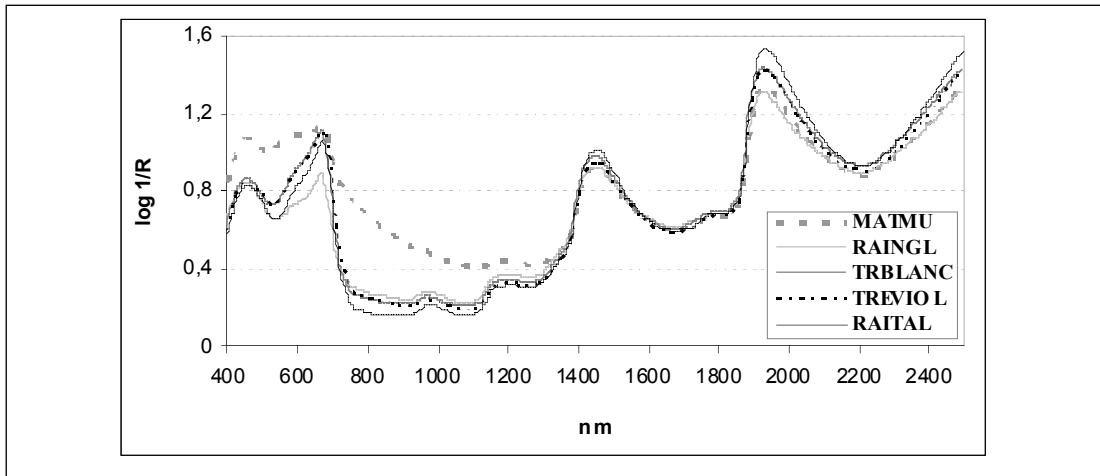
Las ecuaciones de calibración fueron desarrolladas mediante regresión de mínimos cuadrados parciales modificada (MPLS) con una transformación previa de los datos espectroscópicos mediante tratamiento de corrección de dispersión de la luz ó scatter (Standard Normal Variate and Detrend) y segunda derivada (Shenk y Westerhaus, 1996). La elección de MPLS como modelo de regresión se basa en la necesidad de evitar problemas de colinearidad, al trabajar con muchas bandas en el espectro que permiten la medida cuantitativa (Murray, 2004). Para la evaluación de la precisión y exactitud de las ecuaciones se emplearon los estadísticos: error estándar de los residuales obtenidos en calibración (ETC) y la validación cruzada (ETVC) y los coeficientes de determinación para las etapas de calibración ( $R^2$ ) y validación cruzada ( $r^2$ ), respectivamente (Shenk y Westerhaus, 1995).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó la separación manual de la valoración botánica de las muestras, mediante el cálculo del porcentaje en raigrás italiano, raigrás inglés, trébol blanco, trébol violeta, materia muerta y otras especies. En la Figura 1, se pueden ver los espectros de absorción de las diferentes especies puras, así como de la materia muerta. Como puede observarse, los espectros presentan diferencias apreciables en las bandas de absorción a lo largo de las regiones visible, más acentuadas entre 500-800 nm, y NIR (1400-1570 nm, alrededor de 2000 nm) y como era de prever, en especial entre la materia muerta y el resto de especies en todo el rango y, menos marcadas en lo que se refiere a ambas especies de tréboles, si bien éstas se acentúan cuando aplicamos un pretratamiento matemático a la señal espectral, esto podría indicar que resulta difícil discriminar entre trébol blanco y violeta. Atendiendo al raigrás, se observan, entre otras, una clara diferencia entre el raigrás inglés y el italiano, lo que nos lleva a pensar que una vez establecida una población de referencia con suficiente número de muestras de composición conocida, correspondientes a su vez con distintos estados vegetativos, condiciones de manejo y años (diferente climatología), dispondremos de una adecuada variabilidad que permita el desarrollo de modelos robustos y fiables.

Una vez establecidas las “huellas espectrales” de cada grupo botánico, lo que ha permitido valorar la viabilidad del desarrollo de la calibración NIRS para la evaluación de la composición, se aplicó el algoritmo CENTER (Shenk y Westerhaus, 1991) para la detección de outliers o muestras atípicas dentro del conjunto de muestras de calibración, que permite calcular la distancia H de Mahalanobis de cada muestra al centro de la población, la cual se estima a partir de un análisis de componentes principales de los datos espectrales. Se efectuó un pretratamiento de la señal espectral aplicando la transformación matemática SNVD que corrige la línea base y elimina las diferencias entre espectros correspondientes a muestras de similar composición (Barnes *et al.*, 1989). Además, se realizó un tratamiento de primera derivada (1,5,5,1) donde el primer dígito es el orden de la derivada, el segundo dígito es el segmento y el tercer y cuarto dígito corresponden al suavizado de la señal (ISI, 2000). La derivación se usó fundamentalmente con tres propósitos: discriminación espectral, acentuando pequeñas diferencias entre espectros prácticamente iguales, aumento de la resolución espectral, incrementando la resolución aparente de bandas espectrales solapadas, y análisis cualitativo, como técnica de corrección de absorciones irrelevantes relacionadas con ruido de fondo y para facilitar el análisis multicomponente. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

**Figura 1.** Espectro de absorción de materia muerta y especies puras de raigrás y trébol



TRBLANC: Trébol blanco; TREVIOL: Trébol violeta; RAITAL: Raigrás italiano; RAINGL: Raigrás inglés; MATMU: Materia muerta.

**Tabla 1.** Estadísticos de las ecuaciones NIRS para la determinación de la composición botánica de praderas de zonas templadas húmedas (N=150)

Parámetro	RANGO	MEDIA	DT	ETC	R2	ETVC	r <sup>2</sup>
TRBLANC	0 – 65,88	8,47	19,13	5,78	0,91	7,93	0,83
TREVIOL	0 – 100	17,82	30,94	10,9	0,87	13,23	0,82
RAITOTAL	0 – 100	48,01	38,13	7,41	0,96	8,86	0,95
MATMU	0 – 42,27	9,76	10,84	3,44	0,90	4,08	0,86

TRBLANC: % Trébol blanco; TREVIOL: % Trébol violeta; RAITOTAL: % raigrás italiano+raigrás inglés; MATMU: % Materia muerta; DT: Desviación estándar; ETC y ETCV Error típico de calibración y de validación cruzada; R2 y r<sup>2</sup>: coeficientes de determinación de calibración y validación cruzada.

Los resultados de las ecuaciones obtenidas para predecir la contribución de cada especie o grupo a la mezcla total presentaron elevados valores para los coeficientes de determinación, en la evaluación de los cuatro grupos de herbáceas, sobre muestra real procedentes de los diferentes cortes a lo largo del aprovechamiento de un año y disponiendo exclusivamente de un total de 150 muestras de un único año. En este sentido Alomar *et al.*; (2002) obtuvieron valores de r<sup>2</sup> de 0,95, pero sólo discriminaba entre trébol blanco y raigrás inglés, estudios realizados únicamente sobre muestras de composición sintética. Por su parte los estudios de Roumet *et al.* (2006), también desarrollados sobre muestras preparadas artificialmente, diferencian entre tres géneros: *Festuca sp.*, *Lolium sp.* y *Holcus sp.*

Las ecuaciones de predicción muestran para los tréboles blanco y violeta valores de RER (Rango/ETVC) de 8,3 y 7,6, respectivamente y para el raigrás y la materia muerta por encima de 10. Asimismo, los modelos de regresión presentan mejores estadísticos cuando se desarrollan ecuaciones individualizadas para trébol blanco (ETVC 4,08 y r<sup>2</sup> 0,86) y trébol violeta (ETVC 13,23 y r<sup>2</sup> 0,82) que cuando la ecuación trata de predecir la contribución de tréboles total (ETVC 14,68 y r<sup>2</sup> 0,80). Para el caso de los raigrases la situación es inversa, habiéndose obtenido para el raigrás italiano un valor de ETVC de 21,04 y r<sup>2</sup> 0,74 y para el raigrás inglés ETVC 16,63 y r<sup>2</sup> 0,56.

## CONCLUSIONES

Cada género de especie herbácea estudiada y la materia muerta, mostraron características espectrales diferentes en zonas concretas de bandas de absorción.

Los resultados preliminares ya han demostrado la aplicabilidad de la tecnología NIRS en la evaluación de la composición botánica en muestras de praderas sembradas cosechadas en forma natural y con composición desconocida. Aunque es necesario ampliar la variabilidad espectral con posteriores estudios, los modelos obtenidos ofrecen una exactitud aceptable.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al INIA por la financiación del proyecto RTA2006-00082-C02, así como al personal de campo y técnico del Área de Nutrición, Pastos y Forrajes del SERIDA por su colaboración.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALOMAR, D.; BLANCO, A.; FUCHSLOCHER, R., 2002. Predicción de la contribución específica en mezclas elaboradas con muestras puras de trébol blanco (*Trifolium repens*) y ballica inglesa (*Lolium perenne*), mediante espectroscopia de reflectancia cercana al infrarrojo (NIRS). *Agro Sur*, 30.
- BARNES R.J., DHANOA M.S., LISTER S.J., 1989. Standard Normal Variate Transformation and Detrending of Near-Infrared Diffuse Reflectance Spectra. *Appl Spectrosc.*, 43 (5), 772-777.
- CEE, 1991. Reglamento nº 2092/91 del Consejo de 24/6/1991 sobre la producción agrícola cológica y su indicación en los productos agrarios y alimentarios.
- COLEMAN, S. W.; BARTON II, F. E.; MEYER, R. D., 1985. The use of near-infrared reflectance to predict species composition of forage mixtures. *Crop. Sci.*, 25, 834-837.
- GARCÍA-CRIADO, B.; GARCÍA-CIUDAD, A.; PÉREZ-CORONA, M. E., 1991. Prediction of Botanical Composition in Grassland Herbage Samples by Near Infrared Reflectance Spectroscopy. *J. Sci. Food Agric.*, 57, 507-515.
- ISI, 2000. The complete software solution using a single screen for routine analysis, robust calibrations, and networking. Manual. FOSS NIRSystems/TECATOR. Infrasoft International, LLC. Sylver Spring MD, USA.
- JOLLIFFE, P.A., 1997. Are mixed populations of plant species more productive than pure stands? *Oikos*, 80, 595-602.
- MARTÍNEZ, A.; MARTÍNEZ, S.; FERRERO, I.; FERNÁNDEZ, O.; MODROÑO, S.; JIMENO, V.; SOLDADO, A.; PÉREZ-HUGALDE, C.; FUENTES-PILA, J.; DE LA ROZA -DELGADO, B., 2004. The potential of calibration transfer to quality control of undried maize silage. En: *Near Infrared Spectroscopy*. Proceedings of 11th International Conference, 285-290. Ed. A. M. C. DAVIES, A. GARRIDO-VARO. NIR Publications. Chichester (UK).
- MURRAY, I., 2004. Scattered information: philosophy and practice of near infrared spectroscopy. En: Proceedings of the 11th International Conference. 1-12. Ed. A.M.C. DAVIES, A. GARRIDO-VARO. NIR Publications, Chichester, (UK).
- PETERSEN, J. C.; BARTON II, F. E.; WINDHAM, W. R.; HOVELAND, C. S., 1987. Botanical composition definition of tall fescue/white clover mixtures by near infrared reflectance spectroscopy. *Crop. Sci.*, 27, 1077-1080.

- ROZA-DELGADO, B de la.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; SOLDADO-CABEZUELO, A.; ARGAMENTERÍA GUTIÉRREZ, A., 2004. Evolución de la producción y ensilabilidad de la asociación triticale haboncillos, según su estado de desarrollo. En: *Pastos y Ganadería Extensiva*, 273-277. Ed. B. García Criado.; A. García Ciudad.; B. Vázquez de Aldana.; I. Zabalgogezcoa. Salamanca (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*. Ed: J. Lloveras; A. González-Rodríguez; O. Vázquez Yánez; J. Piñeiro; O. Santamaría; L. Olea y M. J. Poblaciones. Vol: 11. pp: 571-573.
- ROUMET, C.; PICON-COCHARD, C.; DAWSON, L.A.; JOFFRE, R.; MAYES, R. ; BLANCHARD, A. ; BREWER, M.J., 2006. Quantifying species composition in root mixtures using two methods: Near-Infrared reflectance spectroscopy and plant wax markers. *New Phytologist*, 170, 631-638.
- SHAFFER, J. A.; WESTERHAUS, M. O.; HOOVER, M. R., 1990. Estimation of botanical composition in alfalfa/ryegrass mixtures by near infrared spectroscopy. *Agronomy J.*, 82, 669.
- SHEHU, Y.; ALHASSAN, W.S.; PAL, U.R.; PHILLIPS, C.J.C., 1999. The effect of intercropping *Lablab purpureus* L. with sorghum on yield and chemical composition of fodder. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 183, 73-79.
- 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 Sci.*, 31, 469-474.
- SHENK J.S, WESTERHAUS M.O., 1995. Analysis of Agriculture and Food Prpducts by Near Infra-red reflectance Spectroscopy. Monograph, NIRSystem.
- SHENK, J. S.; WESTERHAUS, M. O., 1996. Routine operation and calibration development manual. NIRSystems, Tech Toad, Siver Spring, MD 20904. PN IS-0119. USA.
- SOLDADO, A.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; MODROÑO, S.; GALIANO-GARCÍA, R.; DE LA ROZA-DELGADO. B., 2007. Valor nutritivo en dietas completas (unifeed): Influencia de la biblioteca espectral en los estadísticos NIRS. En: *Los sistemas forrajeros: entre la producción y el paisaje*. Actas de la XLVI Reunión Científica de la SEEP., 319-325
- WACHENDORF, M.; INGWERSEN, B.; TAUBE, F., 1998. Prediction of the clover content of red clover-and white clover-grass mixtures by near infrared reflectance spectroscopy. *Grass and Forage Sci.*, 54, 87-90.

## USE OF NIR TECHNOLOGY TO EVALUATE BOTANICAL COMPOSITION OF SOWN MEADOW

### SUMMARY

The goal of this work has been to evaluate NIRS technology to predict the botanical composition in sown meadows in the North West of Spain in order to avoid the tedious task of separating the species by hand. Spectral data of 150 samples were collected from different management systems and vegetative states, using a monochromator FOSS NIRSystems™ 6500 instrument with transport module, measuring range between 400-2500 nm. Two spectra per sample were recorded directly in the samples in its green state, without any prior preparation and then the average

spectrum was used in the calibration process. As reference data, botanical composition was determined by manual separation and subsequent quantification of species, based on the following groups: sown species, other species and dead matter. Preliminary results confirm the existence of spectral differences between species and shown promising results for the proximate analysis by NIRS of botanical composition of meadows with cross validation errors between 4 and 13% coefficient of determination between 0.82 and 0.95%

**Key words:** Near infrared spectroscopy, NIRS, botanical composition, *Lolium* sp., *Trifolium* sp.





## CALIDAD BROMATOLÓGICA DE LOS PASTOS SUPRAFORESTALES DEL PARQUE NACIONAL DE AIGÜESTORTES I ESTANY DE SANT MAURICI (PIRINEOS CENTRALES, CATALUNYA)

MARC TAULL<sup>1</sup>, CRISTINA CHOCARRO<sup>2</sup> Y ROSARIO FANLO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Àrea d'Ecologia Vegetal, Centre Tecnològic Forestal de Catalunya. Pujada del Seminari s/n, 25280. Solsona (Lleida). Tlf: +34 973 481752 Fax: +34 973 481392 E-mail: marc.taull@ctfc.es <sup>2</sup> Departament de Producció Vegetal i Ciència Forestal, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària. UdL. Av. Rovira Roure nº 191. 25198. Lleida

### RESUMEN

El objetivo del trabajo es relacionar la calidad de los pastos de puerto, determinada con la metodología del Valor Pastoral, con la calidad obtenida mediante análisis bromatológicos (NIRS). Además, esta calidad se relaciona con indicadores de diversidad (nº especies, índice Shannon). El estudio se llevó a cabo en pastos de puerto del Parque Nacional de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici que aún mantienen un buen aprovechamiento ganadero. Se muestrearon pastos pertenecientes a comunidades vegetales de *Festuca eskia*, *Festuca nigrescens* y *Nardus stricta* durante el verano de 2006. Se determinó la composición florística de las muestras recogidas y con ello, se pudieron obtener índices de calidad (VP) y diversidad (nº especies por muestra e índice Shannon). Posteriormente, estas mismas muestras se analizaron en el Laboratori Agroalimentari de Cabriels (Generalitat de Catalunya) para cuantificar su calidad nutritiva mediante la tecnología NIRS.

Los pastos con mayor valor nutritivo fueron los de *Nardus stricta*, seguidos de cerca de los de *Festuca nigrescens*. Los de *Festuca eskia* presentaron valores inferiores ( $p < 0,001$ ) en todos los parámetros. La correlación entre calidad obtenida con VP y la calidad bromatológica fue muy alta (valores de  $R^2$  adj superiores a 0,80), así como la correlación entre los índices de diversidad y la calidad bromatológica.

**Palabras clave:** comunidad vegetal, calidad nutritiva, diversidad, gestión ganadera

### INTRODUCCIÓN

Un 32% de la superficie del Parque Nacional de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici (12.620 ha) está ocupada por comunidades vegetales herbáceas, de las que 3.620 ha corresponden a pastos de tipo subalpino y alpino (Carrillo y Ninot, 1998). La práctica totalidad de estos últimos son utilizados por rebaños de ganado ovino y vacuno de la zona y, también, por la fauna salvaje, especialmente sarríos. En las últimas décadas se ha producido un descenso de la cabaña ganadera y una transformación de la misma: durante los años cincuenta había un predominio del ganado ovino con un censo de unas 12.000 ovejas y 500 vacas, mientras que en la actualidad el número de cabezas de ganado está alrededor de 4.000 ovejas y 1.000 vacas (González *et al.*, 2006).

Los pastos de tipología subalpina más abundantes pertenecen a comunidades situadas sobre sustratos ácidos, con diferentes grados de humedad edáfica, en los que las gramíneas *Nardus stricta*, *Festuca eskia* y *Festuca nigrescens*, junto con algunas especies del género *Carex*, son mayoritarias (alianzas del *Nardion strictae* Br.-Bl. 1926, *Festucion eskiae* Br.-Bl. 1948 y *Festucion airoidis*

Br.-Bl. 1948 (Rivas-Martínez *et al.*, 2002). El pastoreo de ganado vacuno y ovino se realiza durante la época estival: desde finales de junio a finales de septiembre, variando ligeramente las fechas de entrada y salida a las unidades de pastoreo, en función de la climatología del año. En cualquier caso, en la última década las cargas ganaderas soportadas se mantienen por debajo de las admisibles (Bas *et al.*, 1996; González *et al.*, 2006).

El objetivo de este trabajo es poner en relación dos métodos de valoración de la calidad forrajera como son el Valor Pastoral (Daget y Poissonet, 1972) y la metodología NIRS, y esta calidad con indicadores de diversidad (nº de especies total por parcela, S), e índice Shannon, H').

## MATERIAL Y MÉTODOS

Entre el 25 de julio y el 10 de agosto de 2006 se llevó a cabo un muestreo de vegetación en diferentes zonas del Parque Nacional de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici que mantienen en la actualidad unas cargas ganaderas óptimas y situadas entre 0,1 UGM/ ha y año y 0,24 UGM/ ha y año (González *et al.*, 2006). Estas zonas corresponden a cuatro localizaciones y tres comunidades vegetales diferentes: en el sector oriental se muestreó en Quatre Pins (pastos de *Festuca eskia*) y Subenuix (pastos de *Nardus stricta*). En el sector occidental las localizaciones muestreadas fueron Estany Negre de Caldes (*Festuca eskia*) y Ribera de Llacs (*Festuca nigrescens*). Todos estos pastos, comprendidos entre los 2.000 y 2.200 m s.n.m., son aprovechados únicamente por ganado vacuno durante los meses de verano.

Se muestrearon un total de 12 parcelas diferentes (5 en pastos de *Festuca eskia*, 4 en pastos de *Festuca nigrescens* y 3 en comunidades de *Nardus stricta*). En cada una de éstas se cortaron dos cuadrados de 0,5 m x 0,5 m para determinar la biomasa y tres cuadrados de 0,25 m x 0,25 m para el estudio de su composición florística por pesos secos. Posteriormente se secaron en estufa a 60 °C durante 48 horas. Con los datos de la composición florística (% de peso de cada especie, tabla 1) se calculó la calidad mediante la metodología del Valor Pastoral y diferentes índices de biodiversidad, como son el nº total de especies e índice Shannon (Taull *et al.*, 2007).

**Tabla 1.** Composición florística de las tipologías vegetales estudiadas.

COMUNIDAD FESTUCA ESKIA		COMUNIDAD FESTUCA NIGRESCENS		COMUNIDAD NARDUS STRICTA	
Principales especies	proporción (%)	Principales especies	proporción (%)	Principales especies	proporción (%)
<i>Festuca eskia</i>	63,3	<i>Festuca nigrescens</i>	13,6	<i>Agrostis capillaris</i>	18,7
<i>Nardus stricta</i>	11,4	<i>Carex sp.</i>	12,3	<i>Festuca nigrescens</i>	7,9
<i>Deschampsia flexuosa</i>	3,0	<i>Nardus stricta</i>	12,3	<i>Carex sp.</i>	6,0
<i>Carex sempervirens</i>	0,6	<i>Lotus corniculatus</i>	5,7	<i>Dactylis glomerata</i>	4,6
		<i>Agrostis capillaris</i>	4,5	<i>Trifolium repens</i>	4,2
		<i>Plantago media</i>	2,8	<i>Nardus stricta</i>	4,0
		<i>Trifolium pratense</i>	2,4	<i>A. mille folium</i>	4,0
				<i>Plantago media</i>	2,7
				<i>Phleum alpinum</i>	2,4

En el año 2007, el Laboratori Agroalimentari de Cabriels (Departament de Agricultura, Alimentación y Acción Rural, Generalitat de Catalunya), analizó la calidad bromatológica de estas muestras mediante la metodología NIRS y se determinaron los siguientes parámetros: extracto etéreo (EE),

proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND), lignina ácido detergente (LAD); también se calcularon las unidades forrajeras por kg MS (UF) y la digestibilidad enzimática (Denz).

Con los resultados obtenidos, se realizó un análisis de varianza para determinar las diferencias en el valor nutritivo entre comunidades vegetales, así como la comparación de medias con el test de Tukey. También se calculó la correlación lineal entre los índices de calidad (VP) y diversidad (número de especies, S, e índice Shannon, H') con los valores de la calidad bromatológica de los pastos.

## RESULTADOS

El contenido proteico de la MS (PB) de los pastos de *Nardus stricta* ( $16,2 \pm 1,8$ ) fue superior a los del resto de comunidades, con un nivel de significación de  $p < 0,001$ , siendo los de *Festuca eskia* los de menor contenido proteico. Por el contrario, la fibra bruta (FB) de los pastos de *Nardus stricta* y *Festuca nigrescens* fue inferior a la mostrada por la comunidad de *Festuca eskia* ( $p < 0,001$ , tabla 2). En el análisis del resto de fibras, la FAD mostró tres grupos diferenciados ( $p < 0,001$ ) mientras en el análisis de la FND, el valor de *Festuca eskia* fue superior al del resto de comunidades ( $p < 0,001$ , tabla 2). El valor de las unidades forrajeras (UF kg MS<sup>-1</sup>) de los pastos de *Nardus stricta* fue mayor ( $0,80 \text{ UF} \pm 0,06$  por kg de materia seca) que en el resto de comunidades. Mientras que los resultados de la digestibilidad enzimática (Denz) muestran valores casi idénticos para los pastos de *Nardus stricta* y *Festuca nigrescens*, y significativamente superiores ( $p < 0,001$ ) a los de *Festuca eskia*.

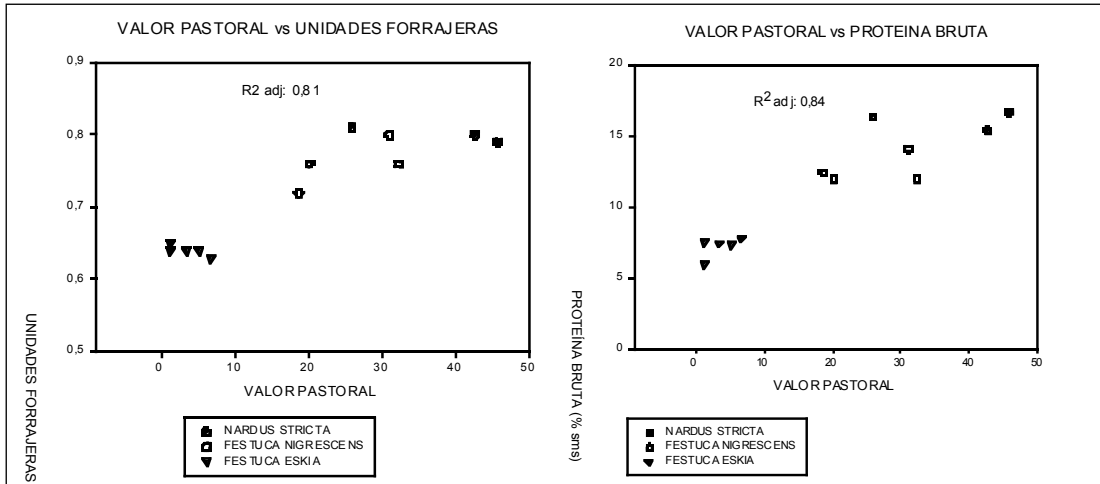
**Tabla 2.** Valores medios de PB, FB, UF, Denz para las diferentes comunidades vegetales. Valores de PB, FB, UF y Denz seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,001$ ) según el test de Tukey.

COMUNIDAD VEGETAL	PB, % MS	FB, %MS	FAD, % MS	FND, % MS
<i>Nardus stricta</i>	$16,2 \pm 1,8$ a	$23,9 \pm 2,9$ a	$32,6 \pm 3,3$ a	$57,5 \pm 4,9$ a
<i>Festuca nigrescens</i>	$12,6 \pm 1,3$ b	$25,2 \pm 1,2$ a	$35,0 \pm 2,7$ b	$55,3 \pm 4,0$ a
<i>Festuca eskia</i>	$7,2 \pm 1,0$ c	$33,7 \pm 1,4$ b	$42,0 \pm 1,4$ c	$73,9 \pm 2,6$ b
COMUNIDAD VEGETAL	LAD, % MS	UF, kg MS	Denz, % MS	
<i>Nardus stricta</i>	$8,1 \pm 1,5$ a	$0,80 \pm 0,06$ a	$47,4 \pm 5,3$ a	
<i>Festuca nigrescens</i>	$8,2 \pm 1,2$ a	$0,76 \pm 0,05$ b	$47,3 \pm 3,6$ a	
<i>Festuca eskia</i>	$7,3 \pm 1,4$ a	$0,64 \pm 0,02$ c	$29,5 \pm 2,9$ b	

PB: proteína bruta, % MS; FB: fibra bruta, % MS; UF: unidades forrajeras, kg MS; Denz: digestibilidad enzimática

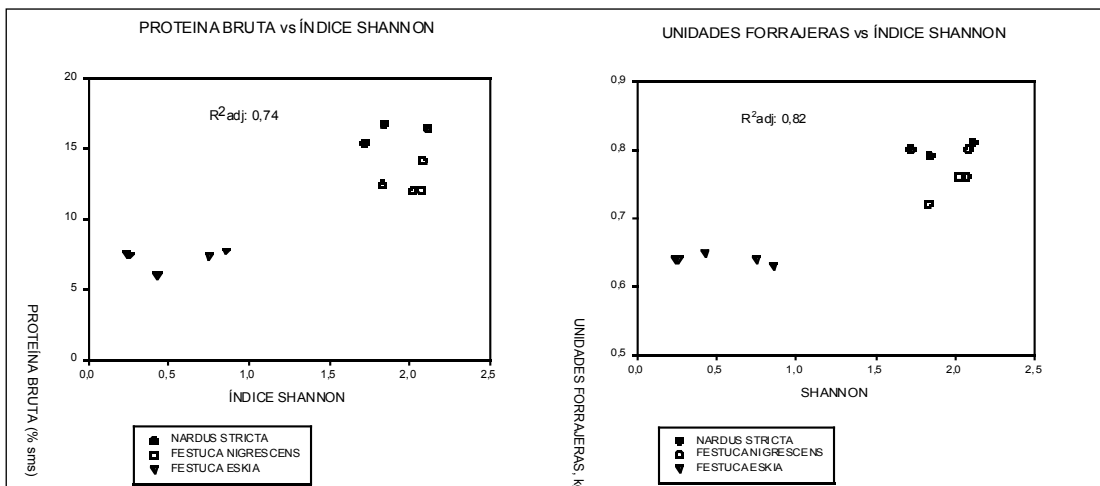
Las correlaciones lineales entre Valor Pastoral y Calidad Bromatológica, muestran valores altos, tanto para los parámetros determinados con la metodología NIRS (PB), como para los estimados a partir de las Unidades Forrajeras (UF), (figura 1).

**Figura 1.** Relación lineal entre la calidad determinada por la metodología del Valor Pastoral y los parámetros de Proteína Bruta (PB) y Unidades Forrajeras (UF), determinadas a través de análisis bromatológico.



La correlación entre el índice de Shannon y las variables de calidad (PB y UF) también muestra valores altos ( $R^2 = 0,74$  y  $R^2 = 0,82$  respectivamente, figura 2).

**Figura 2.** Relación lineal entre el índice de Shannon y los parámetros de Proteína Bruta (PB) y Unidades Forrajeras (UF), determinadas a través de análisis bromatológico.



## DISCUSIÓN

Los parámetros de calidad nutritiva determinados con metodología NIRS muestran cómo los pastos de *Nardus stricta* y *Festuca nigrescens* presentan valores elevados, con una media de 16,2 % PB y 0,80 UF para los pastos de *Nardus stricta* y 12,6 % PB y 0,76 UF para los pastos de *Festuca nigrescens*. La buena calidad de estos pastos puede ser debida al estado fenológico temprano en que se recogieron las muestras, así como a la poca acumulación de materia seca y la contribución de gramíneas consideradas buenas forrajeras (*Agrostis capillaris*, *Festuca nigrescens*, *Dactylis glomerata* o *Phleum alpinum*). Comparando los pastos de *Nardus stricta* con otros de esta comunidad en la cordillera pirenaica, podemos comprobar como los valores de PB y UF del presente estudio son mejores a los de otros estudios realizados en Aigüestortes (entre 10,95 % y 12,95 % de PB, y entre 0,67 y 0,77 UF, Fanlo et al., 2000) y los citados por Ibàñez et al., (2004)

con 7,85 % PB, para zonas próximas del Pirineo. Otros autores, sin embargo, han encontrado valores más similares a los nuestros, como los citados por Ascaso *et al.*, 1991 (entre 14,3 % y 15,0 % PB, Pirineo de Huesca) y por Domènech *et al.*, 2006 (15,6 % PB y 0,81 UF en el Valle del Madriu, Andorra).

La gestión ganadera de los últimos decenios, en los pastos estudiados, ha sido el aprovechamiento mediante ganado vacuno exclusivamente, manteniendo una presión ganadera más o menos constante y por debajo de la capacidad de carga admisible. Este hecho, puede haber sido un elemento mejorador del pasto ya que las vacas consumen *Nardus stricta* y evitan la acumulación de materia seca, permitiendo una mayor diversificación de la composición florística, hecho que a su vez incide en la buena correlación entre índices de diversidad y calidad bromatológica.

Los pastos de *Festuca eskia* presentan un porcentaje medio de PB en la materia seca de 7,2 y 0,64 UF. Si lo comparamos con otros estudios pirenaicos, se observa como estos datos son relativamente bajos. Así, Ayuso (2004) y Bas *et al.* (1996), encontraron valores de 6,9 % PB y 0,63 UF y 9,5 % PB y 0,65 UF, respectivamente, para pastos de *Festuca eskia* en otras localidades del Parque de Aigüestortes; mientras que Domènech *et al.* (2006), obtuvieron 10,7 % de PB y 0,69 UF en el Valle del Madriu (Andorra).

El escaso valor proteico de los pastos de esta comunidad en el presente estudio se puede explicar por el gran dominio de la especie *Festuca eskia* en las parcelas muestreadas (alrededor del 70 % en todos los casos), y puede estar relacionado con una pérdida de carga ganadera (Fanlo *et al.*, 2000; Ros, 2001), hecho que favorece el desarrollo excesivo de las macollas de *Festuca eskia* y la desaparición de otras especies de mayor valor forrajero. Según González *et al.* (2006), en la actualidad hay cuatro veces menos carga ganadera que hace 10 años (Bas *et al.*, 1996) en los pastos de *Festuca eskia* de la localización de Quatre Pins, y también se puede contrastar cómo se ha producido una disminución en el aporte proteico de la materia seca en el mismo período, pasando de un 9,5 % (Bas *et al.*, 1996) a 7,0 % en 2006.

La buena correlación obtenida entre ambos métodos de cálculo de la calidad forrajera (Figura 2), así como la comparación con los resultados anteriormente presentados (Tauli *et al.*, 2007), en los que se comprobaba una buena relación entre los indicadores de diversidad y VP, nos permite establecer una relación entre diversidad y calidad forrajera para los pastos estudiados.

## CONCLUSIONES

La calidad bromatológica de las comunidades estudiadas se encuentra dentro del rango de valores obtenidos en estudios similares, aunque para los casos de *Nardus stricta* y *Festuca nigrescens* los valores se sitúan en la parte superior del intervalo esperado.

Los valores de proteína bruta y unidades forrajeras de las comunidades de *Nardus stricta* son significativamente superiores a los de *Festuca nigrescens* y éstos a los de *Festuca eskia*. Por el contrario, la fibra bruta y la digestibilidad enzimática sólo permite establecer dos grupos de pastos: *Nardus stricta* junto a *Festuca nigrescens* con bajos valores de fibras y alta digestibilidad frente a los pastos de *Festuca eskia* con mayor fibra y menor digestibilidad.

La alta correlación entre la calidad determinada por valor pastoral y calidad bromatológica, nos indica que los índices de VP utilizados son válidos para nuestras comunidades vegetales y se ajustan adecuadamente al valor bromatológico del pasto. Esta alta correlación puede ser debida al contraste entre la comunidad de *Festuca eskia*, con bajo valor pastoral, gran acumulación de materia seca y dominio plantas poco palatables, con las comunidades de *Nardus stricta* y *Festuca nigrescens*, que muestran gran variedad de gramíneas clasificadas como buenas forrajeras.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la ayuda prestada al Parque Nacional de Aigüestortes y i Estany de Sant Maurici, y al Laboratori Agroalimentari de Cabriels (DAR, Generalitat de Catalunya)

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASCASO, J.; FERRER, C.; MAESTRO, M.; BROCA, A.; AMELLA, A., 1991. Producción y calidad de pastos de montaña (Pirineo Central) de alto valor pastoral. *XXXI Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 249-256. Murcia.
- AYUSO, M., 2004. *Influencia de la disminución de la carga ramadera sobre la calidad farratgera de les pastures de Festuca eskia*. Proyecto Final de Carrera, Departamento de Producción Vegetal y Ciencia Forestal, Universidad de Lleida. 73 pp. Lleida (España)
- BAS, J.; MORENO, A.; MARTINEZ, J.; FANLO, R., 1996. *La ramaderia al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici. Documet 1: Memòria*. Publicación interna de difusión restringida, 195 pp. Universitat de Lleida (España).
- CARRILLO, E. & NINOT, J.M. 1998. *Mapa de Vegetació de Catalunya 1:50.000. Hoja 181 (33-9) Esterri d'Àneu*. Ed. Institut Cartogràfic de Catalunya. y Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca. Generalitat de Catalunya.
- DAGET, P.; POISSONET, J., 1972. Une procédé d'estimation de la valeur pastorale des fourrages. *Fourrages*, 49 : 31-39.
- DOMÈNECH, M.; PEREZ-BUTRÓN, C.; FANLO, R., 2006. Diversidad vegetal y calidad forrajera de los pastos supraforestales del Valle del Madriu-Perafita-Claror (Principado de Andorra). *Pastos*, XXXV (2), 131-140.
- FANLO, R.; GARCÍA, A.; SANUY, D., 2000. Influencia de los cambios de la carga ganadera sobre los pastos de *Nardus stricta* en el Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici. *III Reunión Ibérica de pastos y forrajes*, 117-120.
- GONZÁLEZ, M. J.; FANLO, R.; CHOCARRO, C.; SERRA, N.; GALLEGO, L.; SEGURA, J.; TAULL, M.; LLORENTE, J., 2006. Revisión de la capacidad de carga ganadera en el Parque Nacional. *VII Jornades sobre Recerca al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici*. Ed. Generalitat de Catalunya. En prensa.
- IBÀNYEZ, L.; AMORÓS, J.; CASALS, P.; TAULL, M., 2004. *Estudi integral de la ramaderia a la comarca de l'Alta Ribagorça*. 235 pp. Àrea d'Ecologia Vegetal i Botànica Forestal. CTFC. Solsona.
- ROS, M.; FANLO, R., 2001. Canvis en la producció i qualitat en pastures de *Festuca eskia* abandonades dins el Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici, sector d'Espot. *V Jornades sobre Recerca al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici*. Ed. Generalitat de Catalunya, pp: 117-120. Lleida.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S.; DÍAZ, T. E.; FÉRNANDEZ-GONZÁLEZ, F.; IZCO, J.; LOIDI, J.; LOUSA, M.; PENAS, A., 2002 onwards. Vascular plant communities of Spain and Portugal. Addenda to the syntaxonomic checklist of 2001. *Itineraria Geobotanica* 15. [http://www.ucm.es/info/cif/book/addenda/addenda1\\_00.htm](http://www.ucm.es/info/cif/book/addenda/addenda1_00.htm) [accessed 10 October 2006; 10:30 GMT].
- TAULL, M.; CHOCARRO, C.; FANLO, R., 2007. Relación entre parámetros de calidad forrajera y diversidad florística en pastos subalpinos del parque Nacional de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici (Lleida). *Actas de la XLVI Reunión Científica de la SEEP*. 17-24. Vitoria-Gasteiz.

## BROMATOLOGIC QUALITY OF ALPINE AND SUBALPINE GRASSLAND IN AIGÜESTORTES AND ESTANY DE SANT MAURICI NATIONAL PARK (CENTRAL PYRENEES, CATALONIA)

### SUMMARY

The aim of this work is the relation between the forage quality, obtained by means of two methods (Pastoral Value and NIRS analysis) and of this one with parameters of diversity (richness and Shannon index). The study was carried in upper timber pastures of *Festuca eskia*, *Festuca nigrescens* and *Nardus stricta* from the Aigüestortes National Park at the Pyrenees. The results show that *Nardus stricta* pastures has the highest value of quality and diversity and *Festuca eskia* pastures the least. The correlation between both methods of forage quality calculation was very strong ( $R^2 \text{ adj} > 0,80$ ).

**Key words:** vegetation community, forage quality, diversity, range management.





## EFFECTO DEL PASTOREO Y EL DESBROCE SOBRE EL ÉXITO REPRODUCTIVO SEXUAL DE *DAPHNE CNEORUM* L., UNA ESPECIE AMENAZADA DE LA CAPV

L. URIARTE<sup>1,2</sup>, A. ALDEZABAL<sup>2\*</sup>, M. AZPIROZ<sup>1,2</sup> Y E. ARBELAITZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Aranzadi Institutua. Zorroaga gaina, 11. 20014 Donostia (Gipuzkoa), <sup>2</sup> Landareen Biologia eta Ekologia Saila/Zientzia eta Teknologia Fakultatea Euskal Herriko Unibertsitatea-Universidad del País Vasco (EHU-UPV) 644 p.k., 48080 Bilbo (Bizkaia).  
\*arantza.aldezabal@ehu.es

### RESUMEN

*Daphne cneorum* es un caméfito catalogado como de interés especial en la CAPV. La mayor población se encuentra en el Parque Natural de Aiako Harria (Irun, Gipuzkoa) y fue desbrozada en el año 2004. Con el fin de analizar el efecto del pastoreo (h) y el desbroce (D) sobre el éxito reproductivo sexual de la planta, se diseñó un experimento en el que definimos 4 tratamientos (D<sup>+</sup> h<sup>+</sup>, D<sup>+</sup> h<sup>-</sup>, D<sup>-</sup> h<sup>+</sup>, D<sup>-</sup> h<sup>-</sup>), estando cada uno representado por 3 parcelas. Se realizó un marcaje y seguimiento individual de 150 ejemplares durante el periodo de crecimiento de 2006. Los resultados indican que cuanto mayor es el número de ramas totales producidas por un ejemplar, menor es la eficiencia de fructificación. Asimismo, la tasa de fructificación muestra una correlación significativa negativa con el número total de flores producidas por el ejemplar y una correlación positiva con el promedio de frutos producidos por rama, pero no presenta ninguna correlación con el tamaño de la planta. Aunque no sea significativa, se puede apreciar una tendencia a que la tasa de fructificación en zonas con pastoreo sea mayor que en las no pastadas. El desbroce y la intensidad de carga en los tratamientos con pastoreo, no afectaron de forma significativa en la mayoría de las variables analizadas. No obstante, debido a la gran variabilidad mostrada por dichas variables dentro de cada tratamiento, estos resultados deben ser interpretados con cautela.

**Palabras clave:** caméfito, tasa de fructificación, carga ganadera, gestión, conservación.

### INTRODUCCIÓN

*Daphne cneorum* L. es un caméfito amenazado en la CAPV, catalogado como “de interés especial” (BOPV, 1998), con muy pocas poblaciones conocidas (Pérez de Ana, 2004; Aizpuru et al., 2006), por encontrarse en el límite occidental de su distribución y por vivir en un tipo de hábitat muy intervenido por el hombre (brezal-argomal abierto en mosaico con pastos de montaña). Recientemente, un estudio sobre la entomocomunidad de *D. cneorum* de Aiako Harria ha revelado la existencia de una gran riqueza de fitófagos de gran interés de conservación por su rareza, lo cual incrementa el interés por la conservación de la planta (Arbelaitz y Aldezabal, 2006).

Hasta el momento sabemos que: (1) aún siendo una población que ha sufrido muchas perturbaciones relacionadas con la obtención y mejora de los pastos herbáceos (principalmente desbroces), parece que puede recuperarse y persistir con éxito dirigiendo sus recursos energéticos

sobre todo a su crecimiento por reproducción vegetativa; (2) el pastoreo del ganado doméstico facilita el crecimiento de los ejemplares ya que reduce la vegetación del entorno de la planta (Arbelaitz *et al.*, 2007). Aún así en ciertos núcleos de gran presión ganadera, el efecto del pastoreo puede resultar negativo (por ejemplo la gran cantidad de excrementos y/o el pisoteo). Además, hay que tener en cuenta la gran variabilidad que existe en cada núcleo poblacional. Por todo esto, el objetivo principal de este trabajo es analizar el efecto que producen tanto el desbroce como el herbivorismo sobre la reproducción sexual de *Daphne cneorum*.

## MATERIALES Y METODOS

*Daphne cneorum* es una planta vivaz que en nuestro territorio vive en pastos acidófilos con argoma (*Ulex europaeus* L.). Desarrolla flores de color rosa muy olorosas, 6-10 en fascículos terminales, y frutos pardo-amarillentos en drupa con exocarpo coriáceo, incluido hasta que madura en el hipanto. Florece entre marzo y junio. Cabe destacar que la planta no es autógrama.

### Diseño experimental

Una de las poblaciones de mayor extensión de la CAPV se sitúa en el Parque Natural de Aiako Harria, en el municipio de Irún (Gipuzkoa), a una altitud de 420m, con al menos 6 núcleos o subpoblaciones y con un total de 900 ejemplares (Arbelaitz *et al.*, 2007). Se analizaron los efectos de dos tipos de perturbaciones: el desbroce (**D**) y el herbivorismo (**h**). El diseño experimental fue factorial, combinando una zona *desbrozada* (**D**<sup>+</sup>; significa que se ha eliminado drásticamente toda la cobertura vegetal leñosa, y gran parte de la herbácea) y otra zona *sin desbrozar* (**D**<sup>-</sup>; área no perturbada, al menos durante los últimos 10 años) con la *presencia* (**h**<sup>+</sup>) y *ausencia* (**h**<sup>-</sup>) de herbívoros. El desbroce se realizó con cadenas a ras de suelo en Diciembre de 2004. En cada zona (en la desbrozada y en la no-desbrozada), se instalaron tres cercados permanentes de 10 x 20 m (en total 6) en Marzo de 2005, para obtener subzonas con ausencia del efecto del pastoreo (**h**<sup>-</sup>). De forma contigua o paralela a cada cercado, se colocó una parcela del mismo tamaño en la zona afectada por el pastoreo (**h**<sup>+</sup>). Así, cada tratamiento quedó representado por tres parcelas, siendo en total 4 tratamientos (**D**<sup>+</sup>**h**<sup>+</sup>, **D**<sup>+</sup>**h**<sup>-</sup>, **D**<sup>-</sup>**h**<sup>+</sup>, **D**<sup>-</sup>**h**<sup>-</sup>) y 12 parcelas. Debido a que, ni la intensidad de pastoreo, ni la composición de especies de ganado (equino, vacuno y ovino) fueron homogéneas en el área de estudio, se definieron tres tipos de carga/intensidad ganadera dentro de los tratamientos "**h**<sup>+</sup>", expresadas en términos de Unidad Animal por hectárea, tal y como se define en Mandaluniz *et al.* (2005): baja (1= 0-150 UA/ha), moderada (2= 150-350 UA/ha), alta (3= >350 UA/ha). Los pesos vivos utilizados en el cálculo para cada especie animal han sido los siguientes: equino 525 Kg, vacuno 500 Kg, ovino de raza Latxa 50 Kg. Para más detalles, véase Arbelaitz y Aldezabal (2006).

### Marcaje individual

Esta especie se reproduce vegetativamente con gran éxito, y no sabemos exactamente los límites del individuo. Decidimos denominar "ejemplar" a la unidad de marcaje (es decir, la unidad funcional para el muestreo). El ejemplar está constituido por una agrupación de ramas principales; cada rama puede ser o no un tallo florífero y éste puede desarrollar más de una inflorescencia (produce flores en inflorescencias terminales). Creemos que todas las flores son hermafroditas. En 2005 no hubo floración por lo que estudiamos el éxito reproductivo con los datos obtenidos en 2006. En total se marcaron 150 ejemplares en Abril-Mayo de 2006, pero por diversas causas (pérdida de etiquetas y/o recolección de ramas florales por turistas), se pudo medir en 145 ejemplares, repartidos de la siguiente manera por tratamiento: 69 de **D**<sup>+</sup>**h**<sup>+</sup>, 19 de **D**<sup>+</sup>**h**<sup>-</sup>, 31 de **D**<sup>-</sup>**h**<sup>+</sup>, 26 de **D**<sup>-</sup>**h**<sup>-</sup>. A nivel de ejemplar, se midieron directamente las siguientes variables: número de ramas florales (rF), número de ramas no florales (rNF) y número total de ramas desarrolladas (rT). Para estimar el éxito reproductivo sexual, se marcaron 5 ramas

florales en cada ejemplar y se anotaron el número de flores y el número de frutos producidos por rama. Posteriormente, se calculó el promedio del número de flores (promF/r) y frutos por rama (promFR/r), y multiplicándolo con el número de ramas florales, se obtuvo la extrapolación del número total de flores (F/ejem) y frutos (FR/ejem) producidos por el ejemplar. Por último, se estimó la tasa de fructificación del ejemplar (FRt/ejem), definido como el porcentaje de flores que llega a desarrollar un fruto maduro, aplicando la siguiente fórmula:  $[FR/ejem]/[F/ejem] \times 100$ .

### Análisis estadísticos

Primeramente, comprobamos si las variables estudiadas se ajustaban bien a la distribución normal mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la igualdad de varianzas con la Prueba de contraste de Levene. Ninguna variable se ajustó a la distribución normal, por lo que fueron transformadas logarítmicamente (excepto los porcentajes de ramas florales y no florales). En primer lugar, se realizó un análisis de correlaciones (Pearson con las variables logaritmizadas y Spearman con el resto) para conocer la relación entre las variables estudiadas. Creímos conveniente incluir en estas correlaciones una variable de tamaño (elipse, que también fue transformada logarítmicamente), ya que es esperable que algunas variables (p.ej.: "rT", "F/ejem", "FR/ejem") sean dependientes del tamaño del ejemplar. Los datos de la variable "elipse" se tomaron de Arbelaiz y Aldezabal (2006). En segundo lugar se realizó un ANOVA 1-factorial para analizar el efecto de los "tratamientos" en las siguientes variables: "rT", "LogF/NF", "promF/r", "promFR/r", "F/ejem", "FR/ejem", "FRt/ejem". Por último, se analizó el efecto del "desbroce" y la "intensidad de carga" sobre las mismas variables mediante un ANOVA 2-factorial, únicamente en los tratamientos con pastoreo (h<sup>+</sup>).

## RESULTADOS Y DISCUSION

La producción de frutos viene determinada fundamentalmente por el tamaño de la planta y el número de flores (Albert *et al.*, 2001) y estas variables se encuentran también influidas por la intensidad o el tipo de herbivorismo y por el nivel de competencia de las plantas. Los resultados más destacables de la Tabla 1 son los siguientes: (1) existe una correlación significativa positiva entre el tamaño de la planta y el número total de ramas desarrolladas; (2) cuanto mayor es el número total de ramas desarrolladas, mayor es la proporción de ramas florales frente a las no florales; (3) la producción total de flores y frutos depende del tamaño de la planta, siendo más alta en los ejemplares de mayor tamaño; (4) sin embargo, no existe ninguna correlación significativa entre el tamaño y el promedio de flores y frutos producidos por rama, (5) la producción de frutos por ejemplar aumenta cuando el promedio de flores y frutos por rama es mayor; (6) la tasa de fructificación muestra una correlación significativa negativa con el número total de ramas desarrolladas y el número total de flores producidas por el ejemplar; la correlación es positiva con el promedio de frutos producidos por rama, y no existe correlación con el tamaño de la planta.

**Tabla 1.** Tabla de correlaciones significativas. Se indican los coeficientes de correlación de Pearson (Spearman en el caso de %rF y %rNF):

	elipse	rT	rF%	rNF%	logF/NF	promF/r	F/ejem	promFR/r	FR/ejem	FRT/ejem
<b>elipse</b>		0,64(**)					0,57(**)		0,55(**)	
<b>rT</b>			0,17(*)	-0,17(*)	0,20(*)		0,90(**)	-0,20(*)	0,80(**)	-0,23(**)
<b>rF%</b>						0,17(*)	0,52(**)		0,48(**)	
<b>rNF%</b>						-0,17(*)	-0,52(**)		-0,48(**)	
<b>logF/NF</b>						0,18(*)	0,49(**)		0,47(**)	
<b>promF/r</b>							0,32(**)	0,36(**)	0,24(**)	
<b>F/ejem</b>									0,91(**)	-0,22(*)
<b>promFR/r</b>									0,31(**)	0,89(**)
<b>FR/ejem</b>										0,21(*)
<b>FRT/ejem</b>										

ABREVIATURAS:

elipse=área del elipse

%rF= porcentaje de ramas florales

%rNF=porcentaje de ramas no florales

rT=número total de ramas (rF+rNF)

logF/NF=división logarítmica entre ramas florales y ramas no florales

promF/r= promedio de número de flores por rama

F/ejem=número absoluto de flores por ejemplar

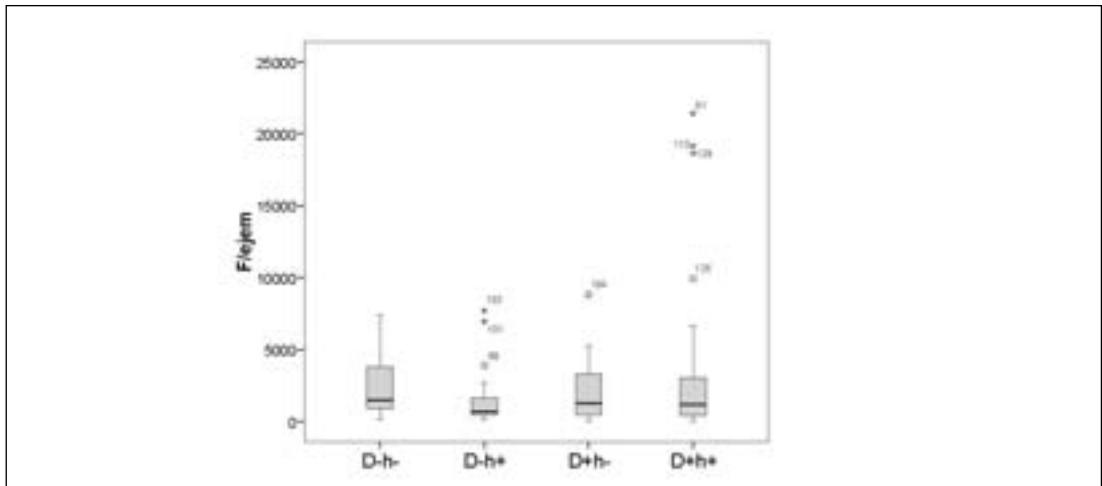
promFR/r= promedio de número de frutos por rama

FR/ejem=número absoluto de frutos por ejemplar

FRT/ejem=tasa de fructificación por ejemplar (número de frutos x 100/número de flores)

(\*) La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).(\*\*) La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

**Figura 1.** Datos del éxito reproductivo de *Daphne cneorum* indicados en diagramas y por tratamiento. Izda.: número total de flores por ejemplar (F/ejem). Dcha: tasa de fructificación por ejemplar (FRT/ejem)

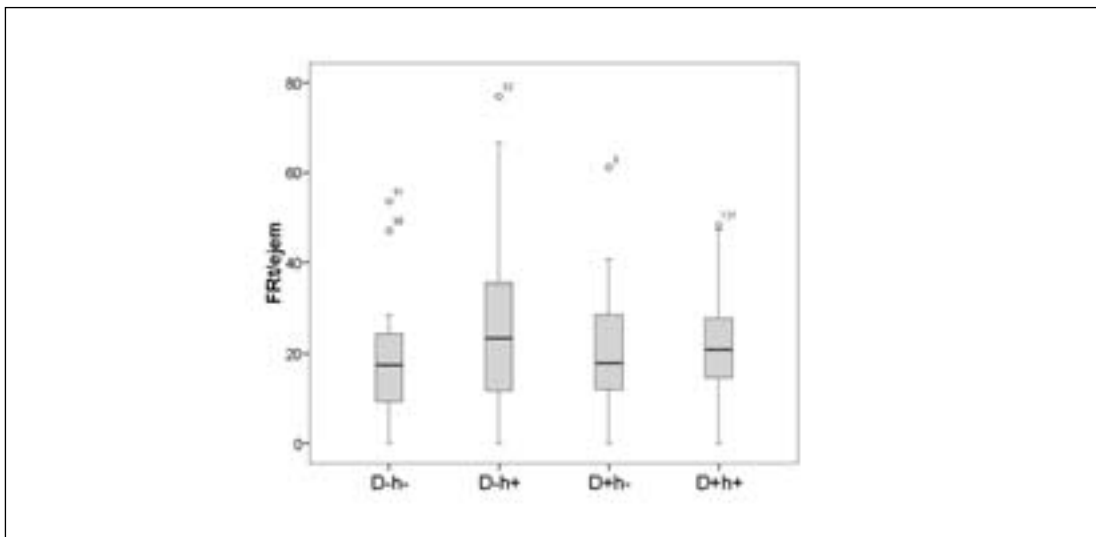


En relación a la Figura 1, podemos decir que el “tratamiento” no ha tenido efecto significativo sobre ninguna de las variables estudiadas. Las plantas que sufren herbivorismo pueden ser capaces de dirigir la mayor parte de sus recursos hacia la maduración de frutos, mitigando así los efectos negativos producidos por el daño o la retirada de estructuras reproductivas (Lowenberg, 1994). Sin embargo, éste no es el caso de *D. cneorum*, ya que los animales domésticos no la consumen (es una planta tóxica). Aunque no sea significativa, se puede apreciar una tendencia a que la tasa de fructificación en zonas con pastoreo sea mayor que

en las no pastadas (Figura 1, dcha.), debido a que el promedio de frutos producidos por rama es significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) en zonas pastadas ( $4,0 \pm 2,3$  en "h+" frente a  $3,1 \pm 2,2$  en "h").

En cuanto al análisis del efecto del "desbroce" y la "intensidad de carga" en los tratamientos con pastoreo, podemos confirmar que no hubo ningún efecto significativo sobre las siguientes variables: "rT", "promF/r", "promFR/r", "FR/ejem", "FRt/ejem". Sólo fue significativa la interacción "desbroce x carga" en dos casos: (A) "F/ejem" ( $p = 0,013$ ): en carga 3 (alta), la diferencia entre D- ( $n = 6$ ) y D+ ( $n = 22$ ) fue significativa (Figura 2, izda.); (B) "FR/ejem" ( $p = 0,007$ ): en carga 1 (baja), la diferencia entre D- ( $n = 4$ ) y D+ ( $n = 5$ ) fue significativa. No obstante, es necesario interpretar estos resultados con cautela, debido a que el número de muestras (ejemplares marcados) por tratamientos es desigual en algunos casos o muy pequeño en otros. De todo esto concluimos que en situación de carga 2 (moderada), la mejor representada por su tamaño muestral (en "D-"  $n = 20$ ; en "D+"  $n = 41$ ), no hay ningún efecto significativo del desbroce en ninguna de las variables analizadas. Esto indica que la reducción de la competencia interespecífica que produce el pastoreo alrededor del ejemplar no afecta al éxito reproductivo sexual de forma notable.

**Figura 2.** Comparación de la intensidad de la carga ganadera en el éxito reproductivo de los ejemplares de *Daphne cneorum* en las zonas situadas fuera de los cercados (h+).



Izda.: número total de flores por ejemplar (F/ejem). Dcha.: tasa de fructificación por ejemplar (FRt/ejem). Columna gris: zona no-desbrozada; Columna blanca: zona desbrozada. Intensidad de carga: 1= 0-150 UA/ha (baja), 2= 150-350 UA/ha (moderada), 3= >350 UA/ha (alta). Las barras de error indican el IC de 95%.

## CONCLUSIONES

Los ejemplares de *D. cneorum* sometidos a pastoreo presentan una mayor eficiencia a la hora de convertir en fruto las flores desarrolladas, aunque no significativa. La menor tasa de fructificación de los ejemplares que se encuentran dentro del cercado se puede deber a que la planta no es autó-gama y por lo tanto si la planta requiere polinización cruzada se entiende que la competencia por los polinizadores sea mayor en las zonas no afectadas por los herbívoros, no sólo por las flores de otras especies de plantas, sino porque la arquitectura de estas plantas y la posición de sus ramas pueden dificultar la polinización de los individuos de *Daphne*. En general, las variables del éxito reproductivo han mostrado una alta variabilidad y esto dificultó la interpretación de la misma. Cabe destacar que sólo son datos correspondientes a un año (2006), y teniendo en cuenta la gran

influencia de las condiciones meteorológicas tanto en el crecimiento vegetativo de la planta (Arbelaitz *et al.*, 2007), como en su éxito reproductivo sexual por condicionar la actividad y el comportamiento de sus polinizadores, no sería prudente generalizar estas conclusiones sin haberlas confirmado con un seguimiento de años consecutivos.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Diputación Foral de Gipuzkoa. 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

- AIZPURU, I.; GARMENDIA, J.; ZENDOIA, I.; ARBELAITZ, E., 2006. Contribuciones al conocimiento de la flora del País Vasco (VII). *Munibe (Ciencias Naturales)*, 56. (en prensa)
- ALBERT, M.J.; ESCUDERO A.; IRIONDO J.M., 2001. Female reproductive success of narrow endemic *Erodium paularense* in contrasting microhabitats. *Ecology*, 82, 1734-1747.
- ARBELAITZ, E.; ALDEZABAL, 2006. Aiako Harria Parke Naturalean, *Daphne cneorum* landare-espezie mehatxatuaren berreskurapena lortzeko lanak. 2006ko ekimenak. Informe Técnico. Diputación Foral de Gipuzkoa.
- ARBELAITZ, E.; ALDEZABAL, A.; FELIPE, A.; URIARTE, L.; AZPIROZ, M., 2007. Efecto del desbroce y el pastoreo sobre el crecimiento de *Daphne cneorum* L., una especie amenazada de la CAPV. Pp: 25-31. En: *Los sistemas forrajeros: entre la producción y el paisaje*, Pinto, M (Ed.). NEIKER, Gasteiz.
- BOPV. 1998. *Catálogo Vasco de Especies amenazadas de la Fauna y Flora, Silvestre y Marina*. BOPV, 28 de julio de 1998.
- MANDALUNIZ, N.; RUIZ, R.; OREGUI, L.M., 2005. Propuesta de definición de Unidad Animal y metodología de estimación, para su aplicación en sistemas de pastoreo extensivo. Pp: 275-282. En: *Producciones agroganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural (vol. I)*, Osoro, K.; Argamentería, A.; Larraceleta, A. (Eds). SERIDA, Oviedo.
- LOWENBERG, G.J. 1994. Effects of floral herbivory on maternal reproduction in *Sanicula arctopoides* (Apiaceae). *Ecology*, 75, 359-369.
- PEREZ DE ANA, J.M., 2004. Nuevas citas de flora amenazada y escasa en las Encartaciones (oeste del País Vasco). *Est. Mus. Cienc. Nat. Álava* (2003-2004), 18-19:69-79.

## THE EFFECT OF GRAZING AND CLEARING OFF ON THE SEXUAL REPRODUCTIVE SUCCESS OF *DAPHNE CNEORUM* L., A THREATENED SPECIES IN THE BASQUE COUNTRY

### SUMMARY

*Daphne cneorum* is a threatened chamaephyte of the Basque Country, catalogued as a species of "especial interest". The major population is located in the Aiako Harria Natural Park (Irún, Gipuzkoa), which was cleared off in 2004. The aim of this work is to analyze the effect of clearing off (shrub-removal, D) and livestock grazing (herbivory, h) on the sexual reproductive success of the plant. We designed an experiment of 4 treatments, each one represented by 3 plots: D+h+, D+h,

Dh<sup>+</sup>, Dh: A total of 150 individual plants were tagged and monitored during the growing seasons of 2006. Results indicate that fruit set per ramet decreases as higher is the total number of branches. The fruit set is negatively correlated to the total number of flowers per ramet, and positively correlated to the average of fruits per branche, but there is not correlation with the plant size. Although it is not significant, a tendency of increasing fruit set could be observed in grazing treatments (outside the exclosures). The clearing off and stoking rate (or grazing intensity) of grazing treatments did not significantly influence on the most of studied parameters. However, due to the high variability of fruit set within treatments, these results would be interpreted with caution.

**Key words:** chamaephyte , fruit set, stocking rate, management, conservation.





## APROVECHAMIENTO CON GANADO DE LA CUBIERTA VEGETAL DEL OLIVAR ECOLÓGICO: ESTUDIOS DE DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y PARÁMETROS EDÁFICOS

A. GARCÍA FUENTES, J. A. TORRES CORDERO Y L. RUIZ VALENZUELA

**Departamento de Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología. Facultad de Ciencias Experimentales. Universidad de Jaén. 23071 Jaén (España). E-mail: agarcia@ujaen.es**

### RESUMEN

El mantenimiento de una cubierta vegetal es una práctica agronómica necesaria para los cultivos de olivar ecológico. Se trata de una herramienta eficaz para combatir los fenómenos erosivos, sobre todo en aquellos olivares de montaña, con fuertes pendientes. No obstante, el control de esta cubierta vegetal es una constante preocupación para estos agricultores. Muchos de ellos optan por una siega de control, realizando varios pases en la primavera y dejando el material segado en las calles del olivar, a modo de "abono verde". En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en un proyecto de investigación donde se ha utilizado ganado ovino y equino para controlar estas cubiertas vegetales. Se analizaron la diversidad y composición florística de las cubiertas vegetales, valor pastoral y el estado de los parámetros edáficos en cinco parcelas con manejo diferente: olivar ecológico con ganado ovino durante todo el año, olivar ecológico con ganado ovino en régimen temporal, con ganado equino también temporal y en parcelas de ecológico sin manejo ganadero; así como una parcela de olivar con técnicas convencionales.

**Palabras clave:** agrosistema, biodiversidad, fitocenosis, manejo agroganadero, suelo.

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad la utilización de cubiertas vegetales en agricultura ecológica es una práctica muy extendida porque aporta beneficios netos al sistema. En el olivar ecológico sus ventajas están relacionadas con la protección del suelo (Pastor *et al.*, 1997), la economía hídrica y el aumento de la biodiversidad en el cultivo, favoreciendo a su vez un mayor grado de sostenibilidad. Sin embargo un manejo inadecuado de las mismas puede suponer desequilibrios en el agrosistema, especialmente en la competencia por el agua en periodos desfavorables, de ahí que el agricultor deba de establecer pautas precisas para su control. En este sentido, el manejo más extendido en agricultura ecológica es el mantenimiento de cubiertas naturales con posterior incorporación al suelo mediante cultivador (Pajarón *et al.*, 1996). También, y al igual que en el olivar convencional, suelen implantarse cubiertas sembradas, generalmente con mezcla de gramíneas y diferentes leguminosas que en unos casos se controlan mediante desbrozadora mecánica, y en otros, es incorporada mediante el pase de cultivador u otro apero (Foraster *et al.*, 2006).

No obstante, y a pesar de que el mantenimiento de cubiertas naturales suele ser la técnica más empleada en olivar ecológico, existen pocas referencias en la bibliografía científica relacionadas con su control mediante el uso de ganadería (García Fuentes *et al.*, 2007a, 2007b), aún cuando

esta forma de manejo se manifiesta como una técnica viable de control de la cubierta, y por su aporte de abono orgánico y conservación de la biodiversidad, como una alternativa atractiva para la mayor diversificación de la actividad agropecuaria.

Se presentan los resultados provisionales del estudio que actualmente realizamos en varias fincas de olivar ecológico donde el control de la cubierta vegetal se realiza mediante distintos tipos de ganado, haciendo hincapié en el posible aprovechamiento forrajero de estas cubiertas espontáneas. Estos resultados se corresponden con dos años consecutivos de toma de datos y se muestran las posibles alteraciones en suelo o en la cubierta vegetal por la presencia de ganado.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se seleccionaron en total cinco parcelas de una hectárea todas ellas. La primera de ellas se localiza en el término municipal de Villanueva del Trabuco (Málaga), es un olivar ecológico con ganado ovino durante todo el año [VT]. En el momento de realizar los estudios era su tercer año consecutivo con ganado ovino. Las demás parcelas de estudio se localizan en Beas de Segura (Jaén): una tenía aprovechamiento ganadero de la cubierta en primavera y otoño con ganado equino [BS(eq)], otra con iguales tratamientos pero con ganado ovino [BS(ov)] y una tercera de olivar ecológico sin aprovechamiento ganadero [BS(sg)]. La cuarta parcela de Beas de Segura es de olivar convencional con sistema de “no laboreo” [BS(conv)]. Las parcelas pastoreadas lo venían siendo desde hace al menos dos años consecutivos. En la parcela VT existe una carga de 4,41 cabezas de ovino por hectárea y año. En la parcela BS(eq) se utilizó una cabeza de equino por hectárea y año, y en BS(ov) se practicaron varias entradas a la finca con cargas instantáneas de 20 cabezas de ovino.

Ambas localidades de estudio presentan suelos con pH básico, derivados de margas y margocalizas del cuaternario. En el caso de Villanueva del Trabuco se trata de suelos más enriquecidos en arcillas. Las parcelas estudiadas en Beas de Segura son zonas colindantes a terrenos de monte, con afloramientos de roca caliza, de fuertes pendientes, superiores a un 10% todas. Los suelos son de tipo cambisol calcáreo y regosol cálcico.

En cuanto a la bioclimatología, ambas localidades presentan características muy parecidas. Ambas tienen un ombrotipo seco superior, presentando un régimen y cantidad de precipitaciones similar. En cuanto a las temperaturas medias, la estación de Archidona (la más próxima a la localidad de Villanueva del Trabuco) presenta una temperatura media anual de 15,9 °C y Beas de Segura de 14,5 °C. El período de probabilidad de existencia de heladas es mayor en Beas de Segura.

Para el conocimiento de la evolución y composición florística de la cubierta vegetal se realizaron diez muestreos fitosociológicos (Braun-Blanquet, 1979) en cada una de las parcelas de estudio, repitiendo los muestreos al siguiente año de estudio para comprobar posibles cambios en las cubiertas y suelo. El área muestreada en todos los casos fue de 2 m<sup>2</sup> siempre en las líneas entre los olivos. Sobre cada uno de estos muestreos se calculó del índice de diversidad de Shannon (Shannon & Weaver, 1981), este índice se utilizó como una medida de la evaluación de la calidad en la cubierta vegetal al comprobar su posible variación en las parcelas durante los años de toma de datos.

Para la determinación del valor pastoral (VP) se siguió la metodología de Daget y Poissonet (1972) y su desarrollo aplicado a los inventarios fitosociológicos (Amella y Ferrer, 1979; Ascaso et al., 1996 y Barrantes et al. 2004). Para cada parcela de estudio se tomaron los datos del índice de contribución específica (Cs) de los diez inventarios, y se realizó un solo cálculo del VP por parcela con la media de los diez muestreos. Se procedió de la misma forma para el cálculo del suelo desnudo y del resto de índices del VP.

Como medida de la calidad de la composición florística de las cubiertas también se calculó el índice Cs para las leguminosas presentes en los diez inventarios (Cs(%)Leg) y para las gramíneas (Cs(%)Gr), obteniendo un valor medio de los diez muestreos para cada parcela y año de toma de

datos. Se tomaron estas dos familias como referentes por ser siempre las mejores representadas y las que aportan mayor valor pascícola en un pastizal mediterráneo.

Las muestras de suelo se tomaron con una barrena apropiada para ello y se embolsaron las muestras de aproximadamente 1 kg de tierra, llevándose a analizar al Laboratorio Agroalimentario de Córdoba, dependiente de la Junta de Andalucía. En los mismos puntos donde se tomaron los inventarios fitosociológicos, se extrajeron las muestras edáficas, repitiéndose también estos muestreos al año siguiente.

Todos los datos edáficos y de diversidad de especies fueron tratados mediante un contraste de medias (ANOVA de un factor) utilizando el programa SPSS (ver. 15 para Windows). Para los datos de VP y sus índices se trabajó solamente con las medias de los diez muestreos obteniendo un solo dato por parcela y año.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se observa un descenso de los valores en las medias de riqueza específica en todas las parcelas, salvo para la de ovino temporal y la de olivar convencional. Para los valores de diversidad es lógico que se haya producido un hecho similar, si bien es verdad que las oscilaciones son pequeñas en todos los casos. En la tabla 2 se aprecia que solamente son significativos estos cambios para la parcela pastoreada con ovino de forma permanente, y se reflejan como un descenso de la misma. No obstante, analizando los muestreos fitosociológicos, se aprecia que el número de especies de leguminosas y gramíneas no ha descendido, sino que los valores de diversidad han caído debido al descenso de las especies acompañantes que no pertenecen a estas familias botánicas.

El VP desciende a lo largo del periodo de estudio en todas las parcelas siendo muy llamativo en la parcela de BS(ov) y BS(sg) (tabla 1). En la primera se da un descenso en la contribución específica aportada por gramíneas, observándose paralelamente un pequeño repunte al alza de las leguminosas.

Otro hecho destacable es que el porcentaje de suelo desnudo aumenta significativamente (tabla 2) en la parcela BS(ov), y también lo hace en la parcela VT. En la parcela de BS(sg) se da un hecho similar con la cobertura del suelo, aunque no es estadísticamente significativo, pero si se observa en los inventarios fitosociológicos una fuerte inversión de especies, descendiendo la contribución aportada por las leguminosas (sobre todo en *Medicago minima*) y dándose un aumento de las gramíneas terofíticas como *Brachypodium distachyon* y *Aegilops geniculata*.

En la parcela VT se da una disminución de las leguminosas y un aumento de la contribución específica de las gramíneas, reflejado en el descenso de la especie *Medicago polymorpha* y subiendo la presencia de *Hordeum leporinum* y *Bromus diandrus*.

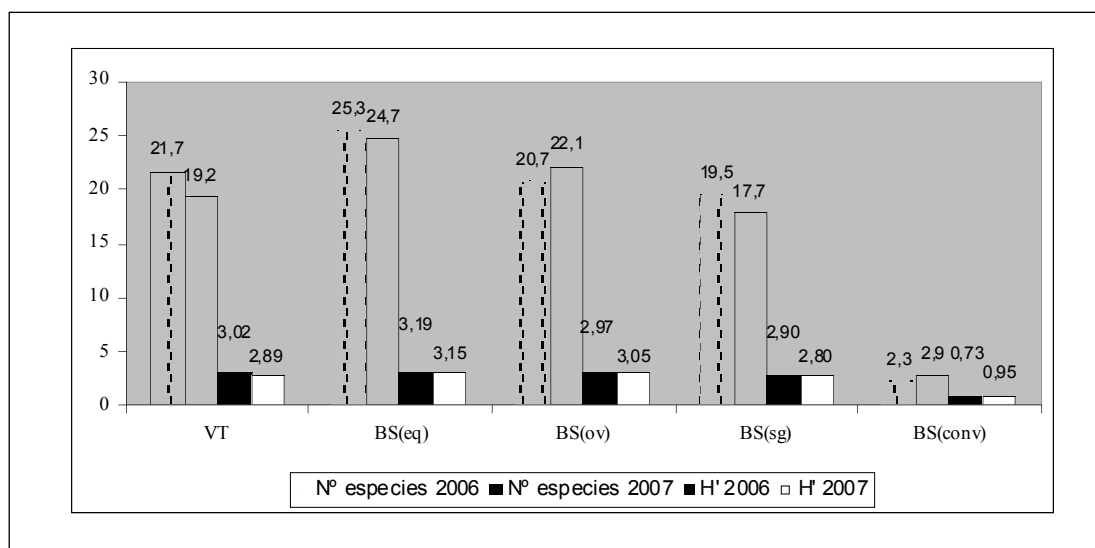
En la parcela BS(eq) se produce un descenso menos acusado de la presencia de leguminosas y un fuerte aumento de las gramíneas debido a una entrada de la especie *Bromus diandrus* con casi un 20% de Cs.

Los valores de los parámetros edáficos (tabla 2), no parecen mostrar muchos cambios significativos. Si analizamos en primer lugar los cambios producidos en el complejo NPK, tan sólo varía al alza de forma significativa en la parcela VT el nitrógeno, y el fósforo en la parcela de olivar convencional que lo hace a la baja. Otro hecho a destacar es que en la parcela con ovino permanente los valores de las medias del complejo NPK son superiores en todo momento al resto de parcelas.

El Na es otro macronutriente que varía significativamente en la parcela de VT, en BS(eq) y en BS(conv). En las tres presenta un considerable aumento, superior para aquellas con manejo ganadero con respecto a la de olivar convencional.

Del resto de elementos, los sulfatos han variado significativamente de un año para otro en todas las parcelas. Este hecho puede estar relacionado con los cambios del pH y la conductividad en algunas parcelas; aunque estas últimas variables, si bien teóricamente están correlacionadas, no varían en todas las parcelas como lo hacen los sulfatos.

**Figura 1.** Valores de las medias de riqueza específica y de índice de diversidad de Shannon (H')



**Tabla 1.** Síntesis de resultados obtenidos en las distintas parcelas de muestreo en relación a su valor pas-toral (VP), contribución específica (Cs) (Leg: leguminosas, Gr: gramíneas) y cobertura

	VP(UF/ha/año)		Cs(%)		Cs(%)Leg		Cs(%)Gr		Suelo desnudo(%)	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007
VT	1.274,50	1.110,00	99,8	92,5	33,82	2,41	51,26	78,98	0,2	7,5
BS(eq)	769,93	708,17	84,5	81,5	69,94	40,26	7,85	27,92	15,5	18,5
BS(ov)	1.104,68	447,36	86,0	69,0	29,08	37,29	55,11	9,48	14,0	31,0
BS(sg)	825,96	490,85	82,0	76,5	61,62	7,61	16,91	67,24	18,0	23,5
BS(conv)	4,45	0,00	3,1	0,0	0,13	0,00	0,00	0,00	96,9	100,0

**Tabla 2.** Valores de los parámetros edáficos, diversidad de Shannon (H') y suelo desnudo en las diferentes parcelas contrastando los dos años de estudio. Se representa en cada columna el estadístico F-Snedecor y el valor de significación (en negrita los que presentan cambios estadísticamente relevantes)

	VT		BS (eq)		BS (ov)		BS (sg)		BS (conv)	
	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.
N	10,736	0,004	0,018	0,894	0,000	1,000	0,637	0,435	0,028	0,870
P	1,695	0,209	1,679	0,211	0,975	0,337	0,269	0,610	11,650	0,003
K	0,022	0,885	0,928	0,348	0,121	0,732	0,217	0,647	0,580	0,456
Na	39,267	0,000	168,145	0,000	1,946	0,180	3,699	0,070	5,696	0,028
Mg	0,573	0,459	0,569	0,460	0,026	0,874	8,477	0,009	5,992	0,025
Ca	4,293	0,053	1,757	0,202	0,150	0,703	0,340	0,567	1,241	0,280
Carbonat.	9,715	0,006	0,196	0,663	0,974	0,337	2,534	0,129	0,319	0,579
Sulf.	5,572	0,028	48,856	0,000	14,993	0,001	7,549	0,013	143,642	0,000
MOO	3,925	0,063	1,689	0,210	0,037	0,851	0,012	0,914	0,066	0,800
C/N	0,313	0,583	18,963	0,000	0,988	0,333	6,761	0,018	0,105	0,750
pH	7,415	0,014	12,101	0,003	5,056	0,037	0,003	0,956	3,621	0,073
Conduct.	1,153	0,297	58,657	0,000	27,905	0,000	5,196	0,035	46,090	0,000
CCC	5,210	0,035	2,245	0,151	0,068	0,978	0,004	0,950	2,594	0,125
H'	8,659	0,009	0,252	0,622	3,249	0,088	1,607	0,221	0,915	0,352
Suelo desnudo(%)	5,24	0,034	0,72	0,407	25,25	0,000	0,82	0,377	1,37	0,256

## CONCLUSIONES

Considerando que los dos años de toma de muestreo son pocos como para emitir conclusiones fidedignas, se podría afirmar con lo anteriormente expuesto que en cuanto a las medias de los parámetros edáficos, en general, la parcela pastoreada con ovino de forma permanente presenta valores absolutos superiores en cuanto a los macronutrientes fundamentales (NPK) y materia orgánica. En cuanto a la variación entre años se han producido, en general, pocos cambios en el suelo durante el desarrollo del experimento en las distintas parcelas.

Los cambios en diversidad han sido pequeños en general, y en los casos de pastoreo durante todo el año con ovino han podido influir de forma negativa en la cubierta con respecto a este indicador. El valor pastoral también se ha visto negativamente afectado en todas las parcelas seleccionadas.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación de la Universidad de Jaén. Proyecto concedido en la convocatoria del Plan Propio de la UJA (2005) denominado *Estudio y mejoras de las cubiertas vegetales de olivar ecológico mediante el aprovechamiento ganadero*. Agradecemos igualmente a D. Jose María Pacios, D. Marcos Hita del Cid y D. Manuel Núñez su colaboración en todo momento para la realización del trabajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMELLA, A.; FERRER, C., 1979. *Utilización de un método fitosociológico en la determinación del valor nutritivo de pastos*. Trabajos del I.E.P.G.E., 37. CSIC-Universidad de Zaragoza, 10pp. Zaragoza.
- ASCASO, J.; FERRER, C.; MAESTRO, M., 1996. Valoración estacional y anual de los recursos pasibles en Maestrazgo de Castellón. En: *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la S.E.E.P.* 161-166.
- BARRANTES, O.; REINÉ, R.; ASCASO, J.; MENDOZA, A.; BROCA, A.; FERRER, C., 2004. Pastos arbustivos y pastizales del tipo lasto-timo-aliagar de la Depresión del Ebro en la provincia de Huesca. Tipificación, cartografía y valoración. En: *Pastos y Ganadería extensiva*, 601-611. Ed. B. GARCÍA CRIADO; A. GARCÍA CIUDAD; B.R. VÁZQUEZ DE ALDANA; I. ZABALGOGEAZCOA. Salamanca (España).
- BRAUN-BLANQUET, J., 1979. *Fitosociología: bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Ed. Blume, 820 pp. Madrid.
- DAGET, P.; POISSONNET, J. 1972. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des paturages. *Fourrages*, 49,31-39.
- FORASTER, L.; LORITE, M.J.; MUDARRA, I.; ALONSO, A.M.; PUJADAS-SALVÁ, A.; GUZMÁN, G., 2006. *Evaluación de distintos manejos de las cubiertas vegetales en olivar ecológico*. Actas VII Congreso SEAE, Comunicación nº 14. Zaragoza.
- GARCÍA-FUENTES, A.; RUIZ VALENZUELA, L.; TORRES, J.A., 2007a. Características de la cubierta vegetal en olivar ecológico mantenida mediante pastoreo. En: *La malherbología en los nuevos sistemas de producción agraria*. Actas XI Congreso Sociedad Española de Malherbología, 275-280. Ed. J. MANSILLA; ARTIAGO, A.; MONREAL, J.A. Albacete (España).
- GARCÍA-FUENTES, A.; TORRES, J.A.; RUIZ, L., 2007b. *Estudio sobre el aprovechamiento ganadero de las cubiertas vegetales del olivar ecológico*. Ponencia. VI Jornadas Internacionales de Olivar Ecológico. Puente Génave (Jaén).
- PASTOR, M.; CASTRO, J.; HUMANES, M.D.; SAAVEDRA, M., 1997. *La erosión y el olivar: cultivo con cubierta vegetal*. Comunicación I +D Agroalimentaria 22/97. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca, 24 pp. Sevilla.
- SHANNON, C.E.; WEAVER, W., 1981. *Teoría matemática de la comunicación* (primera edición en inglés: 1949). Editorial Forja. 355 pp. Madrid.

## LIVESTOCK USE OF THE GRASS COVER IN ECOLOGICAL OLIVE GROVES: STUDIES OF FLORISTIC DIVERSITY AND SOIL PARAMETERS

### SUMMARY

In ecological olive groves, maintenance of a grass cover is necessary. Grass cover is an effective tool to slow the erosive process, especially when olive groves are in rough landscapes and steep slopes. Nevertheless, farmers have a constant problem for the grass cover control. Many farmers carry out several passes of mowing control in the spring and leave the cut material on the floor as an organic fertilizer. In this work we present the results obtained of the project of investigation where we have used sheep and horses in order to control grassy vegetation. We analyzed floristic diversity, species composition and soil parameters of five plots managed differently: the first had sheep during all year round, the second and third plot were grazed temporarily by sheep and horses, the fourth plot had not livestock management and the last one received conventional management practices.

**Key words:** olive grove, biodiversity, grassy community, livestock management, soil

## COMUNIDADES VEGETALES DE ANTIGUOS VERTEDEROS SELLADOS PASTADOS POR OVINOS. CARACTERIZACIÓN BOTÁNICA Y SUELOS

HERNÁNDEZ, A. J.<sup>1</sup>, BARTOLOMÉ, C.<sup>2</sup>, ÁLVAREZ, J.<sup>2</sup>, PASTOR, J.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dpto. Ecología Universidad de Alcalá; <sup>2</sup> Dpto. de Biología Vegetal y Fisiología Vegetal Universidad de Alcalá.; <sup>3</sup> Dpto. Ecología de Sistemas, CCMA, CSIC, Madrid.

### RESUMEN

Son varios los rebaños de ovino que pastan y/o pasan por los taludes de vertederos sellados por vez primera hace unos 20 años en la Comunidad Autónoma de Madrid (CAM), así como por sus plataformas, de camino para beber el agua de los arroyos y humedales, principales áreas de descarga de los mismos. Se estudian tres grandes vertederos en sustratos calizos y margosos, con un pH similar (entre 7,5 y 8,1). Sin embargo con niveles muy diferentes en aniones (especialmente nitratos y sulfatos) y en elementos asimilables, Ca sobre todo. Estas características condicionan diferencias no solo entre vertederos, sino también entre los taludes de cada uno. Sus comunidades están condicionadas esencialmente por condiciones físicas de los suelos, orientación, humedad, salinidad y el contenido de los diferentes aniones. Se muestra su caracterización fitosociológica, junto con otras consideraciones acerca de su evolución. Las actividades ganaderas y cinegéticas pueden ayudar a definir mejor las relaciones entre pastos incipientes y comunidades ruderales.

**Palabras clave:** salinidad, aniones del suelo, comunidades ruderales, pastos incipientes.

### INTRODUCCIÓN

Una de nuestras líneas de investigación en los últimos 15 años ha estado vinculada a conocer las comunidades herbáceas de vertederos de residuos urbanos, sellados con suelos de sus respectivos entornos. Resultados acerca de sus características edáficas, como de las especies principalmente de pasto de estas comunidades, han venido siendo expuestos en diferentes trabajos (Pastor et al., 1993; Adarve, et al., 1995; Hernández et al., 1998), realizados principalmente en los vertederos sobre sustrato arcósico de carácter neutro-ácido, por su alta probabilidad de contaminación por metales pesados. No obstante, hemos abordado algunas cuestiones generales, relacionadas con las características edáficas de los vertederos (Pastor y Hernández, 2002), así como con las características botánicas de comunidades ruderales y nitrófilas en este territorio (Peinado et al., 1985 y 1986; Bartolomé, 1987).

En este trabajo nos proponemos profundizar en el estudio de las comunidades asentadas en vertederos de territorios calizo-margosos sellados por 1ª vez hace 20 años y que se localizan en las proximidades de grandes polos del desarrollo industrial y urbano.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha realizado un muestreo estratificado de la capa superficial edáfica en los dos tipos de unidades morfológicas predominantes en los vertederos (plataforma y taludes) correspondientes a tres vertederos de la CAM (Torrejón de Ardoz, Getafe y Arganda del Rey). También se ha considerado la antigüedad del sellado de los residuos y en cada una de ellas se han recogido al azar muestras de suelo, formando una muestra media correspondiente al talud y a la plataforma del vertedero. La relación de los suelos puede verse en la Tabla 1. Su análisis se ha efectuado mediante técnicas y métodos homologados y usuales en el Centro de Ciencias Medioambientales (CCMA) del CSIC; muchas de ellas pueden verse en Hernández y Pastor (1989), así como en Pastor *et al.* (1993). Los muestreos de la vegetación en la actualidad (a los 20 años del 1º sellado) han sido contrastados con trabajos de Peinado *et al.*, 1985, 1986, 1989 y Rivas Martínez *et al.*, 2001. El método de muestreo es fácil, porque en el terreno se observan manchas muy homogéneas de vegetación. En ellas, los metros cuadrados de inventario dependen del tamaño de las especies a considerar, generalmente 10m<sup>2</sup>, porque son herbáceas. En cada unidad de muestreo se inventarían las especies presentes y en función de la abundancia, que en este caso coincide con la dominancia, se concluye a que comunidad pertenece. No es un método fitosociológico estricto puesto que no consideramos la sociabilidad. Se realizaron inventarios de abundancia-dominancia.

**Tabla 1.** Relación de los suelos estudiados.

Suelo	Vertedero	Suelo	Vertedero
Tr-1	Torrejón plataforma 1, sin pendiente	G-6	Getafe talud 6
Tr-2	Torrejón plataforma 2 “	G-7	Getafe talud 7
Tr-3	Torrejón talud 1 más antiguo	G-8	Getafe talud 8
Tr-4	Torrejón talud 2 más antiguo	A-1	Arganda talud 1a, el más antiguo, debajo está el arroyo
Tr-5	Torrejón talud 3 más moderno	A-2	Arganda talud 1b, antiguo (mismo sitio que el anterior)
Tr-6	Torrejón talud 4 más moderno	A-3	Arganda talud 2a, es un talud más moderno
G-1	Getafe talud 1, el más moderno	A-4	Arganda talud 2b, a continuación del anterior
G-2	Getafe talud 2	A-5	Arganda talud 3a “
G-3	Getafe talud 3	A-6	Arganda talud 3b “
G-4	Getafe talud 4	A-7	Arganda plataforma 1 (donde habían repoblado)
G-5	Getafe talud 5	A-8	Arganda plataforma 2 (gran cantidad de biomasa)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aunque se trata de tres vertederos (Torrejón de Ardoz, Getafe y Arganda del Rey) ubicados sobre calizas y margas, con residuos de carácter mixto, sin tratamiento alguno cuando fueron sellados por 1ª vez hace 20 años, presentan algunas características similares como son el escaso espesor del material edáfico inicial de cobertura, el que todos presentan más de un talud, con pendientes elevadas que, en ocasiones, están superpuestos, debido a posteriores vertidos encima de lo ya sellado, o dispersados en un amplio territorio a consecuencia de depósitos industriales y escombros. El sustrato geológico donde se ubica el vertedero de residuos sólidos urbanos (VRSU) de Arganda corresponde a calizas y margas y el de los otros dos vertederos a conglomerados sobre arcillas y margas yesíferas. Los residuos depositados en ellos, son mixtos (sólidos urbanos,



industriales, sanitarios e inertes), sin ningún tipo de tratamiento previo. El material edáfico de cobertura no sobrepasó los 40 cm de profundidad. Todos presentan más de un talud que, por lo general, tienen más de 15 m de altura y, en ocasiones están superpuestos debido a posteriores reutilizaciones para nuevos vertidos. Por otra parte, los taludes presentan pendientes muy acusadas, por encima del 40% en muchas zonas. Después de sellarse el VRSU de Getafe (1º sellado en 1988), se volvió a utilizar para poner encima, en teoría, inertes, pero en realidad había también residuos industriales y residuos orgánicos. Posteriormente en 1993-94 se utilizó nuevamente para depositar escombros industriales, especialmente escorias de hierro y de la industria del acero.

Son varios los rebaños que pastan y/o pasan por los taludes de estos vertederos y sus plataformas, de camino a beber el agua de arroyos y humedales. Sus principales características pueden verse en la Tabla 2 y las de sus suelos en la Tabla 3.

**Tabla 2.** Características generales de los tres vertederos.

VRSU	Ecosistema principal de descarga	Algunos eventos posteriores al sellado	Nº total de grandes taludes
Torrejón de Ardoz	Humedal	Siembra de pinos; uso para nuevos vertidos y más relleno del humedal con residuos de origen múltiple	3
Getafe	Humedal	Reutilizado con nuevos vertidos de inertes, industriales y escombros	12
Arganda	Arroyo	Incontrolado, se siguen depositando basuras e inertes	3

En ésta podemos ver que los contenidos de M.O y N son variables dentro de cada vertedero, si bien los contenidos medios más elevados son los de Torrejón (5,8 y 0,488%), mientras que los de Getafe y Arganda son similares (3,9-4,1 y 0,167-0,171%). Los contenidos de  $P_2O_5$  son bastante variables pero claramente más altos, con excepciones, en Torrejón (una media de 42,6 frente a 26,3 y 19,0). Los de Ca son más variables en Getafe que en Torrejón y Arganda. El Mg y Na presentan también contenidos más altos en Torrejón y Getafe. Los contenidos de  $NO_3$  y  $PO_4$  son más elevados en Arganda, con un valor excepcionalmente alto cercano a 20.000 ppm en un suelo de la plataforma. Ahora bien hay valores elevados en los otros dos vertederos, más en Getafe que en Torrejón. Los contenidos de F y Cl son más elevados en los suelos de Getafe y los de  $NO_2$  son más bajos. Los contenidos de  $SO_4$  y la conductividad son mucho más elevados en Torrejón (2696,4 mg/kg, 1521  $\mu$ S/cm) y Getafe (2318,2 mg/kg, 2202,3  $\mu$ S/cm) que en Arganda (497,3 mg/kg, 641,8  $\mu$ S/cm).

En la Tabla 4 vemos, a los 10 años del 1º sellado, los valores medios de pH, y los contenidos medios de N total y aniones en los vertederos y en los suelos del entorno, pudiéndose observar las diferencias existentes entre ellos.

El VRSU de Torrejón, en la actualidad presenta más depositos de residuos en los taludes más viejos. Los resultados de los análisis edáficos de las muestras de la plataforma sin pendiente, corresponden a las muestras Tr-1 y Tr-2 (las zonas más antiguas del sellado) y se muestra en la actualidad como una gran explanada con estrechos caminos por donde pasa la gente, por lo que la acción antrópica y el pisoteo de los rebaños apelmazan la capa superficial edáfica. Son suelos de granulometría fina sin grandes clastos naturales o artificiales y por tanto peor aireados. Por ahí va el ganado pastoreando por la explanada y los compacta. Los caminos no tienen vegetación porque el pisoteo humano y el paso de vehículos los ha presionado en exceso, las semillas no se entierran y por tanto las plantas no germinan. Sin embargo en las laderas los materiales edáficos están sueltos, y en donde están los cardales, incluso cicutales; al cavar salen piedras grandes, ladrillos, plásticos etc. que contribuyen a que los suelos sean más porosos. Los taludes más antiguos (Tr-3 y Tr-4) y

los que contienen depósitos de residuos más recientes (Tr-5 y Tr-6) presentan muchos canales de escorrentía superficial; el suelo de cobertura es escaso, dejando muchos residuos en superficie, generando huecos donde es más difícil la colonización vegetal.

**Tabla 3.** pH, M.O, N (%), elementos asimilables (mg/100g), aniones (mg/kg) y conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de los suelos.

Suelo	pH	M.O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ca	Mg	K	Na	F	Cl	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>	C.E
Tr-1	7,7	3,6	0,188	20,0	445,2	15,7	43,5	1,32	0,88	11,3	1,93	14,9	1,05	53,3	231
Tr-2	7,5	3,4	0,178	60,5	460,7	12,7	64,3	1,33	0,43	9,15	0,95	47,5	0,0	1071,9	1011
Tr-3	7,6	6,7	0,900	36,5	948,1	226,5	63,1	23,37	3,73	89,2	123,8	21,7	0,0	7132,5	3210
Tr-4	7,6	9,2	1,075	35,0	758,5	179,7	91,8	13,89	2,4	46,1	7,0	252,5	3,75	4145,1	1879
Tr-5	7,6	4,2	0,248	38,5	491,3	21,2	49,6	1,87	1,15	44,0	3,05	19,7	0,0	610,4	595
Tr-6	7,5	7,6	0,328	65,0	681,6	28,2	98,4	4,04	0,68	29,4	3,5	31,3	2,33	3165,0	2200
G-1	7,7	4,2	0,195	12,0	2414,3	184,0	20,5	94,30	8,6	7570	0,0	495,0	0,0	5917,5	8220
G-2	7,7	2,0	0,110	16,0	914,8	20,0	30,4	5,41	2,85	198,6	2,28	29,4	0,0	3830,0	2350
G-3	7,7	6,2	0,285	14,0	521,6	51,3	71,5	16,82	3,83	134,5	2,85	93,4	1,98	1937,5	1490
G-4	7,8	7,8	0,365	22,0	602,7	57,8	57,9	8,50	1,55	77,3	1,50	0,0	0,0	3321,9	1961
G-5	7,9	0,9	0,060	14,0	211,8	41,1	45,7	6,02	3,18	33,0	1,23	28,0	0,0	95,6	274
G-6	7,6	2,1	0,090	20,0	274,4	51,9	47,7	3,74	1,63	30,1	1,53	110,3	5,38	67,1	344
G-7	7,5	3,8	0,130	105,0	246,3	18,1	41,4	4,15	3,7	124,6	1,85	148,0	2,93	1647,3	1489
G-8	7,8	3,8	0,100	7,0	216,1	29,3	29,3	5,74	2,95	43,3	1,03	33,5	0,0	1728,8	1490
A-1	8,0	3,0	0,115	9,5	512,8	18,8	21,1	0,46	0,70	7,6	1,9	74,0	1,35	66,6	337
A-2	8,1	3,2	0,155	7,0	534,2	20,3	22,1	0,47	1,0	7,7	1,58	113,2	0,0	43,9	292
A-3	7,8	3,1	0,139	11,0	545,1	6,0	24,5	0,80	0,45	12,0	2,2	153,8	0,0	3163,8	1947
A-4	8,0	3,3	0,092	18,0	417,0	9,2	28,1	0,74	0,48	7,6	2,43	110,1	1,48	327,7	690
A-5	7,9	8,5	0,412	41,5	494,0	21,2	91,3	2,52	0,78	64,4	5,58	156,9	2,48	283,9	629
A-6	8,0	7,6	0,267	18,5	463,1	19,0	66,4	1,72	0,68	14,6	2,53	220,5	1,9	41,4	439
A-7	7,9	2,0	0,104	20,0	394,9	20,3	78,5	1,07	1,4	17,8	3,6	127,3	2,33	22,5	378
A-8	8,0	2,2	0,087	26,5	396,2	20,2	52,9	4,50	0,93	27,8	3,45	19795	3,15	28,6	422

**Tabla 4.** Comparación de parámetros edáficos (medias) entre los vertederos (V) y pastos de sus respectivos entornos (E) a los 10 años de su 1º sellado.

Parámetros del suelo	Arganda		Getafe		Torrejón	
	V	E	V	E	V	E
pH	7,4	7,9	7,3	7,2	7,6	7,4
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	1430	530	8065	2960	11045	3940
Cloruros (mg/kg)	335	50	1775	70	765	180

Parámetros del suelo	Arganda		Getafe		Torrejón	
	V	E	V	E	V	E
Sulfatos (mg/kg)	685	10	5210	3450	45440	4120
Nitratos (mg/kg)	42	20	91	25	313	198
Amonio (mg/kg)	11	9	15	10	26	14
N total (%)	0,250	0,200	0,450	0,200	0,300	0,300

En su conjunto está dominado por comunidades ruderales que han tenido poca evolución dentro de la dinámica sucesional y que se han venido sustituyendo unas a otras en función más bien de la compactación del material de sellado. Así podemos decir que la distribución de las comunidades está influida por la compactación del suelo y por la presencia o ausencia de clastos o de elementos que influyen en la aireación, además de las variaciones de humedad (zonas bajas próximas al humedal de su principal área de descarga) y de orientación de los taludes. Así en los lugares llanos, con caminos, nos encontramos un escenario de senderos, ejidos, y otros medios habituales con mucha presión ganadera. Aparecen comunidades ruderales, que soportan gran intensidad lumínica, que se empiezan a desarrollar en primavera y que persisten hasta bien entrado el verano. Desde el punto de vista fitosociológico estarían encuadradas en el *Carlyno corymbosae-Carthametum lanati*. Dominan bióticos de carácter bianual y, desde el punto de vista dinámico, constituye el estadio de sucesión más avanzado dentro de nuestro ámbito de estudio. Entre sus especies tenemos: *Carthamus lanatus*, *Carlyna corymbosa*, *Daucus maximus*, *Foeniculum vulgare*, *Phlomis herba-venti*, *Cychorium inthybus*, *Lactuca serriola*, *Trixago apula*, *Malva sylvestris*, *Medicago sativa*, *Onopordum nervosum*, *Marrubium vulgare*, *Mantisalca salmantica*, *Medicago sativa*, *Echium asperrimum*, así como gramíneas del género *Bromus* (*B. rubens*, *B. madritensis*, *B. sterilis*, etc), *Hordeum leporinum*, y especies anuales que encuentran su óptimo en otros ambientes. Es una comunidad muy estable en el tiempo, debido a que los procesos de formación de suelo no contaminado en estos ambientes son muy dificultosos. En las vertientes inclinadas, con exposición de solana, con suelo superficial de aspecto más negruzco y menos compacto, donde afloran elementos inorgánicos más groseros (ladrillos, fragmentos de yeso, vertidos de construcción, restos de plástico y chatarra), aparecen comunidades ricas en cardos pertenecientes a la *As. Carduo bourgeani-Silybetum mariani*, comunidad bianual, de lugares frescos, con clastos grandes que provocan oquedades en el interior del medio y mayor aireación. Sus especies más comunes son: *Silybum marianum*, *Carduus tenuiflorus*, *C. bourgeanus*, *Foeniculum vulgare*, *Lolium perenne*, *Hordeum leporinum*, *Eruca vesicaria*, *Anacyclus clavatus*, *Urtica urens*. Como es normal en los ambientes alterados las diferentes comunidades comparten especies pero desde el punto de vista fisiológico podemos destacar la ausencia del g. *Carduus* y *Urtica* en la plataforma. En situaciones, aparentemente similares a los anteriores, pero con orientación N, los cardales son sustituidos por el *Galio aparineae-Conietum maculati*, comunidades de gran talla (> 2 m. de altura) y con cobertura del 100%, que prácticamente no dan paso a otras especies vegetales. Entre los pequeños huecos que dejan las grandes cicutas (*Conium maculatum*), aparecen especies del ambiente anterior, pero de forma casi testimonial: *Silybum marianum*, *Galium aparine*, *Avena sterilis*, *Asperugo procumbens*, *Urtica urens*, *Bromus rubens*, *B. tectorum*, etc. En todo el tiempo que el vertedero lleva sellado se han mantenido estables. Prácticamente los representantes únicos de especies leñosas, se encuentran en la plataforma llana y son dos individuos de *Retama sphaerocarpa* y otros dos de *Salsola vermiculata*.

El VRS de Getafe es mixto, con taludes superpuestos. Después del 1º sellado, hacia 1988-90, el área de descarga estuvo sembrada de cereal. Ahora deja ver un humedal enorme, muy afectado por los vertidos. En él beben ovejas, aves y otros animales. Ya lo estudiamos cuando acababa de hacerse el 1º sellado, después en 1994, y en la actualidad. Está asentado en un humedal sobre

margas y yesos en el que, en presencia de agua freática o de descarga, cargada de sales por la naturaleza del sustrato, se constituyen comunidades de *Juncus acutus* con prados de *Spergularia media*, *Sonchus crassifolius*, *Plantago maritima*, *Sphenopus divaricatus*, *Parapholis incurva*, *Galium parisiense*, *Minuartia hybrida*, que indican suelo salino sin un horizonte orgánico superior, acompañadas de comunidades estables con tréboles *Trifolium scabrum*, *T. pratense*, *Medicago rigida*, *Torilis nodosa*, que las hacen apetecibles para el ganado y que son pastoreadas con asiduidad, a pesar de su dudosa calidad derivada del alto grado de contaminación esperable en una zona de vertido con descarga hídrica. Fuera de las zonas freáticamente activas, cabe distinguir entre los taludes inclinados y la parte superior, horizontal; en ésta apenas existe hoy crecimiento vegetal. En las citadas laderas aparece un tapiz diferenciado en función de la solana o la umbría. En la solana crece una comunidad anual prácticamente monoestrata y de escaso porte, que cubre la última capa de sedimentos y suelos utilizados para sellar el vertedero, con *Calendula arvensis*, acompañada de *Bromus rubens*, *Centaurea melitensis*, *Malva parviflora*, *M. pusilla*, *Eruca sativa* y *Herniaria hirsuta* entre otras, mientras que en las zonas más inferiores de las pequeñas cárcavas creadas por el agua de arroyada, derivada de las precipitaciones recientes, se forman pequeñas manchas de *Cardus bourgeanus*, *C. tenuiflorus* y *Sylibum marianum* (As. *Carduo bourgeni-Silybetum mariani*). Estas manchas se diferencian bien visualmente ya que presentan mayor densidad. Esta comunidad es la que recubre prácticamente la totalidad del talud en las zonas norte. Sin embargo, no son apetecibles para el ganado y no están pastadas.

El VRSU de Arganda ha ido sufriendo muchas variaciones desde su 1º sellado en 1987 hasta la actualidad, por haberse ido utilizando mayor superficie para el depósito de residuos. Las muestras de los suelos de los primeros taludes (A-1 y A-2 de la Tabla 1) con unos 25 m de altura distan del arroyo situado en su cota inferior entre 25 y 75 m; son los más antiguos. Se trata de un vertedero coronado por una plataforma, que incluye el camino de acceso, bordeado por taludes con inclinaciones de un 40%. En sus suelos predominan  $\text{NO}_3$  y  $\text{PO}_4$ . En la plataforma se llevó a cabo una repoblación con pinos, que ha fracasado. Está colonizada por *Urtica urens*, que tolera bien los altos contenidos en nitratos, acompañada principalmente de *Cardus bourgeanus* y *C. tenuiflorus*, así como en las pequeñas depresiones, de *Conium maculatum*. Se ve clara alternancia de 3 comunidades: *Sisymbrio irio-Malvetum parviflorae*, que aparece como prácticamente monoespecífica con *Urtica urens*, en los medios más secos, nitrificados y compactos, y que alterna con el *Carduo bourgeni-Silybetum mariani* y con el *Galio-Conietum maculati*, según la mayor o menor humedad y aireación del suelo. En los taludes soleados, donde afloran inertes recientemente incorporados, dominan: *Papaver rhoeas*, *P. hybridum*, *Fumaria officinalis*, *F. parviflora*, *Platycodon spicata*, *Glaucium corniculatum*, *Diploaxis eurcoides*, *D. virgata* y *Eruca sativa*. Son comunidades que necesitan para su desarrollo medios abiertos ausentes de competencia y se encuadraría en el *Papaveri rhoeas-Diploaxietum virgate*. Aproximándose a los taludes en la umbría, van siendo sustituidas por cardales de *Carduus bourgeanus*, *C. tenuiflorus* y *Sylibum marianum*, con coberturas prácticamente del 100%, salpicadas esporádicamente por *Conium maculatum*, *Hordeum murinum* y especies de *Bromus*. A medida que nos acercamos a la base del talud, desaparecen y alternan con algunas manchas de cicuta y del matorral subnitrófilo de la zona, con *Thymus vulgaris*, *Salvia lavandulifolia*, *Santonina squarrosa*, *Artemisia herba alba*, etc.

## CONCLUSIONES

Dado que el aprovechamiento del territorio de estos vertederos tienen dos usos fundamentales: pastoreo de ovinos y uso cinegético (conejo), herbívoros que aprovechan los brotes frescos o raíces de unas especies que crecen en ambientes de alta salinidad, la propuesta preventiva e inmediata que nos parece más apropiada consistiría en impedir con vallados la entrada de las ovejas e impedir su uso cinegético. Desde el punto de vista de la dinámica de la vegetación podríamos considerarlos como sistemas emergentes, en los que pueden verse tanto procesos de sucesión

secundaria debido al banco de semillas que posee el material de sellado, como procesos de sucesión primaria ya que se trata de nuevos lugares para la vida. De todos modos podemos decir que a lo largo de los últimos diez años las comunidades han evolucionado poco, estando siempre determinadas por especies pioneras con pocos requerimientos edáficos. Es evidente que estos mantos ayudan a estabilizar el sellado, formando débiles capas de humus, pero los procesos meta-nogénicos unidos a los vertidos sucesivos impiden la germinación y el enraizamiento de especies más exigentes.

## AGRADECIMIENTOS:

Proyectos CTM2005-02165/TECNO-MEC y EIADES-CM.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADARVE, M<sup>a</sup> J.; HERNÁNDEZ, A. J.; PASTOR, J. 1995. Degradación química de suelos de Madrid por la incidencia de dos vertederos de residuos sólidos urbanos. En: *Degradación y Conservación de Suelos*, pp. 13-21. Universidad Complutense, Madrid.
- BARTOLOMÉ, C, 1987. *La vegetación nitrófila de la campiña de Guadalajara*. Tesis Doctoral. Alcalá de Henares.
- HERNÁNDEZ A. J.; PASTOR J., 1989. Técnicas analíticas para el estudio de las interacciones suelo-planta. *Henares Rev. Geol.* 3: 67-102.
- HERNÁNDEZ, A. J.; ADARVE, M<sup>a</sup> J.; PASTOR, J., 1998. Some impacts of urban waste landfills on mediterranean soils. *Land Degradation & Development*, 9: 21-33
- PASTOR J.; URCELAY A.; OLIVER, S.; HERNÁNDEZ, A. J., 1993. Impact of Municipal Waste on Mediterranean Dry Environments. *Geomicr. Journal*, 11: 247-260.
- PASTOR, J.; HERNÁNDEZ, A. J., 2002. Estudio de suelos de vertederos sellados y de sus especies vegetales espontáneas para la fitorrestauración de suelos degradados y contaminados del centro de España. *Anales Biol.*, 24: 145-153
- PEINADO, M.; BARTOLOMÉ, C.; MARTÍNEZ-PARRAS, J. M., 1985. Notas sobre vegetación nitrófila I. *Studia Bot.* 4: 27-33.
- PEINADO, M.; MARTÍNEZ-PARRAS, J.M.; BARTOLOMÉ, C. 1986. Notas sobre vegetación nitrófila II. *Studia Bot.* 5: 53-69.
- PEINADO, M.; MARTÍNEZ, J. M.; BARTOLOMÉ, C.; ALCARAZ, F., 1989. Síntesis sintaxonómica de la clase Pegano-Salsoletea en España I. *Doc. Phytosoc.* 11: 283-301.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S.; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F.; LOIDI, J.; LOSA, M.; PENAS, A., 2001. Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. *Itinera Geobot.* 14:5-301.

## PLANT COMMUNITIES GROWING IN THE SOIL COVER OF OLD LANDFILLS GRAZED BY SHEEP. BOTANICAL CHARACTERIZATION AND SOILS

### SUMMARY

In the Comunidad Autonoma de Madrid (CAM), it is common to see sheep herds grazing on the slopes and terraces of landfills sealed with soil for the first time some 20 years ago. These sheep also drink from the streams and wetlands that are the main discharge areas of the landfills. In this study, we examined three large landfills on limestone and marl substrates, whose soils are of similar pH (7.5 to 8.1) yet contained very different levels of anions (especially nitrates and sulphates) and available elements. These features determine differences both among landfills and among the slopes of a given landfill. The plant communities growing at these sites are mainly conditioned by the physical properties of the soils, their orientation, and moisture, salt and anion contents. The sites are characterised in phytosociological terms and we discuss how they have changed over the years. Activities such as livestock rearing and hunting can help explain the relationships observed between incipient pastures and ruderal communities.

**Key words:** salinity, soil anions, ruderal communities, incipient grasslands.

## EFFECTOS DEL ABANDONO AGRÍCOLA SOBRE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE PRADOS DE SIEGA DE MONTAÑA

F. LÓPEZ-I-GELATS Y J. BARTOLOMÉ

**Departament de Ciència Animal i dels Aliments, Grup de Recerca en Remugants, Universitat Autònoma de Barcelona, Campus UAB, Bellaterra (Cerdanyola del Vallès) 08193, Catalunya (España)**

### RESUMEN

El proceso de abandono agrícola viene produciéndose durante las últimas décadas de manera alarmante en Europa. Este proceso tiene especial incidencia en las ganaderías de montaña, como es el caso de la que se lleva a cabo en los Pirineos catalanes, caracterizada por una gestión extensiva del rebaño entre los pastos alpinos en verano y los prados de siega del fondo de los valles en invierno. El proceso de abandono agrícola, a parte del obvio cierre de explotaciones, a menudo se expresa también en forma de paulatina disminución de la intensidad de manejo, que en el caso de la gestión de los prados de siega de la región se manifiesta principalmente por: (a) sustitución de la siega por un pastoreo adicional; y (b) adopción de orientaciones ganaderas menos exigentes en mano de obra y tiempo, como la ganadería equina. El efecto de estos factores sobre la formación vegetal de los prados de siega de montaña se ha estudiado mediante el análisis del comportamiento de un paquete de variables, especialmente distintos grupos funcionales de plantas. Finalmente parece claro que el abandono agrícola está degradando la formación vegetal característica de los prados de siega de montaña.

**Palabras clave:** ganadería extensiva de montaña, grupos funcionales de plantas, Pirineos.

### INTRODUCCIÓN

La actividad agrícola ya no es esa actividad crucial de antaño y en su papel principal está siendo substituida por el sector terciario. Como el resto de regiones montañosas de Europa (MacDonald *et al.*, 2000), éste es también el caso de la comarca del Pallars Sobirà. En esta comarca el número de explotaciones ganaderas disminuyó entre 1982 y 2005 en un 70% (Institut d'Estadística de Catalunya, 2005). El Pallars Sobirà está situado en pleno Pirineo Catalán. Debido a las duras condiciones, tanto climáticas como de relieve y a la peculiar distribución de los recursos forrajeros que el entorno montañoso por su propia esencia conlleva, la única actividad agraria viable en la zona ha sido ya históricamente la ganadería trashumante, y recientemente la ganadería transtermitante, que se caracteriza por una gestión extensiva del rebaño (bovino, ovino y equino) entre los pastos alpinos durante los meses más cálidos y los prados de siega de las partes medias y bajas de los valles. El manejo de los prados de siega consiste en un corte en verano, para heno para invierno, y un pastoreo en otoño.

El objetivo de este estudio es analizar los efectos que el abandono agrícola provoca sobre uno de los puntos clave de la viabilidad de la ganadería extensiva de montaña: los prados de siega. Para ello analizamos dos de los principales cambios del manejo de los prados de siega que el proceso

de abandono agrícola induce al estimular la reducción de la intensidad de manejo: (a) sustitución de la siega por un pastoreo adicional; y (b) adopción de orientaciones ganaderas menos exigentes en mano de obra y tiempo, en este caso implica el incremento de la ganadería equina en detrimento de la bovina y ovina. Para este efecto se han considerado distintos grupos funcionales de plantas y también parámetros de diversidad botánica y producción.

El interés para comprender los efectos del cambio global sobre la dinámica de la vegetación ha impulsado la investigación sobre nuevos métodos de clasificación de las especies vegetales en función de su similar respuesta a determinados factores ambientales, es decir, en función de determinados rasgos funcionales. Los grupos funcionales de plantas se definen como agrupaciones no filogenéticas de especies que presentan un comportamiento similar en un ecosistema en base a una serie de atributos biológicos comunes (Lavorel *et al.*, 1997, pp. 475). Las clasificaciones funcionales proporcionan un marco particularmente adecuado para describir cambios en la vegetación de ecosistemas: en primer lugar porque reducen la inicial complejidad de especies a unos pocos grupos funcionales; y en segundo lugar porque las agrupaciones se establecen en función no de la proximidad filogenética sino en función de distintas características biológicas cuyas variaciones nos ofrecen más información acerca de los efectos que provocan los factores ambientales cambiantes. La utilización de los grupos funcionales de plantas es pues particularmente relevante para el estudio de respuestas a perturbaciones (McIntyre *et al.*, 1995; Lavorel *et al.*, 1997). En este caso, se han empleado para analizar como los cambios en el manejo inducidos por el proceso de abandono agrícola modifican los atributos biológicos de la formación vegetal de los prados de siega de montaña (*Arrhenatherion alatiensis*).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Un total de 22 prados de siega fueron estudiados entre los años 2005 y 2006. Cabe mencionar que los prados considerados eran todos de características parejas: ausencia de irrigación artificial, más de 20 años de fidelidad al mismo tipo de manejo, entre 1100 y 1400 msnm, orientados hacia el oeste, y finalmente habían sido campos de cereales en el pasado. La cobertura vegetal fue estimada mediante el método de intercepción lineal, descrito para prados de siega de los Pirineos Catalanes por Sebastià (1991). Cada prado fue muestreado dos veces al año: una en verano antes de la siega o el pastoreo, y la otra en otoño antes del pastoreo. Cada muestreo consistía en cuatro transectos lineales distribuidos de manera aleatoria por el prado. Se registraron los contactos cada 10 cm de longitud. Para el análisis funcional una serie de rasgos fueron preseleccionados en función de su presunta sensibilidad para con los distintos tipos de manejo y de la disponibilidad de datos (Tabla 1). Adicionalmente se consideraron otros parámetros: producción de los prados (densidad de especies, en especies/10 cm; producción, en kg/ha de peso seco, a partir de muestras de 0,25 m<sup>2</sup> de hierba que se cortaron junto cada transecto; altura, en cm, resultado del promedio obtenido de las cinco alturas máximas obtenidas por transecto al final de cada metro) y diversidad botánica (Riqueza de especies, Índice de Simpson, Índice de Shannon-Wiener y Índice de Uniformidad).

Se ha considerado la influencia de tres factores sobre las distintas variables consideradas: año (2005 o 2006); manejo del prado (siega y pastoreo o doble pastoreo, es decir, prados de siega frente a prados de siega semiabandonados en que el corte ha sido substituido por un pastoreo adicional en verano); y orientación ganadera (bovino, ovino o equino). Para el análisis estadístico de estos datos se procedió en primer lugar a considerar la normalidad de las variables. Las que no cumplían los supuestos de normalidad fueron transformadas mediante  $\log(x)$  o  $\arcsin(x)$ . Luego se procedió a un análisis ANOVA de tres factores y la prueba *post hoc* de Fisher mediante el paquete informático StatView (SAS Institute Inc.).



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para entender el efecto del año (Tabla 1 y Figura 1) es necesario tener en cuenta que en los años 2005 y 2006, tomando como referencia Sort, la capital de la comarca, se registraron descensos en las precipitaciones del 15% y de más del 30% respectivamente en relación a la media anual de los últimos 20 años (Meteosort, 2008). Se trató pues de dos años muy secos, especialmente el 2006. Así en este año se observa una mayor riqueza de especies pero una menor uniformidad. La producción de los prados de siega fue menor en este segundo año, y también su altura. En el 2006 se detecta un mayor número de especies no características de estos prados, a saber: menos leguminosas, mas especies muy poco comunes, y mas especies de floración corta y primavera. El estrés hídrico que padecieron los prados este año se tradujo en una mayor presencia de especies ruderales y oportunistas en el 2006 respecto el 2005. En este sentido apuntan todas las variables, excepto la corología en que se registró mas especies pluriregionales. La falta de precipitaciones del año 2006 supuso pues una perturbación importante para los prados de siega. Cabe tener en mente que los prados de siega del Pirineo se encuentran en el límite meridional de su área distribución, que Fillat *et al.* (1993) establecen en las isoyetas de 900-1000 mm anuales. Típicos de ambientes atlánticos, sólo penetran en las regiones más húmedas del clima mediterráneo. Esto explica que estos agroecosistemas sean particularmente sensibles al estrés hídrico. Este hecho ha quedado patente al comparar el comportamiento de las distintas variables entre los años 2005 y 2006.

Respecto al manejo del prado (Tabla 1 y Figura 1), se detecta que la composición botánica y estructura de los prados en que la siega ha sido substituida por un pastoreo adicional se aleja de lo que se espera de un prado de siega de montaña característico. En estos prados de siega semiabandonados la producción es menor, se registra una mayor presencia de especies impropias de la alianza, a la vez que una menor presencia de especies propias, a saber: hemiptófitos, leguminosas, gramíneas, especies de floración veraniega, especies eurosiberianas y especies comunes de esta formación vegetal. Lo que apunta a que la siega es imprescindible para la conservación de los prados de siega, y que su substitución por un pastoreo adicional constituye una perturbación que favorece la colonización por parte de especies oportunistas y especies propias de otros ambientes.

**Tabla 1.** Efectos del año, manejo y orientación ganadera sobre las frecuencias relativas de grupos funcionales de plantas, y otros parámetros de biodiversidad y producción de prados de siega del Pallars Sobirà, en el Pirineo Catalán, mediante una ANOVA de tres factores

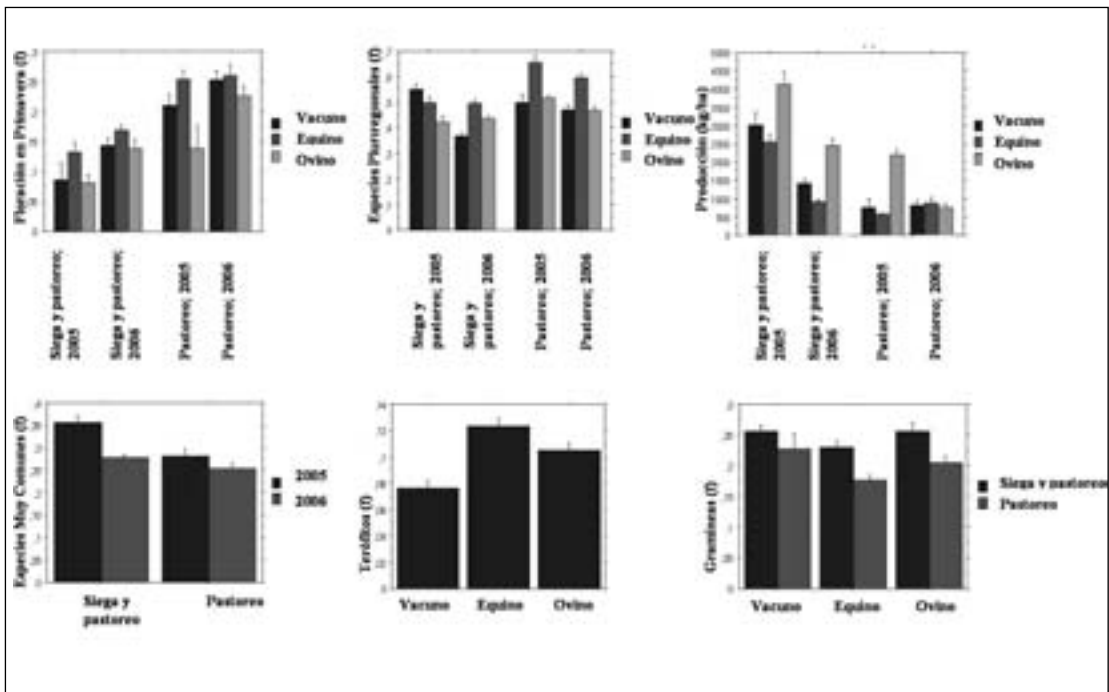
Grupos Funcionales de Plantas	Año	Manejo del prado	Orientación ganadera
<b>(a) Rasgos Morfológicos:</b>			
FORMAS DE VIDA (1)			
Leguminosas	***	***	***
Gramíneas	Ns.	*	**
Otras familias	**	***	*
FORMAS DE VIDA (2)			
Terófitos	Ns.	Ns.	***
Hemiptófitos cespitosos	Ns.	*	***
Hemiptófitos escaposos	Ns.	**	Ns.
Hemiptófitos rosulados	*	*	Ns.

Grupos Funcionales de Plantas	Año	Manejo del prado	Orientación ganadera
<b>ALTURA DE LAS PLANTAS</b>			
Plantas Bajas	Ns.	Ns.	Ns.
Plantas Altas	Ns.	Ns.	Ns.
<b>(b) Rasgos Reproductivos:</b>			
<b>ÉPOCA DE FLORACIÓN</b>			
Floración en Verano	***	***	**
Floración en Primavera	***	***	**
<b>DURACIÓN DE LA FLORACIÓN</b>			
Periodo de Floración Corto	**	Ns.	**
Periodo de Floración Medio	***	Ns.	***
Periodo de Floración Largo	Ns.	Ns.	***
Periodo de Floración Muy Largo	***	**	***
<b>(c) Rasgos de la Formación Vegetal:</b>			
<b>COROLOGÍA</b>			
Especies Eurosiberianas	**	**	***
Especies Pluriregionales	***	***	***
<b>FIDELIDAD A LA ALIANZA</b>			
Especies Muy Comunes	***	***	Ns.
Especies Comunes	Ns.	Ns.	Ns.
Especies Poco Comunes	*	***	***
Especies Muy Poco Comunes	***	***	*
<b>(d) Otros Parámetros:</b>			
<b>BIODIVERSIDAD</b>			
Riqueza de Especies	***	Ns.	Ns.
Índice de Simpson	Ns.	Ns.	***
Índice de Shannon-Wiener	Ns.	Ns.	Ns.
Índice de Uniformidad	***	Ns.	**
<b>PRODUCCIÓN</b>			
Densidad de Especies (nº contactos/10cm)	Ns.	***	***
Producción (kg./ha)	***	***	***
Altura (cm)	**	***	***

Nota: \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ ; y Ns., no significativo. Las formas de vida 'fanerófito', 'caméfito', 'geófito' y 'hemiptófito bienal' fueron excluidas del análisis como consecuencia de su baja presencia. Por el mismo motivo fueron descartadas las regiones biogeográficas 'mediterránea' y 'boreoalpina'.

Por lo que hace referencia a la orientación ganadera (Tabla 1 y Figura 1), se observa una fuerte tendencia a que los prados pastados por caballos presenten características distintas a los pastados por ovejas o vacas. Relativo a la biodiversidad, los prados de las explotaciones de equino presentan una menor uniformidad en la distribución de las frecuencias relativas de las especies, mientras que no se observa comportamientos distintos entre las explotaciones de ovino y las de bovino. Acerca de la producción, son los prados pastados por ovejas los que presentan una mayor producción, mientras que los prados de caballos destacan por ser los de menor producción. En los rasgos morfológicos, otra vez destacan las explotaciones de équidos con los prados en que se registran más terófitos y menos gramíneas. También en los rasgos reproductivos y de la formación vegetal el comportamiento de los prados de caballos se distingue de los de las demás orientaciones ganaderas al presentar más especies de floración tardía y muy larga, y especies muy poco comunes en la formación vegetal de los prados de siega de montaña. Parece pues que los prados de las explotaciones de équidos se alejan de la estructura y composición características de los prados de siega de montaña.

**Figura 1.** Efectos estadísticamente significativos más destacados del año, manejo y orientación ganadera sobre las variables consideradas de los prados de siega del Pallars Sobirà, en el Pirineo Catalán (media ± ES)



## CONCLUSIONES

La falta de lluvias, la supresión de la siega y el manejo que se lleva a cabo en las explotaciones de equino, como hemos demostrado en este estudio en el Pirineo catalán, degradan la formación vegetal característica de los prados de siega de montaña y constituyen perturbaciones que alteran la dinámica natural de este agroecosistema. Podemos afirmar pues que el proceso de abandono agrícola no favorece la conservación de los prados de siega de montaña: no sólo por la obvia razón de implicar a menudo el cierre de explotaciones ganaderas, sino también a través de la paulatina disminución de la intensidad de manejo que también supone, que en este caso se refleja en la supresión de la siega y la adopción de orientaciones ganaderas menos exigentes en mano de obra y tiempo, como es el caso de la ganadería equina.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación de la Fundació Abertis. También el apoyo mostrado por el Dr. Martí Boada. Nuestro más sentido agradecimiento también para todos los ganaderos que con tanta amabilidad nos facilitaron los prados para muestrear.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- FILLAT, F., FANLO, R., CHOCARRO, C. y GODED, L., 1993. *Los prados de siega del Pirineo Central Español: su función en el ciclo ganadero tradicional y perspectivas*, 15-34. II Seminario de Zonas Áridas y de Montaña y Relación con la Conservación del Medio Natural. Granada.
- INSTITUT D'ESTADÍSTICA DE CATALUNYA, 2005. *Estadística bàsica territorial de comarques: Pallars Sobirà*. Idescat, 17 pp. Barcelona (España).
- LAVOREL, S., MCINTYRE, S., LANDSBERG, J. y FORBES, T.D.A., 1997. Plant functional classifications: from general groups to specific groups based on response to disturbance. *Trends in Ecology and Evolution*, 12, 474-478.
- MACDONALD, D., GRABTREE, J.R., WIESINGER, G., DAX, T., STAMOU, N., FLEURY, P., GUTIERREZ LAZPITA, J. y GIBON, A., 2000. Agricultural abandonment in mountain areas of Europe: Environmental consequences and policy response. *Journal of Environmental Management*, 59, 47-69.
- MCINTYRE, S., LAVOREL, S. y TREMONT, R.M., 1995. Plant life-history attributes: their relationship to disturbance response in herbaceous vegetation. *Journal of Ecology*, 83, 31-44.
- METEOSORT, 2008. Pluviometría en Sort. Período 1986-2006. Sort (España). [http://www.meteo-sort.com/\(10-1-2008\)](http://www.meteo-sort.com/(10-1-2008)).
- SEBASTIÀ M.T., 1991. *Els prats alpins prepirinencs i els factors ambientals*. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona. Facultat de Biologia, 351 pp.

## THE EFFECTS OF AGRICULTURAL ABANDONMENT ON THE BOTANICAL COMPOSITION OF MOUNTAIN HAY MEADOWS

### SUMMARY

The process of agricultural abandonment has been taking place for the last decades all around Europe. This process has special effect on mountain livestock farming, as it is the case of that of Catalan Pyrenees, which is characterised by an extensive management of the herd between the alpine grasslands in summer and the hay meadow of the lower valleys in winter. The process of agricultural abandonment, apart from the obvious closing down of the exploitations, also implies a gradual decrease of the management intensity of the farming exploitation. In the region, in the case of the hay meadows' management, it entails two main trends: (a) substitution of the cutting by an additional grazing; and (b) implementation of kinds of livestock farming less labour intensive and time consuming, as it is the case of horse farming to the detriment of sheep and cattle farming. The effect of these factors on the vegetal formation of the mountain hay meadows has been assessed by analysing the performance of a set of variables, particularly different plant functional types. the process of agricultural abandonment

# EFFECTO DE LA EXCLUSIÓN AL PASTOREO DE PEQUEÑOS RUMIANTES SOBRE LA COBERTURA VEGETAL Y SOBRE LA DIVERSIDAD VEGETAL EN CUATRO AÑOS DE SEGUIMIENTO EN ESPACIOS NATURALES DE CANARIAS

A. PEÑA, L.A. BERMEJO, J. MATA, L. DE NASCIMENTO Y A. CAMACHO

**Departamento de Ingeniería, Producción y Economía Agraria. Universidad de La Laguna. Carretera de Geneto nº2. La Laguna.38201. Santa Cruz de Tenerife. España.**

## RESUMEN

Características de la vegetación como son la diversidad o la cobertura vegetal son parámetros indicadores del impacto de la ganadería extensiva sobre el territorio. El estudio se llevó a cabo durante cuatro años, en zonas de pastoreo, enclavadas en tres espacios naturales protegidos de dos islas del Archipiélago Canario, en los cuales se instalaron 31 vallados que aislaron a la vegetación del efecto de los animales. Por este método se evaluó como cambia la cobertura vegetal y la diversidad dentro de las zonas aisladas, frente a zonas que se siguieron pastoreando. La discusión se aborda tratando de valorar cuál es el impacto del abandono del pastoreo en zonas que tradicionalmente han soportado esta actividad, evaluando al mismo tiempo el efecto de la variación interanual. Los resultados aportan que la cobertura aumenta con el abandono del pastoreo, al contrario que la diversidad que disminuye en todos los espacios, sin que el efecto del año fuera importante en la mayoría de los casos.

**Palabras clave:** gestión ganadería extensiva

## INTRODUCCIÓN

El equilibrio que se da en los sistemas naturales es especial, ya que guarda un cierto carácter dinámico, pero se puede definir a éste, como el estado de un ecosistema cuya biocenosis se mantiene un tiempo de duración variable, sin grandes cambios debido a que las influencias climáticas, edáficas y bióticas son estables (Holling, 1996). Las alteraciones como el pastoreo pueden romper este equilibrio, aunque debemos considerar la componente histórica de éstas, y se puede pensar en el pastoreo como una perturbación en la mayoría de los pastizales. En otras zonas la evolución actual del paisaje está íntimamente emparentada con la actividad animal, en algunas regiones desde hace más de 5000 años (Facelli *et al.*, 1988; Milchunas *et al.*, 1988; Sternberg *et al.*, 2003), siendo un componente incorporado al ecosistema cuya desaparición cambiaría su estructura tal y como la conocemos (Osem *et al.*, 2004).

El efecto que produzcan las alteraciones en el medio dependerá de su magnitud, tipo y de las propiedades del ecosistema (Hickman *et al.*, 2004; Holechek *et al.*, 2006). Entraría aquí la noción de resiliencia, definida como la capacidad absorbente que tiene el medio de dispersar las agresiones. Los problemas aparecen cuando se superan los límites de esta resiliencia y se pierden las propiedades que tiene el ecosistema para soportar una forma de vida sostenible (Scheffer y Carpenter, 2003).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Las zonas de estudio se ubicaron en los Parque Rurales de Valle Gran Rey (1992,8 ha) situado en el sector suroccidental de la isla de La Gomera), de Teno (8063,6 ha) en el extremo noroeste de la isla de Tenerife al igual que el de Anaga (14418,7 ha) localizado en extremo nororiental.

El clima de estas regiones depende tanto de la orientación, por la influencia de los vientos alisios de componente noreste, siendo estas vertientes más húmedas, como de la altitud (Fernández-Palacios y de Nicolás, 1995), pudiéndose hacer una diferenciación general del clima según la altitud, como se indica en la tabla 1.

**Tabla 1.** Zonas climáticas según altitud T<sup>a</sup> y precipitaciones medias

Espacio\ Cota	0-200 m.s.n.m.	200-600 m.s.n.m.	>600 m.s.n.m.
Valle Gran Rey	<155 mm., 21°C	250-450 mm., 17°C	>650 mm., 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

Es muy importante destacar el régimen de lluvias de tipo mediterráneo, sucediendo la mayoría de las precipitaciones entre los meses de octubre y marzo, con veranos muy secos. La suma de todas las condiciones anteriores provoca que en la mayoría de los meses exista un déficit hídrico, a excepción de las zonas de cumbre.

Las especies que habitualmente pastorean en las zonas son ovejas y cabras, mayoritariamente las segundas aunque en Valle Gran Rey son frecuentes los rebaños mixtos. El pastoreo es continuo y diurno, con suplementación de concentrado en los corrales.

La vegetación es muy dependiente de las anteriores circunstancias, pero a grandes rasgos encontramos desde los 0 a 400 m.s.n.m. matorrales xéricos y vegetación muy laxa, dominada por arbustos crasos como *Euphorbia sp.*, *Kleinia neriifolia*, *Plocama pendula*, etc., con un gran cortejo de herbáceas donde dominan *Hyparrhenia hirta* y *Cenchrus ciliaris*. Le seguiría un bosque abierto de carácter termófilo con bosquetes de *Juniperus turbinata*, acebuchales (*Olea europaea ssp cerassiformis*), retamares (*Retama rhodorhizoides*), etc. pero actualmente muy reducido por la actividad humana en las zonas de medianías. En las partes altas y húmedas se establece un monteverde donde se mezclan elementos del fayal brezal (*Myrica faya* y *Erica arborea*) con especies de la laurisilva más pura, como *Ilex canariensis*, *Laurus novocanariensis*, *Persea indica*, etc. (Bramwell y Bramwell 1994). Situados en la zona intermedia, fruto de una antigua actividad agrícola o pastoril, encontramos pastizales con una alta diversidad florística dominada por especies de ciclo corto pertenecientes a los siguientes géneros: *Avena*, *Bromus*, *Hordeum*, *Brachypodium*, *Lolium*, *Medicago*, *Trifolium*, *Plantago*, *Galactites* y *Leontodon*.

En los espacios descritos se construyeron unos cuadros de exclusión de 25 m<sup>2</sup>, ocho en Valle Gran Rey, diez en Teno y ocho en Anaga, y a los mismos se les asoció un punto de muestreo con el que comparar el pastoreo con la exclusión. La toma de muestras se realizó mediante transectos lineales siguiendo la metodología de Daget y Poissonet (1971). En los cuadros de exclusión se realizaron las mediciones siguiendo las dos diagonales del cuadro y en los asociados de manera lineal con una longitud de 30 metros. La cobertura vegetal queda definida como la cantidad de puntos de observación que tocaron alguna especie vegetal, entre la totalidad que tiene el transecto. La diversidad fue expresada por medio del índice de Whittaker ( $\beta$ ) (Moreno, 2001) de la manera que describe siguiente fórmula.

$$\beta = \frac{S}{\alpha} \left\{ \begin{array}{l} S = \text{número de especies registradas en un conjunto de muestras} \\ \alpha = \text{Número promedio de especies en las muestras} \end{array} \right.$$

Los datos fueron tratados con el programa informático SPSS 14, comprobando que los mismos tuvieran una distribución normal por medio de las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk y de homogeneidad de la varianza por el método estadístico de Levene. El análisis de varianza elegido fue el Modelo Lineal General Univariante, optando por un modelo personalizado sin interacciones entre el año y el uso.

## RESULTADOS

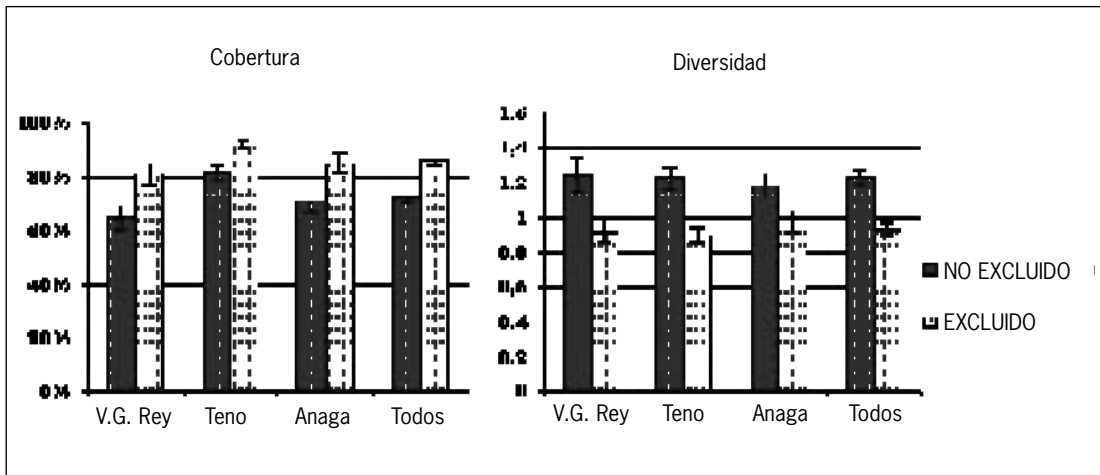
Como se expone en la tabla 2 para todos los espacios y en el análisis hecho en conjunto, aparecen diferencias significativas cuando se compara el pastoreo con la exclusión, tanto para la cobertura vegetal como para la diversidad de especies. En la cobertura, el efecto de la exclusión fue bastante patente, y en todas las zonas aisladas aumentó (figura 1). Por espacios, en Valle Gran Rey una vez situados los vallados se pasa de un porcentaje de  $64,69\pm 21,52$  a un  $81,02\pm 19,70$ , siendo el espacio donde mayor diferencia ocurre. En Teno obtenemos  $81,74\pm 14,84\%$  y  $92,24\pm 7,14\%$  y en Anaga se obtienen un  $70,41\pm 20,54$  en pastoreo y  $85,23\pm 17,81$  en exclusión. Para la suma de las localizaciones los valores variaron entre  $72,38\pm 20,21$  y  $86,23\pm 16,30$ . En cuanto al efecto del año solo tuvo significación en el Parque Rural de Valle Gran Rey.

**Tabla 2.** Análisis de varianza entre excluido y no excluido, para la cobertura y diversidad

Espacio	Variable		Cobertura		Diversidad	
	Factores	gl	F	p	F	p
Valle Gran Rey	Año	3	7,46	0,000***	7,46	0,000***
	Exclusión	1	12,36	0,001**	12,36	0,003**
Teno	Año	3	3,842	0,835	8,005	0,914
	Exclusión	1	1,549	0,026*	9,462	0,000***
Anaga	Año	3	0,603	0,616	11,35	0,000***
	Exclusión	1	8,454	0,005**	4,705	0,005**
Todos	Año	3	2,074	0,088	11,35	0,000***
	Exclusión	1	20,562	0,000***	4,705	0,000***

Significativa a nivel: \*\*\* $p < 0,001$ , \*\* $p < 0,01$ , \* $p < 0,05$ , n.s.  $p > 0,05$

La diversidad sin embargo se redujo significativamente cuando se aísla a las zonas del ganado. Para el índice de Whittaker en las zonas excluidas de Valle Gran Rey se alcanza un valor de  $0,92\pm 0,40$  frente a los  $1,24\pm 0,56$  de las áreas aún pastoreadas; para Teno,  $0,94\pm 0,33$  y  $1,23\pm 0,44$ ; en Anaga,  $1,00\pm 0,31$  y  $1,16\pm 0,44$ ; y para la totalidad de las zonas  $0,94\pm 0,33$  y  $1,23\pm 0,44$ . El efecto del año tiene más relevancia, apareciendo diferencias para todos los espacios excepto Teno.



## DISCUSIÓN

Queda claro por nuestros resultados que la exclusión de las zonas pastoreadas tiene un efecto sobre la cobertura y la diversidad de las plantas a corto plazo, aumentado la primera, lo que coincide con los resultados hallados en experiencias parecidas por Allen-Díaz y Randall (2000), Courtois *et al.* (2004) y Savadogo *et al.* (2007) entre otros, y mermando la segunda donde se encuentra que por abandono del pastoreo o regímenes livianos la diversidad retrocede (Facelli *et al.*, 1988; Osem *et al.*, 2004; Hickman *et al.*, 2004; Ruthven, 2007; etc.)

Las causas del aumento de la cobertura por el aislamiento son bastante evidentes, los animales reducen de manera directa los tejidos aéreos lo que puede ocasionar en casos extremos la muerte del vegetal al no tener tejidos con los que producir alimentos. De manera indirecta estaría la acción del pisoteo, que aparte de lesionar las estructuras aéreas del vegetal, provoca la erosión del suelo, altera el ciclo de los nutrientes y puede limitar el establecimiento de algunas especies bien por la merma física bien por limitar la germinación (Hatch *et al.*, 1999; Osem *et al.*, 2004).

La cobertura y la diversidad para muchos autores están relacionadas. Cuando una especie está en su nicho, tiende a ocupar la mayoría del suelo y los recursos y no deja que se establezcan otras plantas. Un hecho que se encontró en los cuadros de exclusión y que coincide con lo apuntado por algunos autores, es la recuperación de especies gramíneas perennes de tamaño medio, que al no pastorearse son muy competitivas (McIntyre y Lavorel, 2001). Para nuestro caso fueron las especies de amplia distribución *Hyparrhenia hirta*, *Cenchrus ciliaris* y *Phalaris caerulea* en algunas zonas de Teno. Estas especies aumentaron la cobertura total, pero como consecuencia de la lucha por la luz y los nutrientes desplazaron a las demás especies, sobre todo anuales. El pastoreo en definitiva promueve la coexistencia de muchas especies, cuando es moderado por tanto la diversidad es menor al disminuir las oportunidades de colonización. Por otro lado, cuando zonas tradicionalmente pastoreadas son excluidas, se disminuye el número de semillas, sobre todo de aquellas que necesitan de los animales para propagarse (Osem *et al.*, 2004; Haretche y Rodríguez, 2006).

En cuanto al efecto del año, a pesar de que no se tienen valores de las precipitaciones en los años de estudio, las razones de que se produzcan diferencias tienen que ver con esta variable. Tanto la diversidad como la cobertura aumentan cuando las condiciones del medio son favorables ya que hay más disponibilidad de agua y recursos y por tanto los tejidos vegetales se recuperan en mayor medida al aumentar el metabolismo, y en el caso de la diversidad las semillas o especies menos resistentes pueden desarrollarse mejor sin desaparecer (Milchunas *et al.*, 1988; Osem *et al.*, 2004; Hickman *et al.*, 2004).



## CONCLUSIONES

El efecto de la exclusión en zonas tradicionalmente pastoreadas puede hacerse patente en cortos periodos de tiempo ya que se rompe el equilibrio inicial de estas comunidades.

La cobertura vegetal aumenta por la exclusión al no ser eliminados ni destruidos los órganos vegetales.

La diversidad de plantas disminuye al retirar el ganado de las zonas pastoreadas ya que no se rompe la dominancia de determinadas especies en el territorio.

El factor año también produce cambios en la cobertura y diversidad vegetal, que tiene que ver sobre todo con el diferente volumen de lluvias interanuales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN-DÍAZ, B. ; RANDALL D.J., 2000. Grazing effects on spring ecosystem vegetation of California's hardwood rangelands. *Journal of Range Management*, 53, 215-220
- BRAMWELL, D.; Z. BRAMWELL, 1994. *Flores Silvestres de las Islas Canarias* (3ª ed. rev.) Editorial Rueda S.L., Madrid. 376 pp.
- COURTOIS D.R., PERRYMAN B.L., HUSSEIN, H.S., 2004. Vegetation change after 65 years of grazing and grazing exclusion. *Rangeland Ecology and Management*, 57(6), 574-582.
- DAGET, P.H. ; POISSONET, J., 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Critres d'application, *Ann. Agron.* 22 (1), 5-41.
- FACELLI J.M., MONTERO, C..M., LEÓN, R.J.C., 1988. Effect of different disturbance regimen on seminatural grasslands from the subhumid Pampa. *Flora*, 180, 241-249.
- FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M. ; DE NICOLÁS, J.P. 1995. Altitudinal pattern of vegetation variation on Tenerife. *Journal of Vegetation Science*, 6, 183-190.
- HARETCHE, F. ; RODRÍGUEZ, C., 2006. Banco de semillas de un pastizal uruguayo bajo diferentes condiciones de pastoreo. *Ecología Austral*, 16, 105-113.
- HATCH, D.A., BARTOLOME, J.W., FEHMI, J.S., HILLYARD, D.S., 1999. Effects of burning and grazing on a coastal California grassland. *Restoration Ecology*, 7(4), 376-381.
- HICKMAN K.R., HARTNETT D.C., COCHRAN R.C., OWENSBY C.E., 2004. Grazing management effects on plant species diversity in tallgrass prairie. *Rangeland Ecology and Management*, 57(1), 58-65.
- HOLECHEK, J.L., GALT, D., KHUMALO, G., 2006, Grazing and grazing exclusion effects on New Mexico shortgrass prairie. *Rangeland Ecology and Management*, 59(6), 655-659.
- HOLLING, C.S. ,1996. Surprise for science, resilience for ecosystems, and incentives for people. *Ecological Applications*, 6(3), 733-735.
- 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(2), 209-226.
- MILCHUNAS, D.G., SALA, O.E. AND LAUENROTH, W.K ,1988, A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. *American Naturalist*, 132(1), 87-106.

- MORENO, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. MandT-Manuales y Tesis SEA,1. Zaragoza, 84 pp.
- 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.
- RUTHVEN, D.C., 2007. Grazing effects on forb diversity and abundance in a honey mesquite parkland. *Journal of Arid Environments* 68(3), 668-677.
- SAVADOGO, P., SAWADOGO, L., TIVEAU, D., 2007. Effects of grazing intensity and prescribed fire on soil physical and hydrological properties and pasture yield in the savanna woodlands of Burkina Faso. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 118, 80-92.
- SCHEFFER, M.; CARPENTER S.R., 2003. Catastrophic regime shifts in ecosystems: linking theory to observation. *Trends in Ecology and Evolution*, 18(12), 648-656.
- STERNBERG, M., GUTMAN, M., PEREVOLOTSKY, A., KIGEL, J., 2003. Effects of grazing on soil seed bank dynamics in a Mediterranean herbaceous community: an approach with functional groups. *Journal of Vegetation Science.*, 14, 375-386.

## **GRAZING OF SMALL RUMINANTS EXCLUSION EFFECT ON BARE GROUND AND ON BOTANIC DIVERSITY AFTER FOUR YEARS OF MONITORING IN PROTECTED AREAS OF THE CANARY ISLANDS**

### **SUMMARY**

Characteristics of the vegetation such as diversity or bare ground are indicators of extensive livestock impact on ecosystems. This study was carried out during four years in grazed zones located in three protected areas of the Canary Islands, where 31 fences were built in order to isolate vegetation from animal action. Changes of vegetation between isolated and already grazed zones were evaluated through this procedure. The impact of grazing abandonment is discussed in places where the activity was traditionally developed. The results point that the vegetal cover

## COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE LOS PASTIZALES MEDITERRÁNEOS CANTÁBRICOS

J.A. OLIVEIRA PRENDES<sup>1</sup>, M. MAYOR LÓPEZ<sup>2</sup> Y E. AFIF KHOURI<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Área de Producción Vegetal. Dpto. de Biología de Organismos y Sistemas. Campus de Mieres. Universidad de Oviedo. 33600 Mieres, Asturias. <sup>2</sup> Área de Botánica. Dpto. de Biología de Organismos y Sistemas. Campus del Cristo. Universidad de Oviedo. 33701 Oviedo, Asturias. <sup>3</sup> Área de Ingeniería Agroforestal. Dpto. de Biología de Organismos y Sistemas. Campus de Mieres. Universidad de Oviedo. 33600 Mieres, Asturias; E-mail: oliveira@uniovi.es

### RESUMEN

Siguiendo el método fitosociológico de Braun-Blanquet, se tomaron cuatro inventarios de las comunidades pascícolas pertenecientes a las clases *Helianthemetea guttati* y *Festuco hystricis-Ononidetia striatae* en Valdemurio (Sierra del Aramo, Asturias), Castro (Somiedo, Asturias), capilla de Pruneda (León) y Mirantes de Luna (León). El objetivo fue el describir las especies presentes en este tipo de pastizales poco frecuentes en el Noroeste de España de modo que se puedan utilizar con fines didácticos en el futuro.

**Palabras clave:** fitosociología, pastizales

### INTRODUCCIÓN

Asturias se encuentra en la frontera de dos grandes regiones biogeográficas: Mediterránea y Atlántico-centroeuropea. Si bien es verdad que su paisaje está dominado por una vegetación atlántica, los estudios realizados por el Área de Botánica de la Universidad de Oviedo pusieron de manifiesto la presencia de flora mediterránea en el Principado (Mayor *et al.*, 1982; Díaz y Prieto, 1994).

Para nuestro estudio elegimos los pastizales xero-termófilos mediterráneos sobre su sustrato calizo, que forman parte de las etapas de sucesión de los bosques de melojos (*Quercus pyrenaica*), encinas (*Quercus ilex*), alcornoques (*Quercus suber*) y quejigos (*Quercus faginea*). Se analizó la composición florística actual de este tipo de pastizales en cuatro localidades de Asturias y León con el fin de utilizar esta información con fines didácticos en la Universidad de Oviedo.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Se siguió el método fitosociológico de Braun-Blanquet, tanto en lo que respecta a la toma de inventarios como al análisis de las tablas fitosociológicas consultadas y las aportaciones introducidas por Poore (1955) sobre el uso de los métodos fitosociológicos en las investigaciones ecológicas. Se seleccionaron cuatro hábitats situados en la Cordillera Cantábrica, siendo éstos: Valdemurio (Sierra del Aramo, Asturias), Castro (Somiedo, Asturias), capilla de Pruneda (León) y Mirantes de Luna (León), en los que se tomó un inventario en cada localidad. Se anotaron los datos de cobertura/abundancia para cada una de las especies presentes. En total se consideraron seis códigos

de cobertura/abundancia (clases de Braun-Blanquet): +: pocos individuos, cobertura insignificante, 1: individuos dispersos (cobertura 1-5%), 2: cobertura del 5-25%, 3: cobertura del 25-50%, 4: cobertura del 50-75%, 5: cobertura del 75-100% (Mueller-Dombois y ElleMBERG, 1974). Usando el GPS, se tomaron las coordenadas de las distintas zonas con el propósito de seguir su evolución en los próximos años.

Con los datos de los inventarios se creó una tabla resumen de las especies encontradas en cada localidad, que es lo que se presenta en este trabajo.

Para la correcta determinación de las especies recolectadas, se consultó el Herbario del Departamento de Biología de Organismos y Sistemas de la Universidad de Oviedo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presenta la tabla 1 con información sobre las especies presentes y su grado de abundancia en las cuatro localidades estudiadas.

En Valdemurio (Quirós), Sierra del Aramo, Latitud 43° 11' 58,8" N, Long. 6° 01' 8,0" O, Alt. 324 m. Inclinación 70% Cobertura 80%, Exposición Sur, Sustrato calizas cantábricas, Suelo esquelético, se trata de un ladera inclinada que mantiene residuos de la climax de un encinar con un matorral de sustitución con *Genista occidentalis* y un pastizal xero-termófilo con *Ononis reclinata* como especie más abundante

En Castro (Somiedo), Lat. 43° 08' 15,00" N, Long. 6° 15' 19,20" O, Alt. 530 m. Inclinación 70%, Exposición Sur, Sustrato calizas cantábricas, se trata igual que en Valdemurio de una ladera inclinada con una vegetación potencial de encinas y quejigos, con un matorral de sustitución de *Genista occidentalis* y unos pastizales perennes xerófilos con *Helianthemum canum* y *Arenaria grandiflora* como especies más abundantes y unos pastizales anuales mediterráneos con *Medicago minima*, *Brachypodium distachyon*, *Ononis reclinata*, *Saxifraga tridactylites*, *Bombycilaena erecta*, *Bupleurum baldense* y *Minuartia hybrida* como especies más abundantes.

**Tabla 1.** Especies y grado de abundancia (entre paréntesis) en las cuatro zonas de estudio: Valdemurio (Sierra del Aramo, Asturias), Castro (Somiedo, Asturias), capilla de Pruneda (León) y Mirantes de Luna (León)

Valdemurio	Castro	Pruneda	Mirantes de Luna
<b>Encinar</b>	<b>Encinar y quejigal</b>	<b>Pastizal</b>	<b>Enebral-sabinar</b>
<i>Quercus rotundifolia</i> (4)	<i>Quercus ilex</i> (3)	<i>Fumana procumbens</i> (2)	<i>Juniperus sabina</i> (3)
<i>Rhamnus alaternus</i> (2)	<i>Quercus faginea</i> (3)	<i>Seseli montanum</i> (2)	<i>Juniperus thurifera</i> (3)
<i>Arbutus unedo</i> (1)	<i>Rhamnus alaternus</i> (2)	<i>Helianthemum canum</i> (2)	<b>Aulagar</b>
<i>Rubia peregrina</i> (2)	<b>Aulagar</b>	<i>Bromus erectus</i> (1)	<i>Fumana procumbens</i> (2)
<i>Smilax aspera</i> (3)	<i>Fumana procumbens</i> (2)	<i>Coronilla minima</i> (2)	<i>Genista scorpius</i> (2)
<b>Aulagar</b>	<i>Genista occidentalis</i> (3)	<i>Poa ligulata</i> (2)	<i>Thymus mastichina</i> (2)
<i>Fumana procumbens</i> (2)	<i>Seseli montanum</i> (3)	<i>Avenula pratensis</i> (2)	<i>Santolina chamaecyparissus</i> (3)
<i>Genista occidentalis</i> (3)	<i>Cistus salvifolius</i> (1)	<i>Festuca hystrix</i> (3)	<i>Helianthemum canum</i> (3)
<i>Helianthemum canum</i> (2)	<i>Erica vagans</i> (2)	<i>Koeleria vallesiana</i> (3)	<i>Coronilla minima</i> (3)
<i>Helianthemum nummularium</i> (2)	<b>Pastizal</b>	<i>Brachypodium distachyon</i> (2)	<b>Pastizal</b>
<i>Teucrium chamaedrys</i> (1)	<i>Bromus erectus</i> (1)	<i>Minuartia hybrida</i> (2)	<i>Brachypodium distachyon</i> (2)
<i>Erica vagans</i> (2)	<i>Avena pratensis</i> (1)	<i>Arenaria serpyllifolia</i> (2)	<i>Arenaria serpyllifolia</i> (2)
<b>Pastizal</b>	<i>Helianthemum canum</i> (3)	<i>Bombycilaena erecta</i> (3)	<i>Bombycilaena erecta</i> (3)
<i>Bromus erectus</i> (2)	<i>Arenaria grandiflora</i> (3)	<i>Xeranthemum inapertum</i> (3)	<i>Medicago minima</i> (3)
<i>Scabiosa columbaria</i> (2)	<i>Brachypodium distachyon</i> (2)		<i>Bupleurum baldense</i> (3)
<i>Asperula aristata</i> (2)	<i>Ononis reclinata</i> (2)		

Valdemurio	Castro	Pruneda	Mirantes de Luna
<i>Picris hieracioides</i> (1)	<i>Saxifraga tridactylites</i> (2)		
<i>Origanum vulgare</i> (2)	<i>Arenaria serpyllifolia</i> (1)		
<i>Sideritis hyssopifolia</i> (2)	<i>Medicago minima</i> (3)		
<i>Brachypodium distachyon</i> (2)	<i>Bombicilaena erecta</i> (2)		
<i>Buplerum baldense</i> (2)	<i>Buplerum baldense</i> (2)		
<i>Ononis reclinata</i> (3)	<i>Linum strictum</i> (1)		
	<i>Minuartia hybrida</i> (2)		

En los alrededores de la capilla de Pruneda (León), Lat. 42° 56' 17,58" N, Long. 5° 58' 23,94" O, Alt. 1132 m. Inclinación 40%, Sustrato calizo, alternan los pastizales xerófilos calizos perennes de *Festuca hystrix* formados por las siguientes especies más abundantes *Festuca hystrix*, *Koeleria vallesiana*, con los pastizales anuales formados por *Bombicilaena erecta* y *Xeranthemum inapertum*, como especies más frecuentes.

En Mirantes de Luna (León), Lat. 42° 53' 1,62" N, Long. 5° 51' 49,38" O, Alt. 1096 m. Inclinación 70%, Sustrato calizo, se encuentran bosque de enebros y sabinas formados por *Juniperus sabina* y *Juniperus thurifera* y como etapas de sustitución tenemos un aulagar con *Santolina chamaecyparissus*, *Helianthemum canum* y *Coronilla minima* como especies más abundantes y pastizales anuales mediterráneos con *Bombicilaena erecta*, *Medicago minima* y *Bupleurum baldense* como especies más abundantes.

Las dos localidades estudiadas en León se sitúan en el piso supramediterráneo (entre 900 y 1800 m), mientras que de las dos localidades asturianas, la localidad de Castro (Somiedo) se sitúa en el piso colino (400 a 900 m) y Valdemurio (Sierra del Aramo) en el termocolino (por debajo de 400 m de altitud).

## CONCLUSIÓN

Este estudio de algunos pastizales mediterráneos cantábricos sobre sustrato calizo permitió la descripción de las principales especies presentes en los mismos y debido a su localización exacta con el GPS, permitirá seguir su evolución en los próximos años y su utilización con fines didácticos.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha podido realizar gracias a la financiación concedida al proyecto de la Universidad de Oviedo UNOV-07-MB-201.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- DÍAZ, T.E., FERNÁNDEZ PRIETO, J.A. (1994). La vegetación de Asturias. *Itinera Geobotánica*, 8, 243-528.
- MAYOR LOPEZ, M.; FERNANDEZ CASADO, M. A.; NAVA FERNANDEZ, H. S.;
- ALONSO FERNANDEZ, J. R.; LASTRA MENENDEZ, J. J.; HOMET GARCIA CERNUDA, J. M., 1982. Comportamiento ecológico de *Festuca hystrix* en la Península Ibérica con especial referencia a los montes CántabroAstures. *Bol. Cien. Nat. R.I.D.E.A.*, 30, 93-106.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H., 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. Ed. Wiley, 547 pp. Nueva York (Estados Unidos).

POORE, M. E. D., 1955. The use of phytosociological methods in ecological investigations. II. Practical issues involved in an attempt to apply the Braun Blanquet system. *Journal of Ecology*, 43, 245-269.

## **FLORISTIC COMPOSITION OF CANTABRIAN MEDITERRANEAN PASTURES**

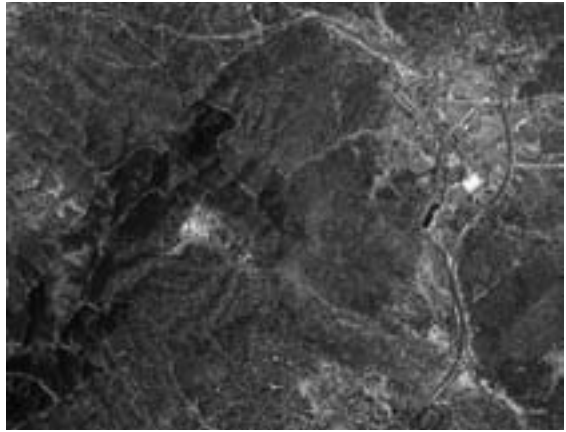
### **SUMMARY**

According to the phytosociological method of Braun-Blanquet, four inventories were taken on the pasture communities belonging to the phytosociological classes: *Helianthemetea guttati* and *Festuco hystricis-Ononidetea striatae* at Valdemurio (Sierra del Aramo, Asturias), Castro (Somiedo, Asturias), chapel of Pruneda (León) and Mirantes de Luna (León). The objective was to describe the present species in this type of pastures in the Northwest of Spain so that they are possible to be used with didactic aims in the future.

**Key words:** pastures, phytosociology.

## PRODUCCIÓN VEGETAL

Segunda Parte







## TENDENCIAS EN LOS PASTOS CULTIVADOS. DESDE LA RECUPERACIÓN DE VARIETADES AUTÓCTONAS HACIA EL DESARROLLO DE LOS TRANSGÉNICOS

J. I. CUBERO SALMERÓN<sup>1</sup> Y S. NADAL MOYANO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> **Departamento de Genética. E.T.S.I.A.M., Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba.**

<sup>2</sup> **Área de Mejora y Biotecnología Vegetal. IFAPA Centro “Alameda del Obispo” Avda. Menéndez Pidal s/n. Apdo. 14004 Córdoba**

### PASTOS CULTIVADOS

Si por “pasto” se entiende el alimento que se le da al ganado doméstico, recuperando el significado latino original, en estas páginas habría que tratar todo tipo de vegetales, pues todo es consumible por los animales. En efecto, todas las familias del Reino Vegetal pueden suministrar alimentos para producción animal. En caso de necesidad se ha hecho así. En la agricultura romana se llegaron a utilizar, dada su penuria crónica de forraje fresco e incluso de paja, las cosas más diversas: orujo de uva, hojas de árboles como olmos, sauces, hayas, higueras, olivo, incluso de encina y roble, ni que decir tiene que granos variados de cereales y leguminosas, a veces incluso tostados.

Por otro lado, las “tendencias” pueden considerarse en diferentes campos, desde el puramente agronómico hasta el industrial, incluso al de conservación de suelo. Se restringirá en lo posible a las acciones que caigan dentro del ámbito de la Mejora genética aunque se tome en sentido amplio.

Hay dos grandes familias que han suministrado alimento para los animales más que las demás: las gramíneas y las leguminosas. La razón es que forman los pastizales de todo el mundo, en casi todas las zonas climáticas. De ellas han salido no sólo nuestras actuales forrajeras, sino también las especies cultivadas productoras de grano tanto para pienso como para alimentación humana. Una buena parte de los granos que alimentan al mundo eran plantas de pastos naturales. Por ello, casi cualquier especie cultivada de una u otra de dichas familias tiene aún tendencia a ser auténtica planta de pasto, no sólo como forrajera sino como parte de la comunidad del pastizal.

Pero no son las únicas fuentes de pasto que, como se ha dicho, puede ser cualquier alimento. Numerosas familias botánicas contribuyen a ello. FAO codificó y catalogó en más de 15 grupos los cultivos potenciales de ser usados como pastos (Tabla 1). Entre las crucíferas, las especies del género *Brassica* (nabos, coles etc.) y relacionadas tienen especial importancia por sus hojas y raíces en la zona atlántica europea. Entre las cucurbitáceas destacan las calabazas. Todas ellas permitieron cubrir la deficiencia de forraje en las explotaciones.

**Tabla 1.** Código y clasificación FAO de especies aprovechadas como pastos

Código	Cultivos	Especies	Aprovechamiento
0636	Maíz forrajero		Segado en verde
0637	Sorgo forrajero		Segado en verde
638	Rye grass forrajero	Ryegrass italiano ( <i>Lolium multiflorum</i> ), Ryegrass perenne inglés ( <i>L. perenne</i> )	
0640	Tréboles forrajeros	<i>Trifolium</i> spp.	Utilizadas como praderas, forraje o para ensilado
0641	Alfalfa forrajera	<i>Medicago sativa</i>	Utilizada como forraje verde, para ensilado, henificado y como pratense
0642	Oleaginosas		Segado en verde para ensilado
0643	Leguminosas	<i>Lotus corniculatus</i> , <i>Lespedeza</i> spp., <i>Pueraria lobata</i> , <i>Sesbania</i> spp., <i>Onobrychis sativa</i> , <i>Hedysarum coronarium</i>	Segadas en verde como forrajeras
0639	Gramineas forrajeras	<i>Agrostis</i> spp., <i>Poa</i> spp., <i>Sorghum almum</i> , <i>Festuca</i> spp., <i>Penisetum purpureum</i> , <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Chloris gayana</i> , <i>Sorghum vulgare</i> var. <i>sudanense</i> , <i>Phleum pratense</i>	Segadas en verde como forraje
0644	Coles forrajeras	<i>Brassica chinensis</i> , <i>B. oleracea</i>	Especialmente cultivadas como forrajeras
0645	Calabazas para forraje	<i>Cucurbita</i> spp.	Especialmente cultivadas para forraje
0646	Nabos forrajeros	<i>Brassica rapa</i> var. <i>rapifera</i>	Especialmente cultivada para forraje
0647	Remolacha forrajera	<i>Beta vulgaris</i>	Especialmente cultivada para forraje
0648	Zanahoria forrajera	<i>Daucus carota</i>	Especialmente cultivada para forraje
0649	Colinabos	<i>Brassica napus</i> var. <i>napobrassica</i>	Especialmente cultivados para forraje

Fuente: [www.fao.org](http://www.fao.org)

## NECESIDAD DE CULTIVAR PASTOS

Los pastos naturales escasearon siempre en la agricultura clásica al haberse transformado en tierras de cultivo a lo largo del tiempo. Se conservaron como tales en las tierras comunes y de propios para el pastoreo, pero siempre con la mirada de los grandes ganaderos y de los políticos reformistas puesta en ellos. Los pastizales se fueron reduciendo a zonas marginales hasta el punto de sugerir con su mención tierras secas y pobres con hierbas ralas y escasas. Es la consecuencia de la disociación entre agricultura (en sentido estricto) y ganadería, y de las luchas eternas entre ganaderos y agricultores.

En la opinión de los autores de este trabajo, los pastos deberían ser una parte integrante de un sistema racional de explotación del suelo que lograría mejorar éste al mismo tiempo que alimentar el ganado. El famoso “cultivo al tercio”, practicado hasta bien entrado el siglo XX en gran parte de España y, sobre todo, en Andalucía, lo integraba. Mal comprendido por los reformistas debido a los abusos de los ganaderos de la Mesta, tardó en desaparecer porque cumplía una función esencial, pero para ello había que gestionarlo bien, y no era la norma. Al cultivo al tercio le sobraba, en general, la hoja de barbecho, pero no la de pasto.

Al desaparecer o degradarse muchos pastizales, también desaparecieron muchos de sus componentes, sin que se haya tenido ocasión de recuperarlos para su cultivo por separado o para la formulación de prados y pastos artificiales. La idea de que lo mejor es el pasto o prado natural porque ha evolucionado adaptándose a un ambiente determinado no resiste la crítica más amable. Dos praderas “naturales” colindantes pueden tener composiciones distintas porque, como en tantas otras entidades tenidas por “naturales”, lo que las ha formado es la acción del hombre. Este sí era un defecto del cultivo “al tercio”: la hoja de pasto se ignoraba y se sobrepastoreaba; en realidad, era una tierra inculta, que no es lo mismo que un prado como debería ser.

Pocas veces se han extraído componentes de pastos naturales para formar especies forrajeras *per se*. La más importante, pero no la única, es la alfalfa. La llegada de la alfalfa significó un alivio para la ganadería de la Roma Imperial, lo mismo que en la California del XIX. Algo similar sucedió con los tréboles en la Europa atlántica. Asimismo, algunos cultivos quedaron para exclusivo uso animal cuando por distintas razones se encontraron sustitutos en la dieta del hombre. Por ejemplo, el nabo se dedicó casi exclusivamente a alimentación animal (evidentemente en la agricultura desarrollada) sólo cuando se popularizó la patata en Europa.

A medida que se desarrollaba la agricultura científica se produjo una especialización de cultivos y para el animal se fueron quedando los prados, que adquirieron su connotación de tierra inculta donde crecen malas hierbas y matorrales.

El producto de los prados pueden tener diversos usos: pastoreo directo, henificado o ensilado y doble uso para pasto y grano. Si el prado está formado por una sola especie, caben además otras posibilidades, pues al ser el producto homogéneo y poder entrar en las formulaciones de piensos con mayor facilidad que las mezclas.

El doble uso es típico de regiones áridas; en el borde del desierto sirio, por ejemplo, se siembra cebada (razas locales adaptadas), se lleva el ganado (oveja) a pastar ligeramente y el rebrote se aprovecha para grano, aunque la producción no llega a los 200 kg/ha. No lo consideraremos en el presente trabajo.

Los animales han comido partes vegetativas (normalmente hojas o brotes, pero también cortezas y raíces) y órganos reproductivos (normalmente semillas). Hay infinitamente más de las primeras que de las segundas, pero la gran masa vegetativa sólo la aprovechan, en sentido global, los rumiantes. De ahí que la labor de mejora sobre pastos y forrajes se haya dirigido hacia componentes tales como la palatabilidad, la capacidad de rápida regeneración, la proporción de limbo foliar a partes leñosas, la calidad del heno, la resistencia al pastoreo (pisoteo), a condiciones adversas (frío, heladas, calor, etc.), a condiciones de suelo, al espigado si éste es indeseable, etc. No han tenido gran importancia los factores tóxicos, más diluidos, en general, en las partes vegetativas que en el grano, aunque es cierto que existen en algunas especies; pero si el contenido en ellos es alto, lo que es raro, se formula adecuadamente la mezcla de semillas al preparar el prado.

## UTILIZACIÓN DIRECTA

Como se ha dicho antes, el prado debería ser un elemento esencial en cualquier tipo de agricultura, sobre todo en las que contemplen cualquier tipo de sostenibilidad, pues permiten conservar las características del suelo e incluso mejorarlas. En la ordenación que hace Catón (siglo II aC) de mayor a menor interés de los productos de la agricultura extensiva romana, las praderas ocupan el 5º lugar, tras el olivar y antes que el trigo. Y en tercer lugar está para él la saucedá, como fuente de madera y varas pero también de forraje (hojas) para el ganado.

Se sobreentiende aquí que se trata de pastos artificiales, combinando adecuadamente las especies elegidas, o regenerados siguiendo la misma tónica. Las especies que entren en la formulación han de ser tolerantes al pastoreo que influye tanto por las pisadas como por la diferente

manera de arrancar o cortar la hierba distintas clases de ganado. La labor de mejora hay que realizarla en cada componente; el carácter usual en la selección es la capacidad de rebrote tanto en número de tallos como en rapidez de recuperación. Se puede simular por el mejorador con cortes y distintas presiones en distintas fases del ciclo vegetativo, pero, como es general en la mejora por resistencia, se requiere validación en condiciones naturales.

El rebrote es importante pero no el único carácter a considerar. Los componentes han de presentar bajo contenido en productos antinutritivos, presentes en todas las especies vegetales, algunos manifiestamente tóxicos (los casos más conocidos son los de algunas especies de *Lolium* entre las gramíneas y de *Lotus* entre las leguminosas). El mejorador puede seleccionar para contenidos por debajo del umbral crítico, pero en el caso de prados artificiales, es más fácil elegir especies próximas con la misma calidad y directamente con bajos contenidos.

Otro carácter importante concierne tan sólo a las leguminosas: la capacidad de asociación con bacterias fijadoras de nitrógenos (rizobios). Por ello, la formulación de la pradera debe evitar la inclusión de leguminosas forrajeras exóticas a menos que se haya demostrado que en el terreno hay rizobios compatibles; si no es el caso, habría que inocular artificialmente, con lo que la pradera pierde parte de su ventaja económica y quizá su estabilidad, porque habría que estudiar la persistencia del rizobio exótico en el suelo. La mejora para incrementar la eficacia en la fijación de nitrógeno es muy difícil, por lo que lo más aconsejable en la formación del prado es considerar de especies autóctonas bien adaptadas a la población de rizobios del suelo.

Asimismo es importante elegir o seleccionar formas con buen sistema radicular que explore capas profundas del suelo, para que salve la estación seca, pues se trata de buscar la permanencia del prado cara al pastoreo y, simultáneamente mejorar las propiedades físicas del suelo. La raíz ha sido el órgano más olvidado por la Mejora, en gran parte debido a la doble dificultad de estudio: en condiciones naturales y a la simulación de tales condiciones en laboratorio. No obstante, en los últimos años se han realizado algunos trabajos y se han publicado extensas obras de referencia; si difícil es estimar heredabilidades, por ejemplo, del índice de cosecha (proporción del grano a la masa vegetativa), mucho más lo es hacerlo con un "índice radicular", que sería la proporción de masa radicular a la masa vegetativa total de la planta. El terreno, nunca mejor dicho, está todavía bastante inexplorado.

Como el prado ha de permanecer varios años en el terreno, la formulación debe incluir sólo especies (o variedades) perennes. Hay una fuerte relación entre perennidad y poliploidía, debido principalmente a que los poliploides forman más yemas en el cuello de la planta, por lo que los componentes deben ser poliploides. Las tres principales familias (gramíneas, leguminosas y crucíferas) están formadas por complejos poliploides de los que es posible elegir el grado de ploidía requerido. De otra forma, hay que duplicar artificialmente el número de cromosomas, lo que es relativamente fácil en gramíneas y crucíferas pero no en leguminosas, a pesar de lo cual se lo puede conseguir (el trébol violeta "Goliat" fue un tetraploide artificial).

La composición a base de especies o variedades anuales de autoresiembrado tiene la dificultad de la germinación e instalación de la nueva planta en un prado totalmente cubierto por especies ya establecidas, a menos que todas las especies fueran de ese mismo tipo, y entonces habría que asegurar la producción similar de semillas por cada especie para garantizar la estabilidad del banco de semillas a lo largo de los años. No obstante, cabe la formación de praderas monoespecíficas con autoresiembrado. Existen especies con tal posibilidad, algunas anuales (*Vicia amphicarpa* por ejemplo). Se han puesto en práctica, además, otras estrategias, como la selección de variedades en alguna forrajera (*Medicago rigidula*), con latencia seminal de un año, de tal forma que se siembra un año, el siguiente puede sembrarse otro cultivo (un cereal, por ejemplo), y al tercero la pradera de *M. rigidula* vuelve a reconstituirse por sí misma. Siendo un caso interesante y ensayado, el manejo requiere un "paquete técnico" global y la comprobación de que la resiembra en ese tercer año es homogénea y económicamente rentable. En todo caso, debe señalarse que las mielgas y carretones están aún por estudiar desde el punto de vista de sus posibilidades agronómicas.

## CULTIVOS FORRAJEROS

En cultivo simple, la alfalfa quizá sea la primera forrajera en haber sido cultivada, muy probablemente a mediados del primer milenio adC. Cabe mencionar también los tréboles, sobre todo el violeta (*Trifolium pratense*), conocidos por los romanos introducidos de forma sistemática en la Baja Edad Media en las costas atlánticas europeas. Esparceta (*Onobrychis sativa*), alholva (*Trigonella foenum-graecum*), zulla (*Hedisarum coronarium*), varias especies del género *Vicia* (especialmente *V. sativa* y especies del subgénero *Cracca*) y *Lathyrus* (*L. sativus*, *L. cicera*) también se han llegado a cultivar por sí mismas, algunas de ellas con frecuencia con doble aptitud, forraje y grano. En interesante indicar que la soja se introdujo en los EEUU a principios del siglo XX pensando en utilizarla como forrajera. También debe señalarse que no se ha explorado suficientemente el uso puramente forrajero de especies típicamente de grano como las habas (*Vicia faba*) que, sin embargo, produce una masa verde superior a muchas de las de las especies típicamente forrajeras.

Entre las gramíneas, se han utilizado un gran número de ellas como forrajeras, incluyendo maíz, sorgo, cebada (sola, llamándose entonces *alcacel*, o en mezcla con alguna leguminosa, especialmente veza común), vallicos (*Lolium* spp.), *Agropyron* spp., etc. Se intentó hace más de medio siglo el cruzamiento de trigo harinero con algunas especies de *Agropyron*, con la idea inicial de conseguir un trigo perenne pensando en la producción de grano. Los híbridos y alopoloides se obtuvieron, pero formaban masas cespitosas y espigas insignificantes. En la actualidad se piensa en tales formas para uso forrajero.

Otras plantas cultivadas pueden utilizarse como forrajeras: remolacha (*Beta vulgaris*), nabo, colinabo (ambas del género *Brassica*), etc., con frecuencia con doble uso en alimentación humana y animal. Justamente, las especies de este género admiten los cruzamientos interespecíficos entre ellas e incluso con especies de otros géneros próximos como *Raphanus*; aparte de buscarse en esos híbridos o alopoloides características de grano, podrían utilizarse también para su aprovechamiento forrajero, como de hecho hizo la Naturaleza con nabos, colinabos, etc.

De poderse plantar en climas templados, también lo serían las raíces feculentas de la mandioca (*Manihot esculenta*, la única euforbiácea que sirve de alimento, llamada en inglés *yuca* sin relación con la yuca botánica), los ñames (*Dioscorea* spp.), taro (*Colocasia esculenta*) y especies relacionadas, pero en el cinturón tropical son alimento base de la población.

## LOS CRITERIOS DE MEJORA

*Caracteres generales.* Sobre plantas forrajeras en cultivo puro se ha realizado, en general, una escasa labor de mejora. En muy pocas especies existen variedades seleccionadas *per se* para forraje que respondan a las necesidades de una agricultura moderna, esto es, capaces de recogida mecánica, homogéneas en cuanto a floración y fructificación (para la producción de semilla de siembra), resistentes a las principales enfermedades, adaptadas a ambientes diversos y de buenos rendimientos. En realidad, se dedica a forraje lo que se decide no utilizar como alimento para el hombre, pero requieren una selección propia que tenga en cuenta parámetros distintos a los utilizados para otros usos.

Parámetros propios de una buena forrajera son los contenidos en azúcares, fibra, lignina, sustancias antinutritivas, además de la palatabilidad, la subida a flor en su caso o la autoincompatibilidad en el de plantas anuales, etc., así como la posibilidad de utilizar u obtener variedades poliploides, ya que el poliploide, de por sí, favorece el gigantismo y favorece la infertilidad. En el caso de las leguminosas, como se dijo antes, ha de tenerse en cuenta su asociación con bacterias fijadoras de nitrógeno, siendo preferible elegir especies cuyos rizobios estén presentes antes que inocular artificialmente, a menos que el inóculo permita formar poblaciones bacterianas permanentes en el terreno.

Las especies forrajeras en cultivo *per se* no van a utilizarse en régimen de pastoreo, salvo en rastrojera o en circunstancias especiales, y pocas veces en consumo directo tras el corte. Lo mismo que hace para su propio alimento, el hombre transforma el de sus animales por medio de secado, molienda, ensilado, henificado, extrusionado, peletizado, etc. No sólo se modifican así las propiedades organolépticas, lo que incrementa la ingesta, sino que el valor biológico aumenta, entre otras razones por desaparecer algunos componentes tóxicos, lo que se hacía en la agricultura antigua con el descascarillado (para eliminar parte de taninos) y el lixiviado (para eliminar alcaloides).

*La parada invernal.* Uno de los principales limitantes desde antiguo en la producción ganadera en nuestras condiciones mediterráneas ha sido y es la falta de pastos durante el invierno. Refranes como “si siempre fuese mayo todo el mundo tendría caballo” sintetizan perfectamente este problema. Por medio de la Mejora genética se ha intentado paliar este problema. Un ejemplo, convertido actualmente en una paradoja que nos ilustra de lo dinámico de los sistemas agrícolas y de las necesidades actuales, lo encontramos en la alfalfa.

Los materiales antiguos de alfalfa (poblaciones locales, ecotipos, ) se caracterizaban, además de por otras cualidades adaptativas, por presentar periodos más o menos extensos de parada invernal, permitiendo sólo tres cortes en el periodo comprendido entre abril y junio en condiciones mediterráneas. Era un factor más que contribuía a la escasez de alimento para el ganado durante el invierno, ya que en los meses de frío el cultivo estaba latente y no producía forraje. Ante esto el ganadero tendría que acudir a forrajes deshidratados o piensos para el mantenimiento de su ganado.

Además de los objetivos ya enumerados de la mejora de forrajes en general los criterios prioritarios de selección han ido encaminados al desarrollo de materiales que apenas si presentan parada invernal, proporcionando al agricultor hasta siete cortes en la campaña. De esta manera se consigue ampliar la producción y el periodo productivo significativamente. Sin embargo, esta presumible ventaja, se convierte en desventaja cuando llevamos estos materiales a típicas condiciones andaluzas, con inviernos suaves y veranos muy cálidos. En estas condiciones, los primeros cortes, de la campaña, no suelen sobrepasar los 3000 kg/ha. Esto determinará unos altísimos costes unitarios de recolección, que hace inviable el cultivo. Sería preferible desde el punto de vista contable realizar sólo tres cortes, pero de alta producción. Por ello, y para determinadas condiciones andaluzas, como las existentes en el Bajo Guadalquivir, nueva zona alfalfera andaluza, es necesario identificar o desarrollar nuevos materiales que además de presentar una alta calidad de forraje se adapten a un manejo de no más de tres cortes en el periodo de máxima producción.

Nuevamente, tanto la Mejora como la Agronomía tendrán que ir de la mano, ya que no sólo sería de interés el desarrollo de materiales específicos para este ambiente y sus condicionantes, sino que habría que evaluar el comportamiento agronómico en estas y en las potenciales zonas de cultivo de las más de 300 variedades inscritas en el Registro de Variedades de la Unión Europea, y más de 30 en el Catálogo Español de Variedades (DAA,2005). Por desgracia, apenas si existe información acerca del comportamiento agronómico de dichas variedades, siendo además de escasa, o muy general o referida a condiciones muy particulares (Lloveras et al., 1995, 1998). Queda pues mucho trabajo por realizar.

Resuelta o no resuelta la identificación o el desarrollo de cultivares con estas especificidades, el problema de la carencia de pastos en periodo invernal continúa. Es necesario, por tanto, la evaluación de especies, y dentro de éstas de los genotipos que presenten un rápido crecimiento invernal, procurando de tal forma suficiente biomasa. Tal y como anteriormente se comentó, trabajos preliminares desarrollados en nuestro grupo han puesto de manifiesto elevadas producciones en forraje verde en siembras tempranas de habas, más 50.000 kg/ha. Otra especie a estudiar con estos requerimientos serían los alberjones (*Vicia narbonensis*), que presentan también un rápido crecimiento invernal.

*Eficacia en el uso del agua.* El otro gran condicionante en las condiciones mediterráneas es la falta de agua. La continua escasez de agua, así como la presión social reacia a consentir gastos elevados de este elemento, obliga a incluir como nuevo criterio de mejora la selección de genotipos que se adapten mejor a un riego deficitario, así como la diversificación a especies adaptadas a condiciones de secano mediterráneas. En lo referente al primer caso, en materiales seleccionados para su cultivo en riego deficitario, y tomando nuevamente la alfalfa como ejemplo, al criterio antes mencionado para su cultivo en las condiciones del Bajo Guadalquivir (no más de tres cortes), habría que añadir la disponibilidad de no más de 2500 m<sup>3</sup>/ha de dotación de agua. Aquellos genotipos que mejor se adapten a estas nuevas condiciones de cultivo serán los de mayor sostenibilidad social y económica.

En cuanto a la diversificación a cultivos forrajeros de secano, actualmente nuestro grupo dispone ya de más de 30 poblaciones naturales de zulla (*Hedysarum coronarium*), leguminosa forrajera perenne de alta producción, que se están evaluando para tales condiciones en distintas localidades andaluzas.

*Otros caracteres.* Un ejemplo de lo diferente que pueden ser los criterios de selección en función del uso que se le de al cultivo puede verse en el caso del altramuza amarillo (*Lupinus luteus*), interesante por su tolerancia de suelos muy ácidos, cuyo grano es muy rico en proteína (llega al 50% de materia seca) y tiene una buena proporción de lípidos (roza el 20%). Se seleccionaron formas dulces (sin alcaloides) e indehiscentes en Alemania y Polonia para su uso como pienso directo, pero no llegaron a sembrarse en nuestro país; por el contrario, algunos agricultores onubenses los sembraron en zonas de suelos pobres para pasto de ovejas, seleccionando de forma intuitiva variedades de porte bajo y muy dehiscentes, esto último con un doble objetivo: evitar que la oveja se comiera de una vez todo el racimo maduro (por la gran cantidad de proteína y alcaloides que ingeriría en un solo bocado) y permitir la resiembra por medio de las semillas caídas.

Caben otras líneas de trabajo, posibilitando la obtención de un producto diferenciado, que es lo perseguido por cualquier empresa. Así, la obtención de forrajes con contenidos específicos en taninos condensados (tenidos por antinutritivos), disminuyendo los problemas derivados del meteorismo y controlando las poblaciones de parásitos intestinales (Iqbal et al., 2002) es un nuevo criterio de mejora perseguido, especialmente en materiales destinados a sistemas de producción integrada o ecológica. De nuevo se produce la paradoja del cambio de criterio.

## LA INGENIERÍA GENÉTICA

Un trabajo de Mejora genética debe examinar la viabilidad de una especie forrajera respecto a cualquiera de los métodos de transformación existentes. La ingeniería genética es un método poderoso para transferir un solo gen de cualquier especie a cualquier otra, perfeccionando así un método de mejora tradicional como es el retrocruzamiento. En 2007 se han sembrado en todo el mundo unos 115 millones de hectáreas de cultivos transgénicos, la inmensa mayor parte de soja, maíz, algodón y colza (James, 2008). Lógicamente, como todo material en el que se inicia un nuevo método de Mejora, los productos obtenidos son alta rentabilidad; así, aunque el maíz Bt resistente a taladro pueda utilizarse como forraje, nadie lo hará en principio salvo que ocurran circunstancias muy adversas. Asimismo, se ha conseguido y ensayado una remolacha azucarera tolerante a herbicidas, pero ni es aún comercial ni se ha pensado en un uso forrajero. Todo llegará, no obstante.

En la actualidad, la única especie forrajera por sí misma sobre la que se han realizado trabajos de transferencia extraespecífica por ingeniería genética es la alfalfa (Huimin et al., 2005), existiendo ya variedades transgénicas comerciales como es la alfalfa RR de Monsanto con tolerancia al herbicida glifosato. Ni que decir tiene que, como todos los organismos transgénicos que no producen medicinas, está sujeta a una oposición feroz por parte de grupos ecofundamentalistas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DAA, 2005. El cultivo de la alfalfa en Aragón. Informaciones Técnicas, Nº 157. Dirección General de Desarrollo Rural. Departamento de Agricultura y alimentación. Gobierno de Aragón.
- HUIMIN, L.; YANG, X; ZHONGXU, S; TAINING, W.; DEXI, L.; GUOLIAN, W.; JIAN, H.; SHOUYI, C., 2005. Establishment of genetic transformation system of *Medicago sativa* mediated by *Agrobacterium*. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 13 (2), 152-153
- IQBAL, Z.; AFTAB, M.; NISAR, M. 2002. Anthelmintic effect of condensed tannins. *International Journal of agriculture & Biology*, 4 (3), 438-440
- JAMES, CLIVE. 2008. Situación mundial de los cultivos biotecnológicos/transgénicos en 2007. ISAAA, Resumen ejecutivo.
- LLOVERAS, J.; LANZACO, O.; PEDRÓS, C.; GRACIA, P.; SOLDEVILA, J.; MERINO, E.; BETBESÉ, J.A.; ARENY, J.; LÓPEZ, A., 1995. Varietats d'alfals en els regadius de Lleida. *Catalunya Rural i Agraria*. 8, 11-15.
- LLOVERAS, J.; LÓPEZ, A.; BETBESÉ, J.A.; BAGÁ, M., 1998. Evaluación de variedades de alfalfa en los regadios del Valle del Ebro. Análisis de las diferencias intervarietales. *Pastos*, 28 (1), 37-56



## LEGUMINOSAS ANUALES PARA LA MEJORA DE PASTOS EN GALICIA

J. PIÑEIRO-ANDIÓN<sup>1,2</sup>, N. DÍAZ-DÍAZ<sup>1</sup>, J. FERNÁNDEZ-PAZ<sup>1</sup>, M. CASTRO-LOSADA<sup>3</sup>  
Y M.J. BANDE-CASTRO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. Apartado 10. E-15080 A Coruña (España). <sup>2</sup> Departamento de Producción Vexetal. Universidad de Santiago de Compostela. E-27002 Lugo (España). <sup>3</sup>Roimelo, 4. E-32660 Allariz. Ourense (España)

### RESUMEN

Para mejorar el contenido en trébol de una mezcla de raigrás inglés, dactilo y trébol blanco, sembrada en 2003 en tierras de matorral, en otoño de 2006 se hizo una siembra directa de una mezcla de nueve leguminosas: Trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*), t. migueliano (*T. michelianum*), t. vesiculoso (*T. vesiculosum*), t. persa (*T. resupinatum* ssp. *resupinatum*), t. encarnado (*T. incarnatum*), t. blanco (*T. repens*), t. fresa (*T. fragiferum*), serradela (*Ornithopus sativus*) y aserruche (*Biserrula pelecinus*). Entre las parcelas sembradas se dejaron zonas sin sembrar para comparación. El crecimiento desde el invierno hasta mayo de 2007 fue de 1,5 y 3,5 t/ha MS en las zonas sin sembrar y sembradas, respectivamente. Las producciones se elevaron a 6,6 y 9,6 t/ha a finales de junio.

**Palabras clave:** incendios forestales, agricultura ecológica, siembra directa, *Trifolium*.

### INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales, que se concentran sobre todo en la provincia de Ourense, comienzan a ser un problema en Galicia a mediados de los setenta, consecuencia de la crisis de la agricultura tradicional ocasionada por el cambio del sistema de uso múltiple del monte, que dio paso a un aprovechamiento disociado del territorio en el que la superficie de Galicia quedó dividida en tres partes casi iguales para: 1) Actividades agrícolas y ganaderas, 2) Monte arbolado y 3) Monte abandonado o con una escasa utilización, ocupado por matorrales que han perdido su función de suministro de leña y de cama para el ganado (Sineiro, 2005).

Dentro de los programas de lucha contra los incendios, el Ayuntamiento ourensano de Allariz creó la sociedad mixta 'Allarluz S.A.' a mediados de los noventa, que promovió la construcción de una pequeña central de combustión de fitomasa de 2,3 MW para generación de energía eléctrica, en la que parte del combustible utilizado procede de la corta de matorrales y otra parte de subproductos de la industria maderera. Esto permite limpiar superficies importantes de matorral cuando se dispone de subvenciones para costear la corta y el transporte del material hasta la central. El programa necesita de apoyo financiero público porque la producción de energía con biomasa extraída de matorrales supera los 0,12 euros/kWh, mientras que el costo medio utilizando energía de otras fuentes es de 0,04 euros/kWh (Prada *et al.*, 2005). En todo caso, el rápido rebrote de la vegetación arbustiva en las zonas limpias alertó a los primeros responsables de la gestión de 'Allarluz' sobre la necesidad de buscar un método alternativo que evitase una nueva invasión del matorral.

Éste fue el origen de la Asociación de Gandeiros de Penamá, creada en 2001 con el decisivo impulso del Ayuntamiento de Allariz, que procedió a lo largo de los últimos seis años al cierre de 200 has de terreno a monte, con el objetivo de convertirlo en pastos, por siembra de praderas, para la cría y recuperación de la raza autóctona de vacuno Limiá, por entonces la más amenazada de Europa, y evitar de este modo la reimplantación del matorral. Parte de los matorrales de Penamá se habían cortado para abastecer de biomasa a 'Allarluz' y estaban revirtiendo a la situación de abandono inicial.

Se transformaron en praderas 85 ha por siembra de una mezcla de raigrás inglés, dactilo y trébol blanco sobre suelos previamente ocupados por matorrales o pinares. La mezcla utilizada parecía ser la más adecuada, teniendo en cuenta las recomendaciones sobre mezclas (Piñeiro y Pérez, 1993). La explotación ganadera se gestiona dentro de la normativa de producción ecológica, lo que implica, entre otros requisitos, la prohibición de uso de abono nitrogenado de síntesis como factor de producción. Por ello, el N atmosférico es la fuente esencial de entrada del N en el sistema (Younie y Piñeiro, 1999) a través de su fijación por las leguminosas de la pradera. Es, por tanto, imprescindible el buen funcionamiento del trébol.

En el transcurso de los primeros años se observó una baja producción generalizada de las praderas y una escasa persistencia del raigrás inglés y del trébol blanco, debido sobre todo a la escasa fertilidad inicial de los suelos, muy ácidos y muy escasos en fósforo y potasio, y a las condiciones climáticas extremas, con inviernos largos y fríos y veranos muy secos, sequía que se acentúa en la práctica en Penamá por la naturaleza granítica de sus suelos, ligeros y con escasa capacidad para la retención de agua. La acidez se fue corrigiendo mediante aplicación de enmiendas encalantes y la fertilidad del suelo se fue mejorando mediante la aplicación de estiércoles de pollo y vaca compostados, y de abonos de roca fosfórica. La falta de persistencia de trébol blanco llevó a una gran escasez de leguminosas, lo que se convirtió en el problema principal de la granja porque limitó los niveles de producción y de calidad de los pastos. Dada la acentuada mediterraneidad del clima, que se manifiesta sobre todo por la escasez de agua en verano, se han ensayado sobre todo especies leguminosas anuales adaptadas a climas semiáridos y suelos ácidos.

Los objetivos principales del programa experimental fueron: 1) La búsqueda de nuevas especies leguminosas, distintas del trébol blanco y 2) Búsqueda de un método de siembra sin laboreo, para introducir las praderas establecidas. En esta comunicación se presentarán resultados de las siembras realizadas dentro del segundo objetivo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Situación geográfica, clima y fertilidad de suelo

La finca está situada en el sur del Municipio de Allariz (Ourense), a 850 m de altitud, sobre suelos graníticos con profundidad variable, desde muy poco a bastante profundos, con abundante presencia de piedras. La temperatura media anual de montes del entorno es de 11,7 °C, oscilando entre 5,2 °C en enero y 19,4 °C en julio. La lluvia anual es de 750 mm, con fuerte sequía de verano, que puede empezar en el mes de mayo. La lluvia media de mayo, junio, julio y agosto es de 65, 35, 19 y 18 mm, respectivamente. Datos tomados del Monte Castelo da Pena (Anónimo, 1995). Las lluvias de otoño de 2006 empezaron tres días después de la siembra, lo que acompañado de temperaturas muy suaves en el otoño e invierno dio lugar a un buen establecimiento de las parcelas sembradas. La lluvia de primavera de 2007 fue también abundante, resultando un año favorable para un buen establecimiento y desarrollo de los pastos. Los resultados del análisis de suelo en abril de 2006 fueron: pH (H<sub>2</sub>O) 5,9; P (Olsen, extraído en CO<sub>3</sub>HNa) 27 mg kg<sup>-1</sup>, K (extraído en NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) 160 mg kg<sup>-1</sup>, saturación por aluminio del complejo de intercambio catiónico 1,1 (Al CIC<sup>-1</sup>).

## Diseño experimental

Por formar parte del Proyecto INIA nº RTA2006-0153 de Transferencia de Tecnología, denominada “Leguminosas para Explotaciones Ganaderas Atlánticas”, el diseño adoptado es de grandes parcelas o franjas y/o zonas dentro de cada una de ellas, con la idea de que puedan estar sometidas al manejo general de la granja y que puedan ser objeto de visitas frecuentes por personas interesadas en los resultados. Aunque el programa experimental se desarrolló en varias parcelas, en esta comunicación se comentarán solamente las actividades y resultados de la parcela ‘A Chaira’, de 7,6 ha, por estimar que es suficientemente representativa de toda la finca.

## Tratamientos

### Zona de siembra convencional

Es una franja de 20 m de ancho y 300 de longitud, ocupada previamente por un camino de acceso a la finca, que se cambió de ubicación en la nueva parcelación y cercado de la finca. Se preparó una buena cama de siembra por laboreo completo del suelo, enclavado y abonado. Dado que el contenido en trébol de las praderas de la finca fue siempre muy escaso, se aprovechó esta ocasión para sembrarlo en septiembre de 2005 con una mezcla muy compleja constituida por raigrás italiano alternativo (*Lolium multiflorum* ssp. *westerwoldicum*), r. inglés (*L. perenne*), falaris (*Phalaris aquatica*), dactilo (*Dactylis glomerata*), t. subterráneo (*Trifolium subterraneum*), t. migueliano (*T. michelianum*), t. vesiculoso (*T. vesiculosum*), t. persa (*T. resupinatum* ssp. *resupinatum*), t. encarnado (*T. incarnatum*), t. blanco (*T. repens*), t. fresa (*T. fragiferum*), serradela (*Ornithopus sativus*) y aserruche (*Biserrula pelecinus*), con el objetivo de ver la capacidad productiva y de adaptación de las distintas leguminosas. Esta franja se conoce en la actualidad como el ‘Camino del trébol’ porque tuvo una buena producción de trébol en 2006, destacando por su vistosidad en el conjunto de la finca en la época de la floración. No se permitió el acceso del ganado hasta principios de julio de 2006 para permitir que el trébol tuviese la semilla bien formada.

### Zona de praderas establecidas

La parcela de ‘A Chaira’ se sembró, en primavera de 2003, con una mezcla de raigrás inglés, dactilo y trébol blanco, después de la eliminación del matorral por laboreo completo. Esta pradera, que tuvo siempre un contenido en trébol muy escaso, se utilizó en otoño de 2006 como base para probar un método de siembra directa de leguminosas en praderas viejas con flora deteriorada, con el objetivo de mejorar su producción y calidad, sin recurrir al laboreo completo del suelo. Se establecieron los siguientes sub-tratamientos:

#### Zona no sembrada I

Ocupa una franja de 7 m de ancho y 150 de largo, entre dos zonas sembradas por siembra en superficie sin laboreo. Es el testigo para comparar la pradera inicial con la mejorada.

#### Zona no sembrada II

Ocupa cerca de la tercera parte de la parcela. Dentro de ella está lo que más adelante se llamará ‘Zona de acampada’. Sirve también de testigo.

### Zona de siembra directa

Ocupa dos franjas de 40 m de ancho y 150 de largo, situadas a uno y otro lado de la ‘Zona no sembrada I’. Se sembró el 5 de septiembre de 2006 con una mezcla compleja que contenía las nueve leguminosas sembradas en 2005 en el ‘Camino del trébol’. Se utilizó una máquina de siembra directa, marca Sulky, dotada de unos discos que abren unos surcos en la superficie de la pradera en los que deja la semilla. Detrás de cada disco hay un rodillo pesado que lo cierra y pone la semilla en contacto con el suelo. Para facilitar el arrastre de la semilla inoculada por los distribuidores de la máquina, las leguminosas se mezclaron con semilla vieja de dactilo y raigrás inglés,

ambos con muy escasa capacidad germinativa. El suelo estaba muy seco en el momento de la siembra, la sembradora funcionó muy bien.

### **Zona de acampada**

El pastoreo en 2006 de la '*Zona de siembra convencional*' por ganado con libertad para moverse por toda la parcela dio lugar a la formación de una pradera con un excelente contenido en leguminosas en una amplia '*Zona de acampada*', dentro de '*A Chaira*', que se estableció en el otoño de 2006 después de las lluvias de Septiembre.

### **Medición de la producción**

Los crecimientos de otoño de 2006 se aprovecharon en pastoreo, sin medición de la producción habida. En febrero de 2007 se retiró el ganado de la parcela para destinar todo el crecimiento de primavera a un corte para heno, realizado el 4 de Julio de 2007. Se midió la producción presente en cada tratamiento el 8 de Mayo y el 26 de Junio de 2007, para lo que se cortaron entre 4 y 6 franjas/tratamiento de 0,90 m de ancho por 6 m de largo con una motosegadora dotada de una barra de corte de 0,90 m de ancho. La producción de cada franja se pesó en campo y se tomó una muestra de 1-2 kg para llevar al laboratorio y determinar: contenido en materia seca, composición botánica y calidad forrajera. La primera medición da información sobre la precocidad de la producción y la segunda sobre la producción disponible en el momento del corte para heno. En el laboratorio se hicieron dos submuestras/muestra: una, de 500 g, se utilizó para la determinación del contenido en materia seca por desecación en estufa de aire forzado a 80 °C durante 17 horas y la otra, aproximadamente 1 kg, se utilizó para determinar la composición botánica, en peso seco, por separación manual en gramíneas, leguminosas y otras plantas. Una vez seca la muestra de 500 g se molió en molino con tamiz de 1 mm para análisis químico. El contenido en proteína bruta se determinó en un espectrofotómetro NIRSystem 6500.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Año 2006: Zona de siembra convencional**

La pradera se estableció muy bien, dominando claramente las leguminosas sobre las gramíneas porque no se utilizó abono nitrogenado. Dentro de las leguminosas destacó sobre todas las demás el trébol migueliano, de tal modo que en mayo de 2006 había una abundante masa de trébol con flor blanca que correspondía precisamente al t. migueliano. El t. encarnado ocupaba el segundo lugar, seguido de los tréboles vesiculoso y persa. Después de una jornada de divulgación, celebrada el 12 de mayo de 2006 esta franja se acabó denominando el '*Camino del trébol*', nombre con el que se hizo muy popular entre todos los visitantes de Penamá. En este buen resultado se apoyó el programa posterior de establecimiento de leguminosas en la finca.

### **Año 2007: Producciones y composición botánica de todos los tratamientos**

Toda la parcela se destinó a la producción de heno en 2007. Por ello, se dejó crecer ininterrumpidamente desde febrero de 2007, época en que se retiró el ganado del pastoreo, hasta el corte para heno, el 4 de Julio de 2007. En la Tabla 3 se recoge la producción y composición botánica durante este período de crecimiento, medida en dos fechas, 08-05-2007 y 26-06-2007. La '*Zona no sembrada I*' se muestreó solamente en la segunda fecha.

En el primer muestreo (8-05-07) destaca la producción de la '*Zona de siembra convencional*' y de la '*Zona de acampada*', tanto en producción como en contenido en leguminosas, le sigue la '*Zona de siembra directa*', siendo la '*Zona no sembrada I*' la de menor producción y menor contenido en leguminosas. La producción de las '*Zonas de siembra convencional y de acampada*' fue 3,5 veces superior a la de la '*Zona no sembrada I*', lo que da una buena idea de la importancia de la mejora

con la siembra de leguminosas anuales. Quizá sorprende el alto contenido porcentual en leguminosas de la 'Zona no sembrada I'. Esto se debe a que esta zona recibió alguna semilla de trébol a través del ganado que pastó sobre el 'Camino del trébol' en 2006, que germinó y dio lugar al establecimiento de algunas plantas aisladas que tenían cierto desarrollo en la primera fecha de muestreo, aunque en cantidad muy inferior a la de 'Zona de acampada', de modo que aproximadamente la mitad de la escasa producción conseguida provenía de estas plantas. La mayor producción en esta época de las 'Zonas de siembra convencional y de acampada' se atribuye a la mayor presencia de t. migueliano en ambas, de crecimiento precoz.

En el segundo muestreo (26-06-07) destaca la 'Zona de siembra directa', con una altísima producción que se atribuye a una importante presencia de los tréboles vesiculoso y encarnado, algo más tardíos, y de porte más erecto que el del trébol migueliano. La 'Zona de siembra convencional', quedó en esta fecha entre las menos productivas debido, probablemente, al fuerte encamado que se produce en esta especie, lo que limita su crecimiento en estado avanzado de madurez de la planta. Las 'Zonas no sembradas' muestran también una buena producción en la segunda fecha pero con un contenido bajo en trébol, sobre todo la 'Zona no sembrada II', con solamente un 6,6 % de leguminosas.

**Tabla 1.** Producción (t/ha MS) y contenido en proteína bruta (PB, % MS) y sus desviaciones típicas, y composición botánica (% sobre MS. Penamá (Allariz, OU). Parcela 'A Chaira'

Tratamientos	Producción (t/ha MS)	PB (% MS)	Composición botánica		
			G	L	OE
<b>Fecha de muestreo: 8-05-07</b>					
Zona de siembra convencional	5,2 ±1,0	14,0 ±0,8	26,8	71,8	1,4
Zona de praderas establecidas:					
Zona no sembrada I	1,5±0,1	12,5±0,9	42,5	49,8	7,7
Zona de siembra directa	3,5±1,0	15,3±0,9	28,7	63,2	8,1
Zona de acampada	5,3±1,0	14,4±1,1	15,9	79,6	4,5
<b>Fecha de muestreo: 26-06-07</b>					
Zona de siembra convencional	6,2±1,0	10,1±1,2	53,9	44,9	1,2
Zona de praderas establecidas:					
Zona no sembrada I	6,4±0,1	6,8±0,8	61,8	22,8	15,4
Zona no sembrada II	6,8±0,8	5,9±1,0	72,2	6,6	21,2
Zona de siembra directa	9,6±1,2	10,9±0,8	24,2	73,4	2,4
Zona de acampada	7,1±1,5	11,6±1,0	18,1	78,3	3,6

G = gramíneas, L = leguminosas, OE =otras especies.

## CONCLUSIÓN

Se concluye que las leguminosas anuales pueden ayudar a resolver el problema de falta de leguminosas en las praderas establecidas en las zonas más secas de Galicia.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al INIA la financiación del Proyecto RTA2006-0153-C01 "Leguminosas para Explotaciones Ganaderas Atlánticas" y la colaboración del Ayuntamiento de Allariz.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANÓNIMO, 1995. Resumen de datos climatológicos. Período 1955-94. Consellería de Agricultura, Gandería e Montes, 252 p. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela (España).
- PIÑEIRO ANDION, J.; PÉREZ FERNÁNDEZ, M., 1993. Mezclas pratenses para la España húmeda. *Hojas Divulgadoras*, nº 8/92 HD. MAPA (España).
- PRADA BLANCO, A.; VÁZQUEZ RODRÍGUEZ, M.X.; SOLIÑO MILLÁN, M., 2005. En: *Os incendios forestais en Galicia*, 204-238. Coord. F. DÍAZ-FIERROS VIQUEIRA, P. BAAMONDE. Consello da Cultura Galega. Santiago de Compostela (España).
- SINEIRO GARCÍA, F., 2005. As causas estruturais dos incendios forestais en Galicia. En: *Os incendios forestais en Galicia*, 77-92. Coord. F. DÍAZ-FIERROS VIQUEIRA, P. BAAMONDE. Consello da Cultura Galega. Santiago de Compostela (España).
- YOUNIE, D., PIÑEIRO, J., 1999. El papel de los pastos en la ganadería ecológica. En: *Producción de pastos extensivos y ecológicos*, 135-154. Ed. J. PIÑEIRO; N. DÍAZ. Xunta de Galicia. A Coruña (España).

## ANNUAL LEGUMES FOR PASTURES IMPROVEMENT IN GALICIA (NW SPAIN)

### SUMMARY

A mixture of nine legumes were direct drilled in Autumn 2006 to improve the clover content of a mixture of perennial ryegrass, cocksfoot and white clover, sown in 2003 on reclaimed scrublands. Legumes sown were: *Trifolium subterraneum*, *T. michelianum*, *T. vesiculosum*, *T. resupinatum* ssp. *resupinatum*, *T. incarnatum*, *T. repens*, *T. fragiferum*, *Ornithopus sativus* and *Biserrula pelecinus*. Some not drilled areas were left for comparison. Growth from winter until May 2007 was 1,5 y 3,5 t/ha DM on unsown and sown areas, respectively. Yield increased to 6,6 y 9,6 t/ha at end of June.

**Key words:** forest fires, organic agriculture, direct drilling, *Trifolium*.

## INTRODUCCIÓN DE GUISANTE, VEZA Y HABONCILLO FORRAJEROS EN LA EXPLOTACIÓN GANADERA GALLEGA

M.J. BANDE-CASTRO<sup>1</sup>, N. DÍAZ DÍAZ<sup>1</sup>, J. FERNÁNDEZ-PAZ<sup>1</sup> Y  
J. PIÑEIRO-ANDIÓN<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. Apartado 10. E-15080 A Coruña (España). <sup>2</sup>Departamento de Producción Vexetal. Universidade de Santiago de Compostela. E-27002 Lugo (España)

### RESUMEN

Con el objetivo de trasladar los resultados de investigación conseguidos en los últimos años a las explotaciones de producción de leche de vacuno de Galicia, se han sembrado grandes parcelas con las mezclas 'triticale-guisante'(t-g), 'triticale-veza'(t-v) y 'triticale-haboncillo'(t-h), con el fin de sustituir al 'raigrás italiano' en la rotación 'raigrás italiano (invierno)-maíz forrajero (verano)', muy utilizada pero que tiene algunos problemas de manejo. Las parcelas se establecieron en explotaciones pertenecientes a las Cooperativas de Os Irmandiños (Comarca de A Mariña Oriental e de Terra Chá), Melisanto (Terra de Melide), Feiraco (Comarca de Xallas) y Cobideza (Comarca de Deza). La producción (P, t/ha MS) y el contenido en proteína bruta (PB, % sobre MS) oscilaron en los intervalos siguientes: 't-g' (P:4,3-7,5; PB: 13,7-16,8), 't-v' (P: 3,0-6,4; PB: 11,2-19,4), 't-h' (P: 4,4-4,8; PB: 11,1-11,9), 'raigrás italiano' (P: 5,0-8,2; PB: 7,8-12,4).

**Palabras clave:** asociación cereal-leguminosa, rotación intensiva, cultivo invernal.

### INTRODUCCIÓN

El proceso de intensificación de la producción forrajera en las explotaciones de vacuno de leche en Galicia, que tienen que recurrir a la compra de forrajes y concentrados para atender la alimentación de su relativamente alta carga ganadera, ha motivado una creciente demanda de información sobre cultivos forrajeros de invierno con un mayor contenido proteico y que supongan una alternativa al raigrás italiano en rotación anual con el maíz (Flores *et al.*, 2003), que es la rotación de cultivos más utilizada en las explotaciones lecheras de la Cornisa Cantábrica y Galicia. Por otro lado, dados los cambios habidos en los últimos 20 años en el manejo de la alimentación del ganado en estas explotaciones ganaderas, se ha generalizado el uso de raciones completas casi exclusivamente a base de ensilados a lo largo de todo el año, lo que lleva a la necesidad de buscar nuevos forrajes para ensilar con altos contenidos proteicos, que contribuyan a atenuar los gastos de alimentación (Martínez *et al.*, 2005).

El raigrás italiano ha pasado de ser un cultivo muy apreciado por su capacidad de producir forraje en épocas frías para alimentación en verde, a constituirse en un problema por la dificultad de cosechar los crecimientos de principios de primavera, época en que las condiciones climáticas no son adecuadas para hacer un presecado previo al ensilado del forraje cosechado, que suele tener un contenido en humedad muy alto. Ello ha llevado a la búsqueda de nuevos cultivos forrajeros

anuales de invierno que concentren su producción en primavera. Como, por otro lado, se requería un forraje con un alto contenido en proteína, se estudiaron especies leguminosas con buenos crecimientos de primavera tras una siembra de otoño, como es el caso de los guisantes forrajeros (*Pisum sativum*), la veza (*Vicia sativa* y *V. villosa*) y los haboncillos (*Vicia faba*), todos ellos cultivados en mezcla con triticale (x *Triticosecale*), que sirve de tutor para evitar el encamado de guisantes y veza.

El objetivo de este trabajo es trasladar los resultados experimentales positivos conseguidos en los últimos años, tanto en guisantes (Flores *et al.*, 2003) como en veza y haboncillos (Martínez *et al.*, 2005), a las explotaciones de producción de leche de vacuno de Galicia, en comparación con el 'raigrás italiano' en rotación con maíz forrajero.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Localización

Los ensayos se han llevado a cabo en 2007 en parcelas de agricultores con explotaciones de producción de leche de vacuno representativas de distintas zonas de Galicia, pertenecientes a las Cooperativas de Melisanto, Os Irmandiños, Feiraco o Cobideza, enclavadas en las comarcas de Terra de Melide (Melide, SE Coruña), Terra Chá [Pastoriza, centro (C) Lugo], A Mariña Oriental (Barreiros, NE Lugo), Xallas (Mazaricos, C-O Coruña) y Deza (Lalín, NE Pontevedra). Otro de los ensayos se realizó en la finca del CIAM en la comarca de Terra de Lemos (Pobra de Brollón, S Lugo).

### Siembra y establecimiento

La siembra se realizó en las fechas que figuran en la Tabla 1, tras una preparación del terreno consistente en pase de arado y/o fresa, seguido un pase de grada de discos y/o rotativa y/o fresa. Son tierras de alta fertilidad, en general. Los análisis de suelo dieron los siguientes resultados: pH (H<sub>2</sub>O) 5,1-5,8; P (Olsen, extraído en CO<sub>3</sub>HNa) 49-77 mg kg<sup>-1</sup>, K (extraído en NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) 203-472 mg kg<sup>-1</sup>, saturación por Al (%) del CIC 1-14. En todas las explotaciones se utilizaron purines antes del laboreo, en cantidades variables, con excepción de la finca del CIAM, que no tenía ganado en ese momento. No se realizaron abonados de cobertera, con excepción de las parcelas de Deza, a las que se aportaron 60 kg ha<sup>-1</sup> de N en primavera. Se sembró con una sembradora de cereales, que en algunos casos era parte de una máquina combinada con una grada rotativa o fresa, que la precedía.

**Tabla 1.** Fecha de siembra, fecha de corte y estado de las plantas en la recolección.

Localidad y mezcla	Fecha siembra	Fecha corte	Estado planta recolección
<b>Comarca de Terra de Melide</b>			
t 'Noe'-g 'Gracia'	30-10-06	27-04-07	t: inicio espigado, g: en floración
t 'Noe'-g 'Forrimax'	30-10-06	27-04-07	t: inicio espigado, g: inicio vainas
t 'Noe'-v 'Nitra'	30-10-06	27-04-07	t: inicio espigado, v: en floración
t 'Noe'-h 'Prothabon 101'	30-10-06	27-04-07	t: inic. espigado, h: inic. floración
Raigrás italiano	30-10-06	27-04-07	raigrás espigado
<b>Comarca de Terra Cha</b>			
t 'Senatrit'-g 'Gracia'	02-11-06	26-04-07	t: espigado, g: inicio floración
t 'Senatrit'-v 'Gravesa'	02-11-06	26-04-07	t: espigado, v: inicio floración



Localidad y mezcla	Fecha siembra	Fecha corte	Estado planta recolección
<b>Comarca de A Mariña Oriental</b>			
t 'Senatrit'-g 'Forrimax'	06-11-06	27-03-07	t: inic. espigado, g: inic. vainas
t 'Senatrit'-v 'Gravesa'	06-11-06	27-03-07	t: inic. espigado, v: antes floración
t 'Senatrit'-h 'Prothabon 101'	06-11-06	27-03-07	t: recién espigado, h: en floración
<b>Comarca de Xallas</b>			
t 'Senatrit'-g 'Gracia'	09-11-06	03-05-07	t: espigado, g: floración
t 'Senatrit'-v 'Gravesa'	09-11-06	03-05-07	t: espigado, v: inicio floración
Raigrás italiano	30-09-06	03-05-07	raigrás inicio espigado
<b>Comarca de Deza</b>			
t 'Noe'-g 'Gracia'	05-11-06	02-05-07	t: espigado, g: en floración
t 'Noe'-v 'Gravesa'	05-11-06	02-05-07	t: espigado, v: inicio floración
Raigrás italiano	05-11-06	02-05-07	raigrás inicio espigado
<b>Comarca de Terra de Lemos</b>			
t 'Noe'-g 'Gracia'	28-12-06	28-05-07	t: espigado, g: inicio vainas
t 'Noe'-g 'Forrimax'	28-12-06	28-05-07	t: espigado, g: vainas llenas
t 'Noe'-v 'Gravesa'	28-12-06	28-05-07	t: espigado, v: floración

t (triticale), v (veza), g (guisante), h (haboncillo).

Entre comillas simples figura la variedad usada de cada una de estas especies.

Como se observa en la Tabla 1, las siembras se realizaron entre finales de octubre y principios de noviembre en todas las comarcas a excepción de Terra de Lemos donde se realizó a finales de diciembre debido a que la elevada pluviometría indujo un gran encharcamiento del terreno que impidió la siembra en la fecha prevista inicialmente. Las dosis de semilla (semillas/m<sup>2</sup>) empleadas en la siembra fueron: 180 para el triticale, 120 para el guisante, 180 para la veza y 30 para los haboncillos. En Xallas, la dosis de t 'Noe'-g 'Gracia' fue un 45% superior por problemas con la regulación de la sembradora. Las leguminosas se establecieron mal en Terra Chá por razones desconocidas, aunque se sospecha del posible efecto residual de los herbicidas utilizados en el maíz.

### Controles, toma de muestras y análisis

En cada una de las parcelas se realizaron los muestreos con unos días de antelación a la fecha prevista de cosecha por el agricultor en su programa de recolección del forraje, que estuvo condicionada por disponibilidad del equipo de maquinaria de la cooperativa o contratista (Tabla 1).

En cada parcela se cortaron entre 4 y 6 franjas de 5,4 m<sup>2</sup> (6m x 0,90m) mediante segadora dotada de un peine de 0,90 m. El forraje cosechado en cada franja se pesó en campo y se tomó una muestra de aproximadamente 2 kg que se envió al laboratorio para su posterior análisis. En el laboratorio se troceó la muestra para homogeneizarla y tomar dos submuestras: 1) Una de 500 g para su desecación en estufa de aire forzado a 80°C durante 18 h para determinación de la materia seca, y molido a 1 mm para determinación del contenido en proteína bruta (PB) mediante NIRS; y 2) Otra, de unos 500 a 1000 g, para separación manual de triticale, guisante, veza o haboncillo y otras especies, determinando la materia seca de cada especie por desecado en estufa.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Producción

Los resultados de producción son inferiores a otros previamente publicados (Piñeiro *et al.*, 2004) procedentes de experimentos en pequeña parcela (Tabla 2). Si se excluyen los datos de Terra Chá por haber sido deficiente el establecimiento, la producción total osciló en los intervalos siguientes: 1) 'triticale-guisante' entre un máximo de 7,5 t ha<sup>-1</sup>, en Deza, y un mínimo de 4,3 t ha<sup>-1</sup>, en Terra de Melide; 2) 'triticale-veza' entre 6,4, en Deza, y 3,0, en Terra de Lemos; 3) 'triticale-haboncillo' entre 4,8, en Terra de Melide y 4,4, en A Mariña Oriental, y 4) 'raigrás italiano' entre 8,2, en Xallas, y 5,0, en Deza. Si se exceptúan los haboncillos, con producción algo más baja, se observa que los rangos de las producciones obtenidas en las mezclas son, en general, similares a las obtenidas cultivando raigrás italiano. La producción tan alta de raigrás en Xallas se debió al exceso de nitrógeno por la aplicación de una dosis demasiado elevada de purín, a juzgar por el muy intenso color oscuro de la masa de forraje y el fuerte encamado observado en el momento del corte.

**Tabla 2.** Fecha de corte, producción total (MS, t/ha) y su desviación típica, composición botánica (%), contenido en materia seca (MS, %) y contenido en proteína (PB, % MS).

Localidad y mezcla	Producción (t/ha MS)	C. botánica (%)			MS %	PB %
		t	g-v-h	oe		
<b>Comarca de Terra de Melide</b>						
t 'Noe'-g 'Gracia'	4,3 ± 0,9	36,3	63,6	0,1	13,9	16,8
t 'Noe'-g 'Forrimax'	5,6 ± 1,0	20,0	80,8	0,0	16,8	14,3
t 'Noe'-v 'Nitra'	4,5 ± 1,0	53,5	46,3	0,3	15,8	15,1
t 'Noe'-h 'Prothabon 101'	4,4 ± 1,1	54,5	44,9	0,6	16,9	11,9
Raigrás italiano	5,4 ± 0,5	100	0,0	0,0	13,3	11,6
<b>Comarca de Terra Cha</b>						
t 'Senatrit'-g 'Gracia'	3,8 ± 1,0	75,9	21,5	2,7	21,2	10,4
t 'Senatrit'-v 'Gravesa'	4,2 ± 0,3	82,7	8,3	9,1	22,3	9,8
<b>Comarca de A Mariña Oriental</b>						
t 'Senatrit'-g 'Forrimax'	4,6 ± 0,8	53,0	46,8	0,2	13,5	15,9
t 'Senatrit'-v 'Gravesa'	5,5 ± 0,5	71,7	28,2	0,1	17,9	12,8
t 'Senatrit'-h 'Prothabon 101'	4,8 ± 0,4	69,0	28,4	2,6	16,6	11,1
<b>Comarca de Xallas</b>						
t 'Senatrit'-g 'Gracia'	6,8 ± 0,6	29,8	67,1	3,1	13,1	14,3
t 'Senatrit'-v 'Gravesa'	5,0 ± 0,8	55,8	25,1	19,1	18,7	11,3
Raigrás italiano	8,2 ± 0,5	93,9	0,0	6,1	15,0	7,8
<b>Comarca de Deza</b>						
t 'Noe'-g 'Gracia'	7,5 ± 0,7	62,1	36,1	1,9	13,1	13,7
t 'Noe'-v 'Gravesa'	6,4 ± 2,0	78,1	21,9	0,0	13,8	13,9
Raigrás italiano	5,0 ± 0,6	88,5	0,0	11,5	12,6	12,4

Localidad y mezcla	Producción (t/ha MS)	C. botánica (%)			MS %	PB %
		t	g-v-h	oe		
<b>Comarca de Terra de Lemos</b>						
t 'Noe'-g 'Gracia'	4,7 ± 2,5	18,8	80,6	0,6	18,1	18,7
t 'Noe'-g 'Forrimax'	7,6 ± 1,1	0,0	100,0	0,0	18,2	15,5
t 'Noe'-v 'Gravesa'	3,0 ± 1,1	16,4	80,9	2,7	19,0	19,4

t (triticale), g (guisante), v (veza), h (haboncillo) y oe (otras especies)

Entre comillas simples figura la variedad usada de cada una de estas especies.

### Composición botánica y proteína bruta

La contribución del guisante a la producción total estuvo por encima del 45% en todos los casos, excepto en Terra Cha, debido al mal establecimiento y desarrollo, y en Deza, como consecuencia del abonado nitrogenado al comienzo de la primavera, lo que influyó en el contenido en proteína del forraje cosechado, que superó en todos los casos el 14%, con excepción de las mezclas de Deza y A Terra Cha, con un contenido del 13,7 y 10,4 respectivamente, si bien en Deza se aproxima, debido al efecto del abonado nitrogenado de primavera sobre el triticale.

La contribución de la veza ha sido, en general, inferior a la del guisante, superando el 45 % solamente en Terra de Melide y Terra de Lemos, y alcanzando en este caso un porcentaje muy alto (80,9%), lo que se atribuyó a la fecha tardía de siembra, que limitó el crecimiento del triticale con respecto a las leguminosas. Éstas, tanto el guisante como la veza, se convirtieron en muy dominantes en el crecimiento de primavera, hasta el punto que la variedad 'Forrimax' de guisante ahogó completamente al triticale y a las especies espontáneas. En las demás localidades la contribución de la veza a la producción fue relativamente escasa, oscilando entre el 20 y el 30%, si se exceptúa Terra Chá, en donde contribuyó con solamente el 8%. Como consecuencia de la composición botánica, el contenido en proteína superó el 14% solamente en Terra de Melide y Terra de Lemos, si bien se aproximó en Deza debido al efecto del abono nitrogenado sobre el triticale.

La contribución del haboncillo fue del 44,9% en Terra de Melide y del 28,4% en A Mariña Oriental, siendo muy bajo el contenido en proteína en ambos casos, 11,6 y 11,3% respectivamente, a pesar del contenido relativamente alto en haboncillos de la parcela de Terra de Melide.

La presencia de otras especies fue, en general, muy baja, si se exceptúa Xallas, donde alcanzó el 19,1% debido a la abundancia de raigrás espontáneo y de jaramago (*Raphanus raphanistrum*).

El contenido en proteína del raigrás italiano osciló entre el 7,8 y el 12,4%; valores siempre inferiores al de cualquier mezcla de las localidades donde se cultivó.

### Contenido en materia seca

El contenido en materia seca del forraje cosechado estuvo en por debajo del 20% en todos los casos y del 15% en bastantes, con excepción de la mezclas de Terra Cha, debido al alto contenido en triticale. Ello sugiere que el forraje debe ser presecado antes de ensilarlo para evitar problemas de fermentación y de pérdidas por efluentes como sugieren investigaciones recientes (Vicente *et al.*, 2006).

## CONCLUSIONES

Los rendimientos de las mezclas triticale-guisante y triticale-veza fueron similares a los del raigrás italiano y tuvieron un contenido superior en proteína bruta. Por el contrario, la mezcla triticale-haboncillo dio producciones ligeramente menores y bajos contenidos en proteína bruta.

Estos resultados permiten concluir que, tanto la veza como los guisantes, asociados a triticale, son una buena opción para sustituir al raigrás italiano, como cultivo de invierno, en la rotación con maíz forrajero.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FLORES, G.; GONZÁLEZ, A.; PIÑEIRO, J.; CASTRO, P.; DÍAZ, A.; VALLADARES, J., 2003. Composición química y digestibilidad in vitro del guisante forrajero (*Pisum sativum* L.) y triticale (x *Triticosecale* Wittm.) como cultivos invernales en seis fechas de corte en primavera. En: *Pastos, desarrollo y conservación. Actas de la XLIII Reunión Científica de la SEEP*, 261-267.
- MARTÍNEZ, A.; PEDROL, N.; PIÑEIRO, J. 2005. Cultivares de haboncillo (*Vicia faba* L.) y triticale (x *Triticosecale* Wittm.) para producción de forraje invernal en zonas húmedas con mezclas cereal-leguminosa. *Actas de la XLV Reunión Científica de la SEEP*, 673-679.
- PIÑEIRO, J.; DÍAZ, N.; SANTOALLA, M<sup>a</sup> C.; SUÁREZ, R.; FERNÁNDEZ, J. 2004. Variedades de guisantes para forraje. Siembras de otoño. *Actas de la XLIV Reunión Científica de la SEEP*, 405-409.
- VICENTE, F.; MARTÍNEZ, A.; DE LA ROZA, A.; SOLDADO, A.; PEDROL, N.; ARGUMENTARIA, A. 2006. Silage quality of faba-been alone with triticale growing organically. I: Effect of wilting. *Grassland Science in Europe*, 11, 357-359.

## AGRADECIMIENTOS

Las actividades han sido financiadas por el Proyecto INIA nº RTA2006-0153-C01 "Leguminosas para Explotaciones Ganaderas Atlánticas". Los autores agradecen la colaboración de Teresa Santamarina, Santiago Sousa, Fernando Leis y Román Santalla.

## INTRODUCING FORAGE PEAS, VETCH AND FABA BEANS IN GALICIAN FARMS (NW SPAIN)

### SUMMARY

In order to transfer research findings achieved in recent years to farms, demonstration plots have been sown in Galician Dairy Farms with mixtures of 'triticale-peas'(t-p), 'triticale-vetch'(t-v) and 'triticale-faba beans'(t-f), that would replace 'Italian ryegrass', sown as winter crop in rotation with forage maize, widely used but that shows some management problems. Yield (Y, t/ha DM) and crude protein content (CP, % DM) values varied according with the following intervals: 't-p' (Y:4,3-7,5; CP: 13,7-16,8), 't-v' (Y: 3,0-6,4; CP: 11,2-19,4), 't-f' (Y: 4,4-4,8; CP: 11,1-11,9), 'Italian ryegrass' (Y: 5,0-8,2; CP: 7,8-12,4). The farms were associated to the following cooperatives: Os Irmandiños (A Mariña Oriental and Terra Chá), Melisanto (Terra de Melide), Feiraco (Xallas) and Cobideza (Deza).

**Key words:** cereal-legume association, intensive rotation, winter crop.

## MÁNGANOS, YEROS, ZULLA Y PIPIRIGALLO EN ANDALUCÍA: ¿RELIQUIAS DEL PASADO O ALTERNATIVA DE FUTURO?

J. R. GUZMÁN ÁLVAREZ<sup>1</sup>, B. ROMÁN CASTILLO<sup>2</sup>, M. P. PLAZA GARCÍA<sup>1</sup> Y  
S. NADAL MOYANO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> **Departamento de Ingeniería Forestal, ETSIAM, Universidad de Córdoba, Avda. Menéndez Pidal s/n, 14080, Córdoba.** <sup>2</sup> **IFAPA, Alameda del Obispo, Córdoba**

### RESUMEN

Las leguminosas se han cultivado tradicionalmente en España para la alimentación humana y para el consumo animal. Sin embargo, como es conocido, su cultivo ha experimentado un severo declive, pasando de 1,2 millones de hectáreas a principios de la década de 1950 a poco más de 200.000 ha en 1994. Posteriormente, y aunque ha habido una ligera recuperación hasta 2006 debido al apoyo de la UE al cultivo de determinadas leguminosas grano (veza, garbanzos, lentejas y yeros) y proteaginosas (guisantes, habas y altramuces), las leguminosas se han convertido en la mayor parte de las comarcas españolas en un cultivo residual. Esto es especialmente remarcable en aquellas especies que no han sido objeto del apoyo económico de la Política Agraria Común; especies que, por otra parte, ni siquiera han tenido hueco en las estadísticas oficiales. Este declive entra en contradicción con las potencialidades que se le reconocen a las leguminosas desde diversas disciplinas: la agronomía, la producción animal o la agroecología, entre otras. Este conflicto quizás se resuelva en un futuro: en la situación actual, es preciso recolectar y conservar el material vegetal remanente y los usos y prácticas ligados a su cultivo. En este trabajo se presentan los resultados provisionales de los trabajos de prospección en Andalucía que han tenido como protagonistas a la zulla (*Hedysarum coronarium*) y a los yeros (*Vicia ervilia*), con anotaciones adicionales sobre el pipirigallo (*Onobrychis vicifolia*) y los mánganos o alberjones (*Vicia narbonensis*).

**Palabras claves:** etnobotánica, recursos fitogenéticos, leguminosas forrajeras, leguminosas grano, agricultura sostenible.

### INTRODUCCIÓN

Las leguminosas son la eterna esperanza de la producción vegetal. Desde tiempos remotos se ha ponderado su papel como restauradoras de la fertilidad de los suelos: los geóponos (tratadistas de agricultura de la Antigüedad) recomendaban el abonado en verde con especies como las habas o las vezas. También eran muy valoradas sus propiedades nutritivas para el ganado, ya fuera en forma de grano o de forraje.

En los últimos años parece haberse recobrado el interés por este grupo de especies. Cuando se proponen modelos de agricultura menos agresivos con respecto a la naturaleza, más prudentes en el uso de los recursos no renovables y que favorezcan la continuidad de la fertilidad de la tierra, las leguminosas entran a formar parte de cualquier recetario. Su capacidad de fijación de nitrógeno las ha convertido en aparentemente óptimos aliados para reducir las emisiones de efecto

invernadero y para introducir modelos más sostenibles de agricultura. Las leguminosas, además, cumplen un papel importante en la alimentación del ganado a través de su doble vocación: las leguminosas grano y las leguminosas forrajeras y pratenses (Treviño, Caballero y Gil, 1981 a, b, 1984; Nadal et al, 2007).

Las leguminosas cultivadas en España gozaron de desigual fortuna cuando se produjo la adhesión al Mercado Común Europeo. Las proteaginosas (habas, guisantes y altramuces) entraron a formar parte del grupo de cultivos herbáceos que han recibido un trato privilegiado (junto con los cereales y las oleaginosas) en la Política Agraria Común en forma de una ayuda consistente en un pago por superficie que variaba en función del rendimiento medio comarcal. Algunas leguminosas grano (garbanzo, lentejas, veza y yeros) fueron incluidas en un régimen de ayudas particular que establecía un pago por hectárea sembrada. El resto de leguminosas grano (judías, almortas, arvejas, algarrobas, titarros) fueron excluidas del apoyo público. Con la última reforma de 2003 (Reglamento 1782/2003), la ayuda a las leguminosas grano ha quedado desacoplada, lo que implica que la percepción de la subvención no está vinculada a su cultivo, sino al importe que la explotación hubiera recibido durante el periodo de referencia. Por el contrario, las proteaginosas han recibido una ayuda específica adicional ligada a su cultivo, lo que garantiza la continuidad del cultivo.

El escaso apoyo en forma de ayudas públicas y su reducida productividad han relegado a la mayor parte de las leguminosas en España, y más concretamente en Andalucía, a un papel residual. Problemas agronómicos y fitosanitarios contribuyen también a este declive. Todo ello ha desembocado en un estado de crisis permanente; de hecho, los primeros años del tercer milenio parecen haberse convertido en los del canto del cisne para algunas de nuestras especies cultivadas milenarias, quizás destinadas irremediablemente a la extinción cultural y a la total erosión genética. Y, sin embargo, como decíamos al inicio, las leguminosas son las eternas candidatas para los modelos de agricultura más racionales y responsables. Este presupuesto se ha adoptado como hipótesis de trabajo para emprender una serie de estudios destinados a evaluar el potencial de las leguminosas en la agricultura del siglo XXI.

En esta comunicación se presentan los resultados procedentes de una primera etapa de prospección y caracterización de germoplasma de zulla y yeros presente en Andalucía (proyectos del Subprograma Nacional de Recursos y Tecnologías Agraria RF 2004-00029-00 “Prospección, recolección, multiplicación, caracterización y documentación de poblaciones autóctonas de zulla (*Hedysarum coronarium* L.) para su puesta en valor en una agricultura multifuncional” y RF 2004-00040-C03-01 “Estudio de la distribución y la variabilidad de los yeros (*Vicia ervilia*) en Andalucía: recolección, conservación y caracterización del germoplasma”). Asimismo, se incluye información adicional adquirida durante el trabajo de prospección sobre la agronomía y usos de la mánganos o alberjones y del pipirigallo o esparceta.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Entre los años 2005 y 2007 se han llevado a cabo viajes de prospección a diversas comarcas de Andalucía que previamente se habían identificado como áreas de cultivo de leguminosas menores o que pudieran contar con poblaciones espontáneas. El criterio de selección fue la presencia de este tipo de leguminosas en la información estadística municipal de los años 1975, 1985 y 2003, según los datos proporcionados por los servicios de estadística del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Las comarcas en las que se han centrado las prospecciones han sido Guadix, Baza, Huéscar y el Valle de Lecrín, en Granada; Los Vélez en Almería; y la provincia de Cádiz. En las visitas se localizaron informantes locales a los que se entrevistó y se recogió material en verde y semillas para su posterior multiplicación y caracterización. Algunas semillas fueron suministradas por agricultores locales y almacenistas, recogiendo información acerca de su procedencia; otras fueron recolectadas en campo a partir de ejemplares cultivados o espontáneos.

## RESULTADOS

### *Vicia ervilia* (L.) Wild. Yeros

Durante los recorridos de prospección de 2005 y 2006 se verificó su cultivo en parcelas de los municipios granadinos de Albuñuelas, Cogollos de Guadix, Jerez del Marquesado, Guadix (en su anejo de Hernán-Valle), Gorafe, Darro, La Puebla de Don Fadrique, Orce y Huéscar y de los almerienses de María, Vélez Blanco y Vélez Rubio. También se realizó un viaje de prospección para localizar yeros naturalizados a las Sierras de Cazorla y Segura.

Los almacenes de piensos actúan como suministradores de semilla, aunque todavía algunos agricultores utilizan semilla propia. Los labradores y dispensadores de semillas distinguen entre los yeros rojos, que asocian a la variedad del país, y los yeros americanos, más productivos. En general, no se utilizan variedades certificadas.

Son muy estimados como pienso para las cabras y como grano para las palomas domésticas y las torcaces (los compran los cazadores para los comederos). Los bueyes eran alimentados con yeros antes de realizar las labores porque les proporcionaba mucha energía. Han sido muy utilizados por los pastores para establecer sembrados que complementen la alimentación del ganado (comido en verde o en seco, una vez granado). Varios informantes pusieron de manifiesto que son muy tóxicos para los cerdos si se ingieren humedecidos.

Aunque los agricultores conocen sobradamente la especie, en todos los municipios visitados se resalta el gran declive que ha sufrido el cultivo, especialmente en el año 2006, lo que se achaca a la modificación en el sistema de ayuda al cultivo. El declive se asocia también a la disminución de la cabaña ganadera extensiva de ovino y caprino debido a la estabulación.

Los viajes de prospección han permitido finalmente recolectar 14 entradas de yeros para su multiplicación y caracterización procedentes de los municipios de Albuñuelas, Gorafe, Cogollos de Guadix, La Puebla de don Fadrique (Granada), Vélez rubio y Chirivel (Almería) y Segura de la Sierra (Jaén).

### *Hedysarum coronarium* L. Zulla

La zulla ha sido cultivada desde antiguo en toda la cuenca Mediterránea. Su interés y principal aprovechamiento radica en su gran potencial como planta forrajera y pratense en sistemas agrícolas de secano (Nadal et al, 2007). Su cultivo ha experimentado un retroceso muy acusado: de hecho, en Andalucía ha desaparecido prácticamente, por lo que los trabajos de prospección se han centrado en localización de poblaciones espontáneas en la provincia de Cádiz, que ha sido la provincia que ha contado con un cultivo más amplio de esta especie en el pasado.

Las tres expediciones llevadas a cabo han localizado un total de 30 poblaciones que han entrado a formar parte de la colección de *Hedysarum coronarium* del IFAPA y que están siendo en la actualidad multiplicadas, caracterizadas y evaluadas para en fin último ser aprovechadas nuevamente en el modelo de la agricultura sostenible y multifuncional preconizado desde todas las instancias.

### *Vicia narbonensis* L. Mánganos

Los nombres vernáculos recogidos en la bibliografía para *Vicia narbonensis* son alberjones (o alverjones) y haba loca (Castroviejo et al, 1986). Ha sido una especie de cultivo restringido a algunas zonas de Castilla La Mancha, Extremadura y Andalucía. En algunas áreas de la sierra de Jaén se ha cultivado - y todavía se cultiva - en cultivo mixto con habas (Nadal, Moreno y Cubero, 2004). Los alverjones desaparecieron de las estadísticas oficiales, por lo cual no es posible evaluar la evolución de su cultivo en las últimas décadas.

En los viajes de prospección se ha recogido el nombre vernáculo de *márganos* para *Vicia narboensis* en la provincia de Granada (Valle de Lecrín, Hoya de Guadix y Hoya de Baza). Informantes de Huéneja y Cogollos de Guadix (Granada) pusieron de manifiesto que los márganos son un pienso excelente para el engorde de los cerdos. Se trata de un material muy valorado en la comarca de Guadix, en donde todavía se cultiva en pequeñas parcelas para el uso doméstico.

### ***Onobrychis viciifolia* Scop. Pipirigallo o esparceta**

En los recorridos de prospección únicamente se ha localizado el cultivo de pipirigallo o esparceta en el municipio de Santiago de la Espada (Jaén), un municipio de montaña con clima continental, con rasgos similares al área de distribución actual de este cultivo en España (Delgado et al, 2004).

En la visita de noviembre de 2006, el informante puso de manifiesto que el pipirigallo ha sido un cultivo tradicional en el término ("desde siempre"). En la actualidad sólo es cultivado aproximadamente por cinco labradores, que además tienen ganado.

La semilla en la actualidad procede de Aragón (Los Monegros) y de Lérida. Es difícil utilizar la semilla procedente de la propia cosecha debido a que su separación del resto de la planta es excesivamente trabajosa.

El pipirigallo es muy valorado como forraje en verde para el ganado: es muy apetecible para todas las especies ganaderas, más incluso que la alfalfa, la veza u otro forraje. También se siega, realizándose dos cortes al año: uno en primavera tardía (mayo), antes de que florezca; el segundo una vez que ha granado la semilla (agosto), para que, de este modo, se favorezca la resiembra. Tras la siega, se seca y se hacen alpacas para la alimentación otoñal e invernal del ganado y para las parideras. En comparación con la alfalfa requiere menos agua (en primavera no se riega) y da más producción en cada corte ya que alcanza un porte de hasta un metro y medio de altura; esto contrarresta en parte el menor número de cortes. Aguanta 4 ó 5 años sobre la parcela hasta que se enyerba excesivamente. Cuando esto sucede, se puede pasar un cultivador espeso para eliminar la competencia, volviendo a brotar el pipirigallo.

## **CONCLUSIONES**

Las leguminosas siguen siendo una gran esperanza para la agricultura mediterránea (Pascual, 1998). En la actualidad, nuevos destinos son contemplados bajo los criterios de sostenibilidad. Por ejemplo, el uso de leguminosas como cubiertas vegetales para aumentar la materia orgánica del suelo y ayudar a mantener el agua en el cultivo, como aporte de nitrógeno adicional al suelo o como elemento fundamental en la agricultura ecológica, especialmente para la obtención de piensos ecológicos. Usos que establecen nuevas necesidades que las leguminosas podrían cubrir. Por ello, parece más necesario que nunca poder contar con la tecnología suficiente y con los materiales (cultivares) que se adapten a estas nuevas formas de hacer agricultura. Pensar en una agricultura multifuncional que reduzca el uso de insumos y que sea verdaderamente respetuosa con el medio ambiente, nos obliga a utilizar materiales adaptados a los ambientes particulares y con las resistencias genéticas adecuadas a los factores limitantes de cada especie y área de cultivo. No es posible abordar esta nueva agricultura desde lo universal, sino pensar en problemas y materiales específicos para lo particular. Por ello, es fundamental la primera labor de prospección y recolección del material que haya sobrevivido en nuestros campos. Los ecotipos son más necesarios que nunca.

Otra labor fundamental es documentar la agronomía y los usos y experiencias locales en el cultivo de leguminosas. En este sentido, sorprende las relativamente escasas informaciones agroecológicas sobre muchas de estas especies (Ricaldone, 1910 a, b, 1916; Guinea, 1953; Mateo Box, 1961; Cubero y Moreno, 1984; Nadal, Moreno y Cubero, 2004). Pero esta labor, como la anterior, se enfrenta a la práctica desaparición del cultivo.



Desafortunadamente, esta comunicación no contesta a la pregunta formulada inicialmente. Tal vez porque ésta sea y haya sido la cuestión permanente que los agrónomos de todos los tiempos se han planteado y todavía no hemos sido capaces de resolver de manera efectiva. ¿Quizás podamos hacerlo en este nuevo milenio?

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTROVIEJO, S. (et al.). 1986 -. *Flora Ibérica*. Tomo VII. CSIC. Madrid.
- CUBERO, J. I.; MORENO, M.T. (coord.). 1983. *Leguminosas de grano*. Editorial Mundi Prensa. Madrid.
- DELGADO, I.; ANDRÉS, C.; SIN, E.; OCHOA, J. 2004. La esparceta o pipirigallo, un cultivo a potenciar. *Surcos de Aragón*, 90, 30-35.
- GUINEA, E. 1953. *Estudio botánico de las vezas y Arvejas Españolas (Monografía del género Vicia en España)*. Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas. Madrid.
- MATEO BOX, J. M. 1961. *Las leguminosas de grano*. Salvat Editores. Barcelona.
- NADAL, S.; MORENO, M.T.; CUBERO, J.I. 2004. *Las leguminosas grano en la agricultura moderna*. Editorial Mundi Prensa - Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Madrid.
- NADAL, S.; CUBERO, J.I.; PEREA, F.; CORTÉS, S.; ROMÁN, B. Diversificación y aprovechamiento de leguminosas forrajeras autóctonas de la provincia de Cádiz. En: *Estrategias de diversificación productiva del sector agroalimentario de Jerez de la Frontera*, 159-166. Coord.: Manuel Arriaza. Junta de Andalucía. Sevilla.
- PASCUAL TERRATS, H. 1998. Las leguminosas al campo. *Agricultura*, 790, 374-377.
- REMMERS, G. 1998. *Con cojones y maestría. Un estudio sociológico-agronómico acerca del desarrollo rural endógeno y procesos de localización en la Sierra de la Contraviesa (España)*. Thela Publishers. Amsterdam.
- RICALDONE, P. 1910 a. *El problema Forrajero. Veza, alverja, arveja o algarroba*. Biblioteca Agraria Solariana. Sevilla.
- RICALDONE, Pedro. 1910 b. *El problema Forrajero. Cultivo de la esparceta o pipirigallo, serradilla y pie de pájaro*. Biblioteca Agraria Solariana. Sevilla.
- TREVIÑO, J. CABALLERO, R. GIL, J. 1980. Estudios sobre la utilización de la algarroba (*Vicia monantha* Rehz.) como planta forrajera. Análisis del crecimiento y rendimientos. *Pastos*, 10, 138-143.
- TREVIÑO, J. CABALLERO, R. GIL, J. 1981 a. Estudio sobre la utilización de la algarroba (*Vicia monantha* Rehz.) como planta forrajera. Composición química, digestibilidad y valor energético a distintos estados de madurez. *Pastos*, 11, 361-370.
- TREVIÑO, J. CABALLERO, R. GIL, J. 1981 b. Estudios sobre la utilización del yero (*Vicia ervilia* Villd.) como planta forrajera de secano. Análisis del crecimiento y rendimientos. *Pastos*, 11, 167-173.

## NARBON BEANS, BITTER VETCHES, SULLA AND SAINFOIN IN ANDALUSIA: RELICS FROM THE PAST OR FUTURE ALTERNATIVES?

### SUMMARY

Legumes have been traditionally cultivated in Spain such a supplementary livestock feed. Nevertheless, factors as the opening of the national markets determined its abandon decreasing its production from 1.2 millions of cultivated Has at the beginning of the 1950's to around 200 000 Has in 1994. Subsequently, and although there has been a slight recovery until 2006 mainly due to the EU help to the cultivation of certain grain legumes (vetch, chickpea, lens and bitter vetch) and proteaginous legumes (peas, faba beans and us), legumes are residual crops in most of the Spanish agricultural counties. This has been specially remarkable for those species that have not been under the financial protection of the EU and even are not mentioned in the official annuaries. In this study we present the result of the prospection activities related to different minor legumes: sulla (*Hedysarum coronarium*), bitter vetch (*Vicia ervilia*), narbon beans (*Vicia narbonensis*) and sainfoin (*Onobrychis viciifolia*).

**Key words:** ethnobotany, grain legumes, forage legumes, sustainable agriculture.

## DISTRIBUCIÓN DE ECOTIPOS DE *ORNITHOPUS COMPRESSUS* Y *BISERRULA PELEGINUS* EN PASTOS DEL SUROESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

F. GONZÁLEZ LÓPEZ, M. MURILLO VILANOVA, E. POLANCO REDONDO  
Y V. MAYA BLANCO

**Departamento de Pastos. Centro de Investigación Finca La Orden. Junta de Extremadura.  
Apartado 22, Badajoz (España)**

### RESUMEN

Se estudian dos especies alternativas al *Trifolium subterraneum* L. para la recuperación de pastos degradados de dehesa, *Ornithopus compressus* L. y *Biserrula peleginus* L., capaces de producir y persistir en estos ambientes restrictivos. El estudio de la colección de ecotipos recogidos en el suroeste peninsular revela que se adaptan a un amplio rango de tipos de suelo y pluviometría. La colección estudiada de *B. peleginus* presenta ciclos de floración de 120 a 170 días, duración de floración entre 20 y 60 días y dureza seminal variable. *O. compressus* es algo más vigoroso y más precoz, con ciclos desde 110 a 160 días.

**Palabras clave:** dehesa, leguminosas, ciclo de floración, dureza seminal, vigor.

### INTRODUCCIÓN

La explotación de los pastos de dehesa representa la principal riqueza de extensas áreas del Oeste y Suroeste peninsular. Actualmente, muchos de estos pastos presentan evidentes signos de degradación, principal consecuencia de prácticas y labores agrícolas inadecuadas que contribuyen a la pérdida de especies vegetales y al desplazamiento de variedades autóctonas por otras de menor interés pastoral. La recuperación de estos pastos debe basarse, fundamentalmente, en la restauración de la cubierta vegetal con leguminosas anuales, que se caracterizan por su calidad, su adaptación al medio y su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, necesario en el suelo para que otras plantas, ávidas de este elemento, puedan desarrollarse (Granda *et al.*, 1991). En Extremadura se ha utilizado durante años el *Trifolium subterraneum* L. como leguminosa base para mejorar los pastos. El éxito de esta especie se ha debido principalmente a su adaptación a las condiciones edafoclimáticas del suroeste de la península, a su abundancia, a su gran potencial forrajero y a su buena tolerancia al pastoreo. Pero también presenta ciertas desventajas: el riesgo de falsas aperturas otoñales, el elevado coste de la semilla, los inconvenientes del uso de la cosechadora de succión, necesaria para recolectar la semilla (produce erosión del suelo y contaminación ambiental), etc. Además, los cultivos forrajeros monofitos resultan de difícil implantación y falta de persistencia en años adversos, lo que ha motivado el uso de distintas especies en una misma mezcla de siembra para aumentar la probabilidad de alcanzar un pasto productivo, equilibrado y persistente, capaz de sobrevivir en condiciones adversas (Crespo, 1997). Siguiendo esta idea, se ha centrado la atención en dos especies prometedoras para la recuperación de estas áreas de dehesa: *Ornithopus compressus* L. y *Biserrula peleginus* L.

*Ornithopus compressus* L. se adapta bien a suelos ácidos y poco fértiles, siendo su eficacia en la absorción y uso del fósforo mayor que la del trébol subterráneo (Payntes, 1990). Posee un arraigamiento profundo, aprovechando mejor que otras especies la humedad del suelo y puede crecer dos o tres semanas más que el trébol subterráneo en las mismas áreas (Payntes, 1990; Revell et al., 1999). No posee fitoestrógenos ni otros compuestos tóxicos para los animales y tiene un buen valor nutritivo (Freebairn, 1994). Como desventajas, su mala adaptación a suelos arcillosos, crecimiento lento en invierno, dificultad de separación de la semilla del fruto y sensibilidad al pastoreo en la época de semillado (Revell y Ewing, 1994).

*Biserrula pelecinus* L. se adapta a un amplio rango de tipos de suelo, bien drenados y de pH ligeramente ácido, pero no tolera el encharcamiento (Howieson et al., 1995). Su sistema radicular es muy profundo (Carr et al., 1999), lo cual es muy importante para su supervivencia durante períodos de sequía, permitiéndole alargar el periodo de crecimiento en primavera. Su hábito de crecimiento postrado, el pequeño tamaño de sus semillas y la capacidad de conservar su viabilidad tras pasar por el tracto intestinal de los animales favorecen su persistencia bajo fuerte pastoreo. Otras ventajas de esta especie son el bajo coste de su semilla, su fácil recolección, su elevada producción y su dureza seminal, lo que permite que la mayor parte de las semillas escapen a las falsas otoñadas (Loi et al., 2000).

Se han llevado a cabo numerosas recolecciones de semillas de estas dos especies por el suroeste peninsular (González et al., 1994; González et al., 1997). Se analizan en este trabajo las características de suelo y pluviometría de los lugares donde se recolectaron los distintos ecotipos que forman parte de esta colección, así como sus características de floración, dureza seminal y vigor.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La colección de semillas existente en el Banco de Germoplasma de la Finca La Orden (Centro de Investigación de la Junta de Extremadura) cuenta con 116 ecotipos de *Biserrula pelecinus* L. y 300 de *Ornithopus compressus* L., todos ellos recolectados en el suroeste de la Península Ibérica, en áreas sometidas a pastoreo. Las zonas de recogida han sido: Badajoz, Cáceres, Ciudad Real, Salamanca, Córdoba, Cádiz, Huelva, Sevilla (en España), Algarve y Alentejo (en Portugal). Todo este material se ha documentado en una base de datos utilizando los descriptores EURISCO, que reúnen información sobre el lugar de origen: localización, características edáficas y pluviometría. Este material ha sido sembrado en la Finca La Orden en líneas de tres metros, durante varios años y evaluado agrónomicamente, atendiendo principalmente a caracteres relacionados con el potencial productivo y persistencia: ciclo de floración (días desde la siembra hasta la primera flor), duración de floración (días desde la primera flor hasta la última), dureza seminal (porcentaje de semillas duras después de estar sometidas a temperatura alternante de 30<sup>o</sup>/90<sup>o</sup>) y vigor. Todos estos datos se han analizado utilizando el programa estadístico SPSS, mediante el cual se han realizado correlaciones y estudios de distribución de las poblaciones mediante el cálculo de frecuencias.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las áreas donde se recolectaron los ecotipos de *Biserrula pelecinus* L. y *Ornithopus compressus* L., incluyen un amplio rango de tipos de suelo y pluviometría. Los suelos (Tabla 1) presentan distintas texturas (de arcillosa a arenosa), profundidades (de poco a muy profundas), pH (de 5 a 8), contenidos en materia orgánica (1% al 6%) y contenido en fósforo (desde inapreciable hasta más de 50 mg/kg).

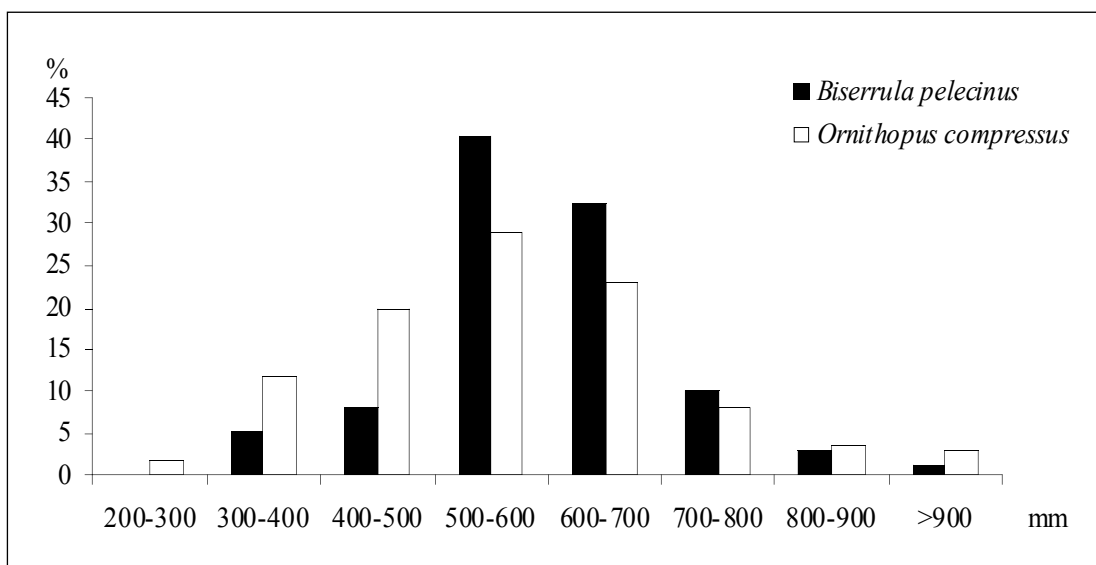
Esto coincide con los estudios de Ewing (1999) que indican que, en términos generales, estas especies se adaptan bien a suelos con características de texturas desde arenosas a franco arcillo limosas y cuyo grado de acidez varía entre extremadamente ácido a moderadamente alcalino. Por otra parte, la precipitación media anual de estas zonas varía entre 200 y 1100 mm (Figura 1),

coincidiendo también con Ewing (1999), que indican la presencia de estas leguminosas en zonas con menos de 350 mm de precipitación anual hasta más de 750 mm anuales.

**Tabla 1.** Frecuencia de aparición (%) de los ecotipos recolectados según las características de suelo (pH, materia orgánica y textura y profundidad)

Característica del suelo		Frecuencia (%)	
variable	valor	<i>Biserrula pelecinus</i>	<i>Ornithopus compressus</i>
pH	<5,5	2,8	9,0
	5,5-6,4	48,6	46,5
	6,5-7,5	39,3	38,0
	>7,5	9,3	6,5
Profundidad	Baja	58,3	61,7
	Media	35,0	34,0
	Alta	6,7	4,3
% Materia orgánica	1-3	78,9	74,8
	4-6	21,3	25,2
Textura	Arcilloso	0,0	0,7
	Franco	11,4	7,6
	Franco - arcilloso	13,9	24,3
	Franco - limoso	1,3	2,8
	Franco - arcillo arenoso	1,3	0,7
	Franco - arenoso	63,3	56,3
	Arenoso	8,9	7,7

**Figura 1.** Porcentaje de ecotipos de *Biserrula pelecinus* y *Ornithopus compressus* recolectados en las distintas zonas, clasificadas según su rango de pluviometría media



Sin embargo se observa, para ambas especies, una mayor frecuencia de aparición en zonas de suelos franco arenosos (en torno al 60% de los ecotipos), siendo también frecuentes, en suelos poco profundos o de profundidad media, con pH entre 5,5 y 7,5, contenido en materia orgánica entre 2% y 3% (Tabla 1) y pluviometría comprendida entre 500 y 700 mm (Figura 1).

Se realizó un análisis de correlación entre ciclo de floración, duración de floración, dureza seminal y vigor de crecimiento, así como entre estas variables y la pluviometría (Tabla 2). Para ambas especies el ciclo de floración presenta correlación negativa con la duración de floración y el vigor, lo que significa que los ecotipos de ciclo corto y medio son más vigorosos. Sólo para *Ornithopus* el ciclo de floración aparece también correlacionado, positivamente, con la dureza seminal. Sin embargo, ninguna de las características analizadas presenta correlación significativa alguna con la pluviometría.

**Tabla 2.** Correlaciones entre las variables CICLOFLO (ciclo de floración), DUFLO (duración de floración), DUSE (dureza seminal) y VIGOR (vigor de crecimiento)

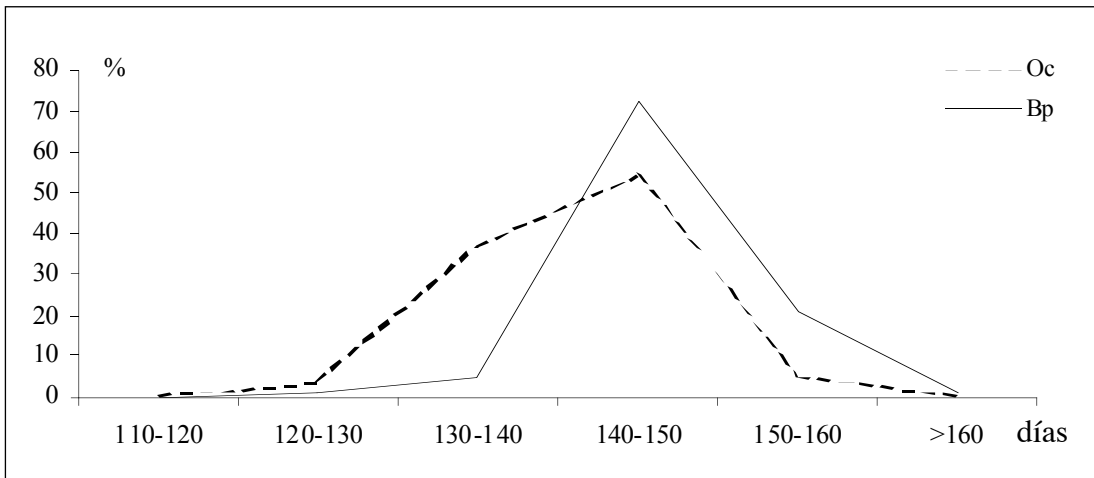
Variables	<i>Ornithopus compressus</i> L.		<i>Biserrula pelecinus</i> L.	
	Correlación Pearson	Significación (bilateral)	Correlación Pearson	Significación (bilateral)
CICLOFLO-DUFLO	-0,635**	0,000	-0,594**	0,000
CICLOFLO-VIGOR	-0,317**	0,000	-0,454**	0,000
CICLOFLO-DUSE	+0,364**	0,000	-0,070	0,475
DUFLO-VIGOR	+0,231**	0,001	+0,339**	0,000
DUFLO-DUSE	-0,528**	0,000	+0,077	0,413

Los datos medios de las variables estudiadas muestran que la población de *B. pelecinus* con la que contamos tiene un ciclo medio de floración de 146 días, seis días más largo que el de *O. compressus*. Para las variedades comerciales australianas estudiadas por Bustos (2002) y Ovalle et al. (2004), en *O. compressus* hubo una gran variación en precocidad (103–143 días), siendo similar la precocidad de las accesiones de *B. pelecinus* evaluadas (132–137 días).

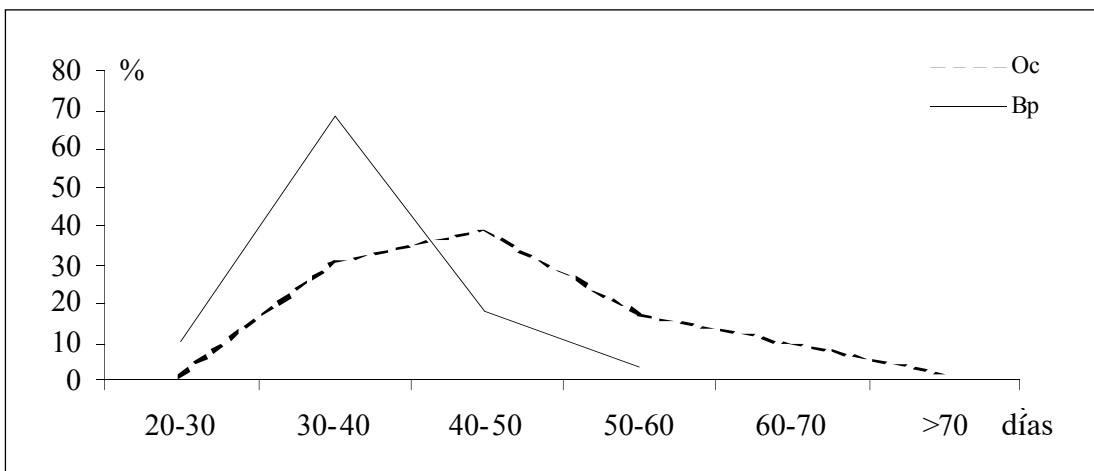
La duración media de floración de *B. pelecinus* es de 36 días, mientras que la de *O. compressus* es de 46 días. Los valores medios de dureza seminal también presentan diferencias entre ambas poblaciones, siendo 65% la dureza media de *B. pelecinus* y 53% la de *O. compressus*. En cuanto al vigor de crecimiento, ambos presentan valores comprendidos entre 5 y 6 (en una escala del 1 al 9), siendo algo más vigoroso *O. compressus*. Además de los valores medios, resulta interesante el estudio de la frecuencia de aparición de los distintos valores que adoptan las variables estudiadas. En las Figuras 2 y 3 se representan, respectivamente, la frecuencia de ocurrencia de los distintos ciclos de floración y duración de floración para las dos poblaciones de ecotipos estudiadas. Se observa en estas figuras la elevada proporción de ecotipos de *B. pelecinus* cuyo ciclo se encuentra entre los 140 y los 150 días (72%), siendo un 21% los ecotipos que presentan un ciclo entre 150 y 160 días. Sin embargo, a pesar de que el ciclo de floración de *O. compressus* más frecuente es también el que tiene su inicio entre los 140 y 150 días, una alta proporción (37%) posee ciclos más cortos, entre 130 y 140 días.

El 68% de los ecotipos de *B. pelecinus* tienen una duración de floración entre 30 y 40 días (Figura 3), mientras que para *O. compressus* sólo el 31% presenta una duración de floración entre 30 y 40 días, predominando la duración entre 40 y 50 días (40%).

**Figura 2.** Diagrama de frecuencias (%) del ciclo de floración de las poblaciones estudiadas de *Biserrula pelecinus* (Bp) y *Ornithopus compressus* (Oc)



**Figura 3.** Diagrama de frecuencias (%) de la duración de floración de las poblaciones estudiadas de *Biserrula pelecinus* (Bp) y *Ornithopus compressus* (Oc)



En cuanto a la dureza seminal, referencias australianas indican que, según la variedad, varían de 0 a 99 %. Valores superiores al 90% de dureza seminal prácticamente no aparecen en las zonas de recogida, presentando casi toda la población valores de dureza comprendidos entre el 50% y el 90%, incluso valores inferiores al 50% son bastante frecuentes en los ecotipos de *O. compressus* (un 34%).

## CONCLUSIONES

En el suroeste semiárido peninsular, ocupado por el ecosistema dehesa, *Biserrula pelecinus* L. y *Ornithopus compressus* L. constituyen una alternativa al trébol subterráneo para la recuperación de áreas de pastos degradados. Se adaptan a un amplio rango de tipos de suelo y pluviometría, observándose una mayor frecuencia de aparición en zonas de suelos franco arenosos, poco profundos o de profundidad media, con pH entre 5,5 y 7,5, contenido en materia orgánica entre 2% y 3% y pluviometría comprendida entre 500 y 700 mm. El ciclo de floración presenta correlación

negativa con la duración de floración y el vigor. Sólo para *O. compressus* el ciclo de floración aparece también correlacionado, positivamente, con la dureza seminal. La colección estudiada de *B. pelecinus* presenta ciclos de floración de 120 a 160 días (media de 146 días) duración de floración entre 20 y 60 días (36 días de media), dureza seminal variable, con una media de 65% y vigor entre 5 y 6. *O. compressus* es algo más precoz, con ciclos desde 110 días (media de 140 días), duración de floración entre 20 y 80 días (46 días de media), dureza media de 53% y vigor algo mayor que *B. pelecinus*.

Debido al similar comportamiento presentado por las dos especies, en aquellas zonas en las que ambas puedan utilizarse indistintamente en las mezclas comerciales, resultará ventajoso el empleo de *B. pelecinus* por su mayor facilidad de recolección.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUSTOS, P. 2002. *Caracterización fenológica y agronómica de una colección de leguminosas forrajeras anuales para la zona mediterránea subhúmeda y húmeda de Chile*. 70 pp. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Adventista de Chile, Chillán, Chile.
- CARR, S.J.; LOI A.; HOWIESON, J.H.; PORQUEDDU, C., 1999. Attributes of *Biserrula pelecinus* L. (*Biserrula*): A new pasture legume for sustainable farming on acidic sandy soils in Mediterranean environments. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 39, 87-90.
- CRESPO, D.G., 1997. Pastagens extensivas do Sudoeste de la Península Ibérica: Producir mais conservando melhor. En: *Actas XXXVII Reunión SEEP*, Sevilla-Huelva, 163-182.
- EWING, M.A. 1999. New pasture species. En: *Proceedings of the 11th Australian Plant Breeding Conference Glenelg, South Australia* (CRC for Molecular Plant breeding, University of Adelaide), 86-90.
- FREEBAIRN, R.D., 1994. Serradela: an advisory perspective. In: *Technical Report Nº219. Alternative pasture legumes*, 61-65. Ed. D. MICHALK, A. CRAIG, B. COLLINS. Primary Industries South Australia (Australia).
- GONZÁLEZ, F.; MORENO, V.; PAREDES, J.; PRIETO, P.M<sup>a</sup>.; PANIAGUA, M., 1997. Prospection and evaluation in degraded areas of annual forage legumes, fodder shrubs and perennial grasses typical from Extremadura. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 39, 283-286.
- GONZÁLEZ, F.; OLEA, L.; BUENO, C.; MORENO, V.; PAREDES, J.; PRIETO, P.M<sup>a</sup>.; PANIAGUA, M.; SANTOS, A., 1994. Recuperación a pastos de áreas degradadas en la dehesa de Extremadura. *MEMORIA SIA*, 94, 57-60.
- GRANDA, M.; MORENO, V.; PRIETO, P. M<sup>a</sup>., 1991. *Pastos naturales en la dehesa extremeña*. Colección Información Técnica Agraria. Ser. Ganadería. SIA. Badajoz (España).
- HOWIESON, J.G.; A. LOI; S.J. CARR., 1995. *Biserrula pelecinus* L. a legume pasture species with potential for acid, duplex soils which is nodulated by unique root-nodule bacteria. *Aust. J. Agric. Res.*, 46, 997-1009.
- LOI, A.; B.J. NUTT; R. MCROBB; M. EWING., 2000. Potential new alternative annual pasture legumes for Australian Mediterranean farming systems. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 45, 51-54.
- OVALLE, C.; ARREDONDO S.; DEL POZO, A.; AVENDAÑO, J.; FERNÁNDEZ, F., 2004. Atributos y antecedentes del comportamiento de *Biserrula pelecinus* L. Nueva leguminosa forrajera anual para Chile mediterráneo. *Agric. Téc.*, 64(1), 74-81.



- PAYNTES, B.H., 1990. Comparative phosphate requirements of yellow serradela (*Ornithopus compressus*), burr medic (*Medicago polymorpha*) and subterranean clover (*Trifolium subterraneum*). *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.*, 30, 507-514.
- REVELL, C.K.; G.B. TAYLOR; P.S. COCKS., 1999. Effect of length of growing season on development of hard seeds in yellow serradella and their subsequent softening at various depths of burial. *Aust. J. Agric. Res.*, 50, 1211-1223.
- REVELL, C.K.; M. EWING., 1994. Status of serradela (*Ornithopus* spp.) research in Western Australia. In: *Technical Report N°219. Alternative pasture legumes*, 47-49. Ed. D. MICHALK, A. CRAIG, B. COLLINS. Primary Industries South Australia (Australia).

## **ORNITHOPUS COMPRESSUS L. AND BISERRULA PELEGINUS L. ECOTYPES DISTRIBUTION IN SW SPAIN PASTURE AREAS.**

### **SUMMARY**

Two legume species, *Ornithopus compressus* L. and *Biserrula peleginus* L., have been studied as an alternative to the use of *Trifolium subterraneum* L. for the recovery of dehesa degraded pastures. The ecotypes collected in SW Spain. are adapted to a wide range of soil types and rainfall. *B. peleginus* ranged from 120 to 170 days to flowering, length of bloom between 20 and 60 days and variable hardseedness. *O. compressus* is slightly more vigorous and more precocious, 110 to 160 days to flowering.

**Key words:** dehesa, legumes, flowering period, hardseedness, vigour.



## RENDIMIENTO EN MATERIA SECA DE LAS FRACCIONES BOTÁNICAS DEL PASTO KING GRASS MORADO (*PENNISETUM PURPUREUM* X *PENNISETUM TYPHOIDES*) BAJO DEFOLIACIÓN

R. RAZZ Y T. CLAVERO

**Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. Apdo 15098. Maracaibo 4005. Venezuela.**  
**E-mail: rosarazz@hotmail.com**

### RESUMEN

En el Occidente de Venezuela, en una zona caracterizada como bosque muy seco tropical, se realizó una investigación con el propósito de evaluar el efecto de la frecuencia de defoliación sobre el rendimiento de materia seca (MS) de las fracciones botánicas del pasto king grass morado (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*). Se determinó el rendimiento de MS de hojas (RMSH), entrenudos (RMSE), nudos (RMSN), total (RMST) y relación hoja/tallo (RHT) sometidas a tres frecuencias de defoliación (30, 45 y 60 días). El diseño experimental utilizado fue totalmente al azar con 7 repeticiones. Los resultados obtenidos mostraron un efecto significativo ( $P < 0,05$ ) de la frecuencia sobre RMSH, RMSE, RMSN y RMST, mientras que no afectó ( $P > 0,05$ ) a la RHT. Los mayores rendimientos de MS de las fracciones botánicas fueron obtenidos cuando las plantas se cosecharon cada 60 días (170,4; 32,5; 7,52 y 210,43 g/planta para RMSH, RMSE, RMSN y RMST, respectivamente). La RHT obtuvo un promedio de 7,25. La mayor proporción en la composición de la planta fue de hojas (86,98%) seguido de entrenudos (10,14%) y nudos (2,88%). La defoliación es una práctica de manejo que al implementarse de manera adecuada favorece el crecimiento y los rendimientos en pastizales de corte.

**Palabras clave:** *Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*, defoliación, rendimiento

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe una competitiva producción en el sector agropecuario, el productor se encuentra obligado a realizar un uso más eficiente de los recursos existentes en su sistema de producción y constantemente está en la búsqueda de materiales forrajeros que satisfagan los requerimientos nutricionales de su rebaño, por lo que la mayoría de los sistemas en el trópico utilizan las gramíneas como principal recurso alimenticio, las cuales son en general de bajo valor nutricional, factor que limita la producción animal (Araya y Boschimi, 2005). La disponibilidad de los pastos está sujeta a las condiciones climáticas de las zonas tropicales, en las cuales la producción de forrajes se ve limitada en la época de mínima precipitación.

El rendimiento de biomasa quizás sea uno de los criterios más importantes para la selección de un pasto, pero existen otros criterios como es la proporción de las fracciones botánicas (hojas, nudos y entrenudos), éstas determinan el valor nutritivo y la ingestión de forrajes. Los rumiantes, seleccionan la hoja, en lugar del tallo porque es más nutritiva y se ha reportado que las fracciones botánicas del pasto pueden diferir ampliamente en su composición química, características físicas y digestibilidad (Islam et al., 2003).

En Venezuela, se han evaluado distintos cultivares del pasto elefante (género *Pennisetum*), con diferentes valores de producción y calidad. Recientemente se ha destacado el pasto King grass morado (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*), que se caracteriza por su gran capacidad de producir forraje y con alto valor nutritivo, características que han permitido su introducción en todas las regiones tropicales y subtropicales (Bernal, 2003).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento en materia seca de las fracciones botánicas del pasto king grass morado (*Pennisetum hybridum*) bajo defoliación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Descripción del área experimental

La investigación se realizó en la región occidental de Venezuela, zona caracterizada como bosque muy seco tropical, con precipitaciones que oscilan entre 400 y 600 mm anuales y una temperatura media de 28 °C.

### Manejo de la parcela experimental

Se utilizó una superficie total de 168 m<sup>2</sup>, de pasto King grass morado después de un año de establecimiento, el área se dividió en 21 parcelas de 8 m<sup>2</sup> de área efectiva. Se realizó un corte de uniformidad a 30 cm sobre el nivel del suelo, a partir del cual se fijaron las diferentes frecuencias de defoliación. En el momento del corte de uniformidad se aplicó fertilización con un producto comercial, con una composición de 12% de N y 52% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a razón de 200 kg/ha y riego dos veces por semana.

### Tramamiento y diseño experimental

Se evaluaron tres frecuencias de defoliación (30, 45 y 60 días). Se utilizó un diseño experimental totalmente aleatorizado con siete repeticiones.

### VARIABLES EVALUADAS

Al inicio del ensayo, se seleccionaron siete plantas por tratamiento, las cuales se identificaron previamente para cosechar las mismas plantas durante el período de evaluación. Cada planta se cosechó a 30 cm sobre el nivel del suelo, la cual se separó en sus diferentes fracciones: hojas, nudos y entrenudos. Las muestras se trasladaron al laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia y se colocaron en una estufa a 68 °C durante un período de 48 horas, transcurrido este tiempo se sacaron de la estufa, dejando enfriar hasta la estabilización por 24 horas. Se pesaron en una balanza de precisión para obtener el peso seco, el cual se expresó en g/planta.

### ANÁLISIS DE DATOS

Los resultados obtenidos se analizaron a través del paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS, 2002). Se realizó un análisis de varianza utilizando el Modelo Lineal General y la comparación de medias a través de la prueba de Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los rendimientos de materia seca para las diferentes fracciones botánicas del pasto King grass morado se muestran en la Tabla 1. La mayor producción de hojas se obtuvo cuando las plantas se cosecharon a los 60 días, difiriendo estadísticamente ( $P < 0,05$ ) de los cortes a los 30 y 45 días,

los cuales no mostraron diferencias entre sí. Resultados similares fueron reportados por Araya y Boschimi (2005), quienes evaluaron diferentes cultivares de *Pennisetum*, destacándose el pasto King grass morado.

El intervalo de defoliación tiene un efecto significativo sobre la producción de materia seca de hojas, ya que a intervalos más prolongados se produce mayor material vegetal y en la medida que los cortes se realizan más frecuentemente disminuye el rendimiento, lo que está estrechamente relacionado con la reducción de la energía de las reservas para el nuevo rebrote, se reduce el tejido fotosintético activo y la declinación del desarrollo en vigor, lo que no permite una adecuada recuperación a la planta (Santos et al., 2003; Ramírez et al., 2004).

**Tabla 1.** Producción de materia seca (g/planta) de las diferentes fracciones del pasto king grass morado a diferentes frecuencias de defoliación

Frecuencia (días)	MS hojas (g/planta)	MS nudos (g/planta)	MS entrenudos (g/planta)	MS total (g/planta)	Relación hoja/tallo
30	71,13b	3,25b	4,74b	79,13b	8,54
45	79,19b	0,83b	7,89b	87,91b	6,80
60	170,4a	7,52a	32,5a	210,43a	6,56

Medias con letras diferentes en la misma columna difieren significativamente ( $P < 0,05$ )

Con respecto a la producción de entrenudos y nudos (Tabla 1), ésta tuvo el mismo comportamiento que las hojas. A menores frecuencias de defoliación existe poca diferenciación de entrenudos y nudos en la planta, ya que el 90% de las fracciones está constituido por hojas, seguido de entrenudos más turgentes pero existentes y nudos que apenas son visibles. Resultados similares fueron reportados por Islam et al. (2003).

La producción de materia seca total resultó mayor cuando las plantas se cosecharon cada 60 días. La mayoría de las investigaciones han demostrado que los rendimientos de materia seca están en función de la frecuencia de defoliación, los bajos rendimientos están asociados a una lenta recuperación debido a un agotamiento de las reservas en la planta, que no permiten una producción constante y uniforme de follaje (Bernal, 2003).

La frecuencia de defoliación no mostró efectos significativos ( $P > 0,05$ ) sobre la relación hoja/tallo, con un valor promedio de 7,3. Sin embargo, se observó una tendencia a disminuir en la medida que se incrementó el intervalo entre cortes. En la medida que se incrementa la edad de la planta, aumenta la producción de tallos por lo cual disminuye la relación (Araya y Boschimi, 2005).

## CONCLUSIONES

En pastos de corte, específicamente en el pasto King grass morado, la defoliación es una práctica de manejo que afecta las fracciones botánicas de los mismos así como sus rendimientos de materia seca.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAYA, M.; BOSCHIMI, C. 2005. Producción de forrajes y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica. *Rev. Agronomía Mesoamericana*, 16, 37-43.
- BERNAL, J. 2003. *Pastos y Forrajes Tropicales. Producción y Manejo*. Cuarta edición. 702 pp. Bogotá, Colombia.

- ISLAM, M.; SAHA, C.; SAKER, N.; JALIL, M.; HASANUZZAMAN. 2003. Effect of variety on proportion of botanical fractions and nutritive value of different napier grass (*Pennisetum purpureum*) and relationship between botanical fractions and nutritive value. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 16, 837-842.
- RAMÍREZ DE LA R., J.; LEONARD, I.; LÓPEZ, Y.; ALVAREZ, Y.; LÓPEZ, B. 2004. Efecto de la edad de rebrote en el valor nutritivo de dos especies de pastos tropicales (King grass CT 115 y *Brachiaria decumbens*). *Rev. Virtual Visión Vet.* 4, 4.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (SAS). 2002. *User's guide*. Ver. 9. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- SANTOS, M.; BATISTA, J.; SILVA, M.; SANTOS, S.; CARACIOLO, R.; LEO, A.; FARIAS, I.; VIANA, E. 2003. Produtividade e composicao quimica de gramineas tropicais na zona de mata de Pernambuco. *Rev. Brasileira de Zoot.* 32, 821-827.

## DRY MATTER YIELD OF BOTANICAL FRACTIONS OF KING GRASS PURPLE (*PENNISETUM HYBRIDUM*) UNDER DEFOLIATION

### SUMMARY

In the western of Venezuela, in an area characterized as very dry tropical forest, an experiment was conducted in order to evaluate the effect of frequency of defoliation on yield of dry matter (DM) of botanical fractions of pasture King grass purple (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*). DM leaves (DMSH), internodes (DMSE), nodes (DMSN), total (DMST) and leaf: stem (RHT) under three frequencies defoliation (30, 45 and 60 days) were determined. The experimental design was completely randomized with 7 replications. The results showed a significant ( $P < 0.05$ ) in the frequency on DMSH, DMSE, DMSN and DMST, while not affected ( $P > 0.05$ ) the RHT. The highest yields of DM botanical fractions were obtained when the plants were harvested every 60 days (170.4, 32.5, 7.52 and 210.43 g/plant for DMSH, DMSE, DMSN and DMST, respectively). The RHT had an average of 7.25. The largest proportion in the composition of the plant was leaves (86.98%) followed by internodes (10.14%) and nodes (2.88%). The defoliation is a management practice implemented to adequately promote growth and yields in grasslands.

**Key words:** *Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*, defoliation, yield

## CALIDAD FORRAJERA DE TAGASASTE Y TRES ESPECIES DE TELINE EN CANARIAS

E. CHINEA<sup>1</sup>; A. GARCÍA-CIUDAD<sup>2</sup> Y B. GARCÍA-CRIADO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria, Departamento de Edafología y Geología (ULL), Tenerife. <sup>2</sup> Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología. (IRNASA, CSIC). Apd 257. Salamanca. Email: echinea@ull.es

### RESUMEN

En este trabajo se ha estudiado la variación estacional de los contenidos de P, K, Ca, proteína cruda, fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) en la materia seca comestible de cuatro especies cultivadas (*Chamaecytisus palmensis* (tagasaste), *Teline canariensis*, *Teline osyrioides* subsp., *sericea* y *Teline osyrioides* subsp. *osyrioides*). Los arbustos estudiados tuvieron niveles adecuados de K y Ca para una buena alimentación animal. El nivel de P sólo fue apropiado para los animales en las estaciones de otoño e invierno en *C. palmensis*. La población de *C. palmensis* tuvo altos niveles de proteína cruda pero más bajos valores de constituyentes fibrosos que las especies de *Teline*. Las especies *T. canariensis* y *T. o. osyrioides* tuvieron contenidos similares de proteína mientras que *T. o. sericea* tuvo los niveles significativamente más bajo ( $P < 0,05$ ).

**Palabras Clave:** Tagasaste, *Teline*, arbustos forrajeros.

### INTRODUCCIÓN

La producción actual de forraje en las Islas Canarias es insuficiente para cubrir las necesidades de los pequeños rumiantes (cabras y ovejas), es de gran interés agronómico y económico para los ganaderos reducir la importación de forraje. De ahí la importancia de estudiar arbustos forrajeros endémicos que aporten fibra larga y minerales, muy deficitaria en la dieta que actualmente es suministrada al ganado en Canarias.

Dos especies y dos subespecies arbustivas endémicas de las Islas Canarias (*Chamaecytisus palmensis*, *Teline canariensis*, *Teline osyrioides osyrioides* subsp. y *Teline osyrioides* subsp. *sericea*) han sido seleccionadas para este estudio por las siguientes razones: *C. palmensis* (tagasaste), se suele tomar como referencia por su alta producción (China et al., 2007) y calidad. Lambert et al., (1989) citan los niveles de minerales y fibra en tagasaste (P, 0,13%; K, 1,1%; Ca, 0,35%; PC, 15,6%; FND, 41%; FAD, 27%). Douglas et al., (1996) obtuvieron también los siguientes valores: P, 0,19-0,24%; K, 0,98-1,65%; Ca, 0,43-0,47%; PC (16,25-25%).

En un primer trabajo (China et al., 2007) fue evaluada la producción de *C. palmensis* y tres especies de *Teline*. El objetivo de este trabajo ha sido evaluar la composición mineral (P, K y Ca) y la fracción orgánica (PC, FND y FAD) del forraje de los arbustos segados.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en una finca experimental ubicada en La Laguna (Tenerife, Islas Canarias), a 549 msnm, con el suelo arcilloso, fértil y con buen drenaje. Las precipitaciones anuales fueron de 338 mm (2000) y 562 mm (1999), la temperatura media del aire entre 12,4º y 22 °C. Las estaciones más lluviosas fueron las de otoño e invierno (Chinea *et al.*, 2007). El diseño fue de 4 bloques distribuido al azar (4 repeticiones por especies) y 21 plantas por repetición. Se efectuaron un total de seis cortes al final de seis estaciones consecutivas entre 1999-2000. De la producción de todos los arbustos se tomaron 500 g de material comestible (MC) (brotes, hojas, inflorescencias, legumbres y ramas de diámetro < 5 mm), destinado para el análisis químico.

La MC se introdujo en una estufa de aire forzado a 60°C hasta peso constante. La determinación de P, K, Ca y PB se realizó siguiendo las técnicas de la AOAC (2006). Para la FND y FAD se emplearon las técnicas descritas por Goering y Van Soest (1970).

*Análisis estadístico.* Los valores de cada mineral y de los componentes de la fracción orgánica fueron analizados para cada especie y las diferentes estaciones. El estudio estadístico fue Anova de Medias Repetidas y test de MDS utilizando el programa SPSS 13,00 (SPSS, 2002).

## RESULTADOS

**Fósforo.** Los niveles medios de fósforo en otoño 1999 y invierno 2000 fueron significativamente más altos que los valores de primavera y verano para todas las especies (Tabla 1). Los niveles significativamente más bajo de P (0,07) fueron observados en verano 2000. Los contenidos de fósforo muestran comportamientos similares en todas las especies a lo largo del periodo muestreado. Los niveles máximos fueron observados en otoño e invierno durante la floración (Chinea *et al.*, 2007) y los niveles mínimos en verano coincidiendo con la época de sequía. Por especie, los valores significativamente más altos corresponden a *C. palmensis* y *T. o. sericea* (0,18%).

**Tabla 1.** Variación estacional del contenido en P (% MSC) en cuatro especies. Valores medios ( $\pm$  error standard de la media) de cuatro repeticiones en cada estación

	n	1999		2000			Media	
		Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano		Otoño
n		16	16	16	16	16	16	P=0,040 b
C. p.	24	0,14 $\pm$ 0,01	0,24 $\pm$ 0,01	0,24 $\pm$ 0,02	0,17 $\pm$ 0,01	0,08 $\pm$ 0,02	0,22 $\pm$ 0,01	0,18 $\pm$ 0,01 ab
T. c.	24	0,15 $\pm$ 0,01	0,19 $\pm$ 0,02	0,19 $\pm$ 0,02	0,15 $\pm$ 0,01	0,06 $\pm$ 0,01	0,12 $\pm$ 0,01	0,14 $\pm$ 0,01 b
T. o. s.	24	0,23 $\pm$ 0,03	0,21 $\pm$ 0,02	0,21 $\pm$ 0,00	0,19 $\pm$ 0,02	0,07 $\pm$ 0,01	0,15 $\pm$ 0,02	0,18 $\pm$ 0,01 a
T. o. o.	24	0,11 $\pm$ 0,00 B	0,13 $\pm$ 0,02 CD	0,14 $\pm$ 0,01 D	0,17 $\pm$ 0,01 BC	0,06 $\pm$ 0,01 A	0,13 $\pm$ 0,00 B	0,12 $\pm$ 0,00
Media	P=0,000	0,15 $\pm$ 0,01	0,19 $\pm$ 0,14	0,19 $\pm$ 0,01	0,17 $\pm$ 0,01	0,07 $\pm$ 0,00	0,15 $\pm$ 0,01	

Nota: Las letras con caracteres minúsculos se han utilizado para indicar la existencia de diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre especies (filas). Mientras que los caracteres mayúsculos se refieren a diferencias entre estaciones (columna) (análisis de medias repetidas) C.p.: *Chamaecytisus palmensis*, T.c.: *Teline canariensis*, T.o.s.: *T. osyrioides sericea*, T.o.o.: *T. osyrioides osyrioides*.



Potasio. Todas las especies presentan los niveles más altos de K en la estación de plena floración (invierno 2000) (Tabla 2). Los niveles significativamente más bajos de K (1,02%) fueron observados en verano 2000 coincidiendo con el periodo de sequía. En relación entre las diferentes especies *C. palmensis* (1,73%), *T. canariensis* (1,54%) y *T. o. osyrioides* (1,57%) tuvieron los niveles de K significativamente más altos que *T. o. sericea* (1,24%).

**Tabla 2.** Variación estacional del contenido en K (% MSC) en cuatro especies. Valores medios ( $\pm$  error estándar de la media) de cuatro repeticiones en cada estación

	n	1999		2000				Media
		Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
n		16	16	16	16	16	16	P=0,009 b
<i>C. p.</i>	24	1,19 $\pm$ 0,09	2,37 $\pm$ 0,22	2,40 $\pm$ 0,18	1,25 $\pm$ 0,12	0,87 $\pm$ 0,05	2,48 $\pm$ 0,17	1,73 $\pm$ 0,14 b
<i>T. c.</i>	24	1,44 $\pm$ 0,05	1,86 $\pm$ 0,19	2,26 $\pm$ 0,15	1,59 $\pm$ 0,06	0,97 $\pm$ 0,07	1,15 $\pm$ 0,15	1,54 $\pm$ 0,10 a
<i>T. o. s.</i>	24	1,29 $\pm$ 0,12	1,53 $\pm$ 0,00	1,49 $\pm$ 0,11	1,36 $\pm$ 0,12	1,07 $\pm$ 0,07	0,75 $\pm$ 0,04	1,24 $\pm$ 0,06 b
<i>T. o. o.</i>	24	1,46 $\pm$ 0,01 B	1,68 $\pm$ 0,18 D	2,14 $\pm$ 0,24 E	1,81 $\pm$ 0,12 C	1,17 $\pm$ 0,11 A	1,16 $\pm$ 0,09 BC	1,57 $\pm$ 0,09
Media	P=0,000	1,35 $\pm$ 0,04	1,86 $\pm$ 0,11	2,07 $\pm$ 0,12	1,50 $\pm$ 0,07	1,02 $\pm$ 0,04	1,37 $\pm$ 0,18	

Nota: Las letras con caracteres minúsculos se han utilizado para indicar la existencia de diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre especies (filas). Mientras que los caracteres mayúsculos se refieren a diferencias entre estaciones (columna) (análisis de medias repetidas) *C.p.*: *Chamaecytisus palmensis*, *T.c.*: *Teline canariensis*, *T.o.s.*: *T. osyrioides sericea*, *T.o.o.*: *T. osyrioides osyrioides*.

Calcio. Las especies, *C. palmensis* (0,63%) y *T. canariensis* (0,60%) mostraron valores significativamente más altos que *T. o. sericea* (0,36%) y *T. o. osyrioides* (0,52%) (Tabla 3). En otoño 2000 todas las especies tuvieron los niveles de Ca significativamente más altos.

**Tabla 3.** Variación estacional del contenido en Ca (% MSC) en cuatro especies. Valores medios ( $\pm$  error estándar de la media) de cuatro repeticiones en cada estación

	n	1999		2000				Media
		Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
n		16	16	16	16	16	16	P=0,000 c
<i>C. p.</i>	24	0,55 $\pm$ 0,06	0,73 $\pm$ 0,02	0,70 $\pm$ 0,03	0,36 $\pm$ 0,02	0,67 $\pm$ 0,03	0,77 $\pm$ 0,01	0,63 $\pm$ 0,03 c
<i>T. c.</i>	24	0,52 $\pm$ 0,03	0,56 $\pm$ 0,02	0,61 $\pm$ 0,03	0,64 $\pm$ 0,04	0,62 $\pm$ 0,03	0,64 $\pm$ 0,04	0,60 $\pm$ 0,01 a
<i>T. o. s.</i>	24	0,34 $\pm$ 0,01	0,34 $\pm$ 0,01	0,34 $\pm$ 0,04	0,43 $\pm$ 0,02	0,32 $\pm$ 0,00	0,39 $\pm$ 0,04	0,36 $\pm$ 0,01 b
<i>T. o. o.</i>	24	0,45 $\pm$ 0,03 A	0,37 $\pm$ 0,02 A	0,54 $\pm$ 0,02 B	0,44 $\pm$ 0,01 A	0,61 $\pm$ 0,02 B	0,75 $\pm$ 0,08 C	0,52 $\pm$ 0,03
Media	P=0,000	0,46 $\pm$ 0,02	0,50 $\pm$ 0,04	0,55 $\pm$ 0,03	0,46 $\pm$ 0,03	0,55 $\pm$ 0,03	0,63 $\pm$ 0,04	

Nota: Las letras con caracteres minúsculos se han utilizado para indicar la existencia de diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre especies (filas). Mientras que los caracteres mayúsculos se refieren a diferencias entre estaciones (columna) (análisis de medias repetidas) *C.p.*: *Chamaecytisus palmensis*, *T.c.*: *Teline canariensis*, *T.o.s.*: *T. osyrioides sericea*, *T.o.o.*: *T. osyrioides osyrioides*.

Proteína Cruda. El contenido de proteína cruda (Tabla 4) de todas las especies tuvieron en otoño 1999 y invierno 2000 una subida significativa seguida de una bajada progresiva en los muestreos de primavera 2000, verano 2000 y otoño 2000 con valores que no presentaron diferencias significativas entre ellos ( $P > 0,05$ ). Todas las especies mostraron una tendencia similar en los contenidos de proteína a lo largo de las estaciones. Comparando las especies *C. palmensis* (21,3%) tuvo los niveles significativamente más altos en todos los muestreos. Las especies *T. o. osyrioides* (13,7%) y *T. canariensis* (14,6%) no presentaron diferencias entre los niveles de proteína.

**Tabla 4.** Variación estacional del contenido en proteína (% MSC) en cuatro especies. Valores medios ( $\pm$  error standard de la media) de cuatro repeticiones en cada estación

	n	1999		2000				Media
		Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
n		16	16	16	16	16	16	P=0,000 c
<i>C. p.</i>	24	17,8 $\pm$ 0,87	27,0 $\pm$ 0,92	23,7 $\pm$ 0,58	18,7 $\pm$ 0,81	19,7 $\pm$ 0,44	20,8 $\pm$ 0,78	21,3 $\pm$ 0,71 b
<i>T. c.</i>	24	15,2 $\pm$ 0,32	17,4 $\pm$ 0,44	17,5 $\pm$ 0,75	12,9 $\pm$ 0,30	12,7 $\pm$ 0,50	12,3 $\pm$ 0,78	14,6 $\pm$ 0,49 a
<i>T. o. s.</i>	24	12,1 $\pm$ 0,95	15,5 $\pm$ 0,61	14,7 $\pm$ 0,81	10,8 $\pm$ 0,30	9,7 $\pm$ 0,41	10,3 $\pm$ 0,13	12,1 $\pm$ 0,50 b
<i>T. o. o.</i>	24	13,0 $\pm$ 1,06 B	17,4 $\pm$ 0,31 D	16,3 $\pm$ 0,44 C	12,7 $\pm$ 0,20 AB	11,9 $\pm$ 0,59 A	11,3 $\pm$ 0,23 AB	13,7 $\pm$ 0,52
Media	P=0,000	14,5 $\pm$ 0,68	19,3 $\pm$ 1,19	18,0 $\pm$ 0,93	13,7 $\pm$ 0,78	13,5 $\pm$ 0,98	13,6 $\pm$ 1,11	

Nota: Las letras con caracteres minúsculos se han utilizado para indicar la existencia de diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre especies (filas). Mientras que los caracteres mayúsculos se refieren a diferencias entre estaciones (columna) (análisis de medias repetidas) *C.p.*: *Chamaecytisus palmensis*, *T.c.*: *Teline canariensis*, *T.o.s.*: *T. osyrioides sericea*, *T.o.o.*: *T. osyrioides osyrioides*.

FND. Los niveles más altos de FND fueron observados en las poblaciones de *Teline* durante las diferentes estaciones, mientras que *C. palmensis* (34,3%) tuvo los niveles significativamente más bajos ( $P < 0,05$ ) (Tabla 5). Por especie *T. o. sericea* (59,6%) tuvo los contenidos más altos de todos los arbustos. En verano 1999 y primavera 2000, los niveles de FND fueron superiores a los de otoño 2000.

**Tabla 5.** Variación estacional del contenido en FND (% MSC) en cuatro especies. Valores medios ( $\pm$  error standard de la media) de cuatro repeticiones en cada estación

	n	1999		2000				Media
		Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
n		16	16	16	16	16	16	P=0,000 a
<i>C. p.</i>	24	32,4 $\pm$ 0,65	33,5 $\pm$ 0,58	39,2 $\pm$ 1,42	36,5 $\pm$ 1,32	30,0 $\pm$ 0,81	35,3 $\pm$ 0,99	34,3 $\pm$ 0,71 b
<i>T. c.</i>	24	49,1 $\pm$ 0,70	44,1 $\pm$ 0,85	46,3 $\pm$ 1,11	50,6 $\pm$ 1,71	43,3 $\pm$ 0,88	40,0 $\pm$ 1,18	45,5 $\pm$ 0,84 d
<i>T. o. s.</i>	24	60,7 $\pm$ 0,91	59,0 $\pm$ 1,46	57,3 $\pm$ 0,39	60,5 $\pm$ 0,65	63,1 $\pm$ 0,90	57,4 $\pm$ 0,95	59,6 $\pm$ 0,54 c
<i>T. o. o.</i>	24	55,6 $\pm$ 1,25 C	51,6 $\pm$ 0,39 B	48,2 $\pm$ 0,76 B	54,8 $\pm$ 1,08 C	54,0 $\pm$ 1,02 B	49,7 $\pm$ 0,82 A	52,3 $\pm$ 0,65
Media	P=0,000	49,4 $\pm$ 2,78	47,0 $\pm$ 2,46	47,7 $\pm$ 1,72	50,6 $\pm$ 2,31	47,6 $\pm$ 3,21	45,6 $\pm$ 2,25	

Nota: Las letras con caracteres minúsculos se han utilizado para indicar la existencia de diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre especies (filas). Mientras que los caracteres mayúsculos se refieren a diferencias entre estaciones (columna) (análisis de medias repetidas) *C.p.*: *Chamaecytisus palmensis*, *T.c.*: *Teline canariensis*, *T.o.s.*: *T. osyrioides sericea*, *T.o.o.*: *T. osyrioides osyrioides*.

FAD. Los contenidos de FAD de las cuatro especies evolucionan según tendencia similar (Tabla 6). Los bajos valores de FAD ( $P < 0,05$ ) fueron observados en *C. palmensis* (23,6%). *Teline o. sericea* (48,6%) tuvo los niveles de FAD significativamente más altos de todas las arbustos. Los niveles de FAD fueron altos en verano 1999 y primavera 2000; los niveles más bajos se obtuvieron en otoño 2000.

**Tabla 6.** Variación estacional del contenido en FAD (% MSC) en cuatro especies. Valores medios ( $\pm$  error standard de la media) de cuatro repeticiones en cada estación

	n	1999		2000				Media
		Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
n		16	16	16	16	16	16	P=0,000 a
<i>C. p.</i>	24	24,6 $\pm$ 0,95	22,3 $\pm$ 0,86	26,4 $\pm$ 0,31	24,3 $\pm$ 0,32	21,9 $\pm$ 0,23	22,1 $\pm$ 0,89	23,6 $\pm$ 0,41 b
<i>T. c.</i>	24	36,7 $\pm$ 0,80	32,2 $\pm$ 0,76	33,8 $\pm$ 0,91	37,0 $\pm$ 0,71	31,2 $\pm$ 0,47	29,1 $\pm$ 1,12	33,3 $\pm$ 0,66 d
<i>T. o. s.</i>	24	51,0 $\pm$ 0,47	49,1 $\pm$ 1,69	46,8 $\pm$ 0,54	49,8 $\pm$ 0,54	49,6 $\pm$ 0,87	45,7 $\pm$ 0,73	48,6 $\pm$ 0,50 c
<i>T. o. o.</i>	24	43,7 $\pm$ 0,33 C	40,9 $\pm$ 0,88 B	35,9 $\pm$ 0,72 B	41,5 $\pm$ 1,03 C	42,1 $\pm$ 1,08 B	38,1 $\pm$ 0,67 A	40,3 $\pm$ 0,62
Media	P=0,000	39,0 $\pm$ 2,53	36,8 $\pm$ 2,61	35,7 $\pm$ 1,92	38,1 $\pm$ 2,40	36,2 $\pm$ 2,73	33,75 $\pm$ 2,34	

Nota: Las letras con caracteres minúsculos se han utilizado para indicar la existencia de diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre especies (filas). Mientras que los caracteres mayúsculos se refieren a diferencias entre estaciones (columna) (análisis de medias repetidas) *C.p.*: *Chamaecytisus palmensis*, *T.c.*: *Teline canariensis*, *T.o.s.*: *T. osyrioides sericea*, *T.o.o.*: *T. osyrioides osyrioides*.

## DISCUSIÓN

Los niveles de P en los arbustos del género *Teline* y *C. palmensis* fueron superiores al valor medio de las de los tres cortes por estación obtenidos por Lambert *et al.*, (1989) para arbustos leguminosos (*C. palmensis*, *Medicago arborea* y *Cytisus scoparius*), salvo en verano 2000, que fueron inferiores, coincidiendo con el año de las menores precipitaciones. En los arbustos *C. palmensis*, *T. canariensis* y *T. o. sericea*, sólo en las estaciones de otoño 1999 e invierno 2000, se manifestaron valores más altos a los obtenidos por Douglas *et al.*, (1986) (*C. palmensis* y *Dorycnium rectum* cultivados en zonas húmedas y secas). Sólo *C. palmensis* presentó, en los cortes de otoño 1999 e invierno 2000, niveles similares al 0,25%, nivel mínimo señalado por la bibliografía (McDowell, 1985) para una nutrición animal adecuada.

Los niveles estacionales de K de las plantas del género *Teline* y *C. palmensis* fueron superiores a los obtenidos por Lambert *et al.*, (1989) (*C. palmensis*, *C. scoparius* y *Ulex europaeus*) y Douglas *et al.*, (1996) en zona seca, para *C. palmensis* y *D. rectum*. En todos los cortes, se observa una concentración de K superior al 0,60%, nivel que puede ser deficiente para la alimentación de rumiantes (McDowell, 1985).

Los valores de Ca en todos los cortes de los arbustos, fueron superior a los obtenidos para *C. palmensis*, *C. scoparius* y *U. europaeus* por Lambert *et al.* (1989) y Douglas *et al.* (1996), y superiores al 0,30%, nivel señalado por McDowell (1985) para una dieta adecuada para la alimentación de rumiantes.

La especie *C. palmensis* presenta niveles de proteína cruda similares a los obtenidos por Douglas *et al.* (1996) y Milthorpe y Dann (1991) para la misma especie y superiores a los de Lambert *et*

al. (1989). Los arbustos del género *Teline* tienen niveles similares a los mostrados por Lambert et al. (1989) (*Medicago arborea*, *U. europaeus*, *C. scoparius*).

Los valores de FND, obtenidos para el género *Teline*, son similares a los alcanzados por Lambert et al. (1989) (*U. europaeus* y *C. scoparius*) y inferior a los de las especies estudiadas por González-Andrés & Ortiz (1996) y González-Andrés y Ceresuela (1998). La población de *C. palmensis* presenta valores entre 30,0 y 36,5% niveles menores que los obtenidos por Lambert et al. (1989) para la misma especie en Nueva Zelanda.

Los niveles de FAD de *C. palmensis* fueron inferiores a los obtenidos por Lambert et al. (1989) para la misma especie. Mientras que los niveles de las poblaciones de *Teline* fueron similares a los de los arbustos estudiados por los mismos autores.

Los arbustos estudiados tuvieron niveles de K y Ca apropiados para una buena alimentación animal. El nivel de P sólo fue apropiado en las estaciones de otoño e invierno en *C. palmensis*. Los resultados expuestos ponen de manifiesto que *C. palmensis* fue el arbusto que presenta el mejor valor nutritivo, mientras que las *Teline* tienen menor calidad nutricional, aunque no despreciables, ya que es necesario tener forraje con contenido de fibra larga para el ganado de estas zonas semiáridas, en las estaciones de sequía.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC, 2006. *Official Methods of Analysis*. 18<sup>th</sup> Ed. Washington. D.C. (USA).

CHINEA, E.; GARCÍA-CIUDAD, A.; BARQUÍN, E.; GARCÍA-CRIADO, B., 2007. Evaluation of endemic leguminous forage shrubs from the Canary Islands. 1. Germplasm characterisation and forage production. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 50, 417-427.

DOUGLAS, G.B.; BULLOCH, B.T.; FOOTE, A.G., 1996. Cutting management of willows (*Salix* spp.) and leguminous shrubs for forage during summer. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 39, 175-184.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J., 1970. *Forage Fiber Analysis*. *Agricultural Handbook*. no. 379. ARS-USDA, Washington DC (USA).

GONZÁLEZ-ANDRÉS, F.; ORTIZ, J., 1996. Potential of *Cytisus* and allied genera (Genisteeae: Fabaceae) as forage shrubs. 2. Chemical composition of the forage and conclusions. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 39, 205-213.

GONZÁLEZ-ANDRÉS, F.; CERESUELA, J.L., 1998. Chemical composition of some Iberian Mediterranean leguminous shrubs potentially useful for forage in seasonally dry areas. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 41, 139-147.

LAMBERT, M.G.; JUNG, G.A.; HARPSTER, H.W.; LEE, J., 1989. Forage shrubs in North Island hill country. 4. Chemical composition and conclusions. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 32, 499-506.

MCDOWELL, L.R., 1985. *Nutrition of grazing ruminants in warm climates*. Academic Press. 443 pp. Orlando, Florida (USA).

MILTHORPE, P.L.; DANN, P.R., 1991. Production from tagasaste (*Chamaecytisus palmensis*) at four contrasting sites in New South Wales. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 31, 639-644.

SPSS 2002. *SPSS for Windows V. 11,5*. SPSS Inc. Chicago, Illinois (USA).

---

## FORAGE QUALITY OF TAGASATE AND THREE TELINE SPECIES FROM THE CANARY ISLANDS

### SUNMARY

Seasonal variation of P, K, Ca, crude protein, neutral detergent fibre (NDF) and acid detergent fibre (ADF) were studied in the edible dry matter of four cultivated species (*Chamaecytisus palmensis* (tagasaste), *Teline canariensis*, *Teline osyrioides* subsp. *sericea* and *Teline osyrioides* subsp. *osyrioides*) from the Canary Islands. The shrubs studied had adequate levels of K and Ca for a good animal nutrition. Phosphorus levels fulfilled the animals' requirements in autumn and winter only in *C. palmensis*. Populations of *C. palmensis* had higher values of crude protein but lower values of fibrous constituents than *Teline* species. *T. canariensis* and *T. o. osyrioides* species had similar crude protein contents while *T. o. sericea* had significantly lower values ( $P < 0,05$ ).

**Key words:** Tagasaste, *Teline*, fodder shrubs.



## ESTUDIO DE FACTORES AGRONÓMICOS Y DE MANEJO QUE INCIDEN EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE ALFALFA

I. DELGADO, J. DIAZ Y F. MUÑOZ

**Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Apartado 727. 50080 Zaragoza (España)**

### RESUMEN

Se estudió la incidencia de la distancia entre líneas (20, 40 ó 60 cm), del calendario de riegos (riego hasta plena floración y luego dejar de regar, eliminación de un turno de riego durante la floración o realización de todos los turnos de riego) y de la fecha de recolección (dejando para semilla el segundo o el tercer ciclo productivo) sobre la producción de semilla de la alfalfa cv Aragón en Zaragoza, durante 2007. Los resultados obtenidos mostraron diferencias altamente significativas, destacando la producción de semilla cuando se practicaron todos los turnos de riego (766 kg/ha vs 322 kg/ha) y cuando se destinó para semilla el tercer ciclo productivo (753 vs 243 kg/ha). Las diferencias fueron escasas o no se produjeron en función de la distancia entre líneas. Se realizaron cuatro cortes para forraje, sobresaliendo la producción cuando la distancia entre líneas fue de 20 cm (8719 vs 6585 kg MS/ha).

**Palabras clave:** *Medicago sativa* L., distancia entre líneas, riego, ciclo productivo, producción de forraje.

### INTRODUCCIÓN

La alfalfa es el segundo cultivo forrajero en España en superficie ocupada y el primero en producción cosechada. Durante 2005, se cultivaron unas 246 000 ha con una producción de unas 10 000 000 toneladas (MAPA, 2006). De ellas, el 74 % de la superficie cultivada tuvo lugar en regadío y el 61 % se destinó a la deshidratación. La principal zona productora de alfalfa es el nordeste de España que integra el valle del Ebro, acogiendo el 65 % de la superficie nacional y el 68 % de la producción.

En el Valle Medio del Ebro la producción de semilla tiene un interés secundario, considerándola como una fuente de ingresos adicional a la de producción de forraje. En la actualidad su producción ha disminuido, lo que se atribuye a la fuerte repercusión que ha tenido la industrialización de la alfalfa, bien porque se destina el cultivo sólo a la producción de forraje, bien por la reducción de la fauna apícola, como consecuencia de la intensificación de los tratamientos fitosanitarios. En los últimos años, la superficie de alfalfa en la que se produce semilla se ha reducido al 16 % (Alvaro y Lloveras, 2003). El consumo de semillas, sin embargo, se ha incrementado, recurriéndose a la importación de semilla de variedades de dudoso interés. Se hace necesario, por ello, mejorar y promocionar la producción de semilla nacional con cultivares adaptados al medio.

Dos de las técnicas de cultivo que más se estudian para incrementar la producción de semilla, son el marco de plantación y la disponibilidad de agua durante la floración y cuajado del fruto, pero,

dado que la producción de semilla de alfalfa depende en gran medida de las condiciones medio-ambientales, dichas técnicas requieren su evaluación en cada zona (Palomero, 1984; Rincker *et al.*, 1988; Lovato y Montanari, 1991; Askarian *et al.*, 1995; Simon, 1997; Martiniello, 1998; Iannucci *et al.*, 2002; Chocarro *et al.*, 2004; Delgado y Muñoz, 2005; Shock *et al.*, 2007).

Otra técnica cultural muy importante es la elección del ciclo productivo que se destina a la producción de semilla y la elección del momento en que se detiene el proceso de maduración de la semilla para proceder a su cosechado (Moyer *et al.*, 1996). En las condiciones particulares del valle del Ebro, donde la producción de semilla se intercala dentro de la campaña de producción de forraje, se destina el segundo ciclo para producción de semilla, o se efectúan dos cortes para forraje antes de dejar el cultivo para semilla (Hidalgo, 1967; Martínez, 1989-1993). Con el primer postulado, se busca dedicar para semilla el periodo más favorable para la actividad de las abejas, pero dado que la producción de forraje del segundo ciclo es la más importante económicamente, puede ser preferible optar por el segundo postulado.

En el presente proyecto se estudia la producción de semilla en función de la distancia entre líneas, del calendario de riegos a efectuar durante la floración y maduración de la semilla y del ciclo productivo que destina a producción de semilla.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en una parcela regada por inundación, en Zaragoza, durante 2007. Las temperaturas medias máxima y mínima del año fueron 20,6 °C y 7,5 °C, respectivamente, y la precipitación 358,8 mm. Las características edafológicas de la parcela fueron: suelo de textura franco-arcillo-limosa, no salino, pH al agua, 8,09 y contenidos medios en fósforo y potasio asimilable.

Se compararon tres separaciones entre surcos a 20, 40 y 60 cm; tres calendarios de riego, (a) no regar a partir de la plena floración, (b) dejar pasar un turno de riego durante la floración, que en verano se realiza cada 12 días, o (c) realizar todos los turnos de riego; y producción de semilla en el segundo o en el tercer ciclo productivo.

Para ello, una parcela experimental de 5000 m<sup>2</sup> se dividió en seis subparcelas con posibilidad de ser regadas independientemente; tres de ellas se destinaron a producción de semilla en el segundo ciclo productivo y tres en el tercer ciclo; dentro de cada ciclo, a cada una de las tres subparcelas se aplicó un turno de riego diferente; en cada subparcela se compararon tres separaciones entre surcos, 20 cm, 40 cm y 60 cm, con cuatro repeticiones al azar, siendo la parcela elemental de 10 m<sup>2</sup>. Se utilizó cv Aragón y la dosis de siembra de 30 kg/ha. La siembra se realizó el 3 de octubre de 2006. El riego fue por inundación con turnos de riego mensuales en primavera y otoño y cada 12 días en el periodo estival. Se realizaron, asimismo, cuatro cortes para forraje en todos los tratamientos.

El primer corte para forraje se realizó el 25 de abril en las parcelas destinadas a producción de semilla en el tercer ciclo y se retrasó al 3 de mayo en las destinadas a producción de semilla en el segundo ciclo, según los hábitos de la zona. En cada parcela elemental se marcaron 0,50 metros lineales al azar, en los cuales se llevó a cabo el seguimiento de la floración y la evaluación de la producción. Cuando dos tercios de las infrutescencias presentaban color marrón en la mayor parte de las parcelas, se procedió a la siega de cada 0,50 metro lineal marcado, el 18 de julio cuando el segundo ciclo se destinaba a semilla y el 24 de agosto cuando lo fue el tercer ciclo.

Las muestras se trasladaron al laboratorio para la determinación de la producción de semilla. Para ello, se contabilizaron el número total de tallos, tallos fructíferos, infrutescencias marrones y verdes e inflorescencias. Posteriormente, se tomó una muestra de 10 infrutescencias marrones por parcela elemental y se determinó el número de vainas por infrutescencia; de ellas, se cogieron 30



vainas al azar en las que se contabilizó el número de semillas por vaina y el peso de 100 semillas. Con los resultados obtenidos se evaluó la producción potencial de semilla, teniendo sólo en cuenta las infrutescencias marrones, mediante la siguiente fórmula: infrutescencias marrones en 0,5 metros lineales x número medio de vainas en las infrutescencias x número medio de semillas en cada vaina x peso medio de una semilla en 100 semillas.

La evaluación del forraje en los cuatro cortes practicados se evaluó mediante la siega de un metro cuadrado por parcela elemental que se secaba en estufa ventilada a 60 °C hasta peso constante.

El diseño estadístico fue en parcelas divididas: dos ciclos productivos x tres turnos de riego x tres distancias entre líneas x cuatro repeticiones. El análisis estadístico se efectuó mediante el paquete estadístico SAS (1999).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de semilla y de forraje en función del ciclo productivo, del calendario de riegos y de la distancia entre surcos se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Producción de semilla, peso de 100 semillas y producción de forraje de alfalfa, con tres distancias entre líneas, tres calendarios de riego y dos ciclos productivos diferentes en Zaragoza

		Kg semilla/ha	g /100 sem.	Kg MS/ha
Ciclo productivo	2º corte	242,7	0,233	7883,1
	3er corte	743,1	0,256	7505,4
Signif.		***	***	*
m.d.s. 5%		178,54	0,0094	257,48
Calendario de riego	Hasta plena florac.	320,1	0,234	7484,7
	Un turno sin riego	399,6	0,245	7719,8
	Riego todos turnos	759	0,254	7878,3
Signif.		***	***	NS
m.d.s. 5%		224,03	0,0114	372,54
Distancia	0,20 m	450,2	0,244	8724,2
	0,40 m	498,7	0,243	7780,6
	0,60 m	529,8	0,247	6577,9
Signif.		NS	NS	***
m.d.s. 5%		182,82	0,009	353,86
Interac. ciclo x riego		***	***	NS
Interac. ciclo x distancia		NS	NS	NS
Interac. riego x distancia		NS	NS	NS
Interac.ciclo x riego x distancia		NS	**	NS

NS = P>0,05; \* = P<0,05; \*\* = P<0,01; \*\*\* = P<0,001

La producción de semilla fue significativamente superior (P<0,001) en el tercer ciclo productivo con respecto al segundo ciclo, 743,1 vs 242,7 kg/ha. El calendario de riegos también afectó muy significativamente, siendo de 759 kg/ha cuando se practicaron todos los riegos y de 320,1

kg/ha cuando se dejó de regar a partir de la plena floración. La distancia entre líneas, sin embargo, no fue significativa. Las interacciones no fueron significativas, si se exceptúa la interacción ciclo productivo x riego que fue altamente significativa ( $P < 0,001$ ). Ello se debió a que el riego apenas afectó a la producción de semilla en el segundo ciclo, pero fue muy superior en el tercero cuando se regó en todos los turnos.

Si se analizan los parámetros utilizados para evaluar la producción de semilla (Tabla 2) se aprecia que el número de tallos totales/m<sup>2</sup> no fue significativo en función del ciclo productivo, superando los 500 tallos/m<sup>2</sup>, pero las diferencias fueron altamente significativas ( $P < 0,001$ ) cuando se compararon las distancias entre líneas, oscilando entre 730 tallos/m<sup>2</sup> con separaciones de 20 cm y 338 tallos/m<sup>2</sup> con separaciones de 60 cm. En todos los casos, sólo un 10% de los tallos portaba órganos fructíferos.

**Tabla 2.** Número total de tallos, tallos fructíferos, infrutescencias marrones y verdes e inflorescencias por metro cuadrado, y número de semillas por vaina forraje en un alfalfar, con tres distancias entre líneas, tres calendarios de riego y dos ciclos productivos diferentes en Zaragoza

		T/m <sup>2</sup>	T fr.	Infr. marr.	Infr. ver.	Infl.	Sem./vai.
Ciclo productivo	2º corte	512,1	58,6	121,2	114,2	81,5	3,7
	3er corte	533,8	72,8	239,3	183,6	34,3	3,7
Signif.		NS	**	***	*	***	NS
m.d.s. 5%		23,67	10,93	55,68	74,56	20,97	0,38
Calendario de riego	Hasta plena flor.	522,6	62,9	128,2	63,8	68,6	3,7
	Un turno sin riego	500,7	58,5	169	44,3	7,6	3,5
	Riego todos turnos	545,5	75,8	243,5	338,6	97,4	3,9
Signif.		*	*	**	***	***	NS
m.d.s. 5%		36,73	12,52	70,84	93,86	26,68	0,48
Distancia	0,20 m	730,1	67,3	177,5	149,2	60	3,6
	0,40 m	501,1	70,1	192	129,6	61,5	3,7
	0,60 m	337,5	59,8	171,2	168	52,1	3,8
Signif.		***	NS	NS	NS	NS	NS
m.d.s. 5%		31,9	11,76	58,81	88,63	25,44	0,28
Interac. ciclo x riego		NS	NS	**	NS	NS	***
Interac. ciclo x dist.		NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interac. riego x dist.		*	NS	NS	NS	NS	NS
Interac.cicloxiriegoxdist.		NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS =  $P > 0,05$ ; \* =  $P < 0,05$ ; \*\* =  $P < 0,01$ ; \*\*\* =  $P < 0,001$

La decisión de realizar la recolección cuando la mayoría de las parcelas presentaban dos tercios de las infrutescencias marrones, fue correcta en los tratamientos en que se dejó sin practicar algún riego, pero en el tratamiento en el que se practicaron todos los riegos, casi la mitad de las infrutescencias permanecían todavía verdes. Ello pudo haber penalizado a este tratamiento y podría haber sido más conveniente haber retrasado su recolección, pero desajustaba el manejo general del experimento. Por otra parte, la altura de los nuevos rebrotes en dicho tratamiento

alcanzaba 40 cm en el momento de la recolección y estaban próximos a emitir flores, lo que hubiera dificultado la recolección posterior. Ello es una de las razones por lo que en la zona se recomienda dejar de regar al final de la floración para no hacer coincidir las últimas inflorescencias del ciclo productivo con las del ciclo siguiente que se muestra por los nuevos rebrotes desarrollados (Hidalgo, 1967). El número medio de 3,8 semillas/vaina no fue significativo en ningún tratamiento. El peso de 100 semillas fue mayor en el tercer ciclo significativamente y cuando se practicaron todos los cortes. Las interacciones entre los tratamientos no fueron significativas, si se exceptúa la interacción ciclo productivo x riego que fue significativa ( $P < 0,01$ ), por las razones ya expuestas para la Tabla 1.

Los resultados muestran la importancia del riego y de las condiciones ambientales en la producción de semilla. La mayoría de los estudios presentes en la bibliografía consultada se realizan sobre cultivos que tienen como destino principal la producción de semilla, en condiciones de secano, en lugares con veranos frescos y con aportaciones supletorias de agua. No obstante, en ellos se indica que el déficit hídrico durante la floración y maduración del fruto ocasiona el corrimiento de flores y vainas, y que una disponibilidad de agua excesiva da lugar a rebrotes importantes de la planta que dificultan la polinización y la recolección (Rincker *et al.*, 1988; Simon, 1997; Martiniello, 1998; Iannucci *et al.*, 2002; Steiner *et al.*, 2002; Shock *et al.*, 2007). A la vista de los resultados obtenidos, la aplicación de todos los turnos de riego fue la práctica más acertada.

La producción de semilla fue mayor en el tercer ciclo sin detrimento de la producción anual de forraje que no fue significativa para ambos tratamientos. La mayor producción anual de forraje fue uno de las razones por las que Martínez (1989-1993) justificaba destinar el tercer ciclo para la producción de semilla, lo que no se ha confirmado en nuestro experimento. No obstante, estos resultados deberán confirmarse en próximas campañas, dadas las variaciones de temperatura que tienen lugar en verano en el valle del Ebro, que pueden condicionar los resultados.

Los resultados obtenidos muestran asimismo que la distancia entre líneas es un factor secundario, como se viene observando en anteriores experimentos (Chocarro *et al.*, 2004; Delgado y Muñoz, 2005).

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a J.A. Tanco Salaverri y A. I. López Martínez su colaboración técnica. Este trabajo se ha realizado dentro del proyecto INIA: RTA-05-00105-C02-01.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARO, J.; LLOVERAS, J., 2003. *Estudio sobre la Metodología de la producción de alfalfa en España. Informe final*. Ed. Asociación Interprofesional de Forrajes Españoles (AIFE). Lleida.
- ASKARIAN, M.; HAMPTON, J.G.; HILL, M.J., 1995. Effect of row spacing and sowing rate on seed production of lucerne (*Medicago sativa* L.) cv Grasslands-Oranga. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 38 (3), 289-295.
- CHOCARRO, C.; LLOBET, J.; FANLO, R.; LLOVERAS, J., 2004. Efecto de la distancia entre líneas sobre la producción de semillas de alfalfa. En: *Pastos y ganadería extensiva*, 433-437. (Eds) B. García-Criado, A. García-Ciudad, B. Vazquez de Aldana, I. Zabalgogeoazcoa. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, Salamanca.
- DELGADO, I.; MUÑOZ, F., 2005. *Efecto de la distancia entre líneas, del cultivar y de la localización, sobre la producción de semilla de alfalfa*. En: *Producciones agroganaderas. Gestión eficiente y conservación del medio natural*, Vol. II, 527-534. (Eds.) K. Osoro, A. Argamentería y A. Larraçeta. SERIDA, Villaviciosa (Asturias).

- HIDALGO, F., 1967. *El cultivo de la alfalfa. Factores técnicos y económicos*. 1<sup>as</sup> jornadas nacionales sobre la alfalfa. Ed. Asociación para la Investigación y Mejora de la Alfalfa. Zaragoza, 26 pp.
- IANNUCCI, A.; DI FONZO, N.; MARTINIELLO, P., 2002. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) seed yield and quality under different forage management systems and irrigation treatments in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 78 (1), 65-74.
- LORENZETTI, F., 1993. Achieving potential herbage seed yields in species of temperate regions. *Proc. XVII International Grassland Congress*, 1621-1628.
- LOVATO, A.; MONTANARI, M., 1991. Influence of row spacing and sowing rates on lucerne (*Medicago sativa* L.) seed production. *Rivista di Agronomia*, 25, 554-558.
- M.A.P.A., 2006. *Anuario de Estadística Agroalimentaria 2006*. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- MARTINEZ, A., 1989-1993. *Informes de los trabajos desarrollados por la Asociación para la Investigación y Mejora de la Alfalfa (AIMA)*, Zaragoza (no publicados).
- MARTINIELLO, P., 1998. Influence of agronomic factors on the relationship between forage production and seed yield in perennial forage grasses and legumes in a Mediterranean environment. *Agronomie*, 18, 591-601.
- MOYER, J.R.; ACHARYA, S.N.; FRASER, J.; RICHARDS, K.W.; FOROUD, N., 1996. Desiccation of alfalfa for seed production with diquat and glufosinate. *Canadian Journal of Plant Science*, 76 (3), 435-439.
- PALOMERO, J.L., 1984. *Producción de semilla. Cultivo de la alfalfa en los regadíos del Ebro y Duero*, 113-123. Ed. Servicio de Extensión Agraria, MAPA, Madrid.
- RINCKER, C.; MARBLE, V.L.; BROWN, D.E.; JOHANSEN, C., 1988. Seed production practices. En: *Alfalfa and alfalfa improvement*, 985-1021. Eds. A. Hanson, D. Barnes y R. Hill. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA.
- SAS, 1999. *SAS user's guide: Statistics versión 6.12*. SAS Institute Inc., Cary, N.C. USA.
- SHOCK, C., C.; FEIBERT, B., G.; SAUNDERS, L., D.; KLUAZER, J., 2007. Deficit irrigation for optimum alfalfa seed yield and quality. *Agron. J.*, 99, 992-998.
- SIMON, U., 1997. Environmental effects on seed production in Lucerne. En: *Seed production of lucerne*, 123-134. Proceedings of the XIth Eucarpia Meeting of Group the Medicago. Eds. O. Chloupek y U. Simon. Ed. Academia, Praga, Republica Checa.
- STEINER, J.J.; HUTMACHER R.B.; GAMBLE, S.D.; AYARS, J.E.; VAIL, S.S., 1992. Seed water management. 1. Crop reproductive development and seed yield. *Crop Science*, 32 (2), 476-481.

---

## SEED PRODUCTION OF ALFALFA UNDER DIFFERENT MANAGEMENT AGRONOMIC CONDITIONS

### SUMMARY

Effect of the row spacing (20, 40 or 60 cm), irrigation schedule (realisation of all irrigation events, irrigation until full flowering only or suppression of one irrigation event during flowering) and harvesting date (for seed production the second or the third year), on the seed production of alfalfa cv Aragón was assessed in Zaragoza in 2007. The results show differences highly significant, particularly for the production in full irrigation (766 kg/ha vs 322 kg/ha) and when the production occurred in the third productive cycle (753 vs 243 kg/ha). There was no significant effect of the spacing between lines on the seed production. Forage was harvested 4 times, with significantly higher yields with a spacing of 20 cm (8719 vs 6585 kg MS/ha).

**Key words:** *Medicago sativa* L., row spacing, irrigation, harvesting date, hay yield.



## EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE UNA COLECCIÓN DE ESPARCETAS (*ONOBRYCHIS VICIIFOLIA* SCOP.) EN EL AÑO DE ESTABLECIMIENTO

S. DEMDOUM, I. DELGADO, J. VALDERABANO Y F. MUÑOZ

**Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Apartado 727. 50080 Zaragoza (España)**

### RESUMEN

Se evaluó el comportamiento agronómico de 11 procedencias españolas y 12 europeas de esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.) durante el año de establecimiento, en condiciones de riego por inundación, en Zaragoza. Las anotaciones realizadas fueron evolución del crecimiento y de la floración, porte, sensibilidad a enfermedades foliares y vigor del rebrote otoñal. Los resultados obtenidos mostraron una gran variabilidad en todos los caracteres, llegando el coeficiente de variación al 40 %. En lo que respecta a la floración, hubo un intervalo de hasta un mes en alcanzar la plena floración y algunas no florecieron.

Estos resultados sugieren la existencia de tres grupos de esparcetas, dos, con plantas de floración precoz e intensa, asociado a un mayor desarrollo de la planta a lo largo del año y otro que no floreció o cuya floración fue escasa y tardía. La longitud del follaje osciló entre 25 y 65 cm y estuvo muy correlacionada ( $P = 0,0006$ ) con la intensidad de floración. Hubo, asimismo, una gran variabilidad en el porte, de rastrero a erecto. Las plantas erectas fueron las que en mayor medida alcanzaron la plena floración. El oidio fue la enfermedad foliar de mayor incidencia; su gravedad aumentó con la maduración y estuvo muy correlacionado con la presencia de flores ( $P = 0,0007$ ).

**Palabras clave:** *Onobrychis*, evaluación agronómica, España, riqueza genética.

### INTRODUCCIÓN

La esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.) es una planta forrajera de alto valor nutritivo 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 ganaderos porque no meteoriza y aporta un rebrote otoñal que se pastorea en invierno, cuando no se dispone de otros recursos forrajeros. Su digestibilidad y apetecibilidad por el ganado son también elevadas. Este cultivo tradicional está hoy en regresión y no supera las 12 783 hectáreas, frente a las 73 3000 hectáreas que llegaron a cultivarse a principios de los años 80 (Delgado *et al.*, 2002). Como forraje, se cultiva mayormente la alfalfa porque es más productiva y valoriza mejor los suelos ricos o irrigados. La esparceta, al contrario que la alfalfa, no ha sido objeto de amplios trabajos de selección, ni de evaluación seria de su riqueza genética, con la excepción de los trabajos llevados a cabo por Badoux (1965), Proserpi *et al.* (1994) y Michelena (1988), enfocado este último a las poblaciones españolas.

En este trabajo se estudian las características agronómicas de diversas procedencias de toda Europa.

## MATERIAL Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en Zaragoza (41°3'N; 0°47'W) a 225 m de altitud, en una parcela regada por inundación, durante 2007. Las características edafológicas de la parcela corresponden a un suelo de textura limo-arcillosa, no salino (0,41CE; 1,5d<sup>2</sup>/m) y pobre en materia orgánica. El clima es mediterráneo semiárido; las temperaturas medias habidas durante el periodo fueron, mínima de 8,6°C y máxima de 21°C, y las precipitaciones totales, 381mm.

Se evaluaron un total de 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 procedencias se sembraron en líneas distanciadas a un metro, las plantas separadas entre si 40 cm, a razón de 12 plantas por procedencia con tres repeticiones. La alfalfa cv Aragón, se utilizó como testigo.

Se efectuaron las siguientes anotaciones: fecha de inicio de floración e intensidad de floración, longitud del follaje, porte, estado sanitario y capacidad de rebrote.

La fenología de las plantas se anotó cada 10 días, según la escala siguiente:

- Inicio de botón verde, cuando aparecen los primeros botones florales
- Botón verde, cuando el 50 % de los tallos tienen botones florales.
- Inicio de floración, cuando el 10 % de los tallos tienen inflorescencias con 2-3 flores abiertas.
- Plena floración, cuando el 50 % de los tallos presentan inflorescencias con al menos 50% de las flores de las inflorescencias abiertas. En este momento, prácticamente la totalidad de los tallos presentan inflorescencias con alguna flora abierta.
- Final de floración, cuando el 50 % de los tallos tienen inflorescencias con flores abiertas en la parte superior de la inflorescencia y vainas incipientes.
- Semilla verde, cuando el 50 % de los tallos tienen infrutescencias con vainas verdes, con o sin flores.
- Semilla seca, cuando el 50 % de los tallos tienen infrutescencias con vainas marrones, con o sin vainas verdes o flores.

La longitud del follaje fue medida desde el centro de la planta hasta donde confluyen la mayoría de los tallos, con una precisión de +/-5cm el 12 de julio y 13 de septiembre.

El porte de la planta fue estimado tres veces, considerando:

- Rastrero: planta completamente rastrera,
- Semi-rastrero: planta rastrera salvo los tallos florales,
- Semi-erecto: tallos florales y vegetativos parcialmente erectos,
- Erecto: planta completamente erecta.

La única enfermedad foliar apreciada fue el oidio (*Erysiphe* sp.). El grado de incidencia se estimó visualmente con una escala de cero a cinco en función de la superficie foliar invadida (cero, no invadida; cinco, totalmente blanquecina).

El 14 de septiembre, las plantas se segaron al nivel del suelo. Diez y 40 días después, se estimó visualmente el vigor del rebrote con una escala de uno a cuatro (débil, medio, elevado, muy elevado). A los 40 días del corte, las plantas se segaron de nuevo y se evaluó la cantidad de materia seca (MS) producida.

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante estadísticas descriptivas y análisis de componentes principales con los softwares Statview y SAS, con el fin de determinar el efecto de los



bloques, las relaciones entre los diferentes caracteres y la distribución de las variedades según las variables estudiadas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje de plantas florecidas el seis de septiembre y la fecha de inicio de la floración de la colección de procedencias se presentan en la Tabla 1 y su comportamiento agronómico en la Tabla 2.

En el análisis de varianza efectuado con los datos obtenidos se aprecia la ausencia de diferencias significativas entre repeticiones, por lo que éstas se han reagrupado para los diferentes análisis estadísticos.

En todos los caracteres estudiados se apreció una alta variabilidad tanto a nivel intervarietal como intravarietal, llegando el coeficiente de variación a niveles del 40 %.

La intensidad de la floración fue extremadamente variable oscilando entre el 10 % de plantas florecidas del cv Costwold y el 99 % de la procedencia Reznos. Entre las que florecieron, hubo un intervalo de hasta un mes para alcanzar la plena floración. Frecuentemente la floración se prolongó en la mayoría de las plantas, pudiendo presentar al mismo tiempo botones florales y vainas.

**Tabla 1.** Porcentaje de plantas florecidas el 6 de septiembre de 2007 y fecha de inicio de la floración de una colección de esparcetas evaluadas 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 presentaron una amplia variación en el porte, desde rastrero a erecto, frecuentemente dentro de la misma procedencia. El carácter erecto estuvo significativamente correlacionado con la intensidad de floración ( $P = 0,0026$ ). Las plantas floridas fueron las más erectas. En otoño (después del corte) el comportamiento de las plantas fue diferente, mostrándose más evidente el carácter rastrero en todas las procedencias. Esta manifestación del porte rastrero durante el rebrote otoñal no parece corresponderse con el comportamiento estival de la planta.

La longitud del follaje, lo mismo que el grado de infestación por oidio, también estuvieron fuertemente correlacionadas con la intensidad de floración ( $P < 0,001$ ). El grado de manifestación de la enfermedad aumentó con la maduración.

**Tabla 2.** Comportamiento agronómico de una colección de esparcetas evaluadas en Zaragoza

Procedencia	Planta erecta (%)	Contaminación por oidio (%)	Altura (13/09)	Rapidez de rebrote (%)	Materia seca/planta (g)
Cv Costwold (Reino Unido)	50,6	61,7	24,98	40,8	26,2
Cv Somborne (Reino Unido)	71,3	73,9	37,31	63,9	53,4
Esparcette (Reino Unido)	79,0	80,6	63,23	58,8	42,3
CvSepial (Italia)	79,0	73,2	54,49	65	66,7
Cv Ambra (Italia)	75,3	75	60,69	59,3	61,3
Cv Fakir (Francia)	84,3	69,4	58,44	63	90,4
Comercial (Ukrania)	59,6	72,8	59,51	54,6	40,6
Cv Inconornata (Italia)	79,3	78,1	56,78	62,8	83,0
Cv Visnovsky (R. Checa)	67,5	87,6	45,6	62,8	40,7
Cv Yubileyna (Bulgaria)	68,5	75,6	62,81	63,8	55,9
Cv Korunga (Turquía)	46,2	72,8	52,29	58,8	38,9
Comercial (Polonia)	53,6	76,7	57,28	64,3	45,4
Experimental 9.2	59,9	65	44,69	56,5	57,4
Reznos (Soria)	82,7	79	54,45	67,7	70,0
Experimental 7.1	80,7	73,6	49,89	60,3	87,8
Mezquita de Jarque (Teruel)	61,0	67,5	45,31	53,4	68,1
Lagueruela (Teruel)	69,9	72,2	49,67	56,9	71,0
Loarre (Huesca)	79,0	86,2	52,03	60,9	68,5
Villahoz (Burgos)	72,6	78,3	51,87	68,6	104,1
Torrecilla de Cameros (Rioja)	77,8	76,1	51,58	67,6	71,8
Graus (Huesca)	67,4	69,1	33,37	60,4	65,2
Tartareu (Lleida)	74,8	64,6	39,06	60,4	82,6
Villahermosa de Río (Castellón)	55,0	73,7	43,18	54,1	56,0
Alfalfa Cv Aragón	67,01	62,5	87,96	71,6	63,5

En conjunto, todas las procedencias presentaron una gran capacidad de rebrote, siendo media de 64 g MS/planta, equivalente a la que se obtuvo con la alfalfa como testigo; el rebrote máximo lo

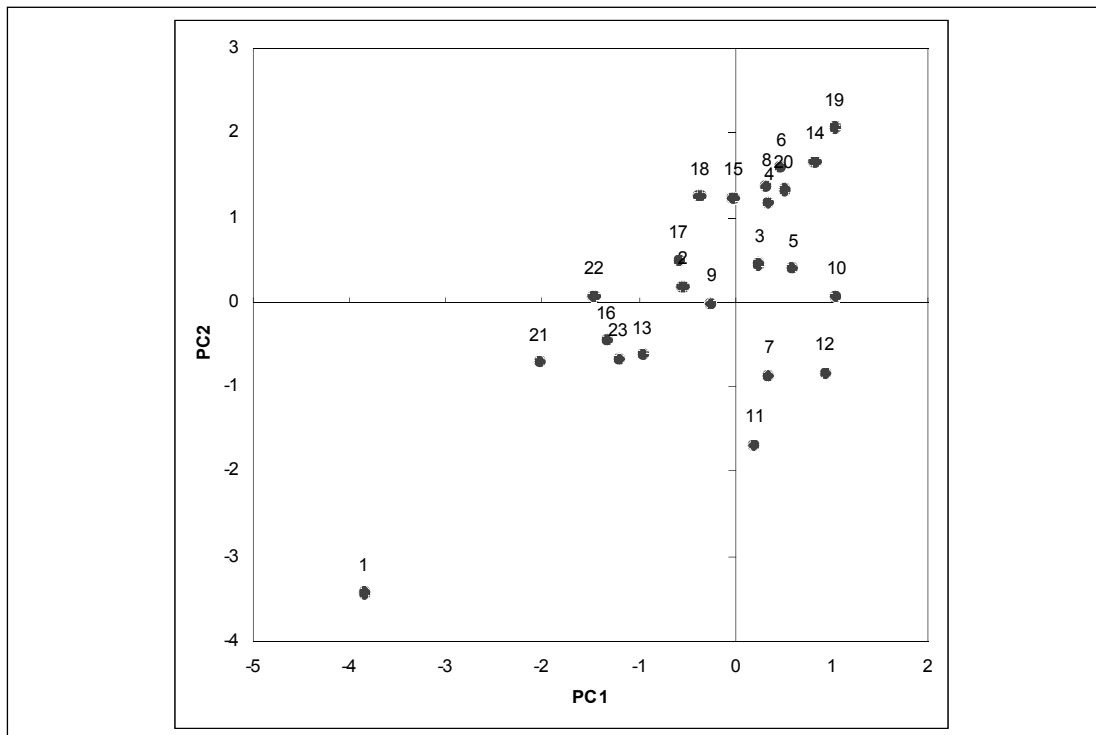
alcanzó la procedencia Villahoz con 104 g MS/planta. Algunas procedencias florecieron durante el rebrote. El vigor del rebrote otoñal se correlacionó con la intensidad de floración estival ( $P = 0,0017$ ), pero no con la cantidad de materia seca que no fue significativa ( $P = 0,1266$ ). Las procedencias de tipo mediterráneo produjeron mayor cantidad de materia seca que las procedentes de Europa del Este o de Inglaterra. Ello podría justificarse sobre la base de su mayor adaptación a las condiciones medioambientales.

**Tabla 3.** Relación de los diferentes caracteres estudiados con la intensidad de la floración en una colección de esparcetas evaluada en Zaragoza

	Baja intensidad de floración	Alta intensidad de floración
Precocidad de la floración	Tardía	Precoz
Longitud del follaje	Baja	Alta
Sensibilidad a oidio	Baja	Alta
Vigor del rebrote	Bajo	Alto
Porte	Indiferente	Erecto

Para evaluar globalmente los resultados obtenidos, se llevó a cabo un análisis de componentes principales (Figura 1, Tabla 4). En dicho estudio se aprecia que los dos primeros factores explicaron el 77 % de la varianza observada. El primer factor define la intensidad de floración de las procedencias; de hecho la intensidad de floración, la altura del follaje y el vigor del rebrote están altamente correlacionados. El segundo factor define el carácter erecto y la sensibilidad a oidio. Otros caracteres como el comportamiento otoñal de la planta, la producción de materia seca y el porte, no se representan claramente en ninguno de los ejes anteriores.

**Figura 1.** Análisis de componentes principales (ortogonal factor plot)



**Tabla 4.** Valores de los componentes principales (orthogonal score weight)

	Procedencia	PC1	PC2
1	Cv Costwold (Reino Unido)	-3,84261	-3,44221
2	Cv Somborne (Reino Unido)	-0,52713	0,17525
3	Esparcette (Reino Unido)	0,25076	0,44132
4	Cv Sepial (Italia)	0,35157	1,16661
5	Cv Ambra (Italia)	0,59028	0,38224
6	Cv Fakir (Francia)	0,4873	1,57797
7	Comercial (Ukrania)	0,35688	-0,88404
8	Cv Inconornata (Italia)	0,3301	1,34537
9	Cv Visnovsky (R. Checa)	-0,23566	-0,03222
10	Cv Yubileyna (Bulgaria)	1,0571	0,05542
11	CV Korunga (Turquía)	0,21039	-1,69283
12	Comercial (Polonia)	0,94521	-0,84273
13	Experimental 9.2	-0,94678	-0,63623
14	Reznos (Soria)	0,84895	1,64454
15	Experimental 7.1	-0,01048	1,21787
16	Mezquita de Jarque (Teruel)	-1,32548	-0,46008
17	Lagueruela (Teruel)	-0,57055	0,49258
18	Loarre (Huesca)	-0,35055	1,23555
19	Villahoz (Soria)	1,0444	2,04907
20	Torrecilla de Cameros (Rioja)	0,52394	1,31871
21	Graus (Huesca)	-2,02254	-0,72533
22	Tartareu (Lleida)	-1,45013	0,05769
23	Villahermosa del Río (Castellón)	-1,19224	-0,68308

Las procedencias se reparten según los ejes 1 y 2, diferenciándose claramente el cv Costwold, que presenta los valores más bajos de intensidad de floración, porte erecto y sensibilidad al oídio. Un grupo de procedencias, denominado Grupo1, comprendido por las procedencias Villahoz, Reznos, Fakir, Torrecilla, Inconornata, Sepial, 7.1 y Loarre, se caracteriza por mostrar porte erecto y una gran intensidad de floración. El resto de las procedencias se distribuye en otros dos grupos en función de la intensidad de la floración, el Grupo 2, formado por las procedencias Esparcette, Ambra, Yubilena, Polonia, Ucrania y Korunga, con una apreciable intensidad de floración, y el Grupo 3, formado por Lagueruela, Somborne, Vinovsky, Tartareu, Mezquita de Jarque, Villahermosa, 9.2 y Graus, con una floración más débil y tardía.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos evidencian una variabilidad elevada entre las diferentes procedencias en todos los parámetros analizados. Las procedencias pueden ser discriminadas por la intensidad de floración y el porte erecto. El comportamiento otoñal de la planta se mostró diferenciado del comportamiento estival.

## AGRADECIMIENTOS

Estas investigaciones fueron financiadas 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.
- 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.
- 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.

## AGRONOMIC EVALUATION OF AN EUROPEAN COLLECTION OF SAINFOIN (*ONOBRYCHIS VICIIFOLIA* SCOP.) IN THE ESTABLISHMENT YEAR

### SUMMARY

The agronomic characteristics of 11 Spanish and 12 European accessions of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) were evaluated during the establishment year, in a small plot trial in Zaragoza, under irrigation. The growth development, the flowering, growth habit, sensibility to diseases and regrowth ability were regularly assessed. The results show a big variability in all characters, with a coefficient of variation up to 40 %. Considering the flowering, there was an interval up to one month for the full flowering and some varieties didn't showed flowers at all. These results discriminate tree groups of sainfoin, two with early and intense flowering, associate with a bigger development of the plant, and another group with late and sparse flowers. The size of the plant went from 25 to 65 cm and was strongly correlated with the intensity of flowering. The plant showed also a big range of growth habit from prostrate to erect. The erect plants were more likely to present the character full-flowering.



## VARIANZA GENÉTICA Y HEREDABILIDAD DE DIVERSOS PARÁMETROS NUTRITIVOS EN ECOTIPOS DE MAÍZ

L. CAMPO RAMÍREZ Y J. MORENO-GONZÁLEZ

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

### RESUMEN

En la selección de híbridos forrajeros adaptados al Norte de España, además de mejorar el encamado, el rendimiento de la mazorca y de la planta verde, se busca incrementar valor nutritivo. Los objetivos de este trabajo fueron evaluar la variabilidad de la digestibilidad de la parte verde de la planta en ecotipos de maíz de alto valor histórico y/o agronómico frente a híbridos comerciales y estimar las varianzas genéticas y la heredabilidad en sentido amplio ( $h^2$ ) de diversos parámetros nutritivos: contenido de proteína bruta (PB), de fibra ácido detergente (FAD), de fibra neutro detergente (FND), contenido de carbohidratos no estructurales (CNET) y digestibilidad de la materia orgánica in vitro (DMO). Setenta y seis variedades locales fueron evaluadas para valor forrajero utilizando la técnica NIRS. Los valores medios de DMO de los ecotipos fueron superiores a la media de los híbridos comerciales evaluados, alcanzando en algunos casos hasta un 2,2% más de digestibilidad sobre el mejor de los híbridos testados. Lo mismo ocurrió con el resto de los otros caracteres nutricionales evaluados. Las heredabilidades fueron moderadas para los diferentes parámetros evaluados alcanzando el valor de 0,61 para la DMO y valores entre 0,72 y 0,63 para el resto de caracteres. Las heredabilidades podrían incrementarse mejorando el control del error experimental.

**Palabras clave:** NIRS, *Zea mays* L., digestibilidad de la materia orgánica, proteína bruta, fibra ácido detergente, fibra neutro detergente.

### INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz fue introducido en Europa hace cinco siglos. Desde entonces se ha producido una gran diversificación debido principalmente a las introducciones de material americano, a la presión selectiva de las condiciones ambientales de cultivo y a los criterios de selección del agricultor, lo cual favoreció el entrecruzamiento y la recombinación (Moreno-González *et al.*, 1997). Entre los años 1940 y 1970 muchas variedades locales fueron sustituidas por híbridos comerciales en Europa, sin embargo la mayor parte de estos híbridos comerciales no fueron seleccionados para forraje.

En los primeros años del programa de mejora genética del maíz en el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM) se recogieron 750 variedades locales en toda la Cornisa Cantábrica, 500 de estas variedades se recolectaron sólo en Galicia. Una muestra de 86 introducciones representando un amplio espectro del Norte peninsular fue estudiada para su caracterización morfológica (Llauradó y Moreno-González, 1993) e isoenzimática (Llauradó *et al.*, 1993). Más recientemente 95 poblaciones locales pertenecientes a seis países de la UE han sido evaluadas para rendimiento con dosis bajas de aportación de nitrógeno (Brichette *et al.*, 2003; Alonso Ferro *et al.*, 2007) y por su resistencia a plagas (Malvar *et al.*, 2004). Sin embargo pocas evaluaciones se han

realizado para testar el valor forrajero de las mismas (Brichette *et al.*, 2001; Moreno-González *et al.*, 2003). El conocimiento de la variabilidad genética en los ecotipos de maíz y de su valor nutritivo es un paso necesario para poder utilizarlos en los programas de mejora de maíz forrajero.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Setenta y seis variedades locales de maíz que han destacado por su valor histórico o agronómico fueron evaluadas en Mabegondo (A Coruña) durante los años 2004, 2005 y 2006. El diseño experimental fue un látice triple 9x9 con 76 variedades locales y 5 híbridos comerciales utilizados como testigos. Cuatro híbridos fueron comunes en los tres años, un quinto híbrido fue común en dos años y un sexto híbrido solamente se incluyó en un año. En el año 2006 se descartó una de las repeticiones por graves problemas en la nascencia.

En recolección se tomaron muestras de la parte verde de la planta de maíz que fueron secadas en estufa de aire forzado durante 18 horas a 80 °C y, posteriormente, molidas con un tamiz de 1mm en un molino Christy y Norris 8". Se tomaron posteriormente dos submuestras que se escanearon mediante un espectrofotómetro modelo NIRSystem 6500 (Foss NIRSystem, Suecia), utilizando para ello cápsulas de cuarzo y la zona espectral comprendida entre 1100-2500nm. El programa informático utilizado para la obtención y registro de espectros, calibración, validación y análisis de los resultados fue el WinISI 1.5 (Infrasoft International, USA, 2000).

Para poder estimar la variabilidad en el valor nutritivo de los ecotipos evaluados, se analizaron los siguientes caracteres: contenido de proteína bruta (PB); de fibra ácido detergente (FAD); de fibra neutro detergente (FND); contenido de carbohidratos no estructurales (CNET) y digestibilidad de la materia orgánica *in vitro* (DMO). Las estimaciones de dichos parámetros fueron realizadas según técnicas y ecuaciones citadas en Campo y Moreno-González (2003) y los métodos de referencia para la validación de las ecuaciones fueron los convencionales (Castro, 1994).

En el análisis estadístico de los resultados se realizó un análisis combinado para los tres años utilizando el programa *Proc glm* del programa informático SAS (SAS System V8). La varianza genotípica es estimó a partir de este análisis combinado y con el procedimiento *proc varcomp method=thtype1* considerando las repeticiones como efectos fijos y el resto de variables como aleatorias.  $\sigma^2_e$  es la varianza del error experimental cuya estima se obtiene del análisis de varianza presentado en la Tabla 1.

**Tabla 1:** Cuadrados medios esperados (CME)

Fuente de variación	g(1)	CM(2)	CME
Repeticiones	r-1		
Años	a-1	CMa	$\sigma^2_e + r\sigma^2(a * g) + (r * a)\sigma^2g + g^2(r(a)) + (r * g)\sigma^2a$
Repeticiones (años)	r(a-1)	CM(r(a))	$\sigma^2_e + r\sigma^2(a * g) + (r * a)\sigma^2g + g\sigma^2(r(a))$
Genotipos	g-1	CMg	$\sigma^2_e + r\sigma^2(a * g) + (r * a)\sigma^2g$
Genotipos * años	(g-1)(a-1)	CM(g * a)	$\sigma^2_e + r\sigma^2(a * g)$
Error	(g-1)(a-1)(r-1)	CMe	$\sigma^2_e$

(1)r: nº de repeticiones; a: nº de años; g: nº de genotipos.(2)CMa: cuadrados medios de los años; CM(r(a)): cuadrados medios de las repeticiones dentro de los años; CMg: cuadrados medios de los genotipos; CM(g \* a): cuadrados medios de la interacción genotipos \* años; CMe: cuadrado medio del error.



Donde  $\sigma^2(g*a)$  es la varianza de la interacción genotipos por años y  $\sigma^2g$  es la varianza genotípica. La varianza del error asociada a la estimación de la varianza genotípica fue (Kempthorne, 1973):

$$\text{Var}(\sigma^2g) = \frac{1}{(r \times a)^2} \left[ \frac{2(\text{CMg})^2}{(g-1)+2} + \frac{2(\text{CM}(g*a))^2}{(g-1)(a-1)+2} \right] \quad (\text{EC } 1)$$

Y por lo tanto la desviación típica de la varianza genotípica,  $dt(\sigma^2g)$  fue:

$$dt(\sigma^2g) = \sqrt{\text{Var}(\sigma^2g)} \quad (\text{EC } 2)$$

La heredabilidad ( $h^2$ ) en sentido amplio se estimó como:

$$h^2 = \frac{\sigma^2g}{\sigma^2g + \frac{\sigma^2g*a}{a} + \frac{\sigma^2e}{r*a}} = 1 - \frac{\text{CM}(g*a)}{\text{CMg}} \quad (\text{EC } 3)$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de varianza:

Los cuadrados medios del análisis de varianza de los parámetros nutricionales en los 82 genotipos en los tres años de estudio se presentan en la Tabla 2. Los resultados muestran diferencias significativas entre años en los caracteres de contenido de fibra (FAD y FND), la digestibilidad DMO y CNET.

**Tabla 2:** Cuadrados medios y grados de libertad (gl) para el análisis combinado de varianza de varios parámetros de valor nutritivo en 82 genotipos de maíz evaluados en tres años con la técnica NIRS

Fuente de variación	gl	PB	FAD	FND	DMO	CNET
Repeticiones	2	3,27 ns	48,86 ns	51,76 ns	147,00 ns	26,00 ns
Años	2	26,18 ns	909,60 **	355,83 **	166,94 **	577,81 *
Repeticiones(años)	3	4,40 ***	25,16 ***	16,39 ns	125,74 ***	34,00 **
Genotipos	81	1,89 ***	29,13 ***	50,83 ***	54,90 ***	58,10 ***
Genotipos*años	159	0,65 ***	10,90 ***	14,47 ***	21,48 ***	19,81 ***
Error	399	0,43	4,25	9,55	6,74	9,31

PB: proteína bruta; FAD: fibra ácido detergente; FND: fibra neutro detergente; DMO: digestibilidad de la materia orgánica in vitro; CNET: carbohidratos no estructurales. Todos los caracteres en % y estimados en la parte verde de la planta mediante NIRS. \*, \*\*, \*\*\*, significativamente diferente de cero al 5%, 1% y 0,1%, respectivamente. ns: no significativo.

En el caso de los genotipos y de la interacción genotipo por ambiente las diferencias fueron significativas para todos los parámetros evaluados. Variabilidad genotípica ha sido encontrada para DMO, FAD y FND y también ambiental (Dhillon *et al.*, 1990) en el maíz forrajero.

Las diferencias de las medias entre los ecotipos y los híbridos fueron significativas para todos los parámetros evaluados excepto CNET (Tabla 3). Los valores medios de ecotipos fueron superiores a las medias de los híbridos testigos para DMO, PB y CNET. Al contrario ocurrió con los valores de fibra (FAD y FND), que fueron inferiores para la media de los ecotipos. Por lo tanto la capacidad nutritiva de los ecotipos, globalmente, fue superior a la de los híbridos evaluados. En un estudio previo de más de 400 variedades locales pertenecientes a seis países también se encontró una DMO superior en las variedades locales frente a los híbridos comerciales de la época utilizados como testigos (Brichette *et al.*, 2001). Las diferencias mínimas significativas entre dos medias

y los coeficientes de variación del ensayo para los caracteres estudiados estuvieron dentro de los valores normales en este tipo de ensayos.

El rango de DMO de los ecotipos se movió entre el 63,4% de “Surtep” y el 53,7% de “Hórreo 368”, por lo tanto, valores superiores a 63,5% en la digestibilidad de los ecotipos podrían ser interesantes. Diez ecotipos mostraron valores superiores a “Surtep” (Tabla 3), siendo el ecotipo “ESP0090241” el que alcanzó la digestibilidad más alta, 65,6%, un 2,2% superior al mejor de los híbridos testados.

Los ecotipos que presentaron mejores características nutricionales fueron: “ESP0090241” que alcanzó la más alta digestibilidad (65,6%), el cuarto mayor contenido protéico (5%), así como valores muy bajos de FAD (36,3%) y FND (62,7%). Le siguieron los ecotipos “ESP11986011”, “ESP11981033” y “ESP0090204” con una digestibilidad entre el 64,6 y 64,7% y contenido protéico en todos los casos por encima del 5% y, por último, los ecotipos “ESP0090242” y “ESP11981061” que alcanzaron la segunda y tercera más alta digestibilidad 64,9 y 64,8% respectivamente y un valor de PB de 4,4 y 4,9% respectivamente. Tanto los valores de DMO como PB fueron muy superiores a la media de los híbridos en los seis ecotipos.

**Tabla 3:** Medias de los parámetros nutritivos estimados mediante NIRS en la parte verde de la planta de ecotipos de maíz en tres años

Genotipo	PB	FAD	FND	DMO	CNET	Genotipo	PB	FAD	FND	DMO	CNET
ESP0070127	4,0	37,7	65,8	63,6	18,9	ESP0090270	5,0	37,3	63,8	63,0	17,1
ESP0070217	4,6	37,0	63,8	63,8	20,3	ESP0090257	3,6	40,8	68,9	60,9	15,1
ESP0070339	4,4	37,3	62,6	57,8	17,3	ESP0090345	4,5	42,0	69,0	55,5	13,1
ESP0070441	3,8	40,2	66,4	58,5	15,5	ESP0090242	4,4	36,8	64,0	64,9	18,7
ESP0070784	4,1	38,8	64,6	59,6	17,7	ESP0090155	4,5	43,1	69,8	55,6	11,8
ESP0070892	4,4	35,1	61,0	64,5	20,9	ESP0090323	4,5	39,1	67,5	62,5	14,9
ESP0070669	4,2	40,9	68,3	58,0	14,6	ESP0090030	4,1	38,5	64,3	60,7	17,8
ESP0070670	4,0	42,5	71,8	57,8	12,5	ESP0090069	3,6	40,3	66,7	58,7	15,3
ESP0070089	4,2	35,2	59,9	63,3	23,8	ESP0090206	4,9	38,4	65,4	62,9	16,7
ESP0070036	4,0	39,2	66,0	61,5	16,6	ESP0090241	5,0	36,3	62,7	65,6	18,9
ESP0070235	4,5	39,0	64,1	59,9	17,3	ESP0090244	4,0	41,3	68,8	58,5	15,0
ESP0070436	4,4	41,5	67,5	57,6	12,0	ESP11973C03	3,8	38,1	63,4	60,9	19,5
ESP0070218	4,6	38,8	66,6	62,8	14,9	ESP11981040	4,7	39,6	66,6	60,4	15,5
ESP0070220	3,8	38,7	64,5	60,1	17,9	ESP11981047	4,8	40,8	68,8	59,4	13,1
ESP0070469	4,4	41,0	66,1	55,7	13,8	ESP11982012	3,8	36,6	61,1	61,5	21,1
ESP0070447	5,0	40,6	68,3	60,3	13,4	ESP11982019	4,0	38,4	65,5	61,9	19,1
ESP0070725	4,1	39,1	66,5	60,6	16,5	ESP11982031	3,7	38,5	64,4	60,4	19,8
ESP0070810	3,4	35,9	59,9	62,2	23,0	ESP11985020	4,0	40,4	67,4	59,5	15,4
ESP0070943	4,1	42,5	69,3	56,7	11,6	ESP11985022	4,4	36,4	63,3	63,8	20,1
ESP0070945	5,2	37,2	63,3	62,2	17,5	ESP11978057	5,6	37,5	63,7	62,5	16,5
ESP0071023	4,3	41,0	67,8	58,5	14,3	ESP11978061	4,4	39,2	66,0	60,2	16,6

Genotipo	PB	FAD	FND	DMO	CNET	Genotipo	PB	FAD	FND	DMO	CNET
ESP0074127	4,9	39,1	66,2	58,6	14,0	ESP11981006	4,9	37,5	62,8	62,5	18,7
ESP0090025	4,5	40,2	66,2	57,3	15,1	ESP11981029	4,1	39,1	66,3	61,0	17,8
ESP0090032	3,9	40,0	65,8	58,8	16,0	ESP11981033	5,0	36,7	64,3	64,7	18,9
ESP0090033	3,9	41,4	67,9	57,1	14,7	ESP11981061	4,9	36,9	63,8	64,8	19,1
ESP0090067	3,6	39,2	64,2	59,7	16,7	ESP11981093	3,9	38,2	63,1	60,1	19,2
ESP0090205	3,9	38,4	65,2	62,4	18,3	ESP11981295	4,0	38,0	65,7	63,2	18,3
ESP0090214	4,9	38,9	65,2	60,6	15,6	ESP11982001	4,3	37,4	62,8	61,0	20,3
ESP0090300	4,8	40,7	69,2	55,6	11,0	ESP11983002	5,0	36,7	61,9	63,1	19,2
ESP0090315	3,8	45,1	72,8	51,6	8,5	ESP11983031	4,8	37,9	63,7	62,2	17,6
ESP0090322	3,5	39,7	65,7	60,1	16,5	ESP11985025	4,0	40,7	67,9	59,1	15,1
ESP0090343	4,3	37,4	62,7	62,2	17,8	ESP11985027	4,4	36,9	63,0	63,3	18,8
ESP0090262	4,4	39,3	65,7	60,0	15,8	ESP11985034	3,5	37,9	65,4	62,1	19,5
ESP0090023	3,7	39,6	65,4	59,3	16,6	ESP11986011	5,2	36,1	62,8	64,7	18,7
ESP0090028	3,6	38,7	65,9	62,6	17,8	ESP11999007	5,0	38,1	66,2	62,9	17,2
ESP0090204	5,0	37,9	66,5	64,6	17,0	Surtep	4,8	39,3	68,5	63,4	15,1
ESP0090238	4,1	37,9	64,6	62,5	18,3	Maverik	3,7	37,0	63,9	62,4	20,9
ESP0090020	4,1	37,8	64,9	62,4	18,0	Maguellan	4,5	41,7	69,4	57,1	13,5
ESP0090413	4,4	37,2	63,9	63,0	18,4	Clarica	4,1	39,6	67,4	59,7	18,7
ESP0090089	3,9	40,5	67,8	58,8	14,8	Furio	3,6	41,0	68,4	59,2	14,9
ESP0090250	4,0	38,9	65,4	60,2	17,6	Hórreo 368	3,0	45,2	73,6	53,7	13,2
Media ecotipos	4,3	38,9	65,5	60,7	16,8	LSDg(5%)	0,66	2,60	3,08	2,59	3,04
Media híbridos	3,9	40,6	68,5	59,2	16,0	LSDmeh(5%)	0,22	0,85	1,00	0,85	0,99

PB: proteína bruta; FAD: fibra ácido detergente; FND: fibra neutro detergente; DMO: digestibilidad de la materia orgánica in vitro; CNET: carbohidratos no estructurales. Todos los caracteres en % y estimados en la parte verde de la planta mediante NIRS. LSD (5%): mínimas diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre genotipos (g) y entre las medias de los ecotipos y los híbridos (meh).

### Varianza genotípica y heredabilidad de los parámetros de calidad nutritiva:

Las estimaciones de las heredabilidades en sentido amplio ( $h^2$ ) fueron moderadas para los diferentes parámetros evaluados siendo éstas de 0,65, 0,63, 0,72, 0,61 y 0,66 para PB, FAD, FND, DMO y CNET respectivamente (Tabla 4). En estudios anteriores se obtuvieron  $h^2$  de 0,86, 0,87 (Dhillon *et al.*, 1990) y 0,45, 0,48 (Moreno-González *et al.*, 1993) en la parte verde de la planta con predicciones NIRS para DMO y FAD respectivamente. En el caso de PB Moreno-González *et al.* (1993) alcanzaron un valor de 0,55. En este último estudio, los valores de  $h^2$  para todos los caracteres nutricionales estudiados fueron más bajos ya que el grupo de evaluación fue muy heterogéneo.

**Tabla 4:** Varianza genética y heredabilidad en sentido amplio de los caracteres de valor nutritivo medidos en 82 genotipos y tres ambientes

	PB	FAD	FND	DMO	CNET
$\sigma^2_a(1)$	0,11	4,34	1,66	14,97	2,64
$\sigma^2_{r(a)}(2)$	0,05	0,26	0,08	1,47	0,31
$\sigma^2_g(3)$	0,16	2,27	4,58	4,14	4,79
$\sigma^2_{(a \times g)}(4)$	0,08	2,54	1,88	5,63	4,01
$\sigma^2_e(5)$	0,43	4,25	9,55	6,74	9,31
$dt(\sigma^2_g)(6)$	0,66	2,06	3,09	2,60	3,05
$h^2(7)$	0,65	0,63	0,72	0,61	0,66

PB: proteína bruta; FAD: fibra ácido detergente; FND: fibra neutro detergente; DMO: digestibilidad de la materia orgánica in vitro; CNET: carbohidratos no estructurales. Todos los caracteres en % y estimados en la parte verde de la planta mediante NIRS. (1)varianza de los ambientes; (2)varianza de las repeticiones dentro de los años; (3)varianza de los genotipos; (4)varianza de la interacción años\*genotipos; (5)varianza del error; (6)desviación típica de la varianza genotípica; (7)heredabilidad.

## CONCLUSIONES

Los parámetros nutritivos mostraron heredabilidades moderadas, posiblemente debido a que el número de plantas muestreadas en cada unidad experimental debería ser más alta para así reducir el error experimental. Se ha encontrado variabilidad genética en los caracteres de valor nutritivo de ecotipos de maíz analizados con ecuaciones, sobre todo en los caracteres de digestibilidad y contenido de fibra que se encuentran altamente correlacionados. Diez de los ecotipos evaluados poseen muy buena aptitud forrajera y deben ser tenidos en cuenta en los programas de mejora para calidad forrajera, especialmente los ecotipos: “ESP0090241”, “ESP11986011”, “ESP11981033”, “ESP0090204”, “ESP0090242” y “ESP11981061”.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación recibida del INIA, (proyecto RF03-007-C3) y del Plan Gallego de Investigación y Desarrollo e Innovación Tecnológica, (proyecto nº PGIDIT03RAG50301PR).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO FERRO, 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. *Gen. Res. Crop Evol.*, 54: 295-308
- BRICHETTE MIEG, I.; MORENO-GONZÁLEZ, J.; LOPEZ, A., 2001. Variability of european maize landraces for forage digestibility using NIRS. *Maydica*, 46, 245-252.
- BRICHETTE MIEG, I.; MORENO-GONZÁLEZ, J.; CAMPO RAMÍREZ, L.; ALONSO FERRO, R., 2003. Evaluation of european maize core collection: Tolerance to low nitrogen level. En: *Rencontre Européenne sur la Diversité des Populations de Maïs*, 38-40. Ed. INRA (Francia).
- CAMPO, L.; MORENO-GONZÁLEZ, J., 2003. Evaluación del rendimiento, digestibilidad y otros caracteres de maíz forrajero en diferentes fechas de recolección. En: *Pastos, desarrollo y conservación*. XLIII Reunión Científica de la SEEP, 277-283. Granada (España).
- CASTRO, P., 1994. *Espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) y evaluación nutritiva de pastos*. Tesis doctoral, 121 pp, Universidad de Santiago (España).

- DHILLON, B.S; PAUL, Chr.; ZIMMER, E.; GURRATH, P.A.; KLEIN, D.; POLLMER, W.G., 1990. Variation and covariation in stover digestibility traits in diallel crosses of maize. *Crop Sci.* 30: 931-936.
- KEMPTHORE, O., 1973. An introduction to genetic statistics. Ed: The Iowa State Univer. Press.
- LLAURADÓ, M.; MORENO-GONZÁLEZ, J., 1993. Classification of northern Spanish populations of maize by numerical taxonomy. I. Morphological traits. *Maydica* 38:15-21.
- LLAURADÓ, M.; MORENO-GONZÁLEZ, J.; ARUS, P., 1993. Classification of northern Spanish populations of maize by numerical taxonomy. II. Isozyme variation. *Maydica* 38: 249:258.
- MALVAR, R.A.; BUTRÓN, A.; ÁLVAREZ, A.; ORDÁS, B.; SOENGAS, P.; REVILLA, P.; ORDÁS, A., 2004. Evaluation of the European Union maize landrace core collection for resistance to *Sesamia nonagrioides* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae). *J Econ. Entomol.* 97(2): 628-634.
- MORENO-GONZALEZ, J.; CASTRO, P.; LOSADA, E.; LOPEZ, A., 1993. Variabilidad y selección de genotipos de maíz forrajero para valor nutritivo utilizando NIRS. En: *Actas de la XXXIII Reunión Científica de la SEEP*, 161-168. Ciudad Real. Castilla-La Mancha.
- MORENO-GONZALEZ, J.; RAMOS-GOURCY, F.; LOSADA, E., 1997. Breeding Potential of european flint and earliness-selected US Corn Belt dent maize populations. *Crop Sci.* 37:1475-1481.
- MORENO-GONZÁLEZ, J.; CAMPO RAMÍREZ, L.; BRICHETTE MIEG, I.; ALONSO FERRO, R., 2003. Evaluation of forage maize for digestibility and best harvesting time.



## HACIA UNA NUEVA METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE VARIETADES DE MAÍZ FORRAJERO

M.J. SOUSA-MARTÍNEZ<sup>1</sup>, L. CARUNCHO-PICOS<sup>1</sup>, M.J. BANDE-CASTRO<sup>1</sup>, J. FERNÁNDEZ-PAZ<sup>1</sup> Y J. PIÑEIRO-ANDIÓN<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo. Apartado 10. E-15080 A Coruña (España).* <sup>2</sup> *Departamento de Producción Vexetal. Universidade de Santiago de Compostela. E-27002 Lugo (España)*

### RESUMEN

Con el objetivo de simplificar la metodología utilizada en Galicia para la evaluación de variedades de maíz forrajero, que obliga a cosechar cada variedad en el momento en que la 'línea de leche' está a 1/3-1/2 del ápice del grano, se ha establecido un ensayo en Mesía (A Coruña) para complementar la información conseguida en 2006 en la misma localidad. Se compararon las ecuaciones de evolución del contenido en materia seca (CMS) y de producción de materia orgánica digerible (MOD) obtenidas en los dos años, utilizando como variables independientes los días transcurridos desde la siembra (DTDS) y la integral térmica (IT). Los ajustes fueron mejores cuando se utilizaron los DTDS. El buen ajuste lineal de la evolución del CMS en 2006 se confirmó en 2007, a pesar de ser un año climáticamente muy distinto. Sin embargo, el ajuste cuadrático de la evolución de MOD fue algo peor en 2007, pero se estima que los datos de 2007 mostraron una tendencia muy parecida a la de 2006 en la fase ascendente de la curva, lo que permitirá integrar los con todos los disponibles en cuanto esté completa la serie experimental, prevista para tres años.

**Palabras clave:** valor agronómico, metodología de evaluación, integral térmica.

### INTRODUCCIÓN

Desde 1999 se dispone de una red de evaluación de variedades de maíz forrajero en Galicia, con el objetivo de conocer el valor agronómico de las variedades 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). Cada una de las distintas variedades se cosecha cuando la 'línea de leche del grano está a 1/3-1/2 del ápice', lo que implica una alta demanda en mano de obra por tener que desplazarse a los campos dos veces/semana durante seis semanas para cubrir la gama de precocidades de cada ensayo.

Con el fin de simplificar el método de evaluación y reducir las fechas de corte a un máximo de dos en cada localidad, se inició en 2006 un programa experimental con el objetivo de conseguir ecuaciones de los distintos parámetros de producción en función del tiempo, en el entorno del momento de cosecha, que permitan corregir los valores obtenidos en el momento del corte, por estimación de los que se alcanzarían en el momento óptimo. El ensayo de 2006, que se estableció también 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 2". En el trabajo presentado se comentaba también que "los resultados son prometedores, a la espera de los que ocurre en otros años y en otras localidades" (Caruncho et al., 2007).

Con estos antecedentes se sembraron nuevos ensayos en 2007 en las localidades de Mesía (A Coruña), Ribadeo (Lugo) y Sarria (Lugo) para los 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' en Mesía, que se sembró también en 2006, lo que permite la comparación de los datos.

## 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, de alta fertilidad química, desarrollado sobre esquistos de Ordes. Los resultados del análisis de suelo previo al abonado del ensayo fueron: pH (H<sub>2</sub>O) 5,89, P (Olsen, extraído en CO<sub>3</sub>HNa) 94 mg kg<sup>-1</sup>, K (extraído en NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) 449 mg kg<sup>-1</sup>, saturación por aluminio del complejo de intercambio catiónico 0,4 (Al CIC<sup>-1</sup>). En la fase de preparación del suelo se encaló con 1000 kg ha<sup>-1</sup> de caliza molida y se abonó con 130 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 5 L ha<sup>-1</sup> de un herbicida comercial con una riqueza (peso/volumen) del 35 % en alacloro y del 20 % en atrazina.

Como en el año 2006, 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 21/05/2007. Se efectuó un aclareo cuando las plantas tenían 4-5 hojas para dejar una densidad final de 90 000 plantas ha<sup>-1</sup>. Se eligieron las variedades 'Es Paroli', más precoz, y 'Conca', más tardía. El planteamiento inicial era sembrar 'Magellan' y 'Conca' porque fueron las sembradas en 2006 pero no ha sido posible porque el propietario de 'Magellan' dejó de comercializarla. Por ello esta comunicación se limita al análisis de los datos de 'Conca' para poder compararlos con el año 2006. 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 16/08/07, 22 días más tarde que en 2006, como consecuencia de las bajas temperaturas relativas del verano 2007 (Tabla 1), unido a que la fecha de siembra de



2007 fue 6 días más tarde que en 2006. La recolección escalonada de 'Conca' se realizó en las fechas siguientes de 2007: 10/09, 20/08, 01/10, 10/10, 19/10, 30/10 y 09/11, que significa un retraso de 20 días con respecto las de 2006.

**Tabla 1.** Temperaturas media (tm) mensual (°C) y lluvia (p) mensual (mm) durante el período de cultivo del maíz en 2006 y 2007, en Xanceda (Mesía).

	Año	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Temperatura	2006	12,7	16,3	18,4	18,1	16,2	14,3	11,3
	2007	11,5	14,0	15,6	16,0	15,4	12,6	8,6
Lluvia	2006	32,5	38,9	6,6	0,8	102,4	331,2	303,6
	2007	101,0	79,6	48,4	58,2	19,0	7,8	52,0

Para la medición de la producción, se cortó 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 1 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.

Como en 2006, 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 (DTDS) (Figura 1). A diferencia del 2006, se utilizó también la integral térmica, desde la siembra hasta la recolección, como variable independiente para hacer ajustes lineales, para contenido en materia seca, y cuadráticos, para producción de MOD, por sí, al ser un mejor predictor de la fecha de floración femenina que los DTDS, como puede observarse en la Tabla 2, fuese también una variable independiente más adecuada para ajustar las variaciones de CMS y MOD. Mientras que hubo una diferencia de 16 DTDS entre 2006 y 2007 para la aparición de la floración femenina (Tabla 2), ésta se produjo para valores de IT prácticamente iguales para ambos años cuando se utilizó 8 °C como temperatura umbral ( $T_{\text{umbral}}$ ). Estos valores se diferenciaron en 26 grados-día (GD), equivalentes a solamente 3 días, para la  $T_{\text{umbral}}$  de 10 °C. Todos los autores coinciden en fijar un máximo de 30 °C para la temperatura máxima ( $T_{\text{máxima}}$ ) pero hay discrepancia sobre  $T_{\text{umbral}}$ . Así, mientras Gilmore y Rogers (1958), McMaster y Wilhelm (1997) y Darby y Lauer (2002) señalan 10 °C para la  $T_{\text{umbral}}$ , Fernández de Gorostiza (1996) y Mangado y Barbería (2006) la establecen 6 °C. En nuestro caso se han utilizado 10 °C, por ser el valor más citado en la bibliografía, y 8 °C por dar los mismos valores de IT para la floración femenina en 2006 y 2007.

**Tabla 2.** Fechas de siembra de la variedad ‘Conca’ en 2006 y 2007, integral térmica (IT) y días transcurridos entre siembra (S) y floración femenina (FF). La IT se calculó para dos Tumbal (IT8 IT10, para 8 y 10 °C, respectivamente).

Año	Fecha siembra	Fecha FF	Días S-FF	IT <sub>10</sub> S-FF	IT <sub>8</sub> S-FF
2006	16-may-06	25-jul-06	70	506	633
2007	22-may-07	16-ago-07	86	480	630

IT = Suma de ‘grados-día’ (GD), calculados por la fórmula  $GD = (T_{m\acute{a}xima} + T_{m\acute{i}nima})/2 - T_{umbral}$ , en donde  $T_{m\acute{a}xima}$  toma el valor 30 en el caso de que los valores superen esta cifra y  $T_{m\acute{i}nima}$  toma el valor de  $T_{umbral}$  cuando es inferior a ella (Gilmore, et al., 1958).

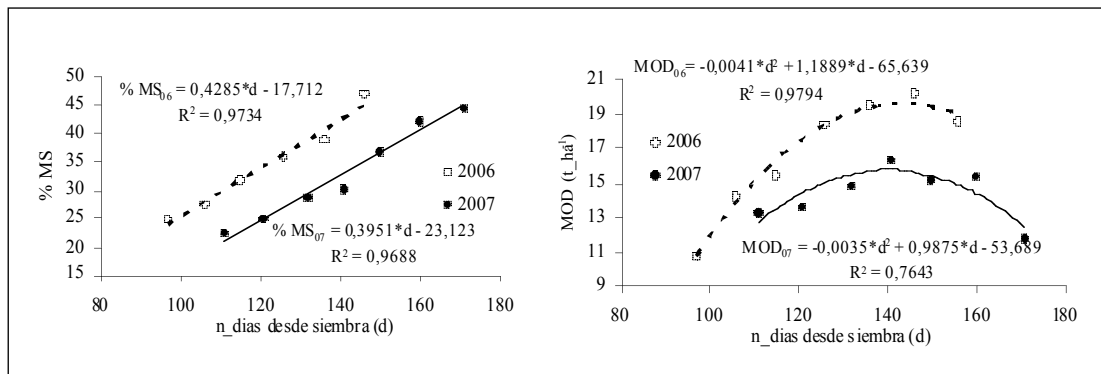
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

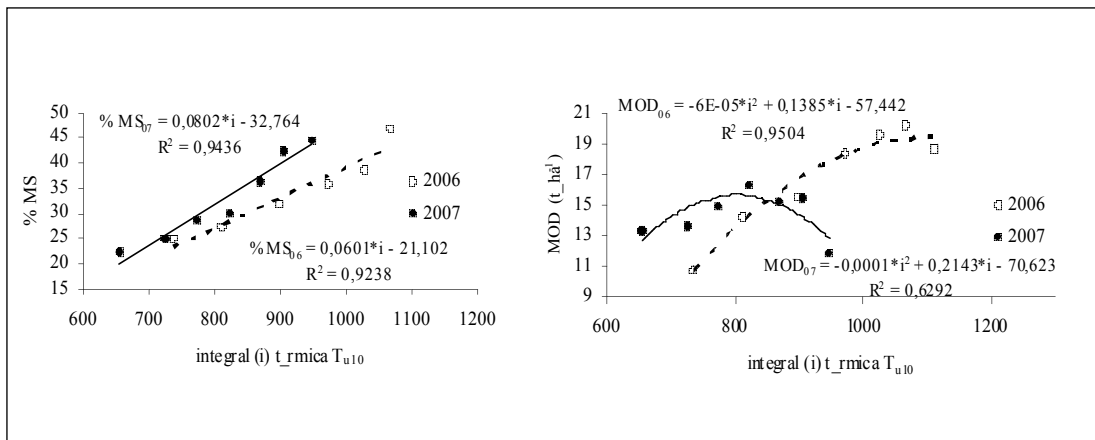
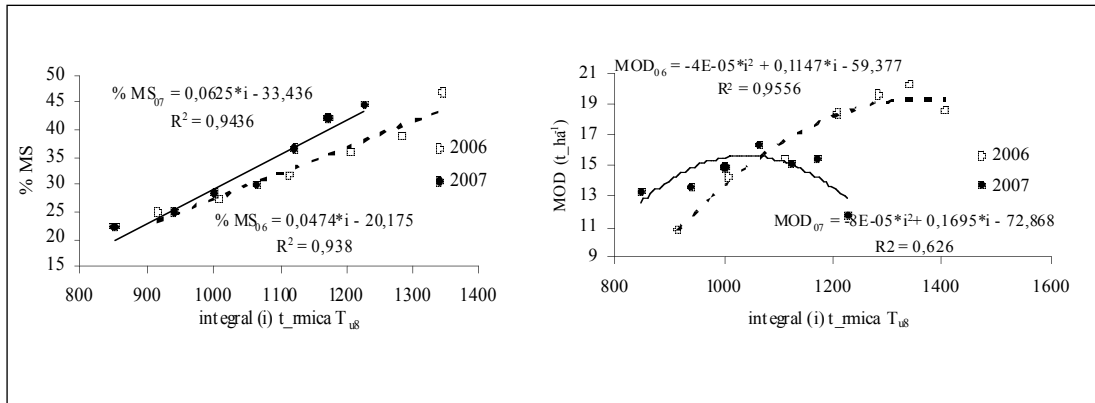
En esta comunicación se comparan los resultados para 2006 y 2007 de la variedad ‘Conca’, sobre contenido (%) en materia seca (CMS) de la planta entera y producción (t/ha) de materia orgánica digestible (MOD).

### Evolución del contenido en materia seca

Como se comentó para 2006 (Caruncho et al., 2007), se pone énfasis en la evolución del contenido en materia seca de la planta entera 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). 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 ello 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.

**Figura 1.** Evolución del contenido en materia seca en 2006 (%MS06) y 2007 (%MS07) y de la producción de materia orgánica digestible en 2006 y 2007, en función de los días transcurridos desde la siembra (d) y de la integral (i) térmica (grados-día) para dos temperaturas umbral ( $T_{u8} = 8\text{ °C}$  y  $T_{u10} = 10\text{ °C}$ ).





El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de las rectas ajustadas a los datos del CMS, con respecto a los días transcurridos desde la siembra, son mejores que cuando el ajuste se hace en función de la integral  $IT$  con  $T_{umbral}$  de 8 o 10 °C (Figura 1). Por otro lado, las rectas ajustadas en función de los días son casi paralelas lo que significa que la evolución del CMS es prácticamente el mismo en 2006 que en 2007, a pesar de haber sido dos años climáticamente muy distintos.

### Evolución de la producción de materia orgánica digestible

Como se comentó para 2006 (Caruncho *et al.*, 2007), se ha elegido esta variable porque 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 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, 2007).

Como en el caso de la evolución del CMS, los mejores ajustes se producen cuando la variable independiente son los días transcurridos desde la siembra en lugar de la integral térmica. En este caso, sin embargo, el ajuste de 2007 ( $R^2 = 0,76$ ) es peor que el de 2006 ( $R^2 = 0,98$ ). A pesar de ello, se estima que son datos que muestran un cierto paralelismo en la fase ascendente de la curva, en la que está el intervalo óptimo de CMS para la recolección, lo que permitirá integrarlos con los del año anterior y siguientes, si se producen con la misma tendencia, en una única curva utilizable para la corrección de los datos de producción de MOD.

## CONCLUSIONES

La información analizada permite concluir que:

1. 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'.
2. A pesar de ser 2007 un año climáticamente muy distinto de 2006, se ha observado un cierto paralelismo entre las ecuaciones ajustadas para ambos años, que permite prever una buena integración de los datos disponibles con los que puedan obtenerse en el futuro, si se producen las tendencias observadas.

## AGRADECIMIENTOS

Las actividades han sido financiadas por el proyecto nº PGDIT03RAG50303PR 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. *Actas de la XLVI Reunión Científica de la SEEP*, 181-187.
- CMR (Consellería do Medio Rural), 2007. *Valor agronómico de variedades comerciales de millo forraxeiro en Galicia (Período 1999-2006). Actualización 2007*. Díptico. Consellería do Medio Rural. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela (España).
- DARBY, H.M.; LAUER, J.G., 2002. Harvest date and hybrid influence on corn forage yield, quality, and preservation. *Agronomy Journal*, 94, 559-566.
- FERNÁNDEZ DE GOROSTIZA, F., 1996. *Vademecum del maíz*. Ediciones Agrotécnicas, 296 pp. Madrid (España).
- GILMORE, E.C. JR.; ROGERS, J.S., 1958. Heat units as a method of measuring maturity in corn. *Agronomy Journal*, 50, 611-615.
- MANGADO, J.M.; BARBERÍA, A., 2006. Red de Evaluación de variedades de maíz forrajero. Grupo de ciclos 400-500 Resultados del año 2006 Navarra I.T.G. Ganadero S.A. Navarra.
- MCMMASTER, G.S.; WILHELM, W.W., 1997. Growing degree-days: one equation, two interpretations. *Agricultural and Forest Meteorology*, 87, 291-300.
- MORENO-GONZÁLEZ J. y GARCÍA-GONZÁLEZ J.J., 1982. *Cultivo del maíz en las zonas húmedas de España*. Hojas divulgadoras. Nº 6/82. MAPA.. Madrid (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.

---

## TOWARDS A NEW METHODOLOGY TO TEST FORAGE MAIZE VARIETIES

### SUMMARY

In order to find a method to simplify the methodology used in Galicia (NW Spain) to evaluate forage maize varieties, where each variety must be harvested when the milk line is at 1/3-1/2 from the grain apex, a trial was established at Mesía (A Coruña) to complement the information achieved in 2006 in the same site. Curves were fitted to dry matter content (DMC) and digestible organic matter yield (DOM) data, taking as independent variable the days after sowing (DAS) or the thermal integral (TI). It was concluded that the fittings were better when using DAS and that the good fitting level of a straight line to the DMC data in 2006 was confirmed in 2007. Nevertheless, the quadratic fitting to DOM data was something worse in 2007, but it is estimated that 2007 data show a similar tendency than in 2006, in the increasing phase of the curve, that will allow to integrate them with the whole set of data of the experimental series, once completed.

**Key words:** value for cultivation and use, evaluation methodology, thermal integral.



## EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA/RESISTENCIA A LA SEQUÍA ESTIVAL TEMPRANA DE CULTIVARES DE MAÍZ FORRAJERO

LORENA ÁLVAREZ-IGLESIAS<sup>1</sup>, ANTONIO MARTÍNEZ<sup>1</sup> Y NURIA PEDROL<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. SERIDA – Grado. Estación Experimental La Mata. 33820-Grado (Asturias). <sup>2</sup>Dir. actual: Dpto Biología Vexetal e Ciencia do Solo. Universidade de Vigo. pedrol@uvigo.es

### RESUMEN

El estrés hídrico, provocado por episodios cada vez más frecuentes y severos de sequía estival temprana, es uno de los factores limitantes de la productividad del maíz en la Cornisa Cantábrica, ya que afecta al cultivo en su fase más crítica, durante la germinación y establecimiento. Este trabajo desarrolla un protocolo de evaluación de tolerancia a sequía de cultivares de maíz forrajero en sus primeras fases del desarrollo, para incrementar los criterios de elección del cultivar a sembrar. Se eligieron 15 cultivares de maíz de ciclos corto, medio y largo, y se sometieron a bioensayos comparativos de estrés hídrico (a niveles leve, moderado y severo) para evaluar la germinación de semillas. Su tolerancia al estrés hídrico se estimó calculando el porcentaje y la cinética de germinación mediante los siguientes índices: velocidad de germinación S, velocidad acumulada de germinación AS, coeficiente de tasa de germinación CRG, y tiempo medio de germinación MGT. Los resultados revelan diferencias significativas entre cultivares, destacando DK 287 y Nexos, para los que no hubo diferencias en la germinación de control y tratamientos, y cuyos índices de germinación fueron superiores a los del resto de cultivares. Ello valida estos ensayos como herramienta de elección de cultivares.

**Palabras clave:** estrés hídrico, germinación, *Zea mays* L.

### INTRODUCCIÓN

Bajo el punto de vista de la productividad, la sequía, a diferencia de la aridez, se refiere al descenso del crecimiento y del desarrollo de las plantas debido al agotamiento transitorio de las reservas hídricas del suelo, que generalmente se debe a un reparto diferencial de las precipitaciones (aunque sean abundantes) a lo largo del año (Levitt, 1980; Freitas, 1997). La estacionalidad de las lluvias hace que en grandes áreas de la España templado-húmeda exista una sequía estival de moderada a severa. Durante los meses de verano las temperaturas son favorables para el crecimiento, pero la humedad es limitante y prevalece la sequía edáfica y atmosférica.

Tanto el aumento de severidad de la sequía en los últimos años como las siembras tardías de maíz, cada vez más comunes entre los agricultores y ganaderos de la Cornisa Cantábrica, condicionan la exposición del cultivo al estrés hídrico en su fase más crítica, durante la germinación y el establecimiento de las plántulas. El advenimiento de un año de sequía temprana, o el retraso de las condiciones climáticas óptimas para el corte del cultivo invernal y/o para las labores previas a la siembra de maíz, repercutirá enormemente en la producción y calidad del maíz forrajero, derivando incluso en una pérdida casi completa de las cosechas. En Galicia y Asturias la sequía estival ha

sido especialmente severa y precoz en las últimas campañas de maíz (exceptuando 2007, año atípico por la abundancia de precipitaciones estivales) y, por ello, la ausencia de información a la hora de elegir un material resistente/tolerante a la sequía, en un ambiente tradicionalmente no problemático en este aspecto, está suscitando una preocupación creciente en el sector forrajero. Sería deseable, por tanto, disponer de un protocolo sencillo de evaluación de resistencia/tolerancia a la sequía en variedades de maíz forrajero, con el fin de incrementar los criterios prácticos de elección de la variedad a sembrar por parte del técnico, agricultor y/o ganadero.

Las respuestas de un cultivo a la sequía temprana pueden evaluarse fiablemente mediante bioensayos comparativos de estrés hídrico aplicado en condiciones controladas. El vigor de establecimiento, así como la tolerancia al estrés hídrico de las plántulas pueden medirse mediante parámetros agronómicos clásicos, como el porcentaje de germinación, el crecimiento de radículas y partes aéreas, la biomasa, el tamaño foliar, etc. (Lambers *et al.*, 1998; Reigosa *et al.*, 2003).

Con este trabajo se pretende comprobar la validez de los bioensayos bajo condiciones controladas de estrés hídrico sobre la germinación y su cinética mediante índices de germinación clásicos (Chiapusio *et al.*, 1997), para evaluar la tolerancia/resistencia a la sequía estival temprana de cultivares de maíz forrajero a efectos de recomendación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Variedades de maíz forrajero evaluadas:

Se eligieron 15 cultivares de ciclos corto (Attribute, Crazi, Surprise, Adnet, Nexxos, DK 287), medio (Mas 33 A, Surtep, Pollen, Anjou 387, DKC 3745, Opti) y largo (Orense, Juxxin, Es Paolis). Estos cultivares fueron seleccionados entre los que están siendo más utilizados por las cooperativas y agricultores de Asturias, habiéndose evaluado anteriormente su valor agronómico en la zona mediante ensayos de campo (Martínez *et al.*, 2006).

### Diseño experimental y parámetros:

Los bioensayos de germinación se llevaron a cabo en cámara de cultivo, bajo condiciones controladas y constantes de temperatura ( $26^{\circ}\text{C} \pm 0,5$ ), humedad relativa ( $75\% \pm 2$ ), y en oscuridad total. Se ensayaron un total de tres regímenes hídricos: (i) déficit hídrico leve, (ii) moderado, y (iii) severo. Para simular estas condiciones de estrés se emplearon soluciones de polietilenglicol de peso molecular 6000 (PEG 6000) en agua destilada y pH 6, a las siguientes concentraciones: (i) 100 g/l, equivalente a un potencial osmótico  $\Psi_0$  de -0,15 MPa, (ii) 200 g/l, equivalente a un  $\Psi_0$  de -0,5 MPa, y (iii) 300 g/l, equivalente a un  $\Psi_0$  de -1 MPa. Se realizaron cuatro réplicas experimentales por cada variedad y tratamiento, utilizando como control positivo de germinación una solución de agua destilada a pH 6. Se utilizaron 30 granos por réplica, que se sembraron sobre papel de filtro Whatman nº2 en placas de Petri de 13 cm de diámetro, añadiéndoles 10 ml de la solución correspondiente.

Para evaluar la germinación se emplearon los siguientes índices de germinación: (a) porcentaje total de semillas germinadas al tiempo final del periodo germinativo -Gt-, (b) velocidad de germinación -S-, (c) velocidad acumulada de germinación -AS-, (d) coeficiente de tasa de germinación -CRG-, y (e) tiempo medio de germinación en horas de la semilla en estudio -MGT-, todos según Chiapusio *et al.* (1997).

### Análisis de los datos:

Los datos de germinación total Gt se porcentuaron y corrigieron respecto a los controles, por lo que el valor de germinación de éstos siempre es del 100%.



Los efectos de cada nivel de concentración de PEG se analizaron con el paquete estadístico SPSS v. 11.5.1 (Ser. No. 9035115) a fin de encontrar diferencias entre cultivares. Sobre los grupos con varianzas homogéneas (test de Levene no significativo) se aplicó ANOVA de un factor, y los pares de medias se compararon mediante la prueba de diferencias mínimas significativas (DMS). Los grupos con varianzas heterogéneas se analizaron aplicando el test no paramétrico de Kruskal-Wallis, y comparando los pares de medias mediante la prueba de Tamhane.

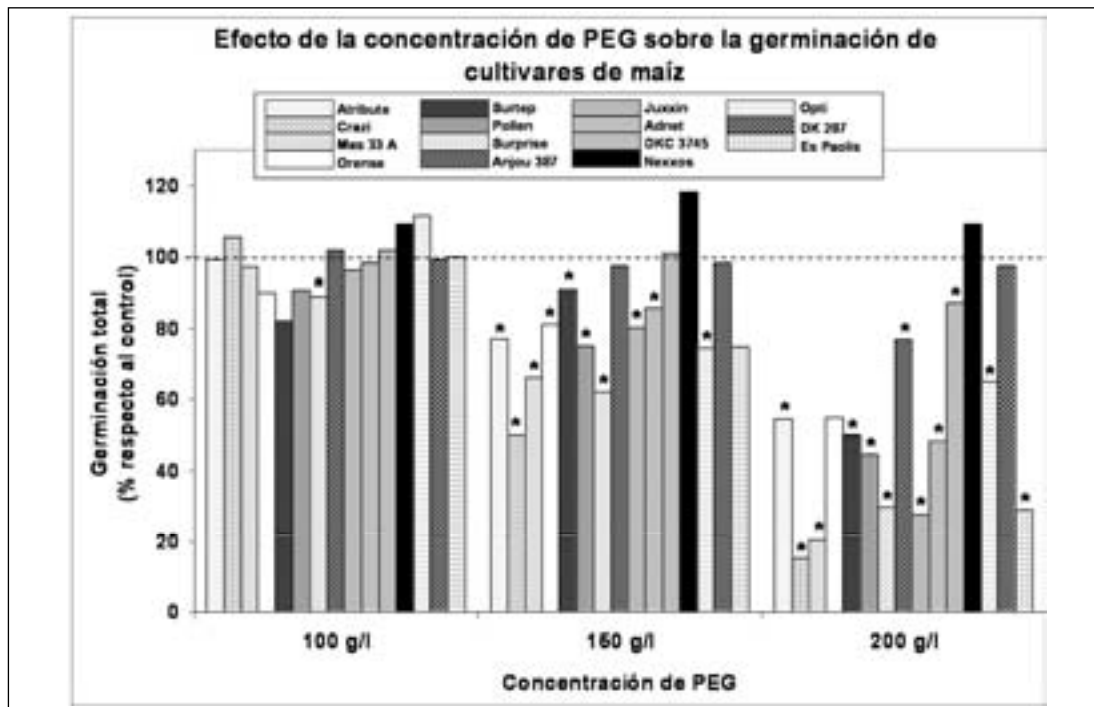
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las concentraciones de PEG aplicadas representan la amplitud habitual de tolerancia al estrés hídrico en maíz híbrido, que fueron elegidas tras consultar varias fuentes (Van der Weerd *et al.*, 2002; Lemcoff *et al.*, 2006; Zgallai *et al.*, 2006), y ajustadas al rango de cultivares ensayados tras comprobar *a priori* la respuesta en laboratorio de algunos de ellos elegidos al azar.

El análisis estadístico reveló diferencias significativas de germinación entre cultivares para todos los niveles de estrés hídrico aplicados, lo que permite establecer una escala de tolerancia/resistencia útil a efectos de recomendación de cultivares. El índice Gt (germinación total) resultó útil para una interpretación global de los efectos de los distintos niveles de estrés hídrico sobre la germinación. Así, la figura 1 resume los resultados representando los valores medios porcentuales de Gt de los cultivares para cada tratamiento, destacando las diferencias frente al control de germinación (100 %).

La línea horizontal discontinua indica el valor de referencia de los controles (100% de germinación). Las barras indican los valores medios. Las medias etiquetadas con asterisco son significativamente diferentes al control al nivel de significación  $p \geq 0,05$ .

**Figura 1.** Efecto de distintos niveles de PEG 6000 sobre la germinación total (Gt) de 15 cultivares comerciales de maíz



A excepción del cultivar Surprise, ninguno muestra diferencias significativas entre los tratamientos control y estrés hídrico leve (PEG 100 g/l) para el porcentaje de germinación total Gt. Entre los cultivares ensayados destacan Nexxos, DK 287, cuyos índices Gt no difieren significativamente del valor del control para ninguno de los tratamientos aplicados ( $p > 0,05$ ), resultando *a priori* los cultivares más resistentes/tolerantes al estrés hídrico durante la germinación. A su vez, la germinación total de DKC 3745 y Anjou 387 fue sólo moderadamente afectada por las condiciones de sequía, mientras que Crazi, Mas 33 A, Es Paolis y Surprise fueron los más sensibles.

La naturaleza de la resistencia/tolerancia de Nexxos y DK 287 a la sequía temprana no puede ser discutida sin la realización de ensayos de establecimiento y crecimiento bajo estrés; sin embargo, dado que se trata de cultivares de ciclo corto, es probable que su mayor vigor de establecimiento les confiera cierta ventaja a modo de escape del estrés hídrico (Levitt, 1980; Freitas, 1997). No obstante, la germinación de otros cultivares de ciclo corto como Crazi y Surprise resultó sensible al estrés, apuntando la participación obvia de otros factores en el proceso de germinación, como la reserva hídrica del grano y la dormición. De hecho, la germinación de otros cultivares cuyos resultados no se muestran en este trabajo resultó difícil en condiciones de laboratorio, hecho que comparten otros autores consultados (Manuel Sánchez-Díaz, com. pers.).

El análisis pormenorizado secuencial de los porcentajes de germinación acumulada (datos no mostrados) reveló efectos significativos sobre la germinación en tiempos de medida anteriores al establecido como final (144 horas). Ello indica una influencia del estrés hídrico en la cinética de germinación que pasaría desapercibido si observásemos sólo el índice Gt, ya que éste considera los valores finales. El cálculo de los índices de velocidad de germinación descritos (S, AS, CRG, MGT) resultó de gran utilidad para comprobar la existencia de estos efectos sobre la cinética de germinación. Otros autores han utilizado con éxito estos índices en otros campos de experimentación (Anjum y Bajwa, 2005; Larsen y Bibby, 2004; Chiapusio *et al.*, 1997) mientras que su uso en estudios de resistencia/tolerancia al estrés hídrico no se ha extendido.

Los resultados muestran que, al igual que ocurría con la germinación total Gt, para un mismo tratamiento, el efecto del estrés hídrico sobre la cinética de germinación difiere entre cultivares (Tablas 1 y 2), pero en este caso sí aparecen diferencias significativas respecto al control en la cinética de germinación de ciertos cultivares para el tratamiento PEG 100 g/l; diferencias que permanecían ocultas cuando limitábamos el análisis al índice Gt.

**Tabla 1.** Efecto de distintos niveles de Polietilenglicol (PEG) 6000 sobre la velocidad de germinación (S) de 15 cultivares comerciales de maíz

CULTIVAR	PEG 0	PEG 100	PEG 150	PEG 200
Atribute	26,2 d,e	23,7 d,e,f	16,1 d,e	9,4 d
Crazi	25,9 d,e	22,5 d,e,f	9,2 g	2,4 f
Mas 33 A	28,2 c,d,e	21,6 d,e,f,g	12,1 f,g	3,8 e,f
Orense	29,9 c,d,e	21,2 e,f,g	17,7 c,d,e	9,5 d
Surtep	30,4 c,d,e	19,6 f,g	19,4 b,c,d	9,2 d
Pollen	29,6 c,d,e	22,4 d,e,f	16,5 d,e	8,3 d
Surprise	27,1 c,d,e	17,7 g	12,1 f,g	4,7 e,f
Anjou 387	37,8 b	29,0 b,c	22,9 b	15,0 c
Juxxin	31,4 c,d	24,7 d,e	17,0 c,d,e	4,8 e,f
Adnet	31,5 c,d	25,5 c,d	20,6 b,c	9,6 d

CULTIVAR	PEG 0	PEG 100	PEG 150	PEG 200
DKC 3745	39,1 b	31,2 b	28,3 a	19,0 b
Nexxos	32,2 c	30,8 b	30,0 a	22,4 a
Opti	25,7 e	24,8 c,d,e	15,8 d,e,f	13,3 c
DK 287	49,4 a	41,9 a	30,6 a	23,2 a
Es Paolis	26,0 d,e	25,4 c,d,e	15,6 e,f	5,4 e

PEG0: control; PEG100: estrés leve; PEG150: estrés moderado; PEG200: estrés severo. Las medias etiquetadas con letras distintas en la misma columna son significativamente diferentes entre ellas al nivel de significación  $p \geq 0,05$ .

**Tabla 2.** Efecto de distintos niveles de Polietilenglicol (PEG) 6000 sobre el tiempo medio de germinación (MGT) de 15 cultivares comerciales de maíz

CULTIVAR	PEG 0	PEG 100	PEG 150	PEG 200
Atribute	50,5 c,d,e	58,7 c,d	71,7 b,c,d	93,9 a,b
Crazi	49,7 c,d,e	63,9 b,c	78,8 b	80,0 a,b
Mas 33 A	46,5 c,d,e,f	68,6 b	90,2 a	74,1 b
Orense	45,7 d,e,f	56,3 c,d	70,8 b,c,d	95,0 a,b
Surtep	41,2 f,g	53,9 d,e	66,9 c,d	84,6 a,b
Pollen	51,6 b,c,d	56,3 c,d	72,1 b,c,d	79,4 a,b
Surprise	54,8 b,c	85,0 a	90,7 a	114,8 a
Anjou 387	34,4 g,h	47,1 e,f	62,2 d,e	89,6 a,b
Juxxin	51,4 c,d	56,3 c,d	73,6 b,c	112,5 a
Adnet	42,4 e,f,g	56,2 c,d	66,8 c,d	84,9 a,b
DKC 3745	32,9 h	40,8 f	47,3 f,g	69,6 b
Nexxos	38,5 f,g,h	46,2 e,f	52,4 e,f	80,4 a,b
Opti	59,7 a,b	71,6 b	80,3 a,b	91,8 a,b
DK 287	24,4 i	30,3 g	40,8 g	65,8 b
Es Paolis	66,5 a	66,9 b	77,2 b,c	89,2 a,b

PEG0: control; PEG100: estrés leve; PEG150: estrés moderado; PEG200: estrés severo. Las medias etiquetadas con letras distintas en la misma columna son significativamente diferentes entre ellas al nivel de significación  $p \geq 0,05$ .

Los cultivares Nexxos, DK 287, DKC 3745 y Anjou 387, los de mayor Gt, son también los que presentan mayores velocidades de germinación (S, AS y CRG) y un tiempo medio de germinación (MGT) menor para todos los tratamientos. Y, a la inversa, los cultivares con la germinación más retrasada y tiempos de germinación más altos son Crazi, Mas 33 A, Es Paolis y Surprise. Así, estos índices también suponen una herramienta útil para la evaluación de la tolerancia/resistencia a la sequía, y completan la interpretación del índice Gt. No obstante, la información aportada por AS y CRG (datos no mostrados) es redundante en algunos casos, considerando aquí suficiente el cálculo de los índices S y MGT.

## CONCLUSIONES

Con este trabajo se validan los bioensayos de germinación en placa Petri con aplicación de distintas concentraciones de PEG como herramientas útiles para discernir cultivares tolerantes y sensibles al estrés hídrico en su fase de germinación. Asimismo, los índices calculados resultan útiles para completar la información aportada por el porcentaje de germinación, y aclaran diferencias en la cinética del proceso. No obstante, debe resaltarse que estos ensayos sólo aportan una base de discriminación preliminar, siendo necesarios ensayos de establecimiento y crecimiento para completar la caracterización de los cultivares y dilucidar la naturaleza de su tolerancia/resistencia o sensibilidad a la sequía temprana.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la FICYT por la financiación del proyecto que ha permitido la ejecución de este trabajo (PC-06-037), así como al personal técnico y de campo del SERIDA por su colaboración.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANJUM, T.; BAJWA R., 2005. Importance of Germination Indices in Interpretation of Allelochemical Effects. *Int. J. Agri. Biol.*, 7, 417-419.
- CHIAPUSIO G, SÁNCHEZ AM, REIGOSA MJ, GONZÁLEZ L, PELLISSIER F., 1997. Do germination indices adequately reflect allelochemical effects on the germination process?. *J. Chem. Ecol.*, 23, 2445-2453.
- FREITAS HMO, 1997. Drought. *En Prasad MNV (ed.) Plant Ecophysiology*, pp. 129-149. John Wiley y Sons. Inc. New York.
- LAMBERS H., CHAPIN III F.S., PONS T.L., 1998. *Plant Physiological Ecology*. Springer-Verlang, NY, USA.
- LARSEN, S. U.; BIBBY, B. M., 2004. Use of germination curves to describe variation in germination characteristics in three turfgrass species. *Crop Sci.*, 44, 891-899.
- LEMCOFF J. H., LING F, NEUMANN P. M., 2006 Short episodes of water stress increase barley root resistance to radial shrinkage in a dehydrating environment. *Physiol. Plant.*, 127, 603-611.
- LEVITT J., 1980. *Responses of Plants to Environmental Stresses* (2 vol.). Academic Press, NewYork.
- MARTÍNEZ A; PEDROL N; ALPERI J; GONZÁLEZ C., 2006. *Variedades de maíz. Actualización 2006*. SERIDA-Consejería de Medio Rural y Pesca del Principado de Asturias, 16 pp. D.L.: AS-92/06.
- REIGOSA MJ, PEDROL N, SÁNCHEZ-MOREIRAS A (eds), 2003. *La Ecofisiología Vegetal. Una Ciencia de Síntesis*. Ed. Thomson, Madrid, España; 1193 pp. ISBN 84-9732-267-3.
- VAN DER WEERD L, CLAESSENS M. M. A. E., EFDÉ C, VAN AS H., 2002. Nuclear magnetic resonance imaging of membrane permeability changes in plants during osmotic stress. *Plant Cell Envir.*, 25, 1539-1549.
- ZGALLAI H, STEPPE K, LEMEURE R., 2006. Effects of severe water stress on partitioning of (14) C assimilates in tomato plants. *J. Appl. Bot. Food Qual.*, 80, 88-92.

---

## ASSESSMENT OF TOLERANCE/RESISTANCE TO EARLY SUMMER DROUGHT OF FORAGE MAIZE CULTIVARS

### SUMMARY

Water stress is one of the limiting abiotic factors for maize productivity in NorthWest Spain. This stress is caused by more and more severe and frequent episodes of early summer drought that affects maize crop during the most delicate stage: germination and seedling establishment. A simple and quick procedure is required to evaluate drought tolerance/resistance of most common forage maize cultivars in the early growth stage, in order to provide election criteria to agricultors and technical experts. In this work, contrasted responses of cultivars to drought were evaluated using comparative water stress bioassays of slight, moderate and severe, simulated by application of growing concentrations of polyethyleneglycol (PEG) on 15 commercial forage maize cultivars. Establishment vigour as well as seedling tolerance to stress were estimated by means of the germination percentage (Gt -Total germination) and germination kinetics, this assessed by some common indexes: S -germination speed S, AS -accumulated germination speed, CRG -coefficient of germination rate, and MGT -mean germination time. Results reveal statistical significative differences among cultivars for the described parameters, thus validating the bioassay as a useful tool for a quick diagnostic to choose a tolerant/resistant cultivar to early drought when required.

**Key words:** water stress, germination, *Zea mays* L.



## ORIGEN DE LA TOXICIDAD EN *CAREX BREVICOLLIS*: UNA ESPECIE FRECUENTE EN PASTOS MONTANOS TEMPLADOS

L. SAN EMETERIO<sup>1</sup>, I. RUIZ DE LOS MOZOS<sup>1</sup>, A. OREJA<sup>1</sup>, I. ZABALGOGEAZCOA<sup>2</sup>  
Y R.M. CANALS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dpto. de Producción Agraria. UPNA. Campus Arrosadia s/n 31006 Pamplona.

<sup>2</sup> Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, CSIC. Apartado 257, 37071 Salamanca

### RESUMEN

*Carex brevicollis* (DC in Lam & DC) es una ciperácea frecuente en los pastos calizos montanos del Centro y Sur de Europa. En áreas donde la especie es abundante, el ganado gestante sufre frecuentes abortos, que se asocian al consumo de alcaloides oxitóxicos, principalmente brevicolina. Con el objetivo de plantear soluciones, realizamos una investigación enfocada a dilucidar el origen intrínseco (de la planta) o extrínseco (de un posible hongo asociado) del alcaloide. Para ello, 1) determinamos si había infección por hongos endófitos y realizamos su identificación, y 2) comprobamos si existía relación entre la producción de brevicolina y la presencia/ausencia de hongos endófitos, mediante la comparación del contenido de alcaloides en plantas infectadas y en plantas fumigadas. Se obtuvieron 71 aislados de hongos endófitos en *C. brevicollis*, los cuales, utilizando caracteres morfológicos y secuenciando regiones de su DNA ribosómico fueron clasificados en 21 especies distintas. Se detectó presencia de brevicolina en todas las plantas, pero los contenidos fueron significativamente menores en las plantas no infectadas.

**Palabras clave:** hongos endófitos, brevicolina, alcaloides tóxicos.

### INTRODUCCIÓN

*Carex brevicollis* DC. es una ciperácea distribuida ampliamente en el centro y sur de Europa, muy común en dos hábitats naturales protegidos por la Directiva Europea (92/43/CEE): los pastos subalpinos calcícolas y los claros de hayedos desarrollados sobre sustrato calizo. En la Sierra de Urbasa y Andía (NO de Navarra) estos hábitats, junto con otras comunidades vegetales, son pastados por unas 11 750 UGM de ganado extensivo, primordialmente ovino, vacuno y equino. Los ganaderos de la zona han detectado problemas de toxicidad por consumo de *C. brevicollis*, principalmente abortos y partos prematuros en hembras jóvenes.

Estudios previos han encontrado un alto contenido de alcaloides, especialmente brevicolina y brevicarina, en las hojas de esta especie (Sharipov *et al.*, 1975). Estos alcaloides, derivados de la  $\beta$ -carbolina, presentan un potente efecto oxitóxico que provoca contracciones en el útero, causando abortos en mamíferos gestantes (Yasnetso y Sizov, 1972). Otras consecuencias de los derivados de la  $\beta$ -carbolina son efectos fototóxicos en bacterias y hongos (Towers y Abramovski, 1983). También se han descrito diversas funciones farmacológicas actuando como antitumorales, antivirales y antibacteriales (Cao *et al.*, 2007).

A pesar de su interés, no hemos encontrado literatura sobre el origen de los alcaloides en *C. brevicollis*, aunque sí existe abundante bibliografía sobre toxicosis ocasionadas por alcaloides sintetizados por hongos endófitos asociados a gramíneas (hongos de los géneros *Neotyphodium*/*Epichloë* en *Festuca spp.* y *Lolium spp.*), El objeto de este estudio es dilucidar el origen intrínseco (de la planta) o extrínseco (de un posible hongo asociado) de la brevicolina. Específicamente queremos 1) determinar si existe infección de la planta por hongos endófitos y, en caso afirmativo, identificar la microbiota y 2) comprobar la existencia de una relación entre la producción de alcaloides y la presencia/ausencia de hongos endófitos, mediante la comparación del contenido de brevicolina en plantas infectadas y en plantas fumigadas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Material vegetal

En otoño de 2006 se recolectó el material vegetal en el Parque Natural de Urbasa y Andía, localizado en el NO de la provincia de Navarra (España). Se llevaron a cabo muestreos en tres zonas diferentes: el raso Udaú (42° 50' N 2° 8' W), el raso Tximista (42° 51' N 2° 7' W) y el raso Bardoitza (42° 48' N 2° 4' W), obteniendo en cada uno cuatro plantas enteras (12 en total). El material fue trasladado a maceta y mantenido en invernadero con un régimen de riego de dos días por semana.

### Aislamiento e identificación de microbiota

Para reconocer y aislar posibles hongos endófitos, se sembraron pedazos de hoja de 1 cm<sup>2</sup>, previamente esterilizados con lejía, en placas con PDA. Los hongos que lograron desarrollarse a partir de estos fragmentos se transfirieron a placas individuales. La identificación de los hongos se basó en caracteres morfológicos y moleculares. La amplificación y secuenciación de la región ITS1.5.8S rDNA-ITS2 de extractos de DNA fúngico se realizó según los métodos descritos por Sánchez-Márquez *et al* (2007).

### Relación entre producción de alcaloides e infección por hongos endófitos

Para obtener individuos genéticamente idénticos se separaron y trasplantaron hijuelos de las plantas en fase de ahijamiento. De cada planta madre se aislaron un total de cuatro hijuelos que siguieron el mismo cuidado que éstas. Con el fin de eliminar los hongos endófitos, tres de los cuatro hijuelos fueron sometidos a un proceso de fumigación con fungicida Propiconazole (800µg/aplicación, tres aplicaciones con un intervalo de 10 días), dejando el cuarto hijo como control. Después de otro periodo de crecimiento para alcanzar una nueva fase de ahijamiento, se recolectaron los nuevos hijuelos. Parte del material vegetal (tejidos foliares) se estudió mediante tinción y microscopía (Latch *et al.* 1988) para evaluar la eficacia de la fumigación realizada. El resto del material se utilizó para extraer los alcaloides (Zayed y Wink, 2005) y analizar cuantitativamente el contenido de brevicolina mediante GLC-MS. Los datos se analizaron estadísticamente mediante un modelo lineal general de medidas repetidas con el programa SPSS 14.0.

## RESULTADOS

### Aislamiento e identificación de microbiota

Se obtuvieron 71 aislados de hongos de las muestras de *C. brevicollis*, que fueron clasificados en 21 especies distintas en base a su morfología y principalmente a la secuencia de sus regiones ITS1-5.8S rDNA-ITS2 (Tabla 1).



**Tabla 1.** Especies de endófitos identificados en *Carex brevicollis* mediante secuenciación genética

Especie	Raso y planta*
<i>Microdochium phragmitis</i>	U1, U3
<i>Cladosporium</i> sp.	U1, B4
<i>Podospora decipiens</i>	U1, U2, B1
<i>Alternaria tenuísima</i>	U1
<i>Colletotrichum dematium</i>	U1
16 desconocido	U1, U2, U3, U4, B3, T2
<i>Fusarium</i> sp. A	U2
<i>Fusarium</i> sp. B	U4
<i>Glomerella graminicola</i>	U4
<i>Neotyphodium</i> sp.	U4
<i>Phaeosphaeria</i> sp.?	U3
<i>Phaeosphaeria</i> sp.1-44	U4
<i>Phaeosphaeria</i> sp.2-45	U4
<i>Hypoxylon</i> sp.	B1
<i>Hypoxylon fragiforme</i>	B2
<i>Podospora</i> sp.?	B1
<i>Phaeosphaeria</i> sp.3-60	B2
Desconocido 61 ( <i>Preussia</i> sp.?)	U1, U2, U4, B1, B2, B3, T1, T2
<i>Penicillium</i> sp.1-77	T1
<i>Penicillium</i> sp. 2-78	T1
<i>Biscogniauxia</i> sp.	U3, B1, B2, B3, B4, T1, T2, T3, T4

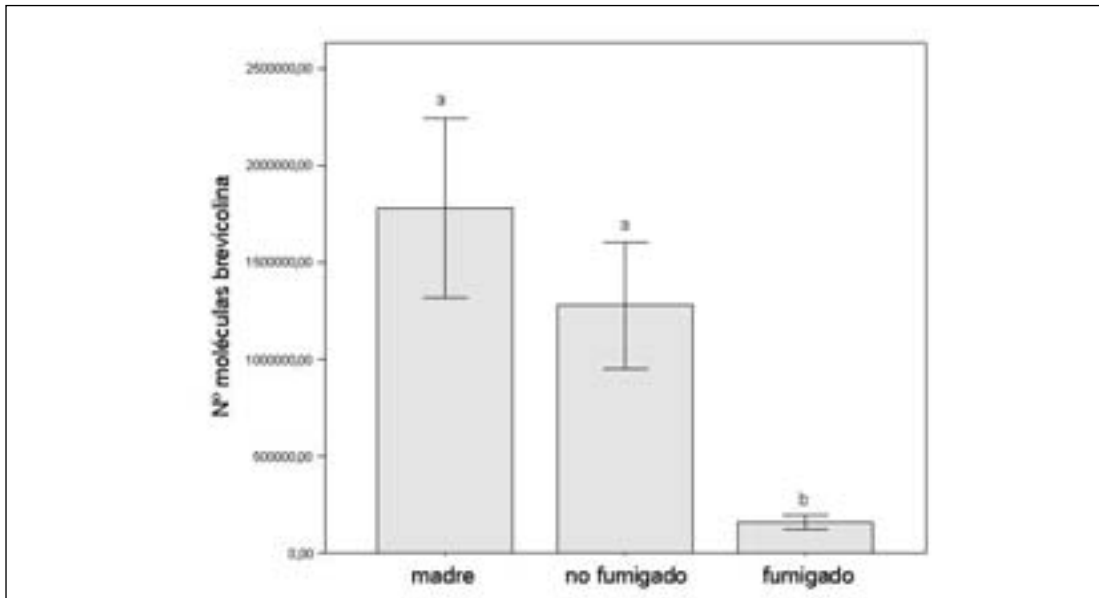
\* U, Udaú; B, Bardoitxa; T, Tximista

### Relación entre la producción de alcaloides y la infección por hongos endófitos

El tratamiento fungicida fue eficaz, aunque no eliminó completamente las infecciones de hongos endófitos. Antes del tratamiento el 37,5% de las plantas madre analizadas en el microscopio presentaban infección por hongos endófitos. Tras la fumigación, los valores de infección se redujeron al 8,3%.

El contenido de alcaloides no varió significativamente entre las plantas provenientes de distintos rasos ( $F=2,139$ ,  $p= 0,188$ ). En cambio, el tratamiento con fungicida tuvo un efecto significativo ( $F= 7,522$ ,  $p= 0,029$ ) ya que las plantas fumigadas presentaron un menor contenido en brevicolina que las plantas no fumigadas y que las plantas madre (Figura 1).

**Figura 1.** Contenido de brevicolina en plantas de *Carex brevicollis* fumigadas y no fumigadas



## DISCUSIÓN

Aunque en décadas pasadas se pensó que la presencia de hongos endófitos estaba limitada a algunas especies de gramíneas y que se trataba de una relación de simbiosis mutualista, en los últimos años se está evidenciado que las asociaciones de hongos endófitos con vegetales son un hecho común en la naturaleza. Estos hongos endófitos son abundantes, se encuentran muy diversificados desde el punto de vista taxonómico (Sánchez-Márquez *et al.*, 2007) y pueden cumplir distintas funciones en el vegetal, no siempre mutualistas (Faeth, 2002; Saikkonen *et al.*, 2006). Algunos de los hongos endófitos identificados en *C. brevicollis* (Tabla 1), son saprófitos latentes, con capacidad para, tras la muerte del vegetal, invadir rápidamente los tejidos, y reproducirse.

El alcaloide brevicolina se encuentra presente en todas las plantas de *C. brevicollis*, fumigadas y no fumigadas, aunque en las primeras en una concentración seis veces menor y menos variable (Figura 1). La drástica disminución del contenido de brevicolina en plantas fumigadas indica un importante papel de los hongos endófitos en la producción de este compuesto, que puede ser explicado de dos maneras opuestas: o bien la brevicolina es sintetizada por la planta pero su producción es inducida por la presencia de hongos endófitos, o bien es sintetizada por los hongos y su presencia en las plantas fumigadas es residual y proviene de su traslocación desde la planta madre.

La primera hipótesis se apoya en que 1) se ha comprobado la inducción de la producción de  $\beta$ -carbolinas en distintas especies vegetales en presencia de elicitores fúngicos (Bais *et al.*, 2003; Pauw *et al.*, 2004), 2) diversos estudios han comprobado el efecto antifúngico de las  $\beta$ -carbolinas (Cao *et al.*, 2007) y específicamente de la brevicolina (Towers y Abramowski, 1983), y 3) pocas especies de hongos se repiten en todos los individuos analizados (*Preussia* sp., *Biscogniauxia* sp. y especie 16 desconocida) y no se tiene conocimiento de que éstas sean capaces de producir alcaloides  $\beta$ -carboxílicos tóxicos. Respecto a la segunda hipótesis, ésta se sustenta en 1) la extensa información sobre el origen fúngico de los alcaloides responsables de diversas toxicosis en *Festuca* spp., *Lolium* spp., y en otras especies menos conocidas (Váldez Barillas *et al.* 2007) y 2) en la elevada solubilidad de la brevicolina que podría favorecer su traslocación a otras partes vegetales. Nos inclinamos a pensar que la primera hipótesis (síntesis vegetal e inducción fúngica) se sustenta en argumentos más sólidos, pero su comprobación requiere continuar investigando en la misma línea.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. Vicente Ferrer su colaboración en la recolección del material vegetal en campo. El Servicio de Apoyo a la Investigación de la UPNA y Pablo Pujol realizaron la compleja cuantificación de la brevicolina. El personal del laboratorio del Dpto. de Producción Vegetal del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología del CSIC ofrecieron enseñanzas y apoyo en técnicas de secuenciación del ADN fúngico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAIS, H.P.; VEPACHEDU, R.; VIVANCO, J.M., 2003. Root specific elicitation and exudation of fluorescent beta-carbolines in transformed root cultures of *Oxalis tuberosa*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 41 (4), 345-353.
- CAO, R.H.; PENG, W.L.; WANG, Z.H.; XU, A.L., 2007. Beta-carboline alkaloids: Biochemical and pharmacological functions. *Current Medicinal Chemistry*, 14 (4), 479-500.
- FAETH, S.H., 2002. Are endophytic fungi defensive plant mutualists? *Oikos*, 98 (1), 25-36.
- LATCH, G.C.M.; CHRISTENSEN, M.J.; HICKSON, R.E., 1988. Endophytes of annual and hybrid ryegrasses. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 31, 57-63.
- PAUW, B.; VAN DUJN, B.; KIJNE, J.W.; MEMELINK, J., 2004. Activation of the oxidative burst by yeast elicitor in *Catharanthus roseus* cells occurs independently of the activation of genes involved in alkaloid biosynthesis. *Plant Molecular Biology*, 55 (6), 797-805.
- SAIKKONEN, K.; LEHTONEN, P.; HELANDER, M.; KORICHEVA, J.; FAETH, S.H., 2006. Model systems in ecology: dissecting the endophyte-grass literature. *Trends in Plant Science*, 11 (9), 428-433.
- SÁNCHEZ MÁRQUEZ, S.; BILLS, G.F.; ZABALGOGEAZCOA, I.A. 2007. The endophytic mycobiota of *Dactylis glomerata*. *Fungal Diversity*, 27, 171-195.
- SHARIPOV, I.N.; CHEBAN, N.N.; KONDRATENKO, B.S.; TARENT'eva, I.V.; LAZUR'EVSKII, G.V., 1975. Alkaloid accumulation in cultivated and naturally growing *Carex brevicollis*. *Izvestiya AN Mold SSR, Ser. Bio. I Khim.* N, 6. 63-67.
- TOWERS, G.H.N.; ABRAMOWSKI, Z., 1983. UV-Mediated genotoxicity of furanoquinoline and of certain tryptophan-derived alkaloids. *Journal of Natural Products*, 46 (4), 576-581.
- VALDEZ BARILLAS, J.R.; PASCHKE, M.W.; RALPHS, M.H.; CHILD, R.D., 2007. White locoweed toxicity is facilitated by a fungal endophyte and nitrogen-fixing bacteria. *Ecology*, 88 (7), 1850-1856.
- YASNETSO, V.S.; SIZOV, P.I., 1972. Mechanism of brevicolline, thalictimine and pachycarpine action on uterus. *Farmakologiya I Toksikologiya*, 35 (2), 201.
- ZAYED, R.; WINK, M., 2005. Beta-carboline and quinoline alkaloids in root cultures and intact plants of *Peganum harmala*. *Z.f.Naturforschung*, 60, 451-458.

## ORIGIN OF THE TOXICITY OF CAREX BREVICOLLIS: A FREQUENT SPECIES IN MONTANE TEMPERATE GRASSLANDS

### SUMMARY

*Carex brevicollis* (DC in Lam. & DC) is a sedge naturally distributed over the Central and Southern mountains of Europe, on limestone, species-rich grasslands. In areas where the species is abundant, frequent abortions associated to the consumption of the oxicotic alkaloid brevicolline occur

in livestock. In order to bring up solutions, we undertook a research focused on the elucidation of the intrinsic (from the plant itself) or extrinsic origin (from a potential endophyte) of brevicolline. Therefore, 1) we made a survey of the endophytic mycobiota, and 2) we evaluated the relationship between brevicolline production and the presence or absence of endophytes, comparing the alkaloid content in endophyte-infected and fungicide-treated plants. We obtained 71 fungal isolates which belonged to 21 different species. The alkaloid brevicolline was detected in both infected and non-infected plants. However, its concentration was much lower in fumigated, non-infected plants.

**Key words:** fungal endophytes, brevicoline, toxic alkaloids.

## SUSCEPTIBILIDAD DEL ALTRAMUZ AMARILLO (*LUPINUS LUTEUS* L.) A LA PODREDUMBRE RADICAL CAUSADA POR *PHYTOPHTHORA CINNAMOMI* RANDB

P. FERNANDEZ REBOLLO<sup>1</sup>, M.S. SERRANO<sup>1</sup>, P DE VITA<sup>2</sup>, M.D. CARBONERO<sup>1</sup>, A TRAPERO<sup>2</sup>, M.E. SANCHEZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dpto. Ingeniería Forestal, <sup>2</sup> Dpto. Agronomía (Patología Agroforestal), Universidad de Córdoba, e-mail: ir1ferep@uco.es

### RESUMEN

En este trabajo se evalúa la susceptibilidad del altramuz amarillo frente a *Phytophthora cinnamomi*. *Phytophthora cinnamomi* ha resultado ser un patógeno agresivo que causa marchitez y muerte en distintas variedades de *L. luteus* tanto en fase de pre como de post-emergencia. No se han observado diferencias significativas en la susceptibilidad a la infección radical, considerando la severidad de los síntomas en raíz, entre las variedades ensayadas. Esta susceptibilidad ha resultado incluso más alta que la exhibida por el altramuz azul, utilizado en los ensayos como planta de referencia por su elevada susceptibilidad al patógeno. Los resultados obtenidos sugieren que se debe replantear la utilización de esta leguminosa en dehesas afectadas por el decaimiento de los *Quercus* que presentan altas densidades de inóculo de *P. cinnamomi* en el suelo, por sus efectos sobre la propia planta de altramuz y, principalmente, por su posible efecto multiplicador del patógeno.

**Palabras clave:** *Lupinus luteus*, podredumbre radical, *Phytophthora cinnamomi*, dehesa

### INTRODUCCIÓN

*Lupinus luteus* es una leguminosa anual de regiones templadas y cálidas, con hojas palmeadas, tallos huecos de consistencia herbácea, fuerte raíz profunda y altos racimos terminales de flores de color amarillo, característica ésta por la cual la planta recibe el nombre de altramuz amarillo. En Portugal se le denomina "tremosilla". Existen unas 300 especies dentro del género *Lupinus*, siendo los más cultivados el altramuz blanco (*L. albus* L), el altramuz amarillo (*L. luteus* L), y el azul o de hoja estrecha (*L. angustifolius* L). El cultivo del altramuz se remonta a más de 2000 años atrás y, aunque se inicia en la región Mediterránea, actualmente constituye un cultivo comercial de importancia en Australia (van Barneveld, 1999). En España se ha observado un ligero incremento en la superficie cultivada desde los años 90, llegando a superar las 17.000 ha en el año 2002, y situándose en torno a las 13.000-15.000 ha los años posteriores. Las mayores superficies se encuentran en Castilla y León y en Extremadura (MAPA, 2006). En Andalucía, el cultivo del altramuz se concentra principalmente en las dehesas de la provincia de Huelva, constituido esencialmente por altramuz amarillo, el cual se cultiva en ocasiones mezclado con cereales. En la dehesa el altramuz amarillo se utiliza exclusivamente para alimentación animal y, aunque puede cosecharse el grano o segarse el cultivo para henificar o ensilar, es común el consumo directo de la planta por el ganado ovino en verano una vez que se ha agostado. El ganado ovino aprovecha la planta seca y, al contrario que el ganado vacuno, puede cosechar además de forma efectiva las

semillas dispersas por el suelo, dada la dehiscencia acentuada de esta planta. El ganado porcino también busca con avidez el grano. Esta dehiscencia permite la resiembra natural de la planta en años posteriores a su cultivo si durante el otoño y principios del invierno se limita la entrada de ganado en la zona. Además, se utiliza como cultivo mejorante del cereal y los pastos, para controlar la invasión de matorrales y como abono verde en repoblaciones forestales.

Desde principios de los años 90 se está produciendo un severo decaimiento de los *Quercus* mediterráneos en España y Portugal, que está originando elevadas cifras de mortalidad de encinas y alcornoques en las dehesas, junto a una caída significativa en la producción de bellota y corcho (Navarro *et al.*, 2004). La podredumbre radical causada por el patógeno de suelo *Phytophthora cinnamomi* ha resultado la principal causa del decaimiento y muerte de los *Quercus* en el sur de la Península Ibérica (Brasier *et al.*, 1993; Gallego *et al.*, 1999; Sánchez *et al.*, 2002). Hay un considerable número de características de *P. cinnamomi* que hacen que sea un patógeno difícil de controlar (Erwin y Ribeiro, 1996), entre las que se encuentra su amplio rango de huéspedes, constituido principalmente por especies leñosas, citándose entre las herbáceas algunas especies del género *Lupinus* (como *Lupinus albus* y *L. angustifolius*) (Erwin y Ribeiro, 1996).

Dado que el altramuz amarillo se cultiva en algunas dehesas con presencia constatada de este patógeno, resulta de interés evaluar la susceptibilidad del *L. luteus* frente a *P. cinnamomi*, de cara a establecer métodos de control efectivos contra la podredumbre radical causada por este patógeno en encinas y alcornoques. Este ha sido el objeto de este trabajo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se han utilizado cuatro variedades de altramuz amarillo: *Lupinus luteus* cvs. Cardiga, Juno, Nacional y Paris, incluyéndose también en los ensayos *L. angustifolius* por tratarse de una especie de conocida susceptibilidad a *P. cinnamomi* (Erwin y Ribeiro, 1996). Las semillas se hidrataron practicándole una pequeña incisión en la cubierta seminal para conseguir así una pronta germinación de las mismas (Hermoso, 2001). Durante la fase de germinación (3 días), las semillas se mantuvieron en cámara húmeda (100 % de humedad relativa), con un tiempo de iluminación de 12 h luz/día, y a una temperatura constante de 22º C. Para los ensayos en postemergencia, las semillas pregerminadas se cultivaron en cámara de crecimiento durante 10 días adicionales en bandejas de plástico sobre sustrato de vermiculita, manteniendo unas condiciones de temperatura e iluminación similares a las de la fase de germinación.

### Ensayo de patogenicidad en pre-emergencia

En el ensayo de pre-emergencia se ha evaluado la capacidad de las distintas variedades de *L. luteus* y del altramuz azul para establecerse en presencia del patógeno. Las semillas, una vez pregerminadas, se llevaron a bandejas de plástico con sustrato de turba-arena (1:1) infestado con concentraciones conocidas de clamidosporas de *P. cinnamomi*. Para infestar el sustrato se utilizó el aislado PE-90 procedente de la micoteca del Departamento de Agronomía (grupo de Patología Forestal) de la Universidad de Córdoba. El micelio se cultivó durante 30 días en medio líquido de extracto de zanahoria, en condiciones de total oscuridad y a una temperatura de 25º C. Transcurrido este periodo, se preparó una suspensión acuosa de clamidosporas lavando con agua estéril el material fúngico obtenido y posteriormente batiéndolo también en agua estéril. Se realizó un conteo de clamidosporas en cámara Neubauer y la suspensión obtenida se ajustó a  $2 \times 10^5$  clamidosporas/ml. El inóculo obtenido se mezcló con el sustrato de cada bandeja (100 ml/l de suelo). Para cada variedad de *L. luteus* así como para el *L. angustifolius* se prepararon tres bandejas con 20 semillas pregerminadas en cada bandeja y sus correspondientes testigos no inoculados. Durante el ensayo las condiciones ambientales fueron de 12 h luz/día y 22º C, evaluándose al final del ensayo la emergencia de las semillas germinadas y la mortalidad de las plántulas emergidas.

## Ensayo de patogenicidad en post-emergencia

En el ensayo de post-emergencia se analizó el desarrollo de plántulas de altramuz amarillo y azul en sustrato infestado con el hongo. Después de 10 días de cultivo en sustrato de vermiculita, las plántulas obtenidas fueron transplantadas a bandejas de plástico con sustrato de turba-arena (1:1), infestado con clamidosporas de *P. cinnamomi* en la misma concentración que en el ensayo anterior. El proceso seguido para la preparación del inóculo y la infestación del sustrato fue similar al descrito en el apartado previo. Para cada variedad de altramuz se prepararon tres bandejas con sustrato infestado, colocándose 20 plantas por bandeja, más los correspondientes testigos. Durante el ensayo (25 días) las plantas se mantuvieron en cámara de cultivo con 12 h luz/día y 22<sup>o</sup> C, manteniendo el sustrato húmedo mediante riegos repetidos, evaluándose de forma periódica la mortalidad de plántulas. Al final del ensayo se evaluó la severidad de los síntomas en la parte aérea y radical de la planta mediante una escala visual 0 (parte aérea o raíz completamente sana) a 4 (parte aérea o raíz muerta) (Sánchez *et al.*, 2002). Por último, se tomaron muestras de raicillas absorbentes y se sembraron en placas de Petri con el medio selectivo NARPH (Romero *et al.*, 2007) para reaislar el patógeno.

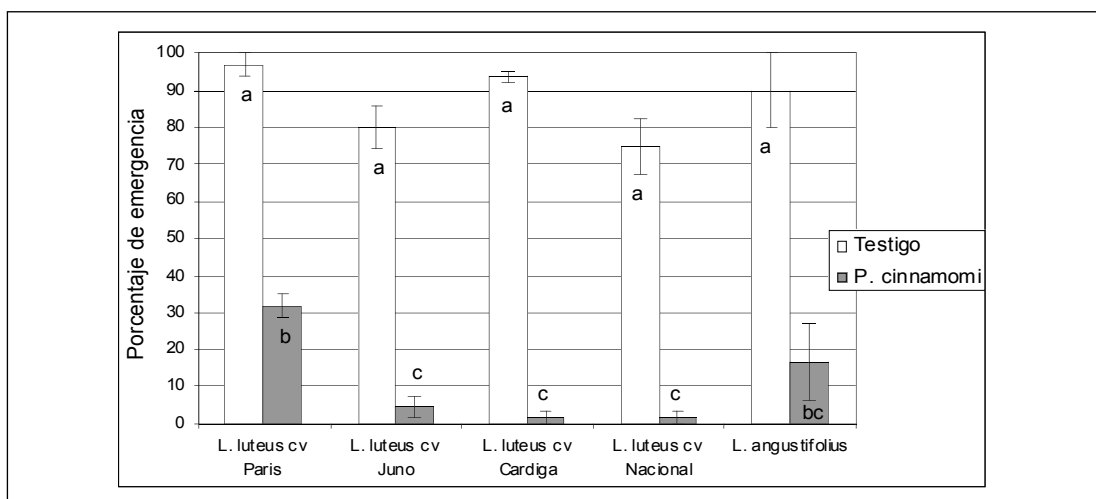
## Análisis estadísticos

La mortalidad de las semillas pregerminadas, la severidad de los síntomas en la parte aérea y en la parte radical, se han analizado mediante ANOVA considerando como factores la presencia de *P. cinnamomi* en el sustrato, la especie/variedad y su interacción. Para la comparación de valores medios se utilizó el test Tukey al nivel de probabilidad del 0,05. Los datos se analizaron mediante el programa Statitix (Analytical Software, Tallahassee, USA).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

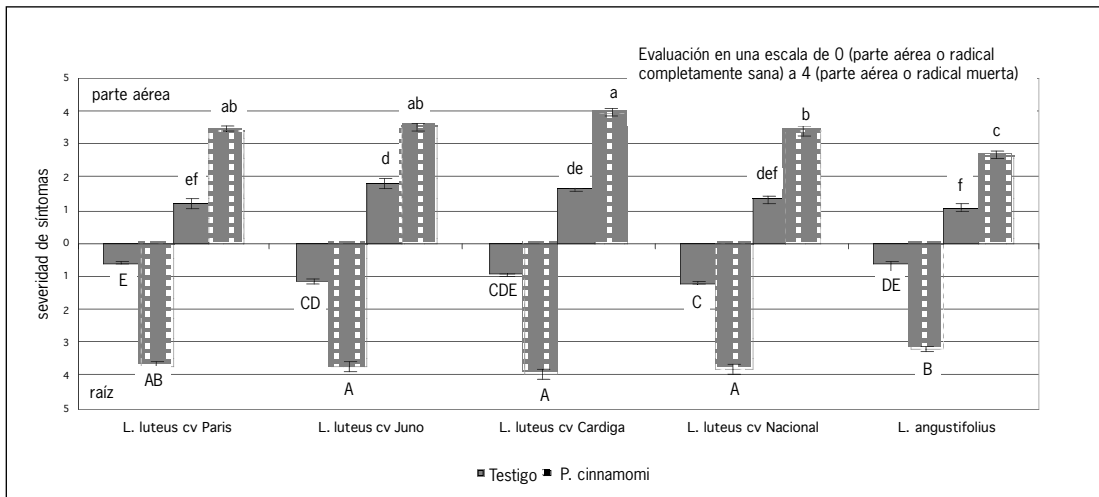
La figura 1 muestra los resultados obtenidos en la emergencia de plántulas a partir de las semillas pregerminadas. El porcentaje de emergencia difiere significativamente en función de la presencia de *P. cinnamomi* en el sustrato. La emergencia cuando las semillas se colocan en sustrato infestado alcanza un valor medio del 11%, mientras que en sustrato libre de patógeno se consigue una emergencia media del 85%. La emergencia de las variedades Juno, Cardiga y Nacional en sustrato infestado ha sido muy baja y algo mayor para la variedad Paris. Esta última alcanza unos valores similares de emergencia a los observados para el altramuz azul. En sustrato libre de hongo, todas las variedades de altramuz amarillo así como el *L. angustifolius* obtienen emergencias similares.

**Figura 1:** Porcentaje de emergencia de semillas germinadas de *L. luteus* y *L. angustifolius* en función de la presencia de *P. cinnamomi* en el sustrato. Letras distintas indican diferencia significativa  $p < 0.001$ .



La severidad de los síntomas observados en la parte aérea y en la raíz de las plantas en el ensayo de post-emergencia se presenta en la figura 2. La evaluación de los síntomas se realizó cuando la planta se encontraba en estado vegetativo con una edad de 35 días, habiendo estado expuesta a la infección fúngica durante 25 días. En general, los síntomas observados en la parte aérea de las plantas transplantadas sobre sustrato infestado con *P. cinnamomi* han consistido en clorosis y marchitez foliar, flaccidez y muerte de individuos. Esta sintomatología no se ha observado en los individuos que crecían sobre sustrato libre de hongo, aunque en algunos casos había presencia de hojas parcialmente secas con algo de clorosis foliar, debido quizá a que las condiciones de cultivo no eran las más adecuadas para la especie (poco volumen de suelo permanentemente húmedo). No se contabilizó mortalidad alguna en las bandejas testigo. El valor medio de la severidad de los síntomas en la parte aérea asciende a 1,4 cuando los individuos de *Lupinus* spp. crecen en ausencia del patógeno y a 3,4 cuando está presente *P. cinnamomi* en el sustrato. Aunque la severidad de los síntomas en la parte aérea causados por *P. cinnamomi* es alta en todas las variedades, destaca la variedad Cardiga con valores significativamente mayores que la variedad Nacional. La severidad de síntomas en la parte aérea ha sido significativamente menor en el altramuz azul. En la raíz, los síntomas observados han sido podredumbre y/o ausencia de raicillas absorbentes. El sistema radical de los individuos que al final del ensayo se mantenían vivos en el sustrato infestado, en comparación con el de los individuos que crecieron en sustrato libre del patógeno, presentaba menor longitud, un volumen muy reducido y escasas raíces finas absorbentes. El valor medio de la severidad de los síntomas observados en el primer caso fue de 3,7, mientras que en el segundo fue de 0,9. La severidad de los síntomas en raíz fue alta en todas las variedades de altramuz amarillo, con valores superiores a 3,5 y significativamente menor en el altramuz azul donde se obtuvo una severidad media de 3,2.

**Figura 2:** Valor medio y error estándar de la severidad de síntomas en la parte aérea y en la raíz de las distintas variedades de *L. luteus* y de *L. angustifolius* en función de la presencia de *P. cinnamomi* en el sustrato. Letras distintas indican diferencia significativa  $p < 0.001$ .



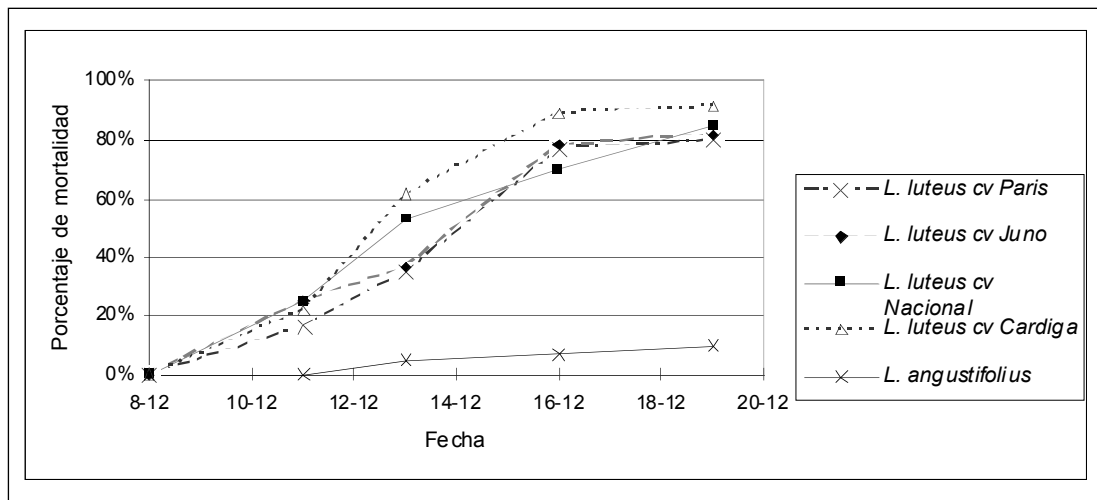
La mortalidad observada a lo largo de la experiencia en los individuos que vegetaban sobre sustrato infestado con *P. cinnamomi* se presenta en la figura 3. A los 3 días del inicio de los tratamientos se observa una mortalidad importante de individuos de *L. luteus*, alcanzando al finalizar el ensayo valores superiores al 80% en todas las variedades incluidas en el trabajo. La tasa de mortalidad de individuos es algo más alta al comienzo para las variedades Cárdiga y Nacional. La mortalidad observada en altramuz azul fue significativamente más baja que en altramuz amarillo, alcanzando al 10% de los individuos al final de la experiencia. Asimismo, la mortalidad de



los individuos se produjo más tarde, observándose las primeras muertes de plántulas transcurridos 5 días desde el transplante.

De todas las muestras de raicillas absorbentes tomadas a las plantas infectadas que permanecían vivas al final de la experiencia se aisló *P. cinnamomi*, no habiéndose aislado el patógeno en ningún caso a partir de raicillas de plantas testigo.

**Figura 3:** Porcentaje de mortalidad de plántulas de *L. luteus* y de *L. angustifolius* sobre sustrato infestado con *P. cinnamomi* durante el transcurso del ensayo.



## CONCLUSIONES

*Phytophthora cinnamomi* es un patógeno agresivo que causa marchitez y muerte en distintas variedades de *L. luteus* tanto en fase de pre como de post-emergencia. Este hecho justifica la presencia de rodales de no emergencia y/o rodales de plantas muertas que se observan en las dehesas andaluzas afectadas de decaimiento de *Quercus* y que se siembran con esta leguminosa (datos no publicados). La presencia en el suelo de estructuras de resistencia de *P. cinnamomi* (clamidosporas) procedentes de las raíces muertas de encinas y alcornoques infectados puede servir de inóculo inicial para la infección del altramuz. A su vez, la infección de las plantas de altramuz podría multiplicar el inóculo en el suelo, aumentando sus densidades en los suelos de dehesas afectadas. Por otra parte, el altramuz amarillo ha resultado altamente susceptible a la infección radical por *P. cinnamomi*, no observándose diferencias significativas en la severidad de los síntomas en raíz entre las variedades ensayadas. Esta susceptibilidad ha resultado incluso más alta que la exhibida por el altramuz azul, utilizado en los ensayos como planta de referencia por su elevada susceptibilidad al patógeno. Los resultados obtenidos sugieren que se debe replantear la utilización de esta leguminosa en dehesas afectadas por el decaimiento de los *Quercus*, que presentan altas densidades de inóculo de *P. cinnamomi* en el suelo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BRASIER, C.M.; ROBREDO, F.; FERRAZ, J.F.P., 1993. Evidence for *Phytophthora cinnamomi* involvement in Iberian oak decline. *Plant Pathol.* 42,140-145.
- 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.
- HERMOSO, R., 2001. Detección de *Phytophthora cinnamomi* en suelos de encinares afectados de la seca de los *Quercus*. Trabajo Profesional Fin de Carrera. Universidad de Córdoba, ETSI Agrónomos y Montes.
- MAPA, 2006. Estadísticas agrarias, <http://www.mapya.es> (consultado el 12/2007)
- 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.
- ROMERO, M.A.; SÁNCHEZ, J.E.; JIMÉNEZ, J.J.; BELBAHRI, L.; TRAPERO, A.; LEFORT, F.; SÁNCHEZ, M.E. 2007. New *Pythium* Taxa Causing Root Rot on Mediterranean *Quercus* Species in South-west Spain and Portugal. *J. Phytopathol.* 155, 289-295.
- SÁNCHEZ, M.E.; CAETANO, P.; FERRAZ, J.; TRAPERO, A., 2002. *Phytophthora* disease of *Quercus ilex* in southwestern Spain. *For. Path.* 32, 5-18.
- VAN BARNEVELD, R., 1999. Understanding the nutritional chemistry of lupin (*Lupinus* spp.) seed to improve livestock production efficiency. *Nutrition Research Reviews*, 12, 203-230.

## SUSCEPTIBILITY OF YELLOW LUPINUS (*LUPINUS LUTEUS* L.) TO THE ROOT ROT CAUSED BY *PHYTOPHTHORA CINNAMOMI* RANDS

### SUMMARY

Susceptibility of yellow lupin to *P. cinnamomi* has been evaluated in this work. *Phytophthora cinnamomi* has shown a high aggressiveness to different varieties of *L. luteus*, both in pre and post-emergence. Symptoms consisted in wilting and death of the infected plants. There were not significant differences in susceptibility among the essayed varieties. Their susceptibility has been even higher than shown by blue lupin, used as tester. The results obtained suggest that the culture of yellow lupin in oak grasslands affected by *Quercus* decline should be rethought, given that their soils are highly infested by *P. cinnamomi*.

**Key words:** *Lupinus luteus*, root rot, *Phytophthora cinnamomi*, dehesa.

## REGENERACIÓN DE CUATRO ESPECIES DE *QUERCUS*. INFLUENCIA DEL PROGENITOR Y DEL MICROSITIO

V. GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ<sup>1</sup>, R. VILLAR<sup>1\*</sup> Y R.M<sup>a</sup> NAVARRO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Área de Ecología. Universidad de Córdoba. Edificio Celestino Mutis. Campus de Rabanales 14071 Córdoba. <sup>2</sup> Departamento Ingeniería Forestal. Universidad de Córdoba.  
\* E-mail: bv1vimor@uco.es

### RESUMEN

En este trabajo se estudia la emergencia y supervivencia tras el verano de cuatro especies (*Q. ilex*, *Q. suber*, *Q. faginea* y *Q. pyrenaica*) en distintos microsítios: zonas abiertas, bajo sombra de árbol (media sombra) y bajo sombra densa. Además, se explora la variación que puede existir en distintos progenitores dentro de cada especie. No se encontraron diferencias en la emergencia entre microsítios (media 55%), posiblemente causado por la escasa diferencia en el contenido de humedad del suelo en invierno entre ellos. En cambio, la supervivencia fue más elevada en las zonas de media sombra y sombra densa que en las zonas abiertas, debido a que el porcentaje de humedad fue menor en estas últimas. La aplicación de riego durante el verano aumentó la supervivencia en un 33% por término medio. En conjunto, el éxito de las siembras fue menor en las zonas abiertas (9%) que en las zonas de media sombra y sombra densa (12-13%). Sin embargo, el crecimiento de las plantas fue mayor en las zonas abiertas que en las zonas limitadas por luz. Por otro lado, existieron fuertes diferencias entre progenitores dentro de cada especie tanto en emergencia como en supervivencia, lo cual indica que debe haber factores genéticos que determinan estas diferencias.

**Palabras clave:** supervivencia, encina, alcornoque, quejigo, roble

### INTRODUCCIÓN

Los bosques de *Quercus* son muy importantes en la Península Ibérica ya que cubren una gran parte del territorio y forman en muchos casos el sistema agrosilvopastoral de la dehesa del que depende un parte importante el medio rural.

La regeneración de los bosques de *Quercus* está fuertemente limitada y en muchos casos colapsada (Jordano *et al.*, 2004), principalmente por la sequía y la fuerte herbivoría por ganado y herbívoros silvestres. El proceso de regeneración es un suceso concatenado de eventos con unas probabilidades de paso normalmente bajas, que constituyen lo que se denomina cuellos de botella (Jordano *et al.*, 2004). Distintos microsítios (con condiciones y recursos diferentes) pueden afectar a estas probabilidades de transición. Entre los factores que más pueden afectar a la regeneración están la luz y el agua. Estos dos factores pueden presentar relaciones complejas (Quero, 2007), determinando una gran heterogeneidad en la combinación de estos dos recursos y a lo que se añade la enorme variación temporal que presentan.

Otro factor adicional que puede afectar a las tasas de emergencia y supervivencia es la variación que puede existir entre progenitores. Por ejemplo, Leiva y Fernández-Alés (1998) comprobaron que plántulas de *Q. ilex*, presentaban fuertes variaciones en la resistencia a la sequía dependiendo del progenitor.

El objetivo de este trabajo es evaluar si distintos micrositios (abierto, bajo sombra de árbol y sombra densa) condicionan las tasas de emergencia y supervivencia de cuatro especies de *Quercus* y determinar qué condiciones y recursos explican estas diferencias. El segundo objetivo es conocer si en distintos progenitores de cada especie existen diferencias en la emergencia y supervivencia.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se seleccionaron cinco progenitores por cada una de las especies: *Quercus ilex* spp. *ballota*, *Q. suber*, *Q. faginea* y *Q. pyrenaica* en un área del Parque Natural de Sierra de Cardeña y Montoro (PNSCyM) (Córdoba). Los árboles progenitores de cada especie estaban localizados en la misma población (distancia máxima entre ellos de 1 km y mínima de 60 m), y se eligieron intentando cubrir un rango amplio de tamaños de semilla (ver detalles en González-Rodríguez et al., 2008). Para cada progenitor se recolectaron entre 200 y 300 semillas entre octubre y noviembre de 2006, y se almacenaron en cámara fría (2-5° C) hasta diciembre de 2006. La siembra experimental se realizó en una parcela de exclusión de herbívoros en PNSCyM, cedida por la dirección del parque. Se eligieron 25 unidades experimentales para cada uno de los micrositios: abierto (A), media sombra (S) y sombra densa (Sd). Las zonas de abierto correspondían a zonas sin cobertura arbórea y arbustiva; las de media sombra a zonas con cobertura arbórea (*Q. ilex*) y las de sombra densa a zonas con cobertura arbórea (*Q. ilex*) y con una malla verde con una transmisión de luz del 27% para simular el efecto de cobertura arbustiva. La malla se apoyaba en una estructura rectangular de 2 x 1 m hecha con malla gallinera que se colocaba horizontalmente sujeta con 4 varillas de hierro verticales y colocadas a 30-40 cm sobre el suelo. Cada unidad experimental se dividió en 2 zonas (separadas entre ellas 50 cm) y en cada una se sembraron 4 bellotas de cada especie (4 x 4 especies= 16 bellotas) a 5 cm de profundidad (en una disposición cuadrada de 4 x 4). Cada zona de siembra se protegió con cuadrados de malla metálica de 50 x 50 cm de 1 cm de luz, clavados y semi-enterrados en el suelo, para evitar la predación de semillas por roedores (Juli Pausas, comunicación personal). En total, se sembraron 600 bellotas para cada una de las 4 especies entre el 20 y 22 diciembre 2006. Se realizaron seguimientos quincenales, anotando las plántulas emergidas y todas las anomalías observadas. Las herbáceas que iban saliendo en las mallas se retiraban periódicamente. Se realizaron medidas mensuales de humedad del suelo (TDR mod 100; Spectrum Technologies, Inc., Plainfield, IL, USA Spectrum ). También se midió la radiación fotosintéticamente activa con un sensor (EMS7, canopy transmission meter, PP-system, UK) el día 27 febrero 2007 en todas las réplicas a 5 horas distintas en el día.

A finales de abril 2007 se eligieron al azar unas 5 plántulas por especie y micrositio a fin de determinar la biomasa aérea. Para ello, se cortaron a ras del suelo y se metieron en bolsas de plástico dentro de una nevera de campo. En el laboratorio se separó tallo y hojas, se metió en estufa a 75 °C hasta peso constante y se pesaron tras el secado.

Para simular el efecto de algunos veranos lluviosos se realizaron riegos durante junio, julio y agosto con una periodicidad de 15 a 30 días. Se regó una de las zonas de siembra dentro de cada réplica, quedando la otra zona como control. En total se suministraron 57 l m<sup>-2</sup>, que están dentro del rango de algunos veranos lluviosos para la zona de Córdoba (datos de la Consejería de Agricultura, Junta de Andalucía).

El éxito de las siembras (porcentaje de plántulas supervivientes con respecto a bellotas sembradas) se calculó como el producto de los porcentajes de emergencia y de supervivencia.

## Análisis estadístico

Para conocer si existían diferencias en distintas variables (disponibilidad de luz y agua, biomasa aérea y proporción de hojas) entre los distintos micrositios se realizaron análisis de varianza de una vía. En los meses de verano, en los que se realizaron riegos y control, se realizó un análisis de varianza de dos vías (micrositio y riego como factores). En los casos en los que los datos no cumplían los requerimientos del análisis de varianza se transformaron los datos con logaritmos o raíz cuadrada. Para conocer el efecto del riego sobre la supervivencia se realizó un análisis de regresión entre los porcentajes medios para cada especie y micrositio de supervivencia con riego y sin riego. Se utilizó para los análisis estadísticos Statistica 7.1.

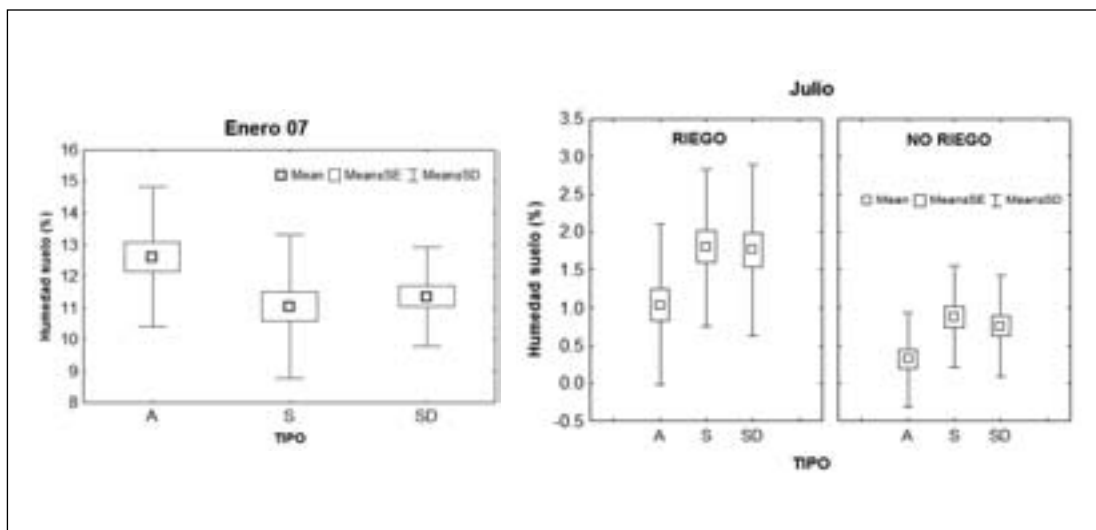
## RESULTADOS

### Variaciones en la disponibilidad de luz y humedad del suelo

Se encontraron diferencias en la disponibilidad de luz entre los micrositios ( $P < 0,05$ ). Los valores medios ( $\pm$  SD) fueron para abierto:  $352 \pm 152$ , para media sombra:  $264 \pm 99$  y para sombra densa de  $39 \pm 20$  mol foton  $m^{-2} s^{-1}$  (medida el 27 de febrero de 2007).

Se encontró una variación muy fuerte en la humedad del suelo con respecto al tiempo, observándose valores máximos en diciembre (en torno al 18%) y valores mínimos en julio (en torno al 1%). Se encontraron también diferencias entre micrositios, pero estas diferencias dependieron del mes de medida. Así por ejemplo, en los meses de enero, marzo y abril 2007 los micrositios abiertos tenían un mayor porcentaje de humedad que los de media sombra o sombra densa (ver Figura 1 para los valores de enero).

**Figura 1.** (A) Porcentaje volumétrico de agua en el suelo (medido con TDR) en el mes de enero 2007 en relación a micrositios (A: abierto; S: sombra; Sd: sombra densa). (B) Porcentaje de humedad del suelo en el mes de julio de 2007 en los cuadros regados y los controles (no regados) para los tres micrositios



En cambio, para los meses de mayo y julio, los porcentajes de agua en el suelo fueron mayores para los micrositios de sombra que para los abiertos (ver Figura 1 para los valores de julio). Ya que durante el mes de julio se regó una zona en cada una de las réplicas se observó que las zonas regadas presentaron un mayor porcentaje de agua en el suelo que las no regadas. Esta diferencia entre zonas regadas y no regadas fue similar para los tres micrositios (Figura 1)

### Emergencia, supervivencia y biomasa aérea

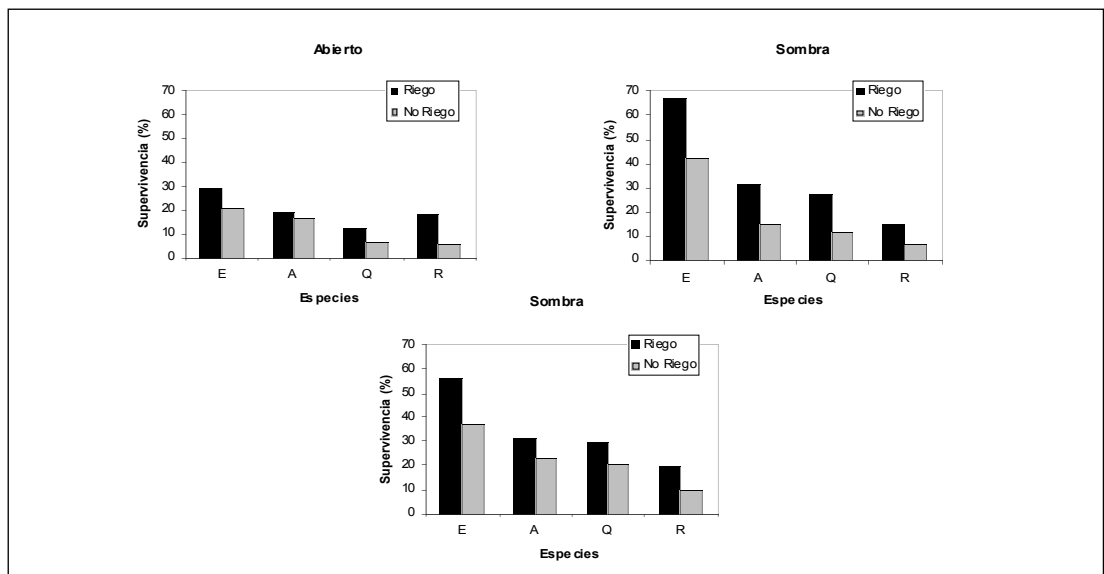
La emergencia fue muy similar para los tres tipos de micrositios (A: 58 %; S: 55 %; Sd: 52 %). Si hubo diferencias en emergencia entre especies ( $F= 15,6; P < 0,0001$ ) con roble y alcornoque con un 70%, siendo mayor que la emergencia del quejigo (50%) y ésta mayor que la de encina (32%).

En cuanto a la supervivencia tras el verano, sí hubo diferencias entre micrositios ( $F= 8,3; P < 0,0001$ ), siendo menor en los micrositios abiertos que en sombra y sombra densa (A: 15% ; S: 29%; Sd: 27%). También se encontró que las zonas regadas tenían una mayor supervivencia que las no regadas (Figura 2). La relación entre la supervivencia en las zonas no regadas y regadas fue muy significativa ( $r^2= 0,91, P < 0,01$ ) y la ecuación de regresión nos indicó que la supervivencia aumentó en las zonas regadas un 33% con respecto a las no regadas. Entre especies también hubo diferencias ( $F= 15,6; P < 0,0001$ ), *Q. ilex* presentó una supervivencia mayor (42%) que las otras especies (alcornoque: 22%; quejigo:18% y roble: 14%).

En cuanto a la biomasa aérea, se encuentra un efecto significativo del micrositio ( $F= 3,5; P < 0.05$ ), siendo las plántulas de sombra densa menores que las de abierto, no encontrándose diferencias de las plantas en sombra media con las de abierto o sombra densa.

El éxito de las siembras, es decir el resultado conjunto de la emergencia y la supervivencia (emergencia x supervivencia) fue algo distinto para los micrositios, siendo un poco menor para los micrositios abiertos (A: 9% ; S: 12%; Sd: 13%). Si se encontraron diferencias significativas a nivel de especie ( $F=3,3; P < 0,05$ ), siendo los valores del alcornoque (16%) mayores que los de quejigo y roble (9%) y no presentando diferencias con la encina (12%).

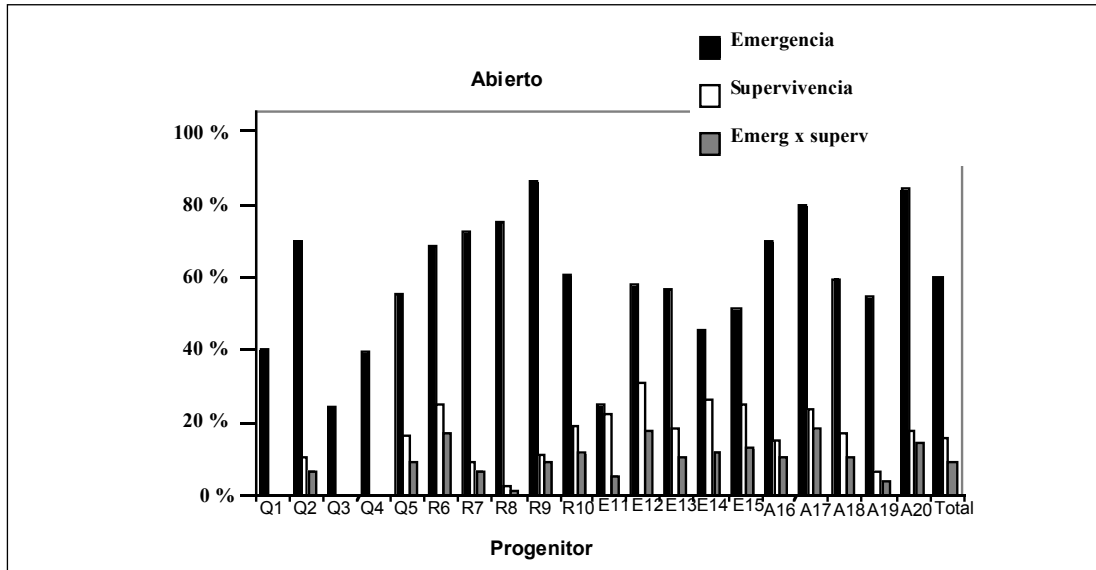
**Figura 2.** Supervivencia tras el verano en las cuatro especies estudiadas (E: encina; A: alcornoque; Q: quejigo; R: roble) en los tres micrositios (abierto, sombra y sombra densa) en los cuadros regados y no regados



### Variaciones entre progenitores en la emergencia y supervivencia

Se observó una fuerte variación en la emergencia y en la supervivencia para los progenitores de cada especie (Figura 3, sólo se muestra para los micrositios abiertos). Por ejemplo, para *Q. faginea* en los micrositios abiertos, la emergencia varió entre progenitores entre un 20 y un 70%, la supervivencia entre un 0 y 20% y el éxito de la siembra de un 0 a un 10% (Figura 3).

**Figura 3.** Tasas de emergencia, supervivencia y éxito siembra (emergencia x supervivencia) en los micrositios abiertos y en relación a los progenitores de cada especie. Quejigo (Q1-Q5); Roble (R6-R10); Encina (E11-E15) y Alcornoque (A16-A20). Las tasas de supervivencia y éxito de siembra están calculadas combinando las zonas regadas y control



## DISCUSIÓN

La heterogeneidad espacial que puede existir a pequeña escala se ha propuesto como uno de los mecanismos de coexistencia entre especies. En este estudio se ha comprobado cómo las variaciones de agua en el suelo son importantes y también complejas, ya que no siempre un micrositio presenta un mayor porcentaje de humedad a lo largo del año. Por ejemplo, los sitios abiertos son más húmedos en invierno pero más secos en verano. Estas variaciones influyen decisivamente en los procesos demográficos que constituyen cuellos de botella en la regeneración de los bosques mediterráneos (Jordano *et al.*, 2004). Así, se ha comprobado cómo la supervivencia es menor para los sitios abiertos que en los de media sombra y sombra densa. Varios estudios han demostrado cómo en condiciones de sombra la supervivencia de las plántulas es mayor y este hecho ha determinado el desarrollo de nuevas técnicas de repoblación en ambientes mediterráneos (Castro *et al.*, 2004), ya que se usan los matorrales existentes antes de la repoblación como plantas nodrizas que dan sombra y aumentan la supervivencia durante el verano.

Sin embargo, a pesar de que las condiciones de sombra media y sombra densa favorecen la supervivencia, por otro lado limitan el crecimiento de las plántulas. Así, en tres especies (salvo *Q. faginea*) se encuentra un menor crecimiento y una modificación de la arquitectura de la planta, presentando un mayor inversión en tallo y menor en hojas. Resultados similares se han encontrado en otros estudios en condiciones controladas (Quero *et al.*, enviado).

Es de destacar que existen fuertes diferencias entre progenitores de la misma especie en las tasas de emergencia y supervivencia. Leiva y Fernández-Alés (1998) encontraron que en *Q. ilex* existía una importante variación en relación a los progenitores con respecto a la resistencia a la sequía.

Esto podría tener un aspecto aplicado, ya que podrían seleccionarse progenitores con semillas con un alto porcentaje de emergencia y supervivencia para por un lado aumentar el éxito de las siembras y por otro como una selección activa para un menor impacto del previsible impacto climático sobre los bosques mediterráneos.

## CONCLUSIONES

La supervivencia de las plántulas de *Quercus* fue más elevada en las zonas de media sombra y sombra densa que en las zonas abiertas. La aplicación de riego durante el verano aumentó la supervivencia en un 33% por término medio. Sin embargo, el crecimiento de las plantas fue mayor en las zonas abiertas que en las zonas limitadas por luz. Por otro lado, existieron fuertes diferencias entre progenitores dentro de cada especie tanto en emergencia como en supervivencia, lo cual indica que son importantes las diferencias genéticas dentro de cada especie.

## AGRADECIMIENTOS

Este experimento ha sido financiado por el proyecto DINAMED (CGL2005-05830-C03- 02) y una beca predoctoral FPI del Ministerio de Educación y Ciencia (BES-2006-13059). Nuestro agradecimiento a José Manuel Quero, Pedro Lara, Fernando Puig y Bartolomé Arévalo por posibilitar la selección de árboles y recogida de semilla en el P.N. de Sierra de Cardeña y Montoro (Córdoba). Gracias a la ayuda de Raquel Casado fue posible hacer todas las medidas de este experimento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTRO, J.; ZAMORA, R.; HÓDAR, J. A.; GÓMEZ, J. M.; GÓMEZ-APARICIO, L., 2004. Benefits of using shrubs as nurse plants for reforestation in Mediterranean mountains: a 4-year study. *Restoration Ecology* 12, 352–358.
- GONZALEZ-RODRIGUEZ, V.; VILLAR, R.; NAVARRO-CERRILLO, R., 2008. Efecto del peso de la semilla y del progenitor en la biomasa y uso de las reservas de cuatro especies de *Quercus*. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales (en prensa)*.
- JORDANO, P.; PULIDO, F.; ARROYO, J.; GARCÍA-CASTAÑO, J. L.; GARCIA-FAYOS, P., 2004. Procesos de limitación demográfica. En: *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*, 229-248. Ed. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- LEIVA, M. J.; FERNÁNDEZ-ALÉS, R., 1998. Variability in seedling water status during drought within a *Quercus ilex* subsp. *ballota* population, and its relation to seedling morphology. *Forest ecology and Management* 111, 147-156.
- QUERO, J. L., 2007. Mecanismos y procesos implicados en la regeneración del bosque mediterráneo en respuesta a la heterogeneidad ambiental: desde la fisiología hasta la demografía. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. 250 pp.

## REGENERATION OF FOUR QUERCUS SPECIES. MOTHER AND MICROSITE EFFECTS

### SUMMARY

The regeneration of oak forests is strongly limited by different factors. Here we study the emergence and survival after summer of four species (*Q. ilex*, *Q. suber*, *Q. faginea* and *Q. pyrenaica*) in different microsites: open, shade and deep shade. Moreover, we explore the variation in these variables from seeds belonging to different mothers. No differences in emergence rate was found between microsites (mean 55%), which may be determined by no differences in soil water content during winter. However, survival rate was higher in shade and deep shade than in open, may be due to lower soil water content in the last. Watering during summer increased survival rate in 33%. The success of the experimental seeding was



---

lower in open areas (9%) than in shade and deep shade (12-13%). However, the growth of plants was higher in open areas than in shade and deep shade. Interestingly, there were strong differences between seeds from different mothers for emergence and survival, indicating the importance of genetic differences.

**Key words:** survival, *Q. ilex*, *Q. faginea*, *Q. pyrenaica*, *Q. suber*.



## ¿AFECTA LA FERTILIZACIÓN FOSFATADA DE LARGA DURACIÓN AL PROTEOMA DE LOS TRÉBOLES?

S. ANDRÉS<sup>1</sup>, R. GARCÍA<sup>1</sup>, M.A. PANIAGUA<sup>2</sup>, C. VALDÉS<sup>1</sup> Y A. CALLEJA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Producción Animal. Universidad de León. E-24071. León. <sup>2</sup> Instituto de Biología Molecular, Genómica y Proteómica – INBIOMIC. Universidad de León. E-24071. León.

### RESUMEN

La respuesta de *Trifolium repens* L. y *Trifolium pratense* L. difiere enormemente frente a una fertilización fosfórica prolongada. En este sentido, mientras que el trébol blanco (*T. repens*) se desarrolla adecuadamente, la presencia del trébol violeta (*T. pratense*) disminuye drásticamente con el aumento de la aportación de fósforo. El análisis de fósforo del suelo puso de manifiesto un contenido muy elevado de este elemento en las parcelas que, a lo largo de los años, han recibido dosis altas y reiteradas de fertilizante fosfatado. Esto sugiere que el fósforo se ha acumulado en el suelo a lo largo de los años, dando lugar a algún efecto perjudicial para el desarrollo del trébol violeta. Para estudiar este posible efecto, se analizó el proteoma de ambas especies sometidas a distintas dosis de fertilización.

**Palabras clave:** *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, prados, fertilización.

### INTRODUCCIÓN

A lo largo de diversas experiencias llevadas a cabo en la Montaña de León se ha apreciado que el fósforo ha sido el elemento fertilizante que más positivamente ha influido sobre la composición botánica de los prados de dicha zona (Orden *Arrhenatheretalia*), ya que permite obtener un forraje con un adecuado equilibrio entre gramíneas, leguminosas y otras familias botánicas (García et al., 2004). Sin embargo, la aplicación reiterada de dicho fertilizante a lo largo de los años ha mostrado que el efecto de la fertilización fosfatada es distinto dependiendo de la especie de trébol. Así, mientras que el trébol blanco (*Trifolium repens*) resulta claramente favorecido con las dosis más altas de fertilización fosfatada, la persistencia del trébol violeta (*Trifolium pratense*) disminuye drásticamente bajo las mismas condiciones (García et al., 2005 y 2006).

Para aclarar las razones por la que la respuesta a la fertilización fosfatada es diferente en estas dos especies, sería útil poder interpretar qué sucede en cada una de ellas a nivel molecular. En este sentido, la Proteómica Vegetal se ha mostrado como una herramienta de gran utilidad para estudiar la respuesta de distintas especies de leguminosas a diversas fuentes de estrés tanto bióticas como abióticas (Agrawal et al., 2005; Dita et al., 2006; Jorrián et al., 2006). Esto es así ya que, en el caso concreto de las leguminosas, se ha podido secuenciar el genoma completo de especies como *Medicago truncatula* y *Lotus japonicus*. Gracias a esta información, en la actualidad es posible relacionar los cambios en la cantidad y el tipo de proteínas presentes en las plantas con los genes expresados por el organismo en cuestión. Puesto que la expresión de los genes (y, en consecuencia, las proteínas traducidas por la planta) podría resultar afectada como consecuencia de

distintas fuentes de estrés (Jorriñ *et al.*, 2007; Sato *et al.*, 2005), la Proteómica Vegetal puede ayudarnos a interpretar los mecanismos moleculares que frenan el desarrollo del trébol violeta con dosis elevadas de fósforo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio forma parte de un ensayo de fertilización que se está llevando a cabo, ininterrumpidamente, desde el año 1978 en un prado de regadío de 3600 m<sup>2</sup>, situado a una altitud de 1010 m en la localidad de las Salas, en la comarca de Riaño (León). El ensayo se ajusta a un diseño factorial 4x4x4, combinando tres fertilizantes (N-P-K) con cuatro niveles de aplicación. En su momento, el prado se dividió en 64 parcelas y se asignó al azar uno de los tratamientos a cada parcela. El prado se aprovecha mediante siega, de modo que cada año se realizan tres cortes (junio, julio y septiembre).

En el año 2007, durante los cortes de junio y de septiembre, se tomaron muestras de hojas de ejemplares de *T. pratense* y *T. repens* de cada una de las tres parcelas que recibieron exclusivamente fertilización fosfatada (80, 160 y 240 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>; P1, P2, P3 respectivamente) así como de la parcela testigo (0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>; P0). En cada una de las cuatro parcelas se planteó tomar, por duplicado, muestras de folíolos hasta obtener al menos dos gramos de materia fresca (MF) por réplica para cada una de estas especies. Las muestras se conservaron en nieve carbónica para su transporte al laboratorio, donde se almacenaron a -80° C hasta el momento de su procesado.

La extracción de proteínas se llevó a cabo mediante el método de TCA-fenol con ligeras modificaciones (Wang *et al.*, 2003 y 2006). Cada muestra (2 g MF) se maceró en nitrógeno líquido empleando un mortero. Se obtuvo un polvo fino que se lavó con 15 ml de TCA 10% en acetona y se recuperó por centrifugación a 17 500 x g durante 10 minutos a 4°C. A continuación y mediante el mismo procedimiento se realizó otro lavado con acetato amónico 0,1 M en metanol 80% y un último lavado en acetona 80%. El pellet obtenido se dejó secar al aire durante dos horas y se añadió un tampón de extracción (urea 8 M, SDS al 4%, DTT 100 mM y Tris-HCl 20 mM a pH 8,5) en el cual se mantuvo en agitación durante otras dos horas. Transcurrido ese tiempo, las muestras se centrifugaron a 15 000 x g durante 10 min a 4°C y se recogió el sobrenadante, cuyo contenido en proteína se determinó mediante el método de Bradford utilizando un kit comercial (Bio-Rad). Se tomaron alícuotas de cada muestra con un contenido de proteína de 80 mg y se sometieron a electroforesis desnaturante en presencia de SDS (SDS-PAGE) en geles de acrilamida al 12% utilizando protocolos estándar. Finalmente los geles se tiñeron mediante azul coomassie para revelar el patrón de bandeo de las proteínas en cada muestra.

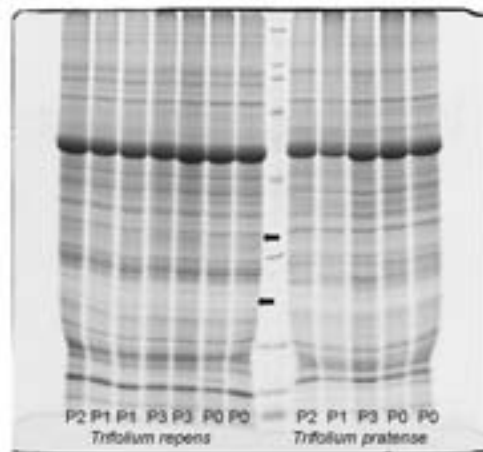
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presencia de *T. repens* fue abundante en todas las parcelas estudiadas, lo cual permitió recoger las muestras previstas para esta especie. La situación fue diferente en el caso del *T. pratense*. El efecto negativo de la acumulación de fósforo en el suelo sobre el trébol violeta se puso nuevamente de manifiesto el año del estudio descrito en el presente trabajo, hasta tal punto que no fue posible tomar el número de muestras previstas para esta especie. Así, durante el corte de junio, sólo fue posible recoger muestras de trébol violeta por duplicado en la parcela testigo (P0), mientras que sólo se pudo tomar una muestra de esta especie en cada una de las parcelas P1, P2 y P3. En el corte de septiembre, sólo fue posible la obtención de muestras por duplicado en la parcela P0 y una única muestra en la parcela P2. Como consecuencia, el análisis de los resultados obtenidos para el trébol violeta es cuestionable. Por tanto, a lo largo del resto de la discusión se hará hincapié en los resultados obtenidos en relación con el proteoma del trébol blanco.

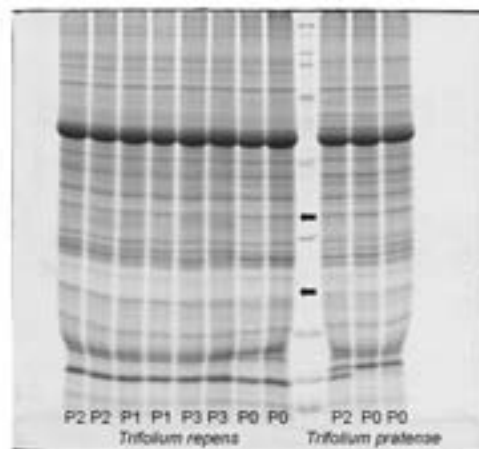
Las figuras 1 y 2 muestran los geles obtenidos en los cortes de junio y septiembre, respectivamente. En líneas generales se observa que el patrón de las bandas que recogerían las proteínas mayoritarias en el caso del trébol blanco es similar en todas las muestras, independientemente de la dosis de fertilización fosfatada aplicada a cada parcela. No obstante, en las figuras se han señalado algunas regiones, en las que se situarían proteínas minoritarias, que podrían indicar diferencias entre plantas recolectadas en parcelas con distintas dosis de fosfato. Estos resultados podrían atribuirse a variaciones en la expresión génica o, incluso, a la presencia de diferentes ecotipos.

Con respecto al trébol violeta, también se aprecian diferencias entre las muestras obtenidas en la parcela control (P0) y en el resto de las parcelas, tanto en el corte de junio (figura 1) como en el de septiembre (figura 2). No obstante, la escasez de muestras obtenidas de esta planta no permite extraer resultados concluyentes, tal y como se ha mencionado con anterioridad.

**Figura 1.** Geles unidimensionales obtenidos a partir de las muestras de *Trifolium repens* L. y *Trifolium pratense* L. recogidas durante el corte de junio. P0: parcela testigo; P1: 80 kg P205 ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, P2: 160 P205 ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y P3: 240 kg P205 ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>



**Figura 2.** Geles unidimensionales obtenidos a partir de las muestras de *Trifolium repens* L. y *Trifolium pratense* L. recogidas durante el corte de septiembre. P0: parcela testigo; P1: 80 kg P205 ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, P2: 160 P205 ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y P3: 240 kg P205 ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>



## CONCLUSIONES

Las diferencias en algunas regiones de los geles en las que se recogerían proteínas minoritarias apuntan posibles efectos de la fertilización fosfatada sobre la expresión génica de ambas especies de trébol o, incluso, sobre el propio genotipo. Sin embargo, las condiciones de campo dificultan la obtención de muestras representativas que permitan un análisis fiable del proteoma de las especies estudiadas. Por tanto, futuros estudios deberían implicar el cultivo, en condiciones controladas, de ambas especies de leguminosas.

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. J. Jorrín, por su apoyo, por sus ideas y por sus enseñanzas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRAWAL, G.K.; YONEKUNA, M.; IWAHASHI, Y.; IWAHASHI, H.; RAKWAL, R., 2005. Systems, trends and perspectives of proteomics in dicot plants. Part III: Unraveling the proteomes influenced by the environment, and the levels of function and genetic relationships. *Journal of Chromatography B*, 815, 137-145.
- DITA, M.A.; RISPAIL, N.; PRATS, E.; RUBIALES, D.; SINGH, K.B., 2006. Biotechnology approaches to overcome biotic and abiotic constraints in legumes. *Euphytica*, 147, 1-24.
- 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*, XXXIV (2), 153-206.
- GARCÍA, R.; ANDRÉS, S.; ALVARENGA, J.; CALLEJA, A., 2005. Efecto de la fertilización NPK y del fraccionamiento del nitrógeno en la producción de tréboles. En: *Producciones agroganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural* (vol II), 549-556. Ed. B. DE LA ROZA, A. MARTÍNEZ, A. CARBALLAL. SERIDA. Gijón (España).
- 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*, 399-401.
- JORRIN, J.V.; MALDONADO, A.M.; CASTILLEJO, M.A., 2007. Plant proteome analysis: A 2006 update. *Proteomics*, 7, 2947-2962.
- JORRIN, J.V.; RUBIALES, D.; DUMAS-GUDOT, E.; RECOBET, G.; MALDONADO, A.M.; CASTILLEJO, M.A.; CURTO, M., 2006. Proteomics: a promising approach to study biotic interaction in legumes. A review. *Euphytica*, 147, 37-47.
- SATO, S.; ISOBE, S.; ASAMIZU, N.; KATAOKA, R.; NAKAMURA, Y.; KANEKO, T.; SAKURAI, N.; OKOMURA, K.; KLIMENKO, I.; SASAMOTO, S.; WADA, T.; WATANABE, A.; KOHARA, M.; FUJISHIRO, T.; TABATA, S., 2005. Comprehensive structural analysis of the genome of red clover (*Trifolium pratense* L.). *DNA Research*, 12, 301-364.
- WANG, W.; SCALI, M.; VIGNANI, R.; SPADAFORA, A.; SENSI, E.; MAZZUCA, S.; CRESTI, M., 2003. Protein extraction for two-dimensional Electrophoresis from olive leaf. a plant tissue containing high levels of interfering compounds. *Electrophoresis*, 24, 2369-2375.
- WANG, W.; VIGNANI, R.; SCALI, M.; CRESTI, M., 2006. A universal and rapid protocol for protein extraction from recalcitrant plant tissues for proteomic análisis. *Electroforesis*, 27, 2782-2786.

---

## IS THERE ANY EFFECT OF LONG-TERM PHOSPHATE FERTILIZATION ON CLOVER PROTEOME?

### SUMMARY

Long term phosphate fertilization has a very different effect on *Trifolium repens* and *Trifolium pratense*. While white clover yield increased as the rates of phosphorus became higher, red clover yield was negatively affected. Soil analysis showed high phosphorus content in the soils with the highest rates of fertilization, so it seems that the accumulation of this element for many years can be toxic for red clover. Both *Trifolium* proteomes were this element for many years can be toxic for red clover. Both *Trifolium* proteomes were studied on samples obtained from plots that had received different phosphate fertilizer doses.

**Key words:** *Trifolium pratense* L., *Trifolium repens* L., meadows, fertilization.





## RELACIÓN PROPIEDADES EDÁFICAS – ESTADO NUTRICIONAL DE PASTOS EN VARIOS PUERTOS DE ASTURIAS

E. AFIF KHOURI Y J.A. OLIVEIRA PRENDES

**Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. Campus de Mieres. Universidad de Oviedo. Calle Gonzalo Gutiérrez de Quirós s/n. 33600 Mieres - Asturias (España). Tel.: 985458048; Fax: 985458056; E-mail: elias@uniovi.es**

### RESUMEN

Se estudió el estado nutricional de pastos en los puertos de Tarna, Ventana, Leitariegos y San Isidro del Principado de Asturias, situados entre los 1360 y 1587 m de altitud. El estado nutricional 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 pastos. Las deficiencias más importantes en el pasto fueron las de N, P y Mg, observándose una relativa descompensación en la relación N:P en el puerto de Leitariegos. Las diferencias en las concentraciones de nutrientes en pastos resultaron altamente significativas entre los puertos. El contenido medio de Ca en pastos se correlacionó positivamente con el pH, existiendo también una correlación negativa entre el contenido de P y la acidez intercambiable en el suelo, lo que sugiere que un aporte de enmiendas calizas mejoraría la asimilación de éstos elementos por las plantas. Por otro lado, la acumulación de humus en suelos de carácter ácido podría disminuir la concentración de P en los pastos, debido, principalmente, a la formación de complejos estables con los sesquióxidos de Fe y Al.

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

### INTRODUCCIÓN

Las características orográficas y climáticas del Principado de Asturias exigen que la utilización del suelo deba llevarse a cabo con un criterio de conservación de los recursos. Su óptima gestión se consigue en muchos casos mediante sistemas ganaderos extensivos basados en explotaciones de ganado vacuno de carne. En dichos sistemas, el pastizal herbáceo es el recurso que juega un papel más destacado como abastecedor de alimento durante largas épocas del año, si las condiciones climáticas, sobre todo la nieve, lo permiten. Los puertos asturianos 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 30%, que ocasionan grandes diferencias en las condiciones ecológicas de los pastizales.

La altitud y la pendiente son parámetros que influyen directamente en la producción de los pastizales de montaña debido a la variación climática además de ser factores determinantes en la distribución de especies y comunidades (Montalvo *et al.*, 1993; Alfageme *et al.*, 1994). Las fuentes de variación espacial se deben, en parte, a diferencias del suelo como profundidad, fertilidad y retención hídrica y a los procesos geomorfológicos que actúan desde las zonas altas a las bajas, lo que determina una dinámica descendente. En esta dinámica condicionada por la gravedad, participan

los procesos de transporte de los materiales de alteración de roca, agua, sales y materiales biológicos diversos aportados al suelo.

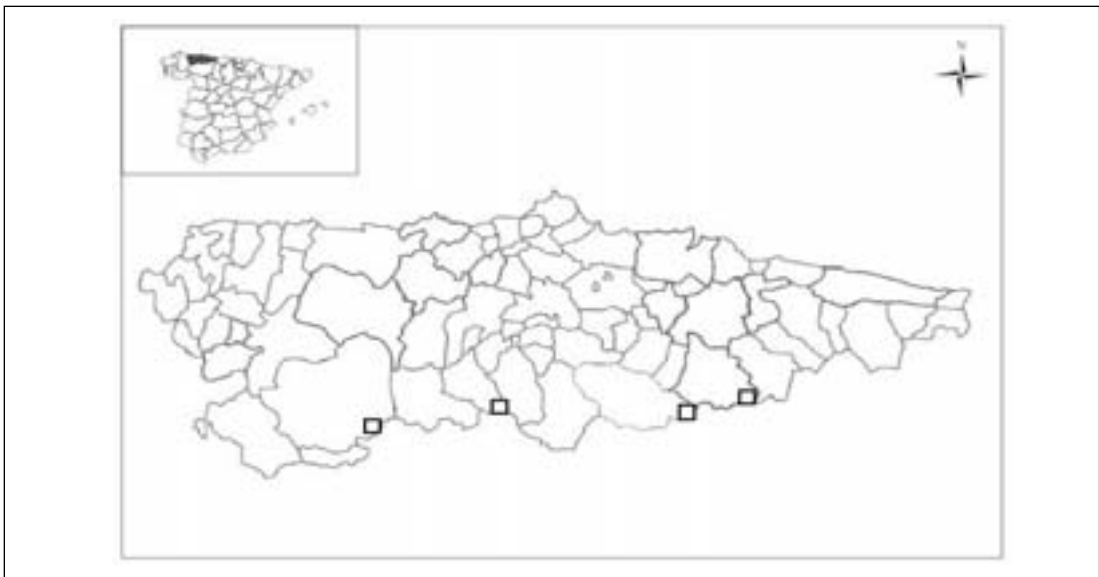
La disponibilidad de N, P y K en el sistema suelo – pastizal juega un papel fundamental en la producción de pastos y por ende de carne y leche, dado que la deficiencia de estos elementos limitantes provoca una marcada reducción en el crecimiento y la calidad del forraje (Thélier-Huché et al., 1999). El objetivo del presente trabajo es estudiar la calidad mineral del pasto y la relación que tiene con el suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El conjunto de datos utilizado procede de cuatro puertos comunales pastoreados con ganado bovino y equino, localizados en Asturias (Fig. 1). Los suelos se clasificaron como *Cryorthents* (Ministerio de Medio Ambiente, 1998) desarrollados sobre areniscas feldespáticas. 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, trituraron suavemente y se hicieron pasar por un tamiz de 2 mm de luz de malla circular para quitar los elementos gruesos. En ellas se determinó por duplicado la textura según el método de la pipeta Robison 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, 2006).

**Figura 1.** Localización de los puertos estudiados en el Principado de Asturias



**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
1	Tarna	29 X319578 Y4773568	20	NE	1360	5,60	1372	564
2	Ventana	30 X255451 Y4771844	26	NE	1587	8,39	1238	585
3	Leitariegos	29 X710761 Y4764227	28	NO	1525	6,44	1552	497
4	San Isidro	30X314532 Y4764185	27	NE	1520	7,45	1432	594

1 Pendiente media; 2 Altitud; 3 Temperatura media anual; 4 Precipitación media anual; 5E vapotranspiración potencial media anual.

El análisis nutricional 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 60 °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; el P fotométricamente y el N total por el método Kjeldahl. El tratamiento estadístico de los datos se realizó mediante el programa SPSS 15.0 (SPSS, 2006).

## 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 con pastos naturales sin fertilizar en zonas húmedas y frías. La textura varió de arcillosa a franco arcillo arenosa, con un contenido medio de arcilla de 37,4%. El pH estuvo alrededor de 5, fuertemente ácido y la conductividad eléctrica fue bastante baja, lo que indica que estos suelos no tienen problema de salinidad. 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 el puerto Ventana. En la matriz de correlación entre las propiedades edáficas de los suelos y, a pesar del limitado número de muestras, se observaron correlaciones significativas entre la profundidad efectiva y el Ca cambiante y la CICE, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0,987\* y 0,947\* respectivamente, existiendo también una correlación significativa entre ésta última y el Mg cambiante (r=0,978\*). El Al cambiante estuvo positivamente correlacionado con el contenido de MO y N total (r=0,991\*\* y 0,980\* respectivamente) existiendo una correlación significativa entre estas dos últimas (r=0,988\*), mientras que el P asimilable estuvo negativamente correlacionado con el Na cambiante con un coeficiente de correlación de -0,974\* al igual que entre el % de pendiente y la relación C/N (r=-0,960\*). Se observó una tendencia a que los suelos más fértiles (niveles mayores de bases de cambio y pH menos ácido) tuviesen concentraciones menores de N.

**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>
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

<sup>1</sup>Profundidad efectiva del suelo; <sup>2</sup>pH (H<sub>2</sub>O) 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.

Los valores medios de las concentraciones de nutrientes en pastos y la relación N:P en los puertos estudiados se presentan en la Tabla 3. 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 Théliier-Huché *et al.* (1999). Las concentraciones de K y Ca también fueron relativamente bajas en los puertos de Tarna y Leitariegos, lo que concuerda con los resultados observados en pastos de montaña de montes comunales de Cantabria (Alfageme *et al.*, 1996). En todos los puertos estudiados, menos en Leitariegos, se observó una relación N:P inferior a 10, por lo que el balance entre ambos nutrientes resultó claramente equilibrado, existiendo un desequilibrio moderado entre N y P en el puerto de Leitariegos. Para todos los macronutrientes analizados en la parte aérea cabe destacar las diferencias altamente significativas encontradas entre los puertos estudiados ( $F=178,5; 68,9; 634,3; 369,4; 16,9; p<0,001$  para N, P, K, Ca y Mg respectivamente), mientras que las diferencias entre las replicas no mostró ningún tipo de tendencia estadísticamente significativa ( $F=1,4; 1,5; 0,4; 1,2; 1,5; p>0,1$  para N, P, K, Ca y Mg respectivamente).

**Tabla 3.** Valores medios de las concentraciones de nutrientes en pastos en los puertos estudiados<sup>1</sup>

Nº Puerto	Concentraciones (g kg <sup>-1</sup> )					R. foliar <sup>2</sup>
	N	P	K	Ca	Mg	N:P
1	11,19 b (1,20)	2,15 b (0,25)	3,07 c (0,07)	1,40 d (0,33)	0,82 b (0,16)	5,20
2	19,69 a (0,98)	2,71 a (0,20)	8,11 a (0,46)	7,72 b (0,76)	1,29 a (0,31)	7,26
3	20,53 a (1,56)	1,42 c (0,27)	2,94 c (0,21)	3,10 c (0,66)	1,26 a (0,25)	14,45
4	11,38 b (1,28)	2,73 a (0,26)	7,66 b (0,41)	8,63 a (0,54)	1,45 a (0,14)	4,16
NS3	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> Relación foliar; Niveles satisfactorios para las vacas publicados por Théliier-Huché *et al.* (1999).

La concentración de Ca 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 0,60\*\*. El P en pastos estuvo negativamente correlacionado con el N ( $r=-0,348^*$ ) y positivamente con el K y Ca ( $r=0,822^{**}$  y  $0,702^{**}$  respectivamente), existiendo también una buena correlación entre estas dos últimas ( $r=0,948^{**}$ ), al igual que entre el K y Mg en pastos ( $r=0,468^{**}$ ). A pesar del limitado número de muestras analizadas, las relaciones entre las concentraciones de nutrientes en pastos y las propiedades del suelo, mostraron correlaciones significativas, positiva entre el pH y la concentración media de Ca en pastos

( $r=0,981^*$ ) y negativa entre ésta última y la conductividad eléctrica ( $-0,965^*$ ). También el contenido medio de P en pastos resultó negativamente correlacionado con el contenido de materia orgánica y el Al cambiante en el suelo ( $r=-0,969^*$  y  $-0,966^*$  respectivamente). La asimilación del Ca y P mejora al aumentar el pH o al disminuir la acidez intercambiable y, por tanto, la aplicación de enmiendas calizas podría mejorar la calidad mineral del pasto. Por otro lado, la correlación negativa encontrada entre la concentración de P en pastos y el contenido de materia orgánica en el suelo sugiere que la acumulación de humus en los horizontes superficiales de los suelos de carácter ácido, como consecuencia de una lenta mineralización, debida en gran parte a la formación de complejos estables con los sesquióxidos de Fe y Al (González *et al.*, 1996), tiene efectos negativos sobre las concentraciones foliares de los nutrientes, disminuyendo principalmente el contenido de P en pastos. Las pocas correlaciones encontradas entre las variables edáficas y las concentraciones de nutrientes en pastos pueden ser debidas al limitado número de puertos seleccionados, por lo que cabe mencionar que el presente estudio se extenderá a más puertos del Principado de Asturias.

## CONCLUSIONES

Los pastos naturales en los puertos de Tarna, Ventana, Leitariegos y San Isidro del Principado de Asturias presentaron importantes problemas nutricionales que afectan a la calidad mineral del pasto. 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, y a pesar del limitado número de las muestras tomadas, las correlaciones encontradas entre las propiedades del suelo y las concentraciones de nutrientes en pastos sugieren que un aporte de enmiendas calizas al suelo mejoraría la asimilación del Ca y P por los pastos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFIF, E.; OLIVEIRA, J.A., 2006. Pérdida de disponibilidad y niveles críticos de fósforo Mehlich 3 en suelos no calcáreos de Asturias. *Pastos*, 35, 29-74.
- ALFAGEME, A.; BUSQUÉ, J.; FERNÁNDEZ, B., 1994. Evaluación de pastos de montaña en función de la topografía y el suelo. *Actas XXXIV Reunión Científica de la SEEP*. 215-221. Santander (España).
- 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).
- 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).

MONTALVO, M.I.; LEVASSOR, C.; CASADO, M.A.; PINEDA, F.D., 1993. Stability of ecological Systems. *Pirineos*, 142, 35-46.

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.

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).

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

## RELATIONSHIP BETWEEN SOME EDAPHIC FACTORS AND NUTRITIONAL STATUS OF GRASSLANDS IN ASTURIAS (NW SPAIN)

### SUMMARY

The nutritional status of grasslands on the ports of Tarna, Ventana, Leitariegos and San Isidro in Asturias (NW Spain), located between 1,360 and 1,587 m of altitude was studied. Nutritional status was assessed 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 port of Leitariegos. The nutrients concentration differences in grasslands are highly significant among the ports. The Ca concentrations in grassland were positively correlated with pH and the P concentrations were negatively correlated with exchangeable Al in the soil. The results suggest that the increase of the soil pH would improve the assimilation of these elements. On the other hand, the accumulation of humus in the surface layers of acid soils can diminish the P concentration in the grasslands, largely due to the formation of stable complexes with Fe and Al sesquioxides.

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

## PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y EXTRACCIÓN DE NITRÓGENO EN UNA PRADERA FERTILIZADA CON PURINES DE VACUNO Y PORCINO

M.D. BÁEZ BERNAL, J.F. CASTRO INSUA, M.I. GARCÍA POMAR  
Y J. VALLADARES ALONSO

**Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. Apartado 10. 15080 A Coruña (España)**

### RESUMEN

La incorporación de purines y estiércoles en planes de abonado tiene una notable repercusión económica, supone un ahorro en el consumo de fertilizantes sintéticos, e indirectamente es una solución a la gestión de los residuos producidos en la explotación. En el trabajo se presentan los resultados obtenidos en la producción de materia seca (MS) y extracción de nitrógeno (N) de una pradera mixta de raigrás/ trébol tras dos años de experimentación en un ensayo de campo con aportes de diferentes tipos de fertilizantes: purín de vacuno, purín de porcino y nitrato amónico cálcico. Así mismo, se estudia la influencia de la técnica de aplicación de purines comparando la localización superficial en bandas y la inyección en la capa superficial del terreno en los parámetros anteriormente mencionados.

El aporte de purines en pradera mixta con un aprovechamiento en cortes sucesivos, es una fuente importante de nutrientes y en las condiciones estudiadas el purín de porcino puede llegar a proporcionar el 98% de la producción obtenida con el fertilizante inorgánico, mientras que, el purín de vacuno, el 53%. No se observó efecto residual del purín en el año posterior a su aplicación. El beneficio previsto al inyectar los purines, consecuencia de una disminución de la volatilización de amoníaco, no se tradujo en un incremento significativo de forraje o extracción de N respecto a la aplicación superficial en bandas, probablemente, este hecho esté relacionado con la existencia de pequeñas diferencias en la volatilización de amoníaco entre los métodos de aplicación ensayados.

**Palabras clave:** fertilización N, métodos de aplicación, eficiencia aparente, recuperación N.

### INTRODUCCIÓN

La intensificación experimentada en los últimos años en las explotaciones ganaderas gallegas ha provocado, entre otras cosas, una mayor generación de purines y estiércoles que, como es bien conocido, son ricos en nutrientes y en consecuencia pueden ser reutilizados como abonos. Hoy en día, por parte de la sociedad, hay una gran preocupación en relación a temas como la contaminación del suelo, agua y aire (emisiones de óxidos de N y volatilización de amoníaco). La clave esencial para realizar un buen manejo agronómico de purines y estiércoles, sin deteriorar el medio ambiente, implica una serie de condiciones: aplicarlos en el momento en el que son necesarios para el desarrollo del cultivo, elegir los suelos más aptos para su aplicación en cuanto a tipo y topografía, disponer de buenas condiciones de almacenamiento, conocer la cantidad de nutrientes por material fresco aplicado y el impacto de su aplicación en el suelo y, finalmente, disponer

de maquinaria adecuada y fiable con la que realizar un buen reparto. Habitualmente la aplicación de purines en las praderas se lleva a cabo por aspersión superficial, lo que puede provocar elevadas emisiones de N por volatilización de amoníaco. Para reducir estas pérdidas se han desarrollado una serie de métodos de aplicación, denominadas de baja emisión, y que van desde a la aplicación en bandas sobre la superficie a la inyección de los purines en la capa superficial del terreno a 15 cm. En algunos países, como en Holanda, el uso de técnicas de baja emisión es obligatorio desde los años 90.

En el trabajo se presentan los resultados obtenidos durante los años 2005 y 2006 derivados de un experimento de campo establecido con el objetivo de estudiar los efectos del tipo de fertilización (purines de vacuno y porcino/fertilizante inorgánico) y del método de aplicación del purín en la producción de forraje y utilización del N aplicado en una pradera bajo un manejo de siega.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la finca experimental del CIAM situada en la localidad de Abegondo (A Coruña, zona costera atlántica de Galicia) con suelos de textura franco-limosa y clima templado-húmedo, a 100 m de altitud. En la Figura 1 se muestran las temperaturas y precipitaciones mensuales durante los años 2005 y 2006 junto a la media de años anteriores.

Previo al inicio del experimento, en septiembre 2004, la parcela de ensayo había sido sembrada con una mezcla de raigrás inglés, trébol blanco y trébol violeta. El diseño experimental fue de bloques al azar con tres repeticiones y los siguientes tratamientos de fertilización resultado de la combinación de dos tipos de purín y dos métodos de aplicación:

1. VB, purín de vacuno aplicado superficialmente en bandas.
2. VI, purín de vacuno inyectado en la capa superficial del suelo.
3. PB, purín de cerdo aplicado superficialmente en bandas.
4. PI, purín de cerdo inyectado en la capa superficial del suelo.

Además, a efectos comparativos, fueron añadidos un tratamiento con aporte de fertilizante inorgánico y un tratamiento control:

5. NAC, nitrato amónico cálcico 27 %.
6. C, control sin aporte de purín ni de fertilizante nitrogenado.

Las cantidades aplicadas en los tratamientos con purines se definieron en base al contenido total de N, en muestras recogidas previamente a las fertilizaciones, de forma que el aporte de N durante el primer año fuera de 100 kg ha<sup>-1</sup> en las aplicaciones de primavera y 60 en el otoño; y en el segundo año de 80 kg N ha<sup>-1</sup> en los aportes de primavera y 60 kg N ha<sup>-1</sup> en el otoño. Finalmente, en el momento de la aplicación, la dosis definida para cada tipo de purín era ajustada en función la velocidad de avance de la cisterna y se recogía una nueva muestra de los purines. Para inyectar los purines se utilizó una cisterna provista de un sistema de discos que realizaban un corte vertical en el suelo de 3-6 cm de profundidad y 15 cm entre filas donde el purín era localizado. Para la aplicación en bandas se utilizó la misma cisterna retirando los discos de corte y eliminando la presión de los tubos de salida sobre el suelo. En la Tabla 1 se muestran las fechas de aplicación y dosis reales de N aplicadas y en la Tabla 2 los valores medios de la composición de los purines utilizados en el experimento.



**Tabla 1.** Fechas y dosis de N (kg N ha<sup>-1</sup>) aportadas con el fertilizante inorgánico y purines

Fertilizante	Método Aplicación	2005				2006			
		Fecha	6/04	27/05	13/10	Total	9/03	28/04	18/10
NAC <sup>1</sup>		100	100	60	260	80	80	60	220
Purín Vacuno	Bandas	103	133	63	299	82	105	72	259
	Inyección	103	133	63	299	82	105	72	259
Purín Porcino	Bandas	94	103	65	262	81	79	70	230
	Inyección	94	96	65	255	81	79	70	230

<sup>1</sup>NAC: Nitrato amónico cálcico

**Tabla 2.** Composición química de los purines utilizados en el experimento

Componente	P. Vacuno			P. Porcino		
	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo
MS (%)	8,5	9,6	7,2	3,7	7,4	2,3
pH	8,5	8,7	8,3	8,2	8,4	8,0
N (g kg <sup>-1</sup> )	40,2	52,2	33,1	68,0	45,5	112,8
P (g kg <sup>-1</sup> )	8,4	10,5	7,7	19,8	23,1	14,1
K (g kg <sup>-1</sup> )	47,3	65,0	35,4	28,9	54,8	14,8
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	17,2	25,3	10,7	25,3	34,7	17,4
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	5,7	6,7	5,0	11,2	13,2	8,6
Na (g kg <sup>-1</sup> )	4,8	7,5	3,3	5,4	10,6	2,7

Los muestreos de producción se realizaron con motosegadora, de forma que por cada parcela se cortaban dos superficies de 0,9 x 5 m y se registraba el peso en verde de la producción de cada banda. Se recogió una sub-muestra de cada una de ellas donde se determinó la MS mediante secado en estufa de aire forzado a 70<sup>o</sup> C, y se realizó la separación de gramíneas, leguminosas y otras especies. El contenido de N se determinó en la muestra vegetal seca y molida mediante el método Kjeldahl seguido de la determinación colorimétrica del amonio en un autoanalizador de flujo segmentado. Teniendo en cuenta la producción en verde, la MS y el contenido de N, se determinó la extracción de N en cada corte.

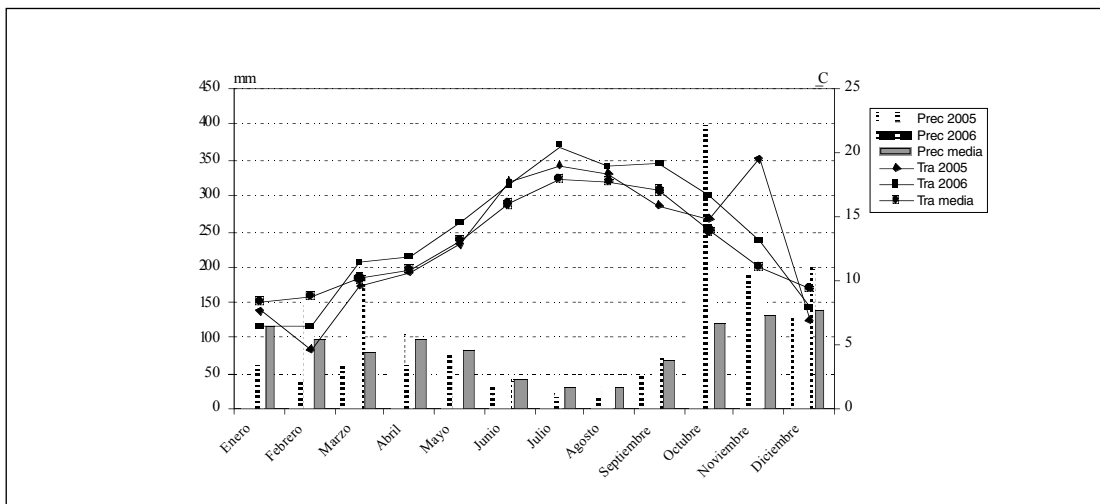
Se calculó la eficiencia aparente del N aportado en cada tratamiento teniendo en cuenta la diferencia productiva entre tratamiento fertilizado y control y el N aportado. Si se tiene en cuenta el N total aportado con los fertilizantes, el N extraído por la pradera en cada tratamiento, excluyendo la fijación debida a la leguminosa estimada a la partir de la contribución del trébol a la producción total (kg N fijado ha<sup>-1</sup> = Producción (t MS ha<sup>-1</sup>) \* % trébol \* 35kg N fijado t MS<sup>-1</sup> \* 1,3), y la extracción de N en el tratamiento control, se determinó la recuperación aparente de N aportado. Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 11.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3 se muestran las producciones de MS por cortes y anuales para los diferentes tratamientos en los dos años estudiados. Se observó un descenso acusado en la producción del tratamiento testigo del primer al segundo año con 12,07 t MS ha<sup>-1</sup> en 2005 y 7,32 t MS ha<sup>-1</sup> en 2006. Probablemente, este hecho esté relacionado con el laboreo realizado en la siembra de la pradera, en septiembre de 2004, lo que provoca un incremento en la mineralización del N orgánico y, por tanto, en la producción. En el segundo año la deficiencia en N se traduce en un descenso productivo. En los tratamientos que recibieron fertilizante la producción de MS media anual fue de 14,98 t MS ha<sup>-1</sup> en 2005 y 12,27 t MS ha<sup>-1</sup> en 2006. El descenso productivo entre años a pesar de que el año 2006 se caracterizó por mayores temperaturas (Figura 1) en todos los meses, excepto en enero y noviembre, y mayores precipitaciones, excepto los meses de abril, mayo y julio, se debe principalmente a la menor dosis de N aplicado en el segundo año.

Se observaron diferencias productivas significativas ( $P < 0,001$ ) entre los tratamientos ensayados debidas al tipo de fertilizante en los dos años. En el primero (Tabla 3), los aportes de purín de porcino (15,38 t MS ha<sup>-1</sup>) y fertilizante mineral (15,5 t MS ha<sup>-1</sup>), sin diferencia estadística, proporcionaron mayores producciones que las aportaciones con purín de vacuno (14,1 t MS ha<sup>-1</sup>). En el segundo año, esta tendencia se acentuó, el tratamiento de N mineral fue el más productivo con un valor de 13,64 t MS ha<sup>-1</sup>, de 12,03 t MS ha<sup>-1</sup> para el tratamiento de purín de porcino y de 11,15 t MS ha<sup>-1</sup> para el tratamiento de purín de vacuno. En los dos años la mayor contribución a la producción anual se obtuvo con los cortes de primavera (25/05/05 y 26/04/06) efectuados tras los primeros aportes de los fertilizantes.

**Figura 1.** Distribución mensual de las precipitaciones y temperaturas medias en los años 2005 y 2006 junto a los valores medios en años precedentes (20 años)



**Tabla 3** Producción de biomasa por corte y total en los dos años estudiados

Fertilizante	Método Aplicación Fecha	2005					2006						
		25/05	19/07	22/09	24/11	Total <sup>2</sup>	3/03	26/04	1/06	2/08	16/10	29/11	Total <sup>2</sup>
		Control	6,24	2,99	1,16	1,68	12,07 C	0,24	2,69	1,54	0,56	1,27	1,02
NAC1		7,28	4,54	0,94	2,71	15,48 A	0,85	5,97	3,60	0,57	0,91	1,74	13,64 A
Purín	Bandas	6,65	3,91	1,32	2,33	14,21	0,48	4,73	2,01	0,77	1,52	1,67	11,18
Vacuno	Inyección	6,15	4,21	1,22	2,36	13,94	0,50	4,69	2,22	0,65	1,36	1,71	11,12
	Media	6,40	4,06	1,26	2,35	14,08 B	0,49	4,71	2,11	0,71	1,44	1,69	11,15 B
Purín	Bandas	7,10	3,97	1,42	2,47	15,0	0,56	5,38	2,20	0,66	1,38	1,74	11,94
Porcino	Inyección	6,87	4,49	1,76	2,68	15,8	0,46	4,79	2,69	0,84	1,67	1,66	12,12
	Media	6,98	4,23	1,59	2,57	15,38 A	0,51	5,08	2,45	0,75	1,53	1,70	12,03 B

1 NAC: Nitrato amónico cálcico

2 Valores seguidos por distinta letra difieren significativamente ( $p < 0,05$ ) según el test de Duncan

Al calcular la Eficiencia Aparente de la utilización del N aportado (EAN), como puede verse en la Tabla 4, en el año objeto de estudio, el primer año se obtuvo un valor de 13,1 kg de MS por kg N aplicado con fertilizante mineral, valor semejante al obtenido con el aporte de purín de porcino, con 12,9 kg MS por kg N, e inferior al obtenido cuando se aplicó purín de vacuno, con 6,8 kg MS por kg N. En el segundo año, con menor dosis de N aplicado, la respuesta productiva al N aplicado fue mayor, alcanzando 26,0 kg MS por kg N aplicado con fertilizante mineral, 19,3 kg MS por kg N cuando se aplicó purín de porcino y 13,9 kg MS por kg N cuando se aplicó vacuno. Es lógico que la eficiencia aumente al disminuir la dosis de N en praderas con leguminosas. No obstante, las condiciones climáticas más favorables para el crecimiento de la hierba del segundo año y la depresión en el porcentaje de trébol, posiblemente ayudaron a la mayor respuesta productiva al N. Si se incluye en el cálculo de eficiencias las producciones de MS obtenidas en los cortes efectuados al comienzo del año posterior a la aplicación (Tabla 4), previos al nuevo aporte y que refleja el efecto residual al terminar el invierno, las eficiencias aparentes incrementaron en un valor medio de 1,1 en 2005 y de 5,3 en 2006. En el primer año el aporte de purín de vacuno está al límite de eficiencia mínima descrita en bibliografía (Estavillo *et al.*, 1996), para que la aplicación sea rentable económicamente. Si se calcula un índice de eficiencia productivo (IE-MS) en el año de aplicación de los purines en relación al fertilizante inorgánico

$(IE-MS = (EAN_{\text{purín}} * 100) / EAN_{\text{NAC}})$ , el purín de porcino proporcionó el 98% y el 74% de la producción obtenida con el fertilizante inorgánico en el primer y segundo año respectivamente, mientras que con el purín de vacuno, se obtuvieron valores semejantes entre años, del 52% y 53% respectivamente. Estos valores son elevados, comparándolos con los descritos en bibliografía, lo que nos indica que las pérdidas de N (volatilización de  $NH_3$ , desnitrificación y lixiviación) no fueron elevadas. Cabe destacar que en los tratamientos de purines no se observó un aumento de los índices de eficiencia del primer al segundo año, lo que indica escaso efecto residual del purín en el año posterior a su aplicación.

**Tabla 4.** Eficiencias Aparentes del N (EAN, kg MS kg<sup>-1</sup> N) aparentes del N aplicado en los años estudiados

Fertilizante	Método Aplicación	2005	2006 <sup>1</sup>	Media	2005+1C2006 <sup>2</sup>	2006 <sup>1</sup> +1C2007 <sup>2</sup>	Media
NAC <sup>3</sup>		13,1	26,0	19,6	15,4	31,0	23,2
Purín Vacuno	Bandas	7,2	14,0	10,6	8,0	19,0	13,5
	Inyección	6,3	13,7	10,0	7,1	19,2	13,2
	Media	6,8	13,9	10,3	7,6	19,1	13,3
Purín Porcino	Bandas	11,1	18,7	14,9	12,3	23,9	18,1
	Inyección	14,7	19,9	17,3	15,5	25,5	20,5
	Media	12,9	19,3	16,1	13,9	24,7	19,3

1 No incluida la producción de MS obtenida en el corte de limpieza (3/03/06) previo al aporte de los fertilizantes en 2006

2 Incluye la producción de MS de los cortes de limpieza efectuados al comienzo de los años posteriores

3 NAC: Nitrato amónico cálcico

En la Tabla 5 se muestran las cantidades de N extraídas por la pradera en los dos años y en la Tabla 6 las recuperaciones aparentes del N aplicado en base al tratamiento control. Un valor medio del 67% del N inorgánico aplicado fue extraído por la pradera, un 44% del N total aportado con el purín de porcino y un 27% del N del purín de vacuno. Estas diferencias son previsibles teniendo en cuenta que parte del N aplicado en los purines está en forma orgánica. Las diferencias observadas entre los dos purines están relacionadas con el contenido de MS y el mayor porcentaje de N en forma amoniacal en el purín de porcino. El de porcino, más diluido que el de vacuno (Tabla 2), se infiltra rápidamente en el suelo lo que provoca menor volatilización de amoníaco y mayor disponibilidad de N para la planta u otro tipo de pérdidas.

En cuanto al efecto del método de aplicación del purín, no se observaron diferencias estadísticas (Tablas 3 y 5) en la producción y extracción de N en los dos años estudiados. Durante el transcurso del primer año, se observaron solamente ligeros incrementos productivos y de extracción de N cuando se inyectó purín de porcino (2<sup>o</sup>, 3<sup>o</sup> y 4<sup>o</sup> cortes), y con vacuno tras la segunda aplicación de primavera (2<sup>o</sup> corte). En el segundo año, esta situación varió ligeramente y con el purín de porcino se observaron ligeros incrementos en tres (3<sup>o</sup>, 4<sup>o</sup> y 5<sup>o</sup>) de los seis cortes efectuados y con purín de vacuno en cuatro (1<sup>o</sup>, 2<sup>o</sup>, 3<sup>o</sup> y 6<sup>o</sup>) de los seis. Independientemente del tipo de purín, la inyección disminuyó la producción en el corte 1<sup>o</sup> del primer año y en el segundo año sólo cuando se aplicó el purín de porcino. Este hecho puede deberse al deterioro en la pradera provocado por el corte de los discos. No obstante, en la Tabla 6 se puede apreciar un incremento en la Recuperación Aparente de N (RAN) entre años mayor con el purín de vacuno inyectado que con la aplicación superficial. Posiblemente, en estudios a más largo plazo, o con menor dosis de N, podrían obtenerse resultados más concluyentes sobre el beneficio de la utilización de la inyección de purines.

**Tabla 5** Extracción de N por corte y en el total en los dos años estudiados

Fertilizante	Método Aplicación	2005					2006						
		Fecha	25/05	19/07	22/09	24/11	Total <sup>2</sup>	3/03	26/04	1/06	2/08	16/10	29/11
Control		36,0	37,5	22,3	45,7	141,6 D	3,9	50,1	22,8	7,9	37,2	29,2	151,1 C
NAC1		68,4	58,6	19,7	86,9	233,6 A	12,3	82,2	59,2	7,6	30,2	62,9	254,5 A
Vacuno	Bandas	38,8	40,7	26,8	64,6	170,9	8,4	63,1	29,4	10,1	46,2	49,1	206,3
	Inyección	33,1	48,8	25,7	64,9	172,4	9,4	71,4	30,7	8,0	42,6	53,2	215,4
	Medio	35,9	44,7	26,3	64,7	171,7 C	8,9	67,2	30,1	9,1	44,4	51,1	210,8 B
Porcino	Bandas	48,6	46,2	28,9	71,2	194,9	9,1	71,8	29,8	8,9	41,1	56,4	217,2
	Inyección	40,8	48,9	36,0	75,2	200,9	8,1	61,2	32,4	10,4	47,6	48,0	207,7
	Medio	44,7	47,6	32,5	73,2	197,9 B	8,6	66,5	31,1	9,6	44,4	52,2	212,4 B

1 NAC: Nitrato amónico cálcico

2 Valores seguidos por distinta letra difieren significativamente ( $p < 0,05$ ) según el test de Duncan**Tabla 6.** Recuperaciones aparentes del N aplicado (RAN, %) en los años estudiados.

Fertilizante	Método Aplicación	2005				RAN	2006				RAN
		N	N	N	N Extraído		N	N	N	N Extraído	
		Aplicado	Extraído	Fijado	-N Fijado		Aplicado	Extraído	Fijado	- Fijado	
Control		0	145,4	73,3	72,1		0	164,6	66,3	98,3	
NAC3		260	245,9	10,7	235,1	63	220	260,2	3,7	256,5	72
Vacuno	Bandas	299	179,3	45,9	133,4	21	259	217,5	53,7	163,9	25
	Inyección	299	181,8	28,9	152,9	27	259	225,0	34,2	190,8	36
Porcino	Bandas	262	204,0	20,7	183,4	42	230	226,6	15,3	211,3	49
	Inyección	255	209,0	34,5	174,5	40	230	218,3	14,7	203,7	46

1 Cálculo sin incluir el corte de limpieza (3/03/06) previo al aporte de los fertilizantes en 2006

2 Cálculo incluyendo los cortes de limpieza efectuados al comienzo de los años posteriores

3 NAC: Nitrato amónico cálcico

## CONCLUSIONES

El aporte de purines, en pradera mixta con un aprovechamiento en cortes sucesivos, es una fuente importante de nutrientes y, en las condiciones estudiadas el purín de porcino puede llegar a proporcionar el 98% de la producción obtenida con el fertilizante inorgánico, mientras que, el purín de vacuno, sólo el 53%. No se observó efecto residual del purín en el año posterior a su aplicación.

El beneficio previsto al inyectar los purines, consecuencia de una disminución de la volatilización de amoníaco, no se tradujo en un incremento significativo de forraje o extracción de N respecto a la aplicación superficial en bandas. Probablemente, este hecho esté relacionado con la existencia de pequeñas diferencias en la volatilización de amoníaco entre los métodos de aplicación ensayados.

## AGRADECIMIENTOS

El trabajo ha sido cofinanciado por el INIA (proyecto: RTA 04-156) y Xunta de Galicia (PGIDT05PXIC50305PN).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ESTAVILLO, J.M.; GONZALEZ-MURÚA,; BESGA, G.; RODRÍGUEZ, M., 1996. Effect of cow slurry N on herbage productivity, efficiency of N utilization and on white clover content in a natural sward in the Basque Country, Spain. *Grass and Forage Science*, 51, 1-7.

## DRY MATTER YIELD AND NITROGEN UPTAKE IN A GRASS-LAND CROP FERTILIZED WITH CATTLE AND PIG SLURRIES

### SUMMARY

The utilization of slurries and manures as crop fertilizers has an important economic impact; it implies a saving in the purchase of inorganic fertilizers and, in addition, this is a solution for waste products produced on the farm. The effects of slurry type and application method on grass/clover ley performance were studied in a 2-year field experiment in the north-western Spain. The objectives were to determine the effects on dry matter yield (DM) and nitrogen (N) utilization of the sward. The slurries, cattle and pig, were either surface-applied or slit-injected, and also for comparison, an inorganic fertilizer (calcium ammonium nitrate-CAN) and no inorganic N fertilizer treatments were included in the experiment.

Application of pig slurry in a grass/clover ley, in which the management system was based on cutting-only, can provide up to 98 % of the DM yield produced after CAN application whereas with the application of cattle slurry this figure is 53 %. In the second year of the experiment a residual effect in slurry treatments was not observed. The method of application had no consistent effect on DM yield and N uptake from the slurry. DM yield and N uptake were only slightly higher in several of the cuts where slurries had been injected compared with surface-banding application. This effect was probably due to the lack of differences on ammonia volatilization between the two techniques essayed.

**Key words:** N fertilization, application method, N efficiencies, N recovery.

## EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE DOS FERTILIZANTES FOSFÓRICOS SOBRE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE PASTOS HERBÁCEOS EN “LA CAMPANA DE OROPESA”. TOLEDO

C. LÓPEZ-CARRASCO FERNÁNDEZ Y J.C. ROBLEDO GALÁN

**C.I.A. “Dehesón del Encinar”. 45560 Oropesa. Toledo. J.C. Castilla-La Mancha**

### RESUMEN

Durante tres años consecutivos se realiza un análisis comparativo de los efectos del superfosfato de cal frente a la roca fosfórica sobre la producción y composición específica de los pastos herbáceos en una dehesa de Toledo. Aunque la respuesta a la fertilización fosfórica fue dependiente de las condiciones meteorológicas, el tratamiento con roca fosfórica permitió un incremento medio del 53% de la producción anual de biomasa respecto al pasto sin fertilizar, frente al 35% conseguido por el superfosfato de cal. El incremento de leguminosas por la aplicación de fósforo fue similar con los dos fertilizantes y sin respuesta en el año seco. El porcentaje de gramíneas se vio poco influenciado por los años y tratamientos.

**Palabras Clave:** superfosfato, roca fosfórica, dehesa, Castilla-La Mancha.

### INTRODUCCIÓN

Las dehesas de Castilla-La Mancha, ubicadas en las provincias de Toledo y Ciudad Real, ocupan una posición de transición entre las dehesas cálidas de Andalucía y Extremadura y las más frías de Castilla y León. Son la base alimenticia de la ganadería extensiva de vacuno y ovino de carne, que se localiza en estas zonas. En estos últimos años, se está generando un creciente interés en la producción de carne ecológica basada en el aprovechamiento de los pastos y el incremento de su rentabilidad pasa por mejorar la producción y calidad de sus pastos. La aplicación de superfosfato de cal ha sido la técnica más utilizada hasta ahora, pero su empleo no está permitido en las producciones ecológicas, por tanto es necesario buscarle una alternativa. La aplicación de fosforitas naturales en distintas zonas de Extremadura y Portugal (Viguera *et al.*, 1999; Olea *et al.*, 2003; Vélez *et al.*, 2003; Maldonado *et al.*, 2004; Ferrera *et al.*, 2006) se presenta como una buena alternativa al empleo del superfosfato de cal. Sin embargo, la gran variabilidad de las producciones, la influencia de los distintos tipos de suelo, precipitaciones, manejo del ganado, hacen necesario contar con información a escala local en la mayoría de los casos. En nuestra zona, carecemos de información sobre el comportamiento de la roca fosfórica sobre la producción y calidad de nuestros pastos como alternativa al empleo del tradicional superfosfato de cal. Nuestro objetivo en este trabajo, es comparar el efecto del superfosfato de cal y la roca fosfórica sobre la producción anual y la calidad del pasto en condiciones reales de explotación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el “Dehesón del Encinar”, Oropesa, Toledo, sobre una superficie total de 162 ha de dehesa de encinas pastoreada de forma continua con vacuno avileño negro-ibérico con 3 ha/vaca. La superficie total estaba subdividida en 6 parcelas de tamaño similar con pasto natural, sobre la que se aplicaron los tratamientos de fertilización (dos parcelas/tratamiento): 0 fertilizante (control), aportación de 36 U.F./ha. de  $P_2O_5$  en forma de superfosfato de cal (18%) o aportación de 36 U.F. /ha de  $P_2O_5$  en forma de roca fosfórica (fertigafsa, 26,5% P). La fertilización se realizó en superficie y en otoño de 2003, 2004 y 2005 después de las primeras lluvias. Se midió la producción estacional y anual de materia seca mediante el empleo de 71 jaulas de exclusión de 2 m<sup>2</sup> de superficie repartidas de forma ponderada según el relieve. En los años con suficiente producción otoñal o invernal se realizaron controles mensuales; en el resto de los años, se realizó el primer control en marzo (producción acumulada de otoño e invierno) y controles mensuales de marzo a julio.

En cada control y jaula, se segaron a ras de suelo 4 marcos de muestreo de 50 x 50 cm, en el interior e exterior de cada jaula, se reservó uno de los marcos del interior para posteriormente determinar la aportación de cada una de las especies. La hierba se desecó a 80°C 24 horas determinándose el porcentaje de materia seca, calculándose la producción anual mediante la suma de incrementos positivos de materia seca (López-Carrasco *et al.*, 1999). El efecto de los fertilizantes sobre la calidad del pasto se realizó de forma indirecta a través del análisis de los porcentajes de leguminosas, gramíneas y otras familias, obtenidos como la suma de las contribuciones de cada especie a su familia, en el control correspondiente al pico de producción (de abril a mayo), en el estado de floración y fructificación de la mayoría de las especies. En el año previo a la instalación del experimento, se estimó de la misma manera la producción anual de pasto en cada una de las parcelas, realizándose un ANOVA de I vía, sin encontrar diferencias significativas entre las distintas parcelas ( $F_{(2,69)}=0,60$ ;  $p=0,55$ ). Con el objetivo de disminuir la variabilidad de los datos de producción, se realizó una reclasificación de zonas con diferente producción: baja ( $\leq 170$  g/m<sup>2</sup>), mediana (171-250 g/m<sup>2</sup>) y alta producción ( $\geq 251$  g/m<sup>2</sup>), teniendo en cuenta los valores obtenidos en 2001/02, que puede considerarse como un año medio.

Se analizó la producción anual de materia seca mediante análisis factoriales de la varianza considerando los años (2002/03, 2003/04, 2004/05), tratamientos de fertilización (control, superfosfato, roca fosfórica) y zonas de diferente producción (baja, media y alta), así como las interacciones entre los factores. Los porcentajes de leguminosas, gramíneas y otras familias se analizaron de igual forma pero sin considerar las distintas zonas. Cuando fue necesario se utilizaron transformaciones logarítmicas o raíz cuadrada para garantizar la normalidad de los datos. Para las comparaciones se utilizó el test de mínima diferencia significativa y el nivel de confianza fue del 95%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efecto de los fertilizantes sobre la producción anual de materia seca.

Aunque el análisis de la variable se realizó utilizando la transformación logarítmica, para corregir la heterocedasticidad, los resultados se expresan sin transformar para facilitar la comprensión de los mismos (Tabla 1). El ANOVA detectó diferencias significativas entre años, tratamiento de fertilización y zonas, siendo la interacción año por tratamiento también significativa.



**Tabla 1.** Resultados del ANOVA de la producción anual de materia seca

	SC	GL	CM	F	p
año	10,28	2	5,141	153,4	0,000*
Tratamiento	1,13	2	0,567	16,9	0,000*
zona	2,66	2	1,329	39,7	0,000*
año x tratamiento	0,42	4	0,105	3,1	0,016*
año x zona	0,12	4	0,03	0,9	0,463
tratamiento x zona	0,07	4	0,017	0,5	0,725
año x tratamiento x zona	0,14	8	0,017	0,5	0,843

SC: suma de cuadrados; GL: grados de libertad; CM: cuadrado medio

El efecto del año condiciona la respuesta a la fertilización fosfórica (López-Carrasco *et al.*, 1999). En nuestro caso, los años del experimento pueden calificarse como medio (2002/03), excelente (2003/04) y muy seco (2004/05) (Tabla 2)

**Tabla 2.** Precipitaciones estacionales y anuales, temperaturas medias anuales

	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	1989-2001
Potoño (mm)	207,3	287,4	357,5	205,3	180,3
Pinvierno (mm)	107,2	413,6	167,4	30,8	216,2
Pprimavera (mm)	174,1	91,4	214,1	96,5	156,1
Pverano (mm)	22,4	20,5	46,7	11,3	36,0
<b>P año (mm)</b>	<b>511,0</b>	<b>812,9</b>	<b>785,7</b>	<b>343,9</b>	<b>588,6</b>
Tmed (°C)	14,9	16,0	15,1	15,1	15,2
Tmed inv (°C)	6,7	7,4	7,5	5,3	7,4

P: precipitación; Tmed: temperatura anual media; Tmed inv: temperatura invernal media.

El análisis individualizado de los años (Tabla 3) muestra diferencias entre tratamientos, el efecto de la roca fosfórica es positivo en todos los años, aunque la magnitud de la respuesta varía en función del año. El superfosfato parece más dependiente de la meteorología, si bien en el año 2003/04, con precipitaciones muy elevadas, produjo más que el pasto control, en un año medio o seco, las diferencias de producción no fueron significativamente diferentes.

**Tabla 3.** Resultados de los análisis de la producción anual de biomasa (g/m<sup>2</sup>)

	2002/03	2003/04	2004/05
<b>TRATAMIENTO</b>			
control	180,4 (a)	253,2 (a)	97,3 (a)
superfosfato	210,4 (ab)	420 (b)	89 (a)
roca fosfórica	242,5 (b)	434,3 (b)	138 (b)
F, p	F(2,65)=3,55; p=0,034	F(2,66)=19,46; p=0,000	F(2,55)=3,60; p=0,034
<b>ZONA</b>			
Baja producción	147,6 (a)	273,9 (a)	70,3 (a)
Media producción	231,2 (b)	347 (b)	105,4 (b)
Alta producción	245,6 (b)	466 (c)	147,7 (b)
F, p	F (2,65)=9,14 p=0,0003	F(2,66)=16,95; p=0,00002	F(2,55)=12,43; p=0,00004

En cada columna, valores con distinta letra denotan diferencias significativas.

Las zonas de baja producción, produjeron menos que las zonas de producción media o alta, en todos los años, las zonas de media producción o alta producción no se diferenciaron en los años medio o secos, pero sí en los muy lluviosos expresando su capacidad productiva de forma diferenciada. Los valores obtenidos son similares a los indicados por Vázquez de Aldana *et al.* (2006) en las dehesas salmantinas, quienes refieren la gran variabilidad espacial e interanual de las producciones. Se espera, por tanto, que bajo estas condiciones la respuesta a la fertilización fosfórica sea también muy variable, así Vélez *et al.* (2003) no encontraron diferencias entre la producción de biomasa del pasto sin fertilizar o fertilizado con superfosfato o fosforita, aunque el trabajo sólo comprendía dos años de resultados. Ferrera *et al.* (2006) encontraron diferencias de producción en el tercer año de su experimento entre los pastos sin fertilizar y los fertilizados pero no encontraron diferencias entre los efectos del superfosfato y la roca sobre la producción de materia seca. En nuestro caso, los mejores resultados se obtienen con la roca fosfórica, que funcionó incluso en el año excepcionalmente seco, con un porcentaje de respuesta del 42% sobre el pasto sin fertilizar. Las respuestas medias a la aplicación del superfosfato y de la roca fosfórica respecto del pasto sin fertilización fueron el 35% y el 53% respectivamente. La respuesta al superfosfato fue inferior al 55% referido por Olea *et al.* (1991) en zonas de Extremadura y se corresponde con los resultados obtenidos en años anteriores en la misma finca (López-Carrasco *et al.*, 1999).

### Efecto de los fertilizantes sobre la composición florística

#### Porcentaje de leguminosas.

El análisis conjunto de años y tratamientos detectó diferencias significativas entre todos los años ( $F_{(2,205)}=99,48$ ;  $p=0,0000$ ) y entre el control y los fertilizados ( $F_{(2,205)}=5,06$ ;  $p=0,007$ ), siendo significativa la interacción años por tratamientos ( $F_{(4,205)}=4,06$ ;  $p=0,0034$ ). Los análisis para cada año considerado independientemente, se exponen en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Comparación entre tratamientos de los porcentajes medios de leguminosas

Tratamiento	2002/03	2003/04	2004/05
control	11,3 (a)	25,2 (a)	5,9
superfosfato	26,9 (b)	41,0 (b)	3,7
roca fosfórica	25,2 (b)	35,9 (ab)	3,0
F, p	$F_{(2,71)}=6,86$ ; $p=0,002$	$F_{(2,70)}=4,77$ ; $p=0,011$	$F(2,64)=0,76$ ; $p=0,47$

En cada columna, valores con distinta letra denotan diferencias significativas.

La influencia del año sobre la efectividad de los fertilizantes es muy elevada, en años medios a buenos, se observa un mayor porcentaje de leguminosas en los pastos fertilizados respecto al control (López-Carrasco *et al.*, 1999), sin detectarse diferencias entre el superfosfato y la roca fosfórica. Los valores obtenidos se corresponden con los valores registrados por Maldonado *et al.*, (2004) para pastos fertilizados con superfosfato o roca (26-45%), quienes tampoco encontraron diferencias entre los dos fertilizantes. Los valores en el primer año son inferiores a los esperados en un año de buenas precipitaciones, que podrían explicarse en parte por la falta de la aportación del trébol subterráneo, especie de producción temprana en nuestra zona, cuya presencia en mayo es ya muy escasa y también por las bajas precipitaciones de abril, que es un mes clave para las leguminosas. La abundancia de precipitaciones en el año 2003/04, favoreció el aumento de respuesta a la fertilización, pero también el porcentaje de leguminosas del control se vio incrementado. En años de primavera muy seca, como fue el 2004/05, el porcentaje de leguminosas descendió drásticamente en todos los tratamientos, en este sentido el efecto de los fertilizantes fue nulo.

## Porcentaje de gramíneas

El análisis conjunto de años, tratamientos e interacción año por tratamiento, señaló diferencias significativas sólo entre años ( $F_{(2,20)}=8,11$ ;  $p=0,0004$ ), el año 2004/05 presentó el mayor porcentaje de gramíneas respecto al resto. Las diferencias entre tratamientos fueron poco significativas ( $F_{(2,205)}=2,77$ ;  $p=0,064$ ) y la interacción año por tratamiento no fue significativa. Los resultados de los análisis individualizados por años se indican en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Comparación entre tratamientos de los porcentajes medios de gramíneas

Tratamiento	2002/03	2003/04	2004/05
control	34,1	34,8	40,1 (a)
superfosfato	33,7	38,0	60,6 (b)
roca fosfórica	36,5	41,2	55,4 (ab)
F, p	$F_{(2,71)}=0,098$ ; $p=0,9$	$F_{(2,70)}=0,48$ ; $p=0,62$	$F_{(2,64)}=3,38$ ; $p=0,04$

En cada columna, valores con distinta letra denotan diferencias significativas.

Al igual que Vélez *et al.* (2003) no encontramos diferencias entre los contenidos de gramíneas de los fertilizados con superfosfato o roca fosfórica. Los valores similares del porcentaje de gramíneas en todos los tratamientos en los dos primeros años, nos indican que el aumento de los porcentajes de leguminosas obtenidos en los tratamientos con fertilización, no se han traducido en el esperado aumento del porcentaje de gramíneas, como consecuencia del posible incremento del nitrógeno debido a las leguminosas (Maldonado *et al.*, 2004). Para poder explicar el aumento del porcentaje de gramíneas en el año seco hubiera sido necesario analizar la evolución del nitrógeno en el suelo, aunque la correlación negativa significativa entre la familia de leguminosas y gramíneas referida por Corona *et al.* (1991) podría explicar en parte estos resultados.

## Otras familias

Dada la gran variabilidad de los datos y la imposibilidad de cumplir las condiciones del análisis de la varianza global, analizamos cada año de manera independiente. Los resultados se exponen en la Tabla 5.

Este grupo es el que presenta un comportamiento más irregular entre años y tratamientos, probablemente debido a la gran variabilidad entre el n<sup>o</sup> de especies que componen las distintas muestras, lo que requeriría un estudio más detallado.

**Tabla 5.** Comparación entre tratamientos de los porcentajes de otras familias.

Tratamiento	2002/03	2003/04	2004/05
control	54,5 (b)	39,9 (b)	54,0
superfosfato	39,3 (a)	21,0 (a)	35,8
roca fosfórica	38,3 (a)	22,9 (b)	41,6
F, p	$F_{(2,71)}=3,99$ ; $p=0,022$	$F_{(2,71)}=11,42$ ; $p=0,00005$	$F_{(2,64)}=7,71$ ; $p=0,07$

En cada columna, valores con distinta letra denotan diferencias significativas.

## CONCLUSIONES

La influencia del año condiciona en gran medida la respuesta a la fertilización fosfórica en términos de producción de biomasa y porcentaje de leguminosas. Si bien en años medios o buenos, la respuesta de la producción de biomasa al superfosfato o a la roca fosfórica fue similar, en años muy secos, la roca siguió funcionando, a diferencia del superfosfato de cal, obteniéndose porcentajes medios de respuesta del 53 y el 35% respecto al pasto testigo. El porcentaje y comportamiento de las leguminosas a lo largo del experimento fue similar en los dos tratamientos con fertilización, pero su incremento respecto al pasto sin fertilizar no se tradujo en un mayor porcentaje de gramíneas. A juzgar por los resultados obtenidos, el uso de la roca fosfórica es más ventajoso a priori que el superfosfato de cal en nuestra zona, a falta de un análisis económico detallado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CORONA, EP.; GARCÍA, L.; GARCÍA, A.; VÁZQUEZ DE ALBANA, 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
- FERRERA, E.M.; OLEA, L.; VIGUERA, F.J.; POBLACIONES, M.J., 2006. Influence of the phosphoric fertilization in grasses of "dehesas" of degraded areas. *Grassland Science in Europe*, 11: 95-97.
- 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.
- MALDONADO, A.; OLEA, L.; VIGUERA, J.; POBLACIONES, M.J., 2004. Efecto de la aplicación de diferentes fuentes de fertilización fosfórica sobre suelos de pizarra en dehesas y pastizales del S.O. de España. En: B. García, A. R. García, B. Vázquez, I. Zabalgoeazcoa (eds.), *Pastos y Ganadería Extensiva*: 491-496. Salamanca.
- OLEA, L.; PAREDES, J.; VERDASCO, P., 1991. Características y producción de los pastos de las dehesas del S.O. de la Península Ibérica. *Pastos*, XX-XXI: 135-156.
- OLEA, L.; COLETO, L.; LÓPEZ BELLIDO, R. J.; VIGUERA, J.; POBLACIONES, M.J., 2003. Efecto de la aplicación de yeso y fósforo en los pastos mejorados sobre suelos de rañas y rañizos de la Siberia Extremeña (Badajoz). *Actas de la XLIII Reunión Científica de la SEEP*: 16-171.
- 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.
- VÉLEZ, J.; OLEA, L.; FERRERA, E.M.; DORES, J.; NOBRE, R.; COLETO, L.; LÓPEZ BELLIDO, R.; VIGUERA, J., 2003. Mejora de pastos en zonas semiáridas mediterráneas del Alentejo (Portugal). *Actas de la XLIII Reunión Científica de la SEEP*: 111-115.

---

## EFFECT OF TWO PHOSPHORIC FERTILIZERS APPLICATION ON PRODUCTION AND COMPOSITION OF HERBACEOUS PASTURES IN “LA CAMPANA DE OROPESA”. TOLEDO

### SUMMARY

We conducted a 3-year experiment to compare the effects of superphosphate or phosphate rock on the production and plant species composition of annual pastures in a “dehesa” located in Toledo province. The response of biomass to phosphoric fertilization was influenced by meteorological condition, nevertheless rock increased 53% and superphosphate 35% of forage yield with respect to pasture control. The response of % legumes was similar in the fertilizers tested. A large reduction of % legumes occurred in dry year in all treatments. Years and treatments had small effects on % grasses.

**Key words:** superphosphate, phosphoric rock, dehesa, Castilla-La Mancha.



## EFFECTO DEL PASTOREO EN LA PRODUCCIÓN PRIMARIA AÉREA DE LOS PASTOS DE MONTAÑA Y SU RELACIÓN CON LA PRECIPITACIÓN

M. AZPIROZ <sup>1,2\*</sup>, A. ALDEZABAL <sup>1</sup>, L. URIARTE <sup>1,2</sup> Y M. MENDIZABAL <sup>1</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)*  
\*mazpiroz@aranzadi-zientziak.org

### RESUMEN

La producción de los pastos depende de varios factores: las condiciones meteorológicas (e.g. la precipitación total y su distribución temporal), la composición florística y el efecto que producen los herbívoros. El objetivo de este trabajo ha sido cuantificar la biomasa y producción primaria aérea de los pastos de montaña del Parque Natural de Aralar (Gipuzkoa) y analizar su variación mensual e interanual y el efecto del pastoreo, relacionando dicha producción con la precipitación. Para ello, se instalaron 4 cercados permanentes de exclusión y además se utilizaron jaulas móviles de exclusión. Los muestreos se realizaron mensualmente de Mayo a Octubre los años 2005 y 2006. Los resultados indican que: (1) existe una gran heterogeneidad espacial y temporal en la producción; (2) la diferencia en la cantidad de biomasa entre los años 2005 y 2006 es muy notable en los cercados permanentes, donde no hay influencia de los herbívoros; (3) la producción primaria es mayor en las áreas excluidas del pastoreo; (4) el pastoreo en las cargas ganaderas actuales reduce el potencial productor del pasto; y (5) la producción primaria de los pastos presenta la tendencia a responder a las precipitaciones producidas tres semanas antes aproximadamente.

**Palabras clave:** pastos de montaña, zona de exclusión, herbívoros.

### INTRODUCCIÓN

Es conocido que la productividad de las comunidades herbáceas depende en gran medida de las condiciones climáticas, sobre todo de la precipitación total y su distribución temporal (Silvertown *et al.*, 1994; Walker *et al.*, 1994), de la composición florística de la comunidad vegetal (Silvertown *et al.*, 1994) y del efecto que producen los herbívoros (Frank y McNaughton, 1993; Frank *et al.*, 2002; Loeser *et al.*, 2004; Heitschmidt *et al.*, 2005; Swemmer y Knapp, 2007).

Una sequía prolongada durante el periodo de pastoreo influye en una menor producción primaria aérea (menos cantidad de forraje, por lo tanto reducción en la capacidad de carga), un marchitamiento acelerado del pasto y consecuentemente una pérdida de calidad nutritiva (Frank & McNaughton, 1993; Heitschmidt *et al.*, 2005), y problemas de abastecimiento de agua para el ganado (puntos de agua y abrevaderos secos). Todo ello repercute en cambios imprevisibles de uso y selección del territorio por parte de los animales, modificaciones en la competencia entre distintas especies y reajustes en el reparto de los recursos tróficos.

Por ello, el objetivo principal de este trabajo fue cuantificar la biomasa y la producción primaria aérea de pastos de montaña de interés comunitario y analizar su variación mensual e interanual y el efecto del pastoreo, relacionando dicha producción con la precipitación.

## 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”. Los pastos de montaña tienen mucha importancia en dicho parque, ocupando 2.077 hectáreas (casi el 20%) y siendo la materia prima del importante sector pastoril.

### Diseño experimental

El estudio se inició en el periodo de pastoreo del 2005. Para ello se eligieron 4 zonas de muestreo en el Parque, teniendo en cuenta la carga ganadera, la distancia hasta las comunidades leñosas más cercanas, presencia o ausencia de puntos de agua, chabolas o zonas de umbría y factores abióticos tales como altitud, pendiente, exposición o sustrato. Así 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 producción primaria aérea (a partir de ahora PPA) del pasto en ausencia continua de pastoreo. La estima de la producción primaria en zonas pastadas requiere la utilización secuencial de jaulas de exclusión temporales para poder calcular el consumo de los herbívoros (Frank & McNaughton 1993). Por ello, 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. Con estas jaulas se pudo analizar si el ganado influía en la PPA (Singh *et al.*, 1975; McNaughton, 1985; Rusch & Oesterheld, 1997).

La frecuencia de muestreo fue mensual durante 2 periodos de pastoreo (de Junio a Octubre en 2005 y de Mayo a Octubre en 2006). Se utilizó el *método de corte* para recolectar la biomasa vegetal. El muestreo se llevó a cabo con siegas 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 cortaron 3 cuadrados (réplicas) de 1 m<sup>2</sup> dentro de cada cercado permanente, 3 en las jaulas móviles (3 en el 2005 y 4 en el 2006) 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 (162 muestras en el 2005 y 201 en el 2006), secándolas en estufa a 60°C durante 48 horas. Lamentablemente, en varias ocasiones encontramos las jaulas cambiadas de lugar y/o manipuladas por personas ajenas al estudio, por lo que decidimos eliminar el dato de biomasa de las mismas.

### Cálculo de la producción primaria aérea (PPA)

Elegimos el método de la “suma de los incrementos positivos de la biomasa total” (Singh *et al.*, 1975; Aldezabal, 2001) para su cálculo, aplicando las ecuaciones [1] y [2].

$$PPA_{(-H)} = C_0 + \sum [C_{n+1} - C_n] \quad [1]$$

donde,  $PPA_{(-H)}$  es la producción primaria aérea total del pasto en ausencia permanente de herbívoros (producción potencial),  $C_0$  es el promedio de la biomasa inicial obtenida en los cercados en



el primer muestreo ( $t_0$ ),  $C_n$  es el promedio de la biomasa en los cercados en el muestreo  $t_n$  y  $C_{n+1}$  es el promedio de la biomasa en los cercados en el muestreo  $t_{n+1}$ .

$$PPA_{(+H)} = J_0 + \sum [J_{n+1} - J_n] \quad [2]$$

donde,  $PPA_{(+H)}$  es la producción primaria aérea total del pasto con la influencia de herbívoros,  $J_0$  es el promedio de la biomasa inicial en las jaulas en el primer muestreo ( $t_0$ ),  $J_{n+1}$  es el promedio de la biomasa en las jaulas móviles en el muestreo  $t_{n+1}$ , y  $J_n$  es igual a  $P_{n-1}$  siendo éste el promedio de la biomasa en la zona de pastoreo en el muestreo  $t_{n-1}$ .

La biomasa total incorpora la biomasa verde (fracción viva) y la biomasa seca (fracción muerta). Para calcular la producción primaria del 2006 y comparar el efecto del pastoreo, se utilizó la biomasa verde, debido a que dentro de los cercados se había acumulado biomasa seca del periodo de pastoreo anterior (2005) y no era correcto registrarlo como crecimiento vegetal correspondiente al 2006, sólo es la fracción verde de Mayo la que corresponde a la producción de 2006. Por ello, la biomasa verde es la variable idónea para calcular la producción primaria del 2006. En el análisis del efecto del pastoreo sobre la PPA, no hemos podido incluir los datos del año 2005 por falta de muestras de las jaulas (los datos eran insuficientes para el cálculo fiable de la  $PPA_{(+H)}$ ).

Los datos de precipitación se obtuvieron por medio de la Agencia Vasca de Meteorología "Euskalmet" y corresponden a las estaciones de Agauntza, Alegi, Berastegi, Ordizia y Zegama.

### Análisis estadístico

En primer lugar, comprobamos si la variable de biomasa se ajustaba bien a la distribución normal mediante el test de Kolmogorov-Smirnov. En el caso de que la distribución no fuese normal se realizó la transformación logarítmica. Se aplicaron análisis GLM (*General Linear Model*) para analizar el efecto del año y zona de muestreo sobre la biomasa. Para explorar la relación entre los incrementos positivos de la biomasa y la precipitación caída el mes anterior se realizaron correlaciones no paramétricas (*Spearman*). Todos los análisis se llevaron a cabo con el SPSS 14.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Dinámica espacial e interanual de la biomasa en ausencia de pastoreo

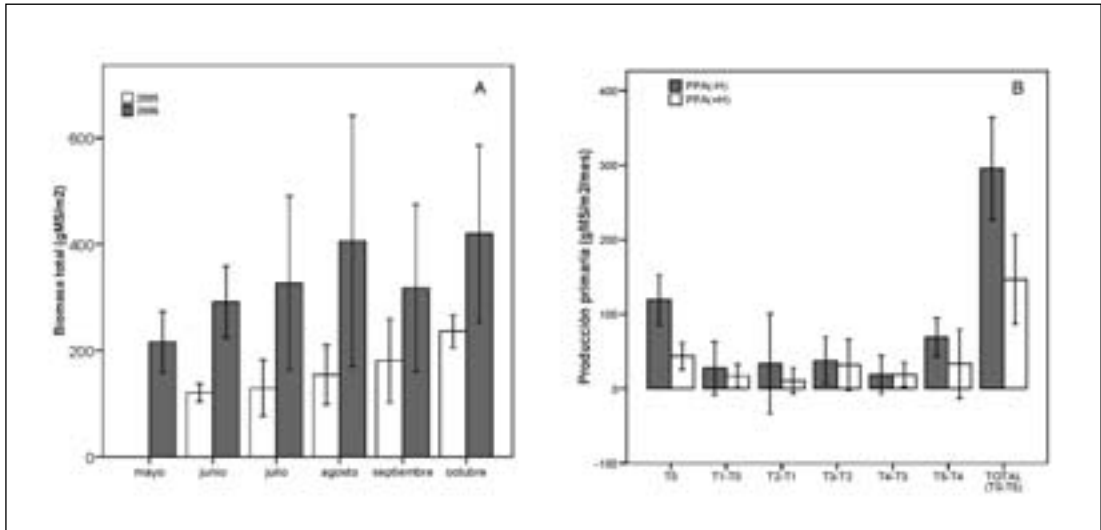
La diferencia en la cantidad de biomasa entre los años 2005 y 2006 fue muy notable en los cercados permanentes (Figura 1A). En Mayo del 2005 no se pudo muestrear. La diferencia de la biomasa total de Junio en los cercados fue significativa en los años 2005 y 2006 (GLM, "año": g.l.=1;  $F=19,1$ ;  $p<0,05$ ), pero no entre las zonas de muestreo (GLM, "zona": g.l.=3;  $F=0,5$ ;  $p>0,05$ ). La interacción entre ambos efectos está en el límite de lo significativo. En Julio se observó una tendencia parecida; la diferencia entre los años fue significativa (GLM, "año": g.l.=1;  $F=11,3$ ;  $p<0,05$ ) pero no entre las zonas (GLM, "zona": g.l.=3;  $F=4,3$ ;  $p>0,05$ ). Sin embargo, hay que recalcar que en cada año la diferencia espacial de la biomasa es significativamente diferente (GLM, "año x zona": g.l.=3;  $F=3,66$ ;  $p<0,05$ ). En Agosto, en cambio, ni el año ni la zona afectó de forma significativa sobre la biomasa, pero la diferencia espacial de la misma en cada año fue significativamente diferente (GLM, "año x zona": g.l.=3;  $F=6,7$ ;  $p<0,01$ ). En Septiembre ocurre lo mismo (GLM, "año x zona": g.l.=3;  $F=9,1$ ;  $p<0,001$ ), en Octubre también (GLM, "año x zona": g.l.=3;  $F=5,9$ ;  $p<0,05$ ).

### Efecto del pastoreo sobre la producción primaria

La producción primaria de los pastos en el año 2006 ha sido mayor en las áreas no pastadas (Figura 1B). En Mayo la  $PPA(-H)$  es muy superior comparada con la  $PPA(+H)$  ( $119,17 \text{ gm}^{-2}\text{mes}^{-1}$  y  $43,79 \text{ gm}^{-2}\text{mes}^{-1}$  respectivamente). Entre Julio y Agosto la  $PPA(-H)$  fue mayor que la  $PPA(+H)$ , pero de

Agosto a Septiembre fueron similares ( $18,75 \text{ gm}^{-2}\text{mes}^{-1}$  dentro del cercado y  $19 \text{ gMSm}^{-2}\text{mes}^{-1}$  en la zona pastada). Sin embargo, la producción primaria aumenta de Septiembre a Octubre ( $58,42 \text{ gMSm}^{-2}\text{mes}^{-1}$  en el cercado y  $25 \text{ gMSm}^{-2}\text{mes}^{-1}$  en la zona pastada). En consecuencia, la suma total de la PPA(-H) es mayor ( $295,19 \text{ gm}^{-2}\text{año}^{-1}$ ) que la de PPA(+H) ( $147 \text{ gm}^{-2}\text{año}^{-1}$ ).

**Figura 1.** Evolución temporal la biomasa total recolectada en los cercados permanentes (A) y de la producción primaria con y sin herbívoros (B). Las barras de error corresponden a la desviación estándar. T0=Mayo; T1=Junio; T2=Julio; T3=Agosto; T4=Septiembre; T5=Octubre



**Comparación interanual de la producción primaria y su relación con la precipitación**

Aunque parece haber una respuesta favorable de la PPA(-H) ante la precipitación caída durante el mes anterior (Tabla 1), no se ha encontrado una correlación significativa entre los incrementos positivos de la biomasa y la precipitación del mes anterior.

Los resultados indican que la precipitación no es el único factor que influye en la PPA y se deberían tomar en cuenta otros factores como la temperatura, la distribución temporal de las precipitaciones, radiación solar, etc. La relación de la PPA y los factores climáticos es mucho más compleja.

**Tabla 1.** Comparación entre la precipitación mensual (expresada en  $\text{mm mes}^{-1}$ ) y la PPA(-H) (expresada en  $\text{gMSm}^{-2}\text{mes}^{-1}$ ) en los periodos de pastoreo de 2005 y 2006

	2005		2006	
	precipitación	PPA(-H)	precipitación	PPA(-H)
Abril	181,65		75,80	
Mayo	89,20		48,35	↘ 216,15
Junio	11,75	↘ 120,63	121,40	↘ 85,36
Julio	10,55	↘ 27,85	47,00	↘ 41,20
Agosto	90,00	↘ 31,53	29,10	↘ 80,34
Septiembre	114,50	↘ 28,83	107,15	↘ 0,00
Octubre	71,95	↘ 40,08	73,80	↘ 102,22

## CONCLUSIONES

Para explicar la diferencia en la cantidad de biomasa en los años 2005 y 2006 hay que basarse en las condiciones meteorológicas de estos años. Según los datos de todo el año, el 2005 fue más lluvioso que el 2006. Sin embargo, la cantidad de lluvia caída durante el periodo de pastoreo (de Mayo a Octubre) fue similar en ambos, pero la distribución temporal de la precipitación fue muy distinta, sobre todo durante Junio y Julio: mientras en el año 2005 de Mayo a Junio las precipitaciones fueron escasas, en 2006 estos meses fueron más lluviosos.

La producción primaria de los pastos en el año 2006 ha sido mayor en las áreas no pastadas. Al interpretar este resultado no hay que olvidarse de que sólo ha habido un año de exclusión en el pasto que se encuentra dentro del cercado y que el descanso que ha tenido esa zona (sin la influencia de los herbívoros) ha podido derivar a una situación de “recuperación” y por consiguiente, la hierba ha podido crecer con más fuerza. Después de un periodo de precipitaciones se da un periodo de crecimiento tanto a principios de verano como a finales de la época de pastoreo.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Diputación Foral de Gipuzkoa. 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 BIBLIOGRAFICAS

- 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, Zaragoza.
- FRANK, D.A.; KUNS, M.M.; GUIDO, D.R., 2002. Consumer control of grassland plant production. *Ecology*, 83:602–606.
- FRANK, D.A.; MCNAUGHTON, S.J., 1993. Evidence for the promotion of aboveground grassland production by native large herbivores in Yellowstone National Park. *Oecologia*, 96:157–161
- HEITSCHMIDT, R.K.; KLEMENT, K.D.; HAFERKAMP, M.R., 2005. Interactive effects of drought and grazing on northern great plains rangelands. *Rangel Ecol Manage*, 58:11–19.
- LOESER, M.R.; CREWS, T.E.; SISK, T.D., 2004. Defoliation increased above-ground productivity in a semi-arid grassland. *J Range Manage*, 57:442–447.
- MCNAUGHTON, S. J., 1983. Compensatory plant growth as a response to herbivory. *Oikos*, 40: 329-336.
- MCNAUGHTON, S. J., 1985. Ecology of a grazing ecosystem: the Serengeti. *Ecological Monographs*, 55(3): 259-294.
- 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.
- SILVERTOWN, J.; DODD, M.E.; MCCONWAY, K.; POTTS, J.; CRAWLEY, M., 1994. Rainfall, biomass variation, and community composition in the park grass experiment. *Ecology* 75: 2430-2437.
- SINGH, J. S.; LAUENROTH, W. K.; STEINHORST, R.K., 1975. Review and assesment of various techniques for estimating net aerial primary production in grasslands from harvest data. *The Botanical Review*, 41(2): 181-232.

STEWART, F. E.; ENO, S. G., 1998. *Grazing Management Planning for Upland Natura 2000 Sites: A Practical Manual*. The National Trust for Scotland, Aberdeen.

SWEMMER, A.M.; KNAPP, A.K., 2007. Intra-seasonal precipitation patterns and above-ground productivity in three perennial grasslands. *J Ecol* 95: 780-788.

WALKER, M.D.; WEBBER, P.J.; ARNOLD, E.H.; EBERT-MAY, D., 1994. Effects of interannual climate variation on aboveground phytomass in alpine vegetation. *Ecology* 75: 393-408.

## **EFFECT OF GRAZING ON ABOVEGROUND PRIMARY PRODUCTION OF MOUNTAIN PASTURES (HABITAT 6320 OF EC INTEREST) AND THE RELATIONSHIP TO RAINFALL**

### **SUMMARY**

Grassland productivity depends on many factors, mainly climatic conditions as rainfall (the total amount and its temporal distribution), floristic composition and grazing effects. The objectives of this study were to quantify the standing crop (biomass) and aboveground primary production (APP) of Cantabrian mountain pastures (Aralar Natural Park, Gipuzkoa) and to examine its temporal fluctuation as well as livestock grazing effect, and the relationship between APP and rainfall. In order to calculate production in ungrazed areas, 4 fenced plots (permanent exclosures) were established and simultaneously temporal exclosures were used. From may to october of 2005 and 2006, sampling of standing crop was carried out once a month. Production of vegetation grazed during the growing season was the sum of positive increments in standing crop inside temporary exclosures (1.5 x 1.5 m, 3 or 4 per site), moved every four weeks to account for herbivory. Results indicated that: (1) there was a great spatial and temporal heterogeneity of the APP; (2) inside permanent exclosures (ungrazed area), the standing crop in 2006 was significantly higher than in 2005; (3) APP in ungrazed vegetation (inside exclosures) was higher than in grazed vegetation (outside exclosures); (4) at current stocking rate, grazing decreased the productive potential of pastures; (5) APP dynamic of pasture seems to respond to rainfall occurred three weeks before.

**Key words:** mountain pastures, ungrazed zone, herbivores.

## PREDICCIÓN DE LA BIOMASA FORRAJERA EN CERVUNALES A TRAVÉS DE MEDICIONES DE ALTURA Y COBERTURA DE COMPONENTES DEL PASTO

J. BEDIA, S. CABAÑAS, M. J. MORA Y J. BUSQUÉ

**Centro de Investigación y Formación Agrarias. C/ Héroes 2 de mayo, 27, 39600 Cantabria**

### RESUMEN

La biomasa forrajera en oferta es una de las variables fundamentales del ecosistema pastoral, sirviendo para estimar el vigor y la capacidad y tolerancia del pasto a ser utilizado por distintos herbívoros. Su medición directa es laboriosa, especialmente por la necesidad de cuantificar los distintos componentes que la forman. En el presente trabajo se expone un método indirecto de cálculo de la biomasa forrajera basado en la altura y cobertura relativas de diferentes componentes del pasto (graminoides, leguminosas y otras forbias), obtenida mediante ecuaciones de regresión múltiple. Los datos se recogieron en el Puerto de Riofrío (Cantabria), en dos tipos de cervunales orocantábricos (mesófilo e higrófilo), en 2006 y 2007 y en cuatro estaciones distintas (primavera, inicio de verano, verano y tardío). Los resultados revelaron la contribución preponderante de las graminoides respecto al resto de componentes analizados en las predicciones, y la importancia relativa de las leguminosas en primavera y verano en los cervunales mesófilos, y de otras forbias en los cervunales húmedos en primavera. Se encontraron buenos ajustes de las regresiones parciales según la estación del año, excepto para el cervunal mesófilo en 2006 debido a la escasez de precipitaciones y en el tardío en todos los casos.

**Palabras clave:** *Nardus stricta*, regresión múltiple, Cordillera Cantábrica.

### INTRODUCCIÓN

Los pastos de puerto de la Cordillera Cantábrica son comunidades vegetales pluriespecíficas de alto interés por su funcionalidad ecológica y su importancia en la viabilidad de muchos de los sistemas ganaderos extensivos del norte de España. Su existencia es el fruto de una larga co-evolución con una cultura pastoral hoy prácticamente desaparecida, imponiéndose en la actualidad nuevas pautas de manejo y aprovechamiento con inciertos efectos a medio y largo plazo sobre la vegetación. Entre estas comunidades, se encuentran los distintos tipos de cervunales, importantes por su grado de aprovechamiento pascícola y su extensión relativa dentro de los pastos de montaña (Fernández, 2007), así como por su valor prioritario para la conservación (Directiva Hábitat 92/43/CE).

Con el fin de realizar una adecuada gestión de estos ecosistemas, es necesario conocer previamente la biomasa forrajera en oferta, variable diagnóstica de gran trascendencia al proporcionar información precisa del estado productivo y vigor de la comunidad pascícola. Mientras que la determinación directa de la biomasa en oferta es relativamente costosa, especialmente cuando se analizan sus componentes de interés pastoral por separado, la estimación de la altura y la cobertura de dichas componentes es relativamente rápida y sencilla de obtener, pudiendo resultar útil

su aplicación en los cervunales de montaña como método de estimación indirecto de su biomasa aérea. En este sentido, se ha comprobado la existencia de una relación directa entre la altura del pasto y su biomasa aérea, tanto más estrecha en pastos dominados por una sola especie (Hodgson, 1990), pero también dependiente de otros factores como la estación o la cobertura herbácea (Duru y Ducrocq, 1998; Duru *et al.*, 2002). El objeto del presente trabajo es la obtención de regresiones que permitan establecer dicha relación, evaluar su capacidad predictiva e indagar en los factores que pudieran influir en su aplicabilidad.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El Puerto de Riofrío se localiza en el extremo sudoccidental de Cantabria, y es tradicionalmente aprovechado durante el estío por los pueblos de Barrio y Ledantes (Vega de Liébana). Abarca los pisos bioclimáticos subalpino y alpino, desde 1700 hasta los 2536 m.s.n.m. de Peña Prieta. Aunque la litología predominante es la silíceo, abundan los afloramientos calizos en su cabecera, y es frecuente el aporte de carbonatos procedentes de los materiales de acarreo glaciario acumulados en diversas zonas. Durante los años 2006 y 2007, se realizó un estudio de la producción y aprovechamiento de los cervunales húmedos del fondo del valle y de los mesófilos de ladera, encuadrables en las asociaciones *Luzulo carpetanae – Pedicularietum sylvaticae* y *Polygalo edmundii – Nardetum* respectivamente, a altitudes comprendidas entre 1791 y 1892 m.s.n.m.

En cada una de las zonas seleccionadas, se emplazaron cuatro jaulas de exclusión de 0,45 m<sup>2</sup> (90 x 50 cm) y 60 cm de altura en zonas homogéneas, separadas entre sí más de 15 m. Las jaulas se fueron recolocando a lo largo de la estación de muestreo en zonas próximas de similares características a su anterior emplazamiento, evitándose así posibles efectos de la exclusión prolongada. En total, se realizaron nueve controles en 2006 y 10 en 2007, abarcando la totalidad de la estación de crecimiento y pastoreo en puerto (mediados de mayo hasta mediados de octubre), con un intervalo entre cortes variable entre dos semanas en primavera, inicio de verano y tardío y tres semanas durante el verano. En cada control se realizó un corte a nivel del suelo de toda la biomasa aérea excluida del pastoreo, delimitándose una superficie de 90 x 38 cm mediante un marco rígido. Previamente al corte, se emplazó sobre idéntica área una retícula dividida en 50 cuadrantes. En el punto central de cada uno de ellos, se situó una aguja calibrada, registrándose la especie más alta en contacto con la aguja, la altura de contacto y el estado fenológico de dicha especie dentro de esa cuadrícula (vegetativo, flor, fruto, senescencia), así como el estado de la hoja en contacto (verde o seca). Cada contacto estimó un 2% de la superficie total muestreada. La biomasa cortada dentro y fuera de las jaulas fue pesada tras secarse a 60°C durante 48 h en estufa de desecación homologada. Previamente al secado, se extrajo una submuestra representativa para la determinación de la proporción de los siguientes componentes: gramínoideas, leguminosas, otras forbias y materia muerta.

Se realizaron análisis de varianzas de las variables cobertura de gramínoideas (Cg), proporción de biomasa verde sobre la biomasa total (pBv), altura media de las gramínoideas (AltG) y biomasa aérea total (Bt) frente a los efectos fijos Zona, Estación y Año y sus interacciones. Cg y pBv se transformaron al arcoseno de su raíz cuadrada, AltG a su inversa y Bt a la inversa de su raíz cuadrada, para lograr una distribución homogénea de las varianzas de acuerdo con el contraste de Levene.

Las variables independientes utilizadas en las regresiones múltiples fueron los coeficientes CH de las diferentes componentes del pasto, calculados como el producto de la altura media por la cobertura de dichas componentes, no computándose los contactos sobre hoja seca. La variable dependiente fue la biomasa aérea verde, de mayor interés pastoral que la biomasa aérea total y más predecible, debido a la distorsión que produce la presencia de materia muerta en pie. Para el cálculo de las regresiones múltiples, se aplicó el método de pasos sucesivos, con probabilidades *F* de entrada de variables de 0,05 y 0,10 de salida.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Cervunal húmedo (Tabla 1)

Los resultados por épocas revelaron buenos ajustes de las regresiones para la primavera y el inicio del verano, sensiblemente mejores en 2006 que en 2007 ( $R^2=0,920$  y  $0,975$  y  $R^2=0,847$  y  $0,714$  respectivamente). En verano de 2006 se obtuvo también un buen ajuste ( $R^2=0,835$ ), pero no así en la misma estación de 2007. Durante esta estación, la cobertura de las gramíneas no varió de forma apreciable entre años (Figura 1a), aunque sí resultó apreciable la diferencia en altura media de gramíneas y biomasa total (Figuras 1c y 1d), que indicaron un pasto más apurado en verano de 2006. Por otra parte, el carácter higrófilo de estos cervunales, no sometidos a estrés hídrico importante en ningún momento, explicaría la escasa variación en cuanto a coberturas. En el tardío, la relación entre variables no resultó significativa en 2006, pero mejoró respecto al verano anterior en el 2007. Los modelos de regresión obtenidos incluyen siempre la variable CHg, indicando la preponderancia de las gramíneas frente al resto de componentes en la explicación de la variable dependiente, salvo en la primavera de los años 2006 y 2007 por separado, donde el modelo incluye la componente "otras forbias", pudiendo deberse a la contribución relativa a la biomasa verde de algunas especies tempranas y estacionalmente muy abundantes, como *Merendera montana* (L.) Lange, *Narcissus* L. ssp. y *Pedicularis sylvatica* L. Al considerar 2006 y 2007 conjuntamente, la componente "otras forbias" no entró a formar parte del modelo, lo cual puede explicarse por un cierto desfase fenológico y de crecimiento entre años, debido a una significativa variabilidad estacional (Tabla 3).

**Tabla 1.** Regresiones obtenidas en el cervunal higrófilo, agrupadas por estaciones y años, para la variable dependiente biomasa aérea verde (Bv), introduciendo como variables predictoras los coeficientes de cobertura x altura (CH) de las componentes gramíneas (g), leguminosas (l) y otras forbias (o).

Año	Estación	R <sup>2</sup> corregida	Error Típico estimación	Sig.	Coef. CHg	Coef. CHI	Coef. CHo	Término independiente
2006	Primavera	0,920	14,79	0,006	47,503	0	49,507	-121,268
2006	Inicio verano	0,975	27,13	<0,0005	46,228	0	0	-58,001
2006	Verano	0,835	22,80	<0,0005	41,362	0	0	-88,004
2006	Tardío	*	*	N/S	*	*	*	*
2007	Primavera	0,847	21,00	<0,0005	24,250	0	28,842	-44,810
2007	Inicio verano	0,714	26,57	0,005	37,896	0	0	-78,485
2007	Verano	0,380	29,99	0,019	23,466	0	0	-2,641
2007	Tardío	0,595	20,83	0,015	40,919	0	0	-40,397
06-07	Primavera	0,692	31,34	<0,0005	29,067	0	0	-27,940
06-07	Inicio verano	0,891	44,70	<0,0005	47,906	0	0	-102,991
06-07	Verano	0,659	27,71	<0,0005	32,807	0	0	-50,275
06-07	Tardío	0,324	21,80	0,013	29,866	0	0	-8,765

### Cervunal mesófilo (Tabla 2)

Los resultados por épocas mostraron buenos ajustes en las regresiones para primavera en ambos años ( $R^2 = 0,913$  y  $0,839$  respectivamente). En 2006 no se encontraron relaciones significativas en ninguna otra estación. Por el contrario, en 2007 se obtuvieron coeficientes de regresión aceptables

en el inicio del verano y verano ( $R^2 = 0,579$  y  $0,657$  respectivamente). En primavera y verano de 2007 los modelos también incluyeron el coeficiente CH de las leguminosas, indicando su importancia relativa en la estructura de este tipo de cervunal. El diferente comportamiento entre años en estos cervunales pone de manifiesto su mayor sensibilidad al régimen estival de precipitaciones, a diferencia de los cervunales húmedos. Así, la falta de regresiones significativas, coincidentes con bajos valores de cobertura y altura de las gramíneas en 2006, correspondieron a un verano seco, mientras que 2007 se caracterizó por precipitaciones bien repartidas a lo largo de todo el verano.

**Tabla 2.** Regresiones obtenidas en el cervunal mesófilo, agrupadas por estaciones y años, para la variable dependiente Biomasa aérea verde (Bv), introduciendo como variables predictoras los coeficientes de cobertura x altura (CH) de las componentes gramíneas (g), leguminosas (l) y otras forbas (o)

Año	Estación	R <sup>2</sup> corregida	Error Típico estimación	Sig.	Coef. CHg	Coef. CHI	Coef. CHo	Término independiente
2006	Primavera	0,913	7,27	<0,0005	38,807	0	0	-43,542
2006	Inicio verano	*	*	N/S	*	*	*	*
2006	Verano	*	*	N/S	*	*	*	*
2006	Tardío	*	*	N/S	*	*	*	*
2007	Primavera	0,839	14,34	<0,0005	25,875	165,652	0	-12,536
2007	Inicio verano	0,579	13,37	0,004	17,071	0	0	31,246
2007	Verano	0,657	12,69	0,006	18,320	55,398	0	-5,110
2007	Tardío	*	*	N/S	*	*	*	*
06-07	Primavera	0,721	17,41	<0,0005	29,190	109,358	0	-21,976
06-07	Inicio verano	0,236	21,84	0,020	11,914	0	0	54,235
06-07	Verano	0,291	15,38	0,005	0	70,140	0	38,575
06-07	Tardío	*	*	N/S	*	*	*	*

**Tabla 3.** Significación de los efectos directos y combinados de la zona (Z), la estación (E) y el año (A) sobre las variables dependientes Cobertura de gramíneas (Cg), Proporción de biomasa verde sobre la biomasa total (pBv), Altura media de las gramíneas (AltG) y Biomasa aérea total (Bt), con un intervalo de confianza del 95%

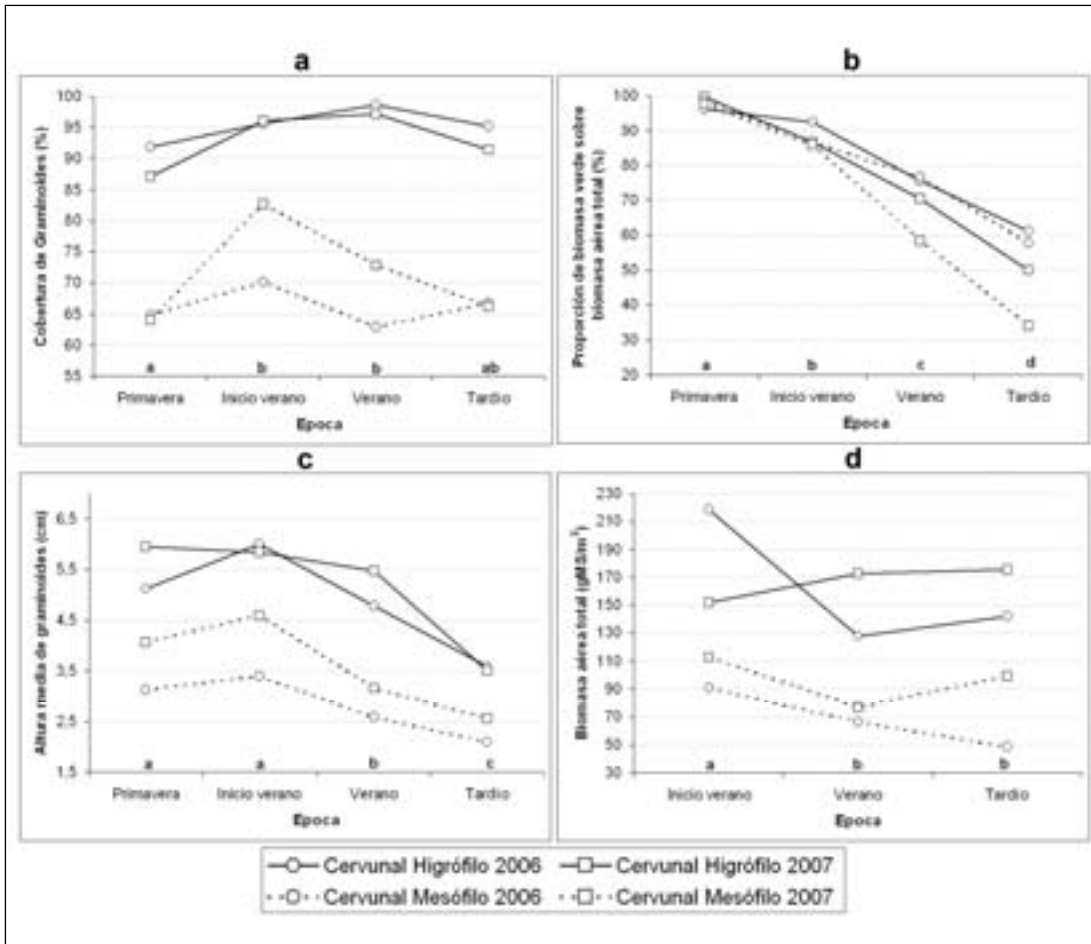
Variable dependiente	Z	E	A	Z*A	E*A	Z*E	Z*E*A
Cg	***	***	N/S	*	*	*	N/S
pBv	*	***	***	*	N/S	N/S	N/S
AltG	***	***	***	**	N/S	***	N/S
Bt(a)	***	***	***	**	**	N/S	*

\*\*\*( $p < 0,001$ ); \*\*( $p < 0,01$ ); \* ( $p < 0,05$ ); N/S = No significativo ( $p \geq 0,05$ )

(a) Se descartaron los valores correspondientes a la época de primavera, por no lograrse homogeneidad en las varianzas



**Figura 1.** Evolución de a.) Cobertura de gramíneas (Cg), b.) Proporción de biomasa verde sobre la biomasa total (pBv), c.) Altura media de las gramíneas (Altg) y d.) Biomasa aérea total (Bt) a lo largo de las estaciones de pastoreo 2006 y 2007 en ambos tipos de cervunal. Letras diferentes en la parte superior del eje X indican subconjuntos homogéneos ( $p < 0,05$ ) de acuerdo con la prueba de Tukey



## CONCLUSIONES

La relación entre una variable que integra altura y cobertura y la biomasa forrajera, varía entre tipos de cervunal, estaciones y años, lo cual no permite la predicción basada en una única ecuación. La posible aplicación de una única ecuación para cada tipo de cervunal quedaría supeditada, hipotéticamente, a la disponibilidad de una serie temporal de datos más amplia que la presentada en este trabajo. Por otro lado, la comparación entre estaciones de distintos años debería estar basada en un criterio fenológico, y no estrictamente temporal, ya que la relación entre variables es muy dependiente del estado de crecimiento del pasto.

En general, se han obtenido mejores predicciones en las estaciones de mayor crecimiento y vigor del pasto (primavera a verano en el cervunal húmedo, y mismas épocas en 2007 en el cervunal mesófilo). Por el contrario, en las estaciones de menor crecimiento y vigor, las predicciones fueron peores o no significativas (tardío en todos los tipos de pasto y de verano a tardío en el cervunal mesófilo en 2006 debido a la escasez de precipitaciones).

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación del INIA, en el marco del proyecto RTA2005-00160-CO2-00. El primer autor es también beneficiario de una beca pre-doctoral del INIA

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DURU, M.; DUCROCQ, H., 1998. La hauteur du couvert prairial: un moyen d'estimation de la quantité d'herbe disponible. *Fourrages*, 154, 173-190.

DURU, M.; FIORELLI, J.L.; PEYRE, D.; ROGER, P.; THEAU, J.P., 2002. La hauteur d'herbe au pâturage: une mesure simple pour faciliter sa conduite, un indicateur pour caractériser des stratégies. *Fourrages*, 170, 189-201.

FERNÁNDEZ, B. (Coord.), 2007. *Los pastos en Cantabria y su aprovechamiento*. CIFA (Centro de Investigación y Formación Agraria), Consejería de Desarrollo Rural, Ganadería, Pesca y Biodiversidad del Gobierno de Cantabria, 90 pp. Santander (España)

HODGSON, J., 1990. *Grazing management. Science into practice*. Longman Scientific and Technical, 203 pp. Reino Unido

## PREDICTION OF FORAGE BIOMASS IN MAT-GRASS PASTURES BY MEASUREMENTS OF HEIGHT AND COVER OF THEIR COMPONENTS

### SUMMARY

Forage biomass is an important variable in pastoral ecosystems, allowing the estimation of pasture vitality and its tolerance to be utilised by different herbivores. Its direct measurement may result painstaking, mostly due to the need of quantifying its different components. This paper presents an indirect method for predicting forage biomass based on the estimation of cover and height of different components of pasture (graminoids, legumes and other forbs) using multiple regression. Data were collected in Riofrio (Cantabria), in two types of Orocantabrian *Nardus* grasslands (wet and mesic), in 2006 and 2007 and in four different seasons (spring, early summer, summer and fall). Results showed the predominant contribution of graminoids over the other components analysed, and the relative importance of legumes in spring and summer in dry grassland and of other forbs in spring in wet grassland. Good fits were found in partial regressions depending on the season, except for the dry grassland in 2006 due to scarce rainfall and in fall in all cases.

**Key words:** *Nardus stricta*, multiple regression, Cordillera Cantábrica.

## REVISIÓN DE MÉTODOS NO DESTRUCTIVOS DE ESTIMACIÓN DE BIOMASA AÉREA EN PASTOS

J.E. LÓPEZ DÍAZ, A. GONZÁLEZ RODRÍGUEZ Y O.P. VÁZQUEZ YÁÑEZ

**INGACAL-Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo, Apdo. 10, 15080 A Coruña.  
Correo-e: juliolopezdiaz@yahoo.es**

### RESUMEN

La valoración precisa del pasto en oferta en praderas es clave para el buen manejo de los recursos propios de las explotaciones ganaderas. Los métodos comparados en este trabajo incluyen estimaciones manuales y electrónicas. Todos los métodos observados se asociaron con un error moderado-alto, mostrando que algunos métodos indirectos de estimación de rendimiento son apropiados bajo ciertas condiciones. En términos generales los métodos manuales fueron los más apropiados, pero factores como variaciones de clima, características del terreno, fenología de la planta, estructura del pasto, manejo y composición botánica deben tenerse en cuenta para hacer calibraciones locales a partir de un modelo general.

Los mejores resultados fueron obtenidos modificando modelos generales bajo condiciones y calibraciones locales. Para proporcionar a granjeros y técnicos el mejor método para manejar adecuadamente sus propios pastos, las investigaciones deben seleccionar las técnicas más convenientes que consideren la escala de la operación, la exactitud deseada y los recursos disponibles.

**Palabras clave:** altura de pasto, métodos de estimación de pasto, métodos no destructivos

### INTRODUCCIÓN

En las explotaciones ganaderas la masa de pasto se mide para una amplia gama de propósitos: composición botánica, cobertura, cantidad de materia seca, calidad, alteraciones biológicas, respuesta a fertilizantes, o para determinar su capacidad de proporcionar alimentación al ganado. Durante los últimos 70 años, se han propuesto muchos métodos indirectos no destructivos para la estimación de biomasa en pastos. Tradicionalmente, las estimaciones mediante cuadrados cortados manual o mecánicamente han sido utilizadas para evaluar el pasto en oferta. Muchos autores sostienen que esta medición directa proporciona una medida más exacta que las estimaciones indirectas, no obstante es costoso, requiere tiempo y puede demandar numerosas muestras para obtener resultados confiables (Brummer *et al.*, 1994). La alternativa a este sistema es utilizar técnicas que utilizan métodos de doble muestreo para aumentar la precisión de las valoraciones y para reducir al mínimo la cantidad de trabajo (Sanderson *et al.*, 2001). Estos métodos funcionan desarrollando una relación de regresión entre valores reales de biomasa aérea del pasto y valores predichos con variables tales como altura, área de la hoja, densidad del pasto, edad, cobertura o índices estructurales y fisiológicos obtenidos a partir de sensores próximos y remotos (Cochran, 1977). No obstante tales valoraciones se asocian generalmente a un error experimental de moderado a alto, ya que las relaciones entre variables y biomasa dependen de numerosos factores que pueden interactuar mutuamente, afectando a la exactitud de las valoraciones.

Los procedimientos tradicionales como la estimación visual (Baars y Dyson, 1981), son satisfactorios para inventarios o estimaciones generales de pasto, pero según Tucker (1980), son sensibles a variaciones entre observadores y no son cuantitativos. Durante los últimos 50 años se han ido incorporando metodologías que utilizan instrumentos más sofisticados, algunos de ellos adaptados para su uso comercial. Este trabajo hace una revisión de diversas técnicas que puedan ser útiles en estimación de la biomasa de pasto.

## TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN IN SITU

**Instrumentos manuales.** Los instrumentos más simples son el medidor de pasto (MP) y la vara graduada (VG). Una variación de ésta última, ampliamente utilizada en Europa, es el *sward stick* (Barthram, 1986). Sin embargo la altura del pasto puede ser difícil de estimar debido a la subjetividad asociada a qué planta o partes de la planta deben ser consideradas para obtener una media representativa (Heady, 1957), así que varios investigadores han incorporado un componente bidimensional en las estimaciones añadiendo varios tipos de discos o platos a la vara. Varios autores sugirieron modificaciones de este diseño como la sustitución del plato de metal por otros materiales acrílicos y transparentes con algunos indicadores para aportar datos de densidad o composición botánica bajo el área de muestreo (Rayburn y Rayburn, 1998). Vázquez *et al* (2006) sugirieron que el trabajo en conjunto de ambos instrumentos (varas y medidores de pasto) mejoran las estimaciones y aportan información adicional acerca de la estructura del pasto. El método de obstrucción visual propuesto por Robel *et al.* (1970) fue comparado en varios estudios con los métodos de estimación directa, medidores manuales y medidores electrónicos, y obtuvieron buenas correlaciones entre alturas y masa de hierba (Benkovi *et al.*, 2000; Harmony *et al.*, 1997; Vermeire *et al.*, 2000), pero según el trabajo aportado por Ganguli *et al.* (2000) no existen muchas referencias bibliográficas, y la heterogeneidad de los pastos limita la precisión de este método.

**Instrumentos electrónicos:** Con la intención de mejorar la velocidad y la precisión del muestreo se han desarrollado instrumentos más complejos como el medidor electrónico de capacitancia (electronic capacitance meter, ECM), citado por primera vez por Fletcher y Robinson (1956) y el *sward stick* sónico (sonic sward stick, SSS, Hutchings *et al.*, 1990). Una amplia variedad de ECM se han construido incorporando varias modificaciones (Campbell *et al.*, 1962; Alcock, 1964; Terry *et al.*, 1981, etc...). No obstante Murphy *et al.* (1995), encontraron que las lecturas se ven afectadas por las variaciones de humedad en el pasto, la presencia de materia muerta y no es un método exacto durante o inmediatamente después de lluvia. Tales instrumentos comerciales vienen a menudo con ecuaciones estándar, y la precisión del ajuste en estas ecuaciones depende de una correcta calibración.

Muchos estudios han demostrado que el uso de métodos indirectos de obtención de medidas usando ecuaciones estandarizadas no es representativo en diversas condiciones y situaciones, debido a variaciones del pasto, manejo o condiciones climáticas (Frame, 1993; Sanderson *et al.*, 2001). Estos autores sugirieron que un nivel de error mayor del 10% podría ser estadísticamente aceptable, pero económicamente inaplicable. Dada la variabilidad espacial y temporal inherente de los pastos, puede ser difícil que se alcance un error más bajo que el 10% propuesto, no obstante algunos autores encontraron que las calibraciones locales pueden reducir el error por debajo de este umbral (Unruh y Fick, 1998).

Tanto la aplicación de instrumentos manuales como de electrónicos plantea dificultades en algunas condiciones especiales, por ejemplo cuando se trata de evaluar la biomasa aérea que permanece en el terreno después del pastoreo. Muchos estudios en los que se compararon estimaciones pre y post-pastoreo, mostraron que las mediciones post estaban poco correlacionadas con las estimaciones, especialmente cuando el rechazo es muy corto. Murphy *et al.* (1995) atribuyeron el error a la rugosidad de la superficie del suelo combinada con el peso del plato, el cual era demasiado pesado para ser soportado por un residuo pequeño. Un problema agregado a las valoraciones post es

el efecto de la masa de hierba pisoteada o encamada, que puede afectar a las calibraciones de instrumentos. Stockdale (1984) sugirió que el pisoteo o encamado podría ser el factor principal que puede imposibilitar el uso general en praderas pastadas por rebaños lecheros. Si la masa se pisotea uniformemente, no habría problemas con cualquier medidor, sin embargo las vacas lecheras pisotean irregularmente la pradera. Stockdale y Kelly (1984) concluyeron que el corte de cuadrados era la mejor manera de estimar la masa de hierba post-pasto cuando esta es irregular. Una solución posible a este problema es estimar la proporción de pradera que se pisotea y aplicar la correspondiente ecuación de regresión a cada proporción. Por otra parte, a medida que aumenta la densidad de planta en áreas locales, el número de vástagos en un área dada aumenta, lo cual proporcionaría una resistencia local a un plato de medición.

**Método de muestreo:** El error experimental debido al método de muestreo también constituye una fuente importante de variación. De este modo, la sensibilidad de un instrumento varía con la escala espacial de trabajo, el área de muestreo y el *modus operandi* (Hutchings, 1991). Aiken y Bransby (1992) observaron diferencias significativas en las medidas de la misma masa de hierba, tomadas por cuatro observadores diferentes, así como en la selección del área representativa de muestreo, demostrando que el observador se constituye por sí mismo como otra fuente de variación. La variabilidad entre observadores fue reportada también por Earle y McGowan (1979), quienes sugirieron que las diferencias significativas entre observadores recomendaban que las lecturas de medida y calibración deberían estar tomadas por el mismo operador.

**Exactitud de las ecuaciones de calibración:** Según Rayburn (1997) el modelo lógico para sistemas rotacionales de pastoreo en los que la hierba se pasta hasta una altura corta, es una ecuación lineal que pasa a través del origen. En sistemas de pastoreo continuo donde la altura pre y post sufren variaciones, el modelo de regresión más apropiado sería utilizando un término independiente. La Tabla 1 muestra una comparación del ajuste de 87 ecuaciones encontradas en la bibliografía para varios tipos de medidores. Habitualmente el modelo de regresión más usado es lineal, no obstante algunos trabajos con MP mostraron una respuesta exponencial en los valores más altos de altura (Li *et al.*, 1998). Esta tendencia matemática ha sido observada también en el ECM (Terry *et al.*, 1981; Stockdale y Kelly, 1984). Los datos de la Tabla 1 demuestran que el mejor coeficiente de regresión por término medio ( $r^2$ ) fue encontrado en instrumentos manuales, con un valor máximo en el método de obstrucción visual ( $r^2 = 0.78$ ), seguida de MP y VG (ambos con  $r^2 = 0.72$ ), y SSS ( $r^2 = 0.69$ ). Las peores correlaciones fueron encontradas en medidores electrónicos: ECM ( $r^2 = 0.66$ ) y CA ( $r^2 = 0.50$ ).

Las técnicas de muestreo doble se aplican para calibrar los dispositivos por un modelo de regresión. La precisión de la estimación de una técnica dada puede ser evaluada ya sea por la desviación típica residual (Griggs y Stringer, 1988), o bien por una comparando las estimaciones obtenidas con la ecuación de calibración con datos obtenidos por métodos destructivos. La varianza de una muestra estimada por doble muestreo es dada por Cochran (1977), y modificada posteriormente por Bransby *et al* (1977). Otras fórmulas similares han sido dadas por McIntyre (1978) y simplificadas por Michell (1982). Todas ellas demuestran que la calibración en condiciones locales es el mejor método para disminuir el error experimental.

**Tabla 1.** R<sub>2</sub> medio de las ecuaciones de 87 estudios (N) en la bibliografía.

Meter	Season	R <sub>2</sub>	Equations (N)
Canopy analyzer	Annual	0,32	1
	Summer	0,67	1
	Mean	0,5	2
Capacitance meter	Annual	0,58	8
	Spring	0,66	6
	Summer	0,81	4
	Autumn	0,86	1
	Winter	0,82	1
	Mean	0,66	20
	Pasture ruler	Annual	0,49
Pasture ruler	Spring	0,78	3
	Summer	0,81	2
	Autumn	0,81	1
	Mean	0,72	8
	Plate meter	Annual	0,68
Plate meter	Spring	0,7	13
	Summer	0,73	11
	Autumn	0,73	2
	Winter	0,88	1
	Mean	0,72	40
	Sward stick	Annual	0,76
Sward stick	Spring	0,61	5
	Mean	0,69	13
	Visual obstruction	Annual	0,79
Visual obstruction	Spring	0,66	1
	Summer	0,87	1
	Mean	0,78	4
	Weighted mean	0,68	87

## CONCLUSIONES

Muchos trabajos han demostrado que la estimación no destructiva de la biomasa aérea de los pastos es estadísticamente aceptable dependiendo del instrumento y procedimiento de medición, así como de las ecuaciones de calibración. La elección depende de la escala de trabajo, recursos disponibles y de la precisión requerida. En términos generales los instrumentos manuales comparados con los electrónicos muestran un mejor comportamiento estadístico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AIKEN, G.E.; BRANSBY, D.I., 1992. Observer variability for disk meter measurements of forage mass. *Agronomy Journal*, 84: 603-605.
- ALCOCK, M.B., 1964. An improved electronic instrument for estimation of pasture yield. *Nature*, 203: 1309-1310.
- BAARS, J.A.; DYSON, C.B., 1981. Visual estimates of available herbage on hill country sheep pastures. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, 9: 157-160.
- BARTHAM, G.T., 1986. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: *Hill Farming Research*, 29-30. Organisation Biennial Report 1984-85. HFRO, Edinburgh.
- BENKOBI, L.; URESK D.W.; SCHENBECK, G.; KING, R.M., 2000. Protocol for monitoring standing crop in grasslands using visual obstruction. *Journal of Range Management*, 53: 627-633.
- BRANSBY, D.I.; MATCHES, A.G.; KRAUGE, G.P., 1977. Disk meter for rapid estimation of herbage yield in grazing trials. *Agronomy Journal*, 69: 393-396.
- BRUMMER, J.E.; NICHOLS J.T.; ENGEL, R.K.; ESKRIDGE, K.M., 1994. Efficiency of different quadrat sizes and shapes for sampling standing crop. *Journal of Range Management*, 47: 84-89.
- CAMPBELL, A.G., PHILLIPS, D.S.M; O'REILLY, E.D., 1962. An electronic instrument for pasture yield estimation. *Journal of the British Grassland Society*, 17: 89-100.
- COCHRAN, W.G., 1977. Sampling techniques. 3<sup>rd</sup> Edition. Ed. John William & Sons, New York (USA).
- EARLE, D.F.; MCGOWAN A.A., 1979. Evaluation and calibration of an automated rising plate meter for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 19: 337.
- FLETCHER, J.E.; ROBINSON, M.E., 1956. A capacitance meter for estimating forage weight. *Journal of Range Management*, 9: 96-97.
- FRAME, J., 1993. Herbage mass. In: *Sward Measurement Handbook*, 59-63. A. Davies et al. (eds.). The British Grassland Society, Reading (UK).
- GANGULI, A.C.; VERMEIRE, L.T.; MITCHELL, R.B.; WALLACE, M.C., 2000. Comparison of four non-destructive techniques for estimating standing crop in shortgrass plains. *Agronomy Journal*, 92: 1211-1215.
- GRIGGS, T.C.; STRINGER, W.C., 1988. Prediction of alfalfa herbage mass using sward height, ground cover and disk technique. *Agronomy Journal*, 80: 204-208.
- HARMONEY, K.R.; MOORE, J.K.; GEORGE, J.R.; BRUMMER, A.C.; RUSSELL, J.R., 1997. Determination of pasture biomass using four indirect methods. *Agronomy Journal*, 89: 665-672.
- HEADY, H.F., 1957. The measurement and value of plant height in the study of herbaceous vegetation. *Ecology*, 38: 313-320.
- HUTCHINGS, N.J., 1991. Spatial heterogeneity and other sources of variance in sward as measured by the sonic and HFRO sward sticks. *Grass and Forage Science*, 46: 277-282.
- LI, G.D.; HELYAR, K.R.; CASTLEMAN, L.J.; NORTON, G.; FISHER, R.P., 1998. The implementation and limitations of using a falling plate meter to estimate pasture yield. In: *Agronomy - Growing*

- a Greener Future, *Proceedings of the 9th Australian Agronomy Conference, July 1998*, 20-23. D.L. MICHALK; J.E. PRATLEY (Eds.). Sydney (Australia).
- McINTYRE, G.A., 1978. Statistical aspects of vegetation sampling. In: *Measurement of Grassland Vegetation and Animal Production*, 8-21. L. MANNETJE (Ed.). Bull.52. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farham Royal, UK.
- MICHELL, P., 1982. Value of a rising-plate meter for estimating herbage mass of grazed perennial ryegrass-white clover swards. *Grass and Forage Science*, 37: 81-87.
- MURPHY, W.M.; SILMAN, J.P.; MENA, A.D., 1995. A comparison of quadrat, capacitance meter, sward stick, and rising plate for estimating herbage mass in a smooth-stalked, meadowgrass-dominant white clover sward. *Grass and Forage Science*, 50: 452-455.
- RAYBURN, B., 1997. An acrylic pasture weight plate for estimating forage yield. University Extension Service. <http://www.caf.wvu.edu/~forage/pastplate.htm>.
- RAYBURN, B.; RAYBURN, S.B., 1998. A standardised plate meter for estimating pasture mass in on-farm research trials. *Agronomy Journal*, 90: 238-241.
- ROBEL, R.J.; BRIGGS, HULBERT, L.C., 1970. Relationships between visual obstruction measurements and weight of grassland vegetation. *Journal of Range Management*, 23: 295-297.
- SANDERSON, M.A.; ROTZ, C.A.; FULTZ, S.W.; RAYBURN, E., 2001. Estimating forage mass with a commercial capacitance meter and pasture ruler. *Agronomy Journal*, 93: 1281-1286.
- STOCKDALE, C.R., 1984. Evaluation of techniques for estimating the yield of irrigated pastures intensively grazed by dairy cows. 2. The rising plate meter. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 24: 305-311.
- STOCKDALE, C.R.; KELLY, K.B., 1984. A Comparison of a rising-plate meter and an electronic capacitance meter for estimating the yield of pastures of dairy cows. *Grass and Forage Science*, 39: 391-394.
- TERRY, W.S.; HUNTER, D.H.; SWINDEL B.F., 1981. Herbage capacitance meter: an evaluation of its accuracy in Florida rangelands. *Journal of Range Management*, 34: 240-241.
- TUCKER, C.J., 1980. A critical review of remote sensing and other methods for non-destructive estimation of standing crop biomass. *Grass and Forage Science*, 35: 177-182.
- UNRUH, L.J.; FICK, G.W., 1998. Equations for a commercial rising plate meter to predict yield of orchardgrass and white clover pastures. In: *1998 Agronomy Abstracts*, 149, ASA, Madison, WI (USA).
- VÁZQUEZ, O.P., GONZÁLEZ, A., LÓPEZ, J.E., 2006. Descripción de la evolución de la altura y producción de una pradera durante el pastoreo de primavera con vacas de leche. In: *Producciones agroganaderas. Gestión eficiente y conservación del medio natural*. XLV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP). Vol. I: 191-198
- VERMEIRE, L.T.; GILLEN, L.R., 2001. Estimating herbage standing crop with visual obstruction in tallgrass prairie. *Journal of Range Management*, 54: 57-60



---

## COMPARISON OF NON-DESTRUCTIVE METHODS FOR MEASURING GRASS YIELD

### SUMMARY

Accurate assessment of forage mass in pastures is a key to budgeting forage in grazing systems. Different non-destructive techniques to measuring pasture yield are commented. The methods compared include manual and electronic pasture meters. All methods are associated with a moderate to high error, showing that some indirect methods of yield estimation are appropriate under certain conditions. In general terms manual methods were found as the most appropriate but many factors as climate variations, soil characteristics, plant phenology, pasture management and species composition must be used to make local calibrations from a general model. Best results were found modifying general methods under local calibrations and under local conditions. In order to give farmers the best method to manage adequately their own grazing systems, researches must select the most suitable technique considering the scale of operation, the desired accuracy and the resources available.

**Key words:** forage mass, estimation methods, pasture yield, non-destructive measuring.



## APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA NIRS PARA EL ANÁLISIS DE CALIDAD DE LAS GRAMÍNEAS DEL S.O. DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

M.J. POBLACIONES<sup>1</sup>, S. RODRIGO<sup>1</sup>, L. OLEA<sup>1</sup>, N. SIMÕES<sup>2</sup>  
Y M.M. TAVARES-DE-SOUSA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Escuela de Ingenierías Agrarias (EIA) Universidad de Extremadura. Carretera de Cáceres s/n, 06071 Badajoz, España.* <sup>2</sup> *Estação Nacional de Melhoramento de Plantas (ENMP). Apartado 6, 7350-951 Elvas, Portugal*

### RESUMEN

En el presente trabajo se desarrollan ecuaciones de calibración mediante Espectroscopia de Reflextancia en el Infrarrojo Cercano (NIRS) (1100-2500 nm), para el análisis de la humedad, proteína bruta, digestibilidad, fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND) y lignina ácido detergente (LAD) en gramíneas. La colección de muestras consistió en 321 muestras procedentes de dos cortes durante los años agrícolas 2005/06 y 2006/07 siendo 111 de *Dactylis glomerata* L., 125 de *Festuca arundinacea* Schreb, 29 de *Lolium perenne* L. y 56 de *Phalaris aquatica* L. procedentes del Plan de Mejora de especies forrajeras perennes localizado en la Estação Nacional de Melhoramento de Plantas (Elvas, Portugal). Las ecuaciones de calibración se obtuvieron mediante el método de regresión PLSR (mínimos cuadrados parciales), aplicando previamente diferentes pre-tratamientos de la señal. La tecnología NIRS permite predecir, de forma rápida y no destructiva, todos los parámetros analíticos estudiados. Las ecuaciones de humedad, proteína bruta, FAD, FND y digestibilidad, presentan una elevada precisión y exactitud, con valores del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) comprendido entre 0,85 y 0,98 y con unos errores (ETVC) similares o ligeramente superiores a los errores del método de referencia (ETL). La ecuación desarrollada para la LAD no alcanzó el valor de  $R^2 \geq 0,50$  que es el umbral mínimo para considerar aceptable una calibración.

**Palabras clave:** NIRS, valor nutritivo, proteína bruta, digestibilidad

### INTRODUCCIÓN

El incremento de las variables a estudiar en relación a la calidad en un proceso de mejora de plantas, aumenta de forma considerable las posibilidades de éxito del mismo (Hymowitz *et al.*, 1974; Rubel, 1994; Koel, 1998) lo que provoca la necesidad de realizar un gran número de análisis (Murray, 1996; Fassio y Cozzolino, 2004). Aunque los métodos tradicionales de análisis ofrecen una alta precisión, suelen ser lentos, costosos y necesitan de mano de obra, muchas veces especializada (Gáspár *et al.*, 2005). La disponibilidad de métodos rápidos y no destructivos para la evaluación de los componentes de la calidad de las plantas es un factor determinante en el éxito de procesos de mejora genética.

La espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) es una técnica multiatributo, con una amplia aplicación para el análisis de las características cuantitativas en productos agrícolas (Shenk y Westerhaus, 1993; Batten, 1998). Se fundamenta en la quimiometría, es decir, la aplicación de las matemáticas y estadística a la química analítica. Es una tecnología multidisciplinar que combina la

espectroscopia, la estadística y la computación y genera modelos matemáticos que pueden relacionar entre otros modelos cuantitativos a través de la relación de la composición química con cambios de energía en la región correspondiente al rango infrarrojo cercano.

Diferentes trabajos han estudiado la aplicación de la tecnología NIRS para la determinación de diferentes parámetros de calidad en forrajes (García-Criado *et al.*, 1977; Brown y Moore, 1986). En el presente trabajo se estudia la determinación de la proteína bruta, humedad, fibra y digestibilidad en las principales especies y variedades de gramíneas presentes en los pastos de la dehesa del S.O. de la Península Ibérica utilizando la espectroscopía de infrarrojo cercano NIRS.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los espectros NIRS se obtuvieron en un equipo automático Infra-Alyzer Technicom, modelo 500 (NIRS Systems, Inc.). Los datos espectrales se recogieron cada dos nm en el rango espectral de 1100 a 2500 nm y haciendo uso del software Sesame 3.01. Para ello se utilizó una cápsula de polietileno de 5 g de capacidad con un cristal de cuarzo. Cada muestra fue analizada dos veces y el espectro medio fue empleado para la calibración.

Las colecciones de muestras utilizadas para el análisis NIRS, tanto para el grupo de calibración como de validación, fueron seleccionadas recorriendo todo el rango de variabilidad tanto química como espectral existente en la población. Un total de 321 muestras procedentes de dos cortes (invierno y principio de primavera) durante los años agrícolas 2005/06 y 2006/07 siendo 111 de *Dactylis glomerata* L., 125 de *Festuca arundinacea* Schreb, 29 de *Lolium perenne* L. y 56 de *Phalaris aquatica* L. procedentes del Plan de Mejora de especies forrajeras perennes localizado en la Estação Nacional de Melhoramento de Plantas (Elvas, Portugal) molidas a un diámetro inferior a tres mm. Se seleccionaron, al azar y recorriendo todo el rango, 293 muestras para obtener las ecuaciones de calibración y las restantes se utilizaron para validar los modelos obtenidos.

Se determinó: la humedad a peso constante, por desecación a 105 °C; el contenido en nitrógeno total mediante el método Kjeldahl (AOAC, 1990), multiplicándolo por el factor 6,25 para la determinación del contenido de proteína bruta; la digestibilidad mediante el método de Pepsina celulosa; fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND) y lignina ácido detergente (LAD) determinadas mediante los procedimientos descritos por Goering y Van Soest (1970).

Las calibraciones fueron desarrolladas usando el software "Sesame" (versión 3.01 Bran+Luebbe). Para la obtención de los mejores resultados para cada parámetro a calibrar, se utilizaron diferentes pre-tratamientos de la señal a los datos de absorbancia o log 1/R. En concreto se evaluaron los pre-tratamientos de normalización y primera derivada, frente al uso de log 1/R. Se estudiaron los tres casos, escogiendo para cada ecuación, el tratamiento más adecuado.

Se utilizó la regresión por mínimos cuadrados parciales (PLSR) para relacionar los espectros NIRS con los datos de referencia. Se obtuvieron como estadísticos de la regresión los errores entre los datos espectrales y los de referencia (laboratorio), el error estándar de validación cruzada (ETCV), el coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>), el error estándar de laboratorio (ETL) (Mark y Workman, 1991). El coeficiente máximo de determinación (R<sup>2</sup>max) fue también calculado.

$$ETCV = \sqrt{\frac{\sum (C_x - C_i)^2}{n - 1}} \quad ETL = \sqrt{\frac{\sum (C_x - C)^2}{m}} \quad R^2 \max = 1 - \left( \frac{SEL}{SD} \right)^2$$

DDonde Ci es el valor de referencia, Cx es el valor predicho por el NIRS, n el número de muestras utilizadas en el modelo y m es el número de muestras utilizadas en validación.

Un proceso de validación externa se llevó a cabo para determinar la precisión de las ecuaciones obtenidas en el proceso de calibración para cada uno de los parámetros analizados. Para evaluar la precisión de dichas ecuaciones, diferentes estadísticos fueron utilizados, fundamentalmente el coeficiente de determinación (r<sup>2</sup>) (Shenk y Westerhaus, 1995).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se detalla, para los colectivos de calibración y validación provenientes de los años agrícolas 2005-06 y 2006-07, la media, rango, desviación estándar y el número de “outliers” (muestras consideradas como anómalas por el modelo y que han sido eliminadas del conjunto de muestras de calibración). Se recomienda que este número sea inferior al 20% del total de muestras para que se considere válida la calibración. Se puede observar que, para cada uno de los parámetros analizados, las muestras elegidas recorren un amplio rango, cubriendo toda la variabilidad existente en el S.O. de la Península.

**Tabla 1.** Número de muestras anómalas, de muestras, media, rango y desviación estándar de la proteína bruta, humedad, FAD, FND, LAD y digestibilidad en los conjuntos de muestras empleadas para calibración y validación en el NIRS

Propiedad	n muestras anómalas		n	Media	DS	Rango
Proteína Bruta (%)	16	Cal	293	16,27	4,28	7,21 – 25,82
		Val	24	17,10	4,32	9,4 – 25,4
Humedad (%)	10	Cal	293	6,02	1,68	2,92 – 9,28
		Val	24	6,10	1,72	3,28 – 8,68
FAD (%)	25	Cal	293	29,80	3,54	19,0 – 42,0
		Val	24	28,95	4,58	18,5 – 37,6
FND (%)	38	Cal	293	48,54	6,13	29,4 – 63,0
		Val	24	47,82	7,21	28,5-59,6
LAD (%)	26	Cal	293	4,56	0,95	2,36 – 7,05
		Val	24	4,65	1,09	2,27-9,6
Digestibilidad	15	Cal	293	65,33	8,19	44,9 – 84,3
		Val	24	67,73	9,17	52,2 – 84,7

En la Tabla 2 se muestran los estadísticos utilizados para la evaluación de las ecuaciones de predicción por NIRS. Se puede observar como el coeficiente de determinación en calibración ( $R^2$ ) es mayor de 0,90 en proteína bruta, FAD, FND y digestibilidad y muy próximo a dicho valor para la humedad (Tabla 2 y Fig. 1). Esto indica, según Shenk y Westerhaus, (1993), que son modelos NIRS con un grado de precisión excelente. El conjunto de muestras de validación cumplen las premisas necesarias para considerar válido el modelo, ya que los coeficientes de determinación en validación ( $r^2$ ) son mayores de 0,60 (Tabla 2).

**Tabla 2.** Parámetros estadísticos; error estándar de laboratorio (ETL); error estándar de validación cruzada (ETCV); error estándar de validación (ETV); coeficiente de determinación en calibración ( $R^2$ ) y validación ( $r^2$ ) y el coeficiente de determinación máximo ( $R^2_{max}$ ) de las ecuaciones de predicción NIRS para los parámetros analizados

Propiedad	Tratamiento matemático	ETL	ETCV	ETV	$R^2$	$R^2_{max}$	$r^2$
Proteína Bruta (%)	Absorbancia	0,61	0,80	0,83	0,96	0,98	0,96
Humedad (%)	Normalización	0,43	0,73	0,85	0,86	0,93	0,74
FAD (%)	1ª Derivada	0,75	0,82	0,83	0,96	0,96	0,97
FND (%)	1ª Derivada	1,00	1,71	2,44	0,94	0,97	0,91
LAD (%)	Absorbancia	1,10	1,10	1,16	0,46	0,35	0,26
Digestibilidad	Absorbancia	1,55	2,29	2,32	0,93	0,96	0,93

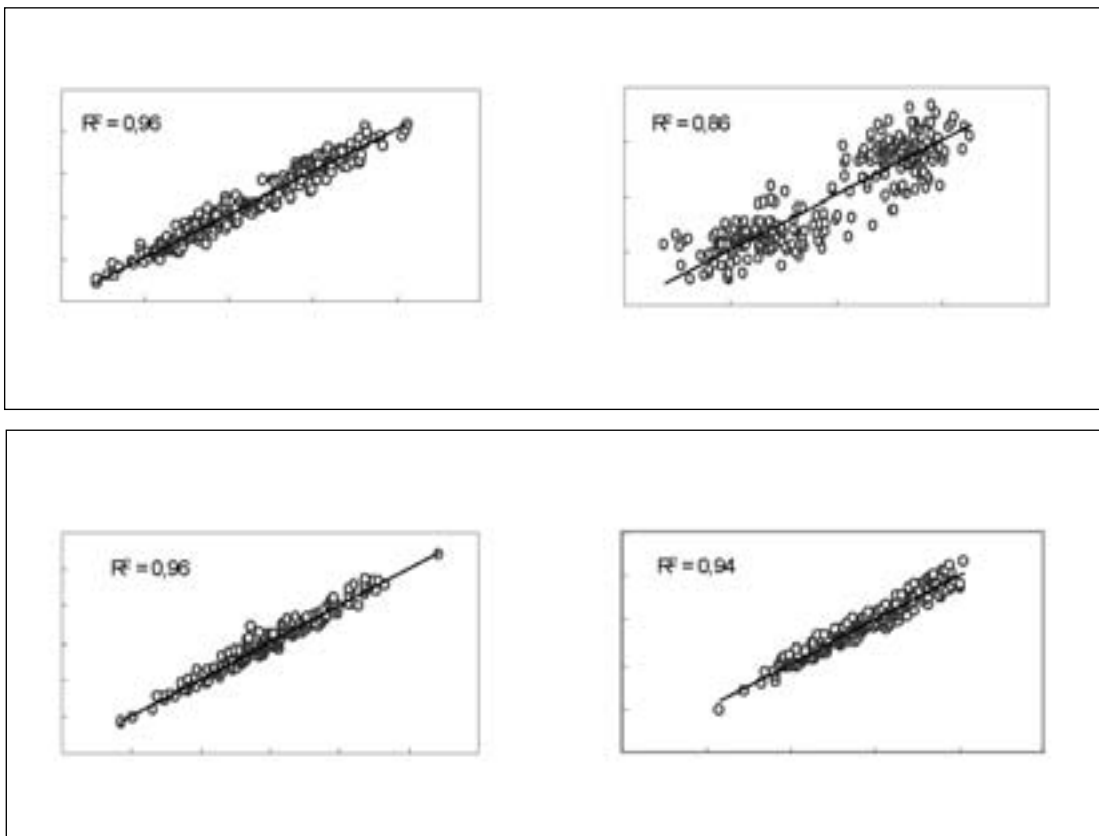
Las ecuaciones de calibración obtenidas para la proteína bruta, indicador fundamental de la calidad de una gramínea, tuvieron una precisión excelente tanto por el coeficiente de determinación obtenido (0,96), prácticamente igual que el coeficiente de determinación máximo para calibración ( $R^2_{max} = 0,98$ ), como por las pequeñas diferencias existentes entre el ETL, ETCV y ETV.

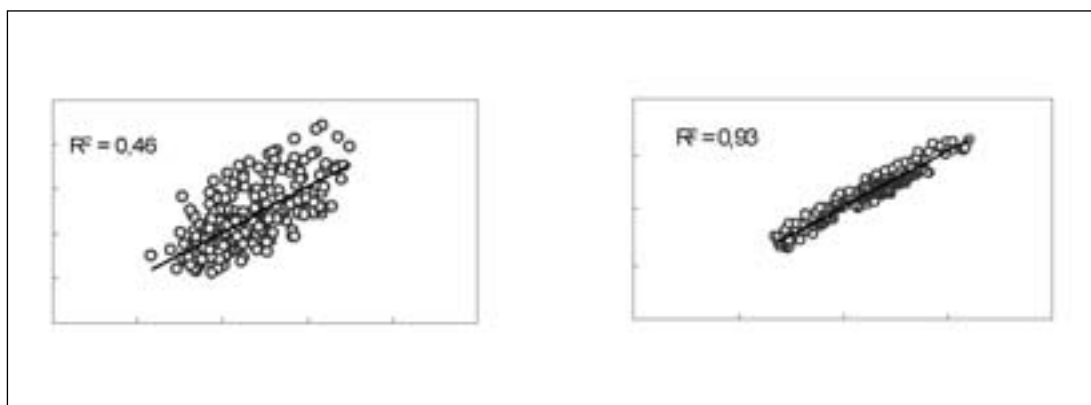
El contenido en humedad residual varió con el tiempo de conservación en el laboratorio, y con el tiempo transcurrido entre el análisis y la lectura NIRS, lo que puede explicar los altos ETCV obtenidos para este parámetro (Tabla 2 y Fig. 1), al igual que apunó Cozzolino *et al.* (2003). Es probable que el método de análisis utilizado (estufa a 105 °C) no sea el más recomendado como método de referencia para la obtención de calibración NIRS (Shenk y Westerhaus, 1993; Murray, 1996 y Alomar *et al.* 1999).

El contenido en fibra es otro de los parámetros de gran interés en la determinación de la calidad de las gramíneas. El poder de predicción del NIRS decrece con el aumento de la complejidad, esto explicaría como la predicción de la FAD es mejor que la de la FND, no por los valores alcanzados por el  $R^2$ , que son excelentes para ambos casos, sino por la mayor diferencia existente entre el ETL, ETCV y ETV en el segundo caso. En el caso de la LAD para los colectivos de muestras empleados, la precisión baja al tener una baja desviación típica lo que concuerda con la ecuación de Workman para el  $R^2_{max}$ .

La digestibilidad, a pesar de ser un parámetro bastante complejo, fue calibrado y validado con una precisión excelente, existiendo, eso sí, diferencias considerables entre ETL y ETCV, lo que se puede atribuir a la mencionada complejidad (Tabla 2 y Fig 1).

**Figura 1.** Comparación entre el valor de referencia y el predicho por el NIRS para la proteína bruta (PB), humedad, FAD, FND, LAD y digestibilidad para el grupo de muestras de calibración





## CONCLUSIONES

Los modelos de calibración desarrollados mediante espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) se pueden considerar aptos por la gran rapidez, exactitud y cuantificación, de forma no destructiva, de la proteína, humedad, FAD, FND y digestibilidad para las gramíneas.

## AGRADECIMIENTOS

Trabajos basados en el ensayo de materia seca del Proyecto PERMED (WP3-T2), n° de contrato INCO-CT-2004-509140

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALOMAR, D.; FUCHSLOCHER, R.; STOCKEBRAND. 1999. Effects of oven-or freeze drying on chemical composition and NIR spectra of pasture silage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 80: 309-319.
- AOAC, 1990. Official methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, USA.
- BATTEN, G.D. 1998. Plant analysis using Near infrared spectroscopy (NIRS): the potential and the limitations. *Aust. J. Exp. Agr.* 38, 697-706.
- BROWN, W.F.; MOORE, J.E. 1986. Analysis of forage research samples utilizing a combination of wet chemistry and near infrared reflectance spectroscopy. *J. Anim. Sci.* 64: 271-282.
- COZZOLINO, D.; FASSIO, A.; FERNÁNDEZ, E. 2003. Use of near infrared reflectance spectroscopy to analyze corn silage quality. *Agricultura Técnica* 63: 9 pp. Chillán (Chile).
- FASSIO, A.; COZZOLINO, D. 2004. Non-destructive prediction of chemical composition in sunflower seeds by near infrared spectroscopy. *Industrial Crops and Prod.* 20: 321-329.
- GARCÍA-CRIADO, B.; LEÓN, L.; GARCÍA-CIUDAD, A. 1977. Determinación directa de proteína, NDF, ADF, lignina; DNDf y DMD en plantas herbáceas mediante reflectancia de infrarrojos. *Revista Pastos*, 112-127.
- GÁSPÁR, M.; JUHÁSZ, T.; SZENGYEL, Z.; RÉCZEY, K. 2005. Fractionation and utilization of corn fibre carbohydrates. *Process. Biochem.* 40, 1183-1188.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. 1970. Forage fibre analysis: apparatus, reagents, procedures and some applications. USDA-ARS Agric. Handbook N° 379. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.

- HYMOWITZ, T.; DUDLEY, J.W.; COLLINS, F.I.; BROWN, C.M. 1974. Estimations of protein and oil concentration in corn, soyabean and oat seed by near infrared light spectroscopy. *Crop. Sci.* 14, 713-715.
- JIN, S.; CHEN, H. 2007. Near-infrared analysis of the chemical composition of rice straw. *Industrial Crops and Prod.* 26, 207-211.
- KOEL, R.J. 1998. Evaluation of near infrared reflectance for oil content in cottonseed. *J. Cotton Sci.* 2, 23-26.
- MARK, H.; WORKMAN, J. 1991. *Statistics in spectroscopy*. Academic Press Inc. New York, USA.
- MURRAY, I. 1996. The value of traditional analytical methods and Near infrared spectroscopy (NIRS) to the feed industry. In: Garnsworthy, P. (Ed.), *recent Advances in Animal Nutrition*. University of Nottingham Press, U.K. 87 pp.
- RUBEL, G. 1994. Simultaneous determination of oil and water content in different oilseeds by pulsed nuclear magnetic resonance. *J. Am. Oil. Chem. Soc.* 71, 1057-1062.
- SHENK, J.S.; WESTERHAUS. M.O. 1993. Near Infrared Reflectance Analysis with Single and Multi-product Calibrations. *Crop Sci* 33:582-584
- SHENK, J.S.; WESTERHAUS. M.O. 1995. *Analysis of agriculture and food products by near infrared reflectance spectroscopy*. 116 pp. Monograph. Infrasoft International, Port Matilda, Pennsylvania, USA.

## NIRS TECHNIQUES APPLICATION FOR QUALITY ANALYSIS IN GRAMINEAE SP. IN THE SOUTH-WEST OF THE IBERIAN PENINSULA

### SUMMARY

In the present paper, NIR equations for moisture, crude protein (CP), digestibility, acid detergent fibre (FAD), neutral detergent fibre (FND) and acid detergent lignin (LAD) were developed. Sample set consist of 321 samples from two different cuts during 2005/2006 and 2006/2007 years, being 111 samples of *Dactylis glomerata*, 125 of *Festuca arundinacea*, 29 of *Lolium perenne* and 56 of *Phalaris aquatica*. Every sample was taken from the Improvement Plan in Perennial Forage Species, placed in the National Plant Improvement Station in Elvas (Portugal). The equations were developed with PLSR (Partial Least Square Regression), applying previously different signal pre-treatments. NIRS technology allows predicting, in a fast and non destructive way, every analytic studied parameters. Moisture, crude protein, ADF, NDF and digestibility equations show high accuracy and precision, with coefficients of determination ( $R^2$ ) between 0.85 and 0.98, and with errors (SECV) similar or slightly high to the ones in reference method (SEP). ADL equation did not get the minimum  $R^2$  value ( $R^2 \geq 0.5$ ) to consider a calibration acceptable.

**Key words:** NIRS, nutritional value, crude protein, digestibility.



## CALIDAD HIGIÉNICA DE PIENSOS, LECHE Y ENSILADOS DE HIERBA Y MAÍZ EN EXPLOTACIONES LECHERAS DE GALICIA

B. FERNÁNDEZ-LORENZO<sup>1</sup>, M. L. BARREAL<sup>2</sup>, G. FLORES<sup>1</sup>, A. GONZÁLEZ-ARRÁEZ<sup>1</sup>, J. VALLADARES<sup>1</sup>, P. CASTRO<sup>1</sup> Y S. PEREIRA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Apdo 10, 15080 A Coruña.

<sup>2</sup> Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL). Carretera N-VI, 15640 Guisamo, A Coruña.

### RESUMEN

En este trabajo se hace una descripción bastante detallada de la calidad higiénica de una muestra representativa de los ensilados, leche y piensos de las explotaciones lecheras de Galicia. Durante tres años se tomaron 140 muestras de leche cruda, 138 de concentrado, 243 de ensilado de maíz y 234 de ensilado de hierba, en 76 explotaciones. Se detectó *Escherichia coli* en el 94 % de las muestras de leche, *Listeria monocytogenes* en el 3% y aflatoxina M1 en una muestra, con una concentración de 29 ppt, inferior al límite legal. Sólo el 64 % mostraron buena calidad en cuanto al contenido en esporas de *Clostridium tyrobutiricum*. No se detectó aflatoxina B1 en ninguna muestra de concentrado. De cada silo grande se tomaron dos muestras, una favorable, en el centro del silo desechando la capa superior, y otra desfavorable, en el lateral incluyendo la parte superior. La calidad higiénica fue inferior en las muestras desfavorables, peor compactadas y más próximas a la superficie, lo que prueba que es posible mejorar la calidad microbiológica mejorando las técnicas de compactación y sellado de los silos.

**Palabras clave:** *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, mohos, levaduras, Clostridios.

### INTRODUCCIÓN

El principal objetivo en la elaboración del ensilado debe ser maximizar la conservación del valor nutritivo del forraje original y garantizar su calidad higiénica. La flora microbiana presente en el ensilado juega un papel central en el éxito del proceso. Ésta se puede dividir en beneficiosa e indeseable. En el primer grupo, se encuentran las bacterias productoras de ácido láctico y, en el segundo, los microorganismos implicados en los procesos de deterioro anaeróbico, como clostridios y enterobacterias, y en el deterioro aeróbico, como levaduras, mohos o listeria. Muchos de estos microorganismos no sólo disminuyen el valor nutricional del ensilado sino que, además, pueden tener un efecto negativo en la calidad de la leche y en la salud animal y humana (Driehuis y Oude Elferink, 2000).

Las enterobacterias forman un amplio grupo de organismos anaeróbicos facultativos, dentro del que se encuentran dos de las bacterias potencialmente patógenas que podemos encontrar en los ensilados, *Escherichia coli* y *Salmonella spp.* Estas son habitantes del tracto intestinal del hombre y otros vertebrados, por lo que su presencia se usa como indicador de contaminación fecal en alimentos para el ganado (Maciorowski et al., 2007).

Los clostridios son bacterias anaerobias formadoras de endosporas. El recuento de clostridios sulfitorreductores, usado como indicador de calidad higiénica en alimentos, incluye especies patógenas para hombre y animales, como *C. botulinum* y *C. perfringens*, poco frecuentes en los ensilados, y la especie no patógena *C. tyrobutiricum*, cuya presencia es más común. Sus esporas sobreviven el paso por el tracto digestivo y se encuentran en las heces que finalmente pueden contaminar la leche. La fermentación butírica consecuencia de la presencia de los clostridios no sólo interfiere con la fermentación láctica en la elaboración de ensilados y quesos, sino que también es responsable de una abundante producción de gas, lo que causa en los quesos duros y semiduros el defecto conocido como “soplado tardío” (McDonald *et al.*, 1991).

Los integrantes del género *Listeria* son organismos anaerobios facultativos comúnmente encontrados en suelo, purín y ensilados mal conservados. *L. monocytogenes*, la especie más común en ensilados, puede tolerar niveles bajos de pH, entre 3,8 y 4,2, siempre que exista oxígeno, aún en pequeñas concentraciones (Driehuis *et al.*, 2001). Su consumo puede causar encefalitis, aborto y septicemia en animales, especialmente ovejas, y en ocasiones se asocia a mamitis subclínicas (Maciorowski *et al.*, 2007).

Los hongos unicelulares, o levaduras, y los hongos filamentosos pluricelulares, o mohos, son en su mayoría aerobios estrictos. Los hongos no sólo disminuyen el valor nutritivo y la palatabilidad del ensilado sino que además algunas especies de mohos presentes en los silos pueden producir micotoxinas (Driehuis *et al.*, 2001), metabolitos secundarios capaces de producir efectos nocivos sobre hombres y animales expuestos a ellas, generalmente a través del consumo de alimentos o piensos contaminados (Whitlow y Hagler, 2005).

El objetivo de este trabajo ha sido obtener información acerca del estado higiénico de los concentrados, la leche y los ensilados de hierba y maíz de las explotaciones y señalar los principales agentes de riesgo y su prevalencia.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Toma de muestras

Entre los años 2004 y 2006, se tomaron 226 muestras de ensilado de hierba, 238 de ensilado de maíz, 140 de leche cruda y 138 de concentrado, en un total de 68, 63, 75 y 76 explotaciones, respectivamente, de vacuno de leche de las provincias de A Coruña, fundamentalmente, y Lugo. De cada silo, de tipo trinchera o plataforma, se tomaron dos muestras diferentes de 1 kg cada una, la que llamaremos favorable se tomó con sonda mecanizada en toda la altura del silo, en un punto central situado a unos 30 cm del borde del frente y desechando los 25 cm superiores, y la que llamaremos desfavorable se tomó también con sonda y en toda la altura del silo, pero próxima al borde lateral del silo y sin desechar la capa superior. De cada muestra se tomaron dos alícuotas, una para analizar valor nutritivo y calidad fermentativa y otra para analizar calidad higiénica. En cada explotación, se tomó una muestra de 300 ml de leche del tanque de refrigeración y una de 1 kg de concentrado.

### Análisis de las muestras de ensilado

Primeramente, se determinó el contenido en materia seca (MS), mediante secado en estufa de aire forzado a 80 °C durante 16 horas y sin corregir por pérdida de volátiles y, sobre la muestra seca y molida a 1 mm, se determinaron los contenidos en proteína bruta (PB), fibra ácido detergente (ADF) y almidón (ALM), expresados en porcentaje sobre materia seca, mediante las ecuaciones NIRS desarrolladas en el CIAM, según Castro (2002 y 2004). Sobre muestra fresca, se determinó el pH y con éste se calculó el índice de calidad de conservación (pH dif) propuesto por Haigh (1987) para ensilados de hierba, según la ecuación  $\text{pH dif} = \text{pH} - (0,0359 \times \text{MS} + 3,44)$ . La calidad de conservación se considera buena cuando pH dif es menor que 0,1 y mala cuando es superior a 0,25.

Las determinaciones de calidad higiénica, realizadas en el Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL), incluyeron recuentos en placa de microorganismos aerobios totales (MAT), por el método ISO 1833:2003, *Staphylococcus coagulasa* positivos (STP), por el método UNE-EN ISO 6888-2:2000, enterobacterias (ENT), por el método ISO 21528-2:2004, mohos y levaduras (MOL), por el método ISO 7954:1987, y clostridios sulfitorreductores (CLS), por el método ISO 15213:2003. Los recuentos de unidades formadoras de colonias (ufc) y de esporas de clostridios, se expresaron en unidades logarítmicas,  $\log_{10}$ . También se determinó la presencia o ausencia de *Escherichia coli* (ESC), por el método ISO 7251. Apdo.9.1:2005., y *Listeria monocytogenes* (LIS) y *Salmonella spp.* (SAL), por inmunofluorescencia (método automatizado VIDAS, de Biomerieux).

### **Análisis de calidad higiénica en muestras de leche y concentrado**

En las muestras de leche, se hicieron las determinaciones de presencia o ausencia de ESC, LIS y SAL, recuentos de esporas de *Clostridium tyrobutiricum* (CLST), recuentos de *Escherichia coli*  $\beta$ -glucuronidasa positivo (ESCb) y cuantificación de aflatoxina M1 (AFM1). En las muestras de pienso se cuantificó, tan sólo, aflatoxina B1 (AFB1). La detección de aflatoxinas se realizó utilizando un kit ELISA semicuantitativo (Rosa format, lateral flow strip test, Charm Sciences Inc.) con límites de detección de 2 ppb de AFB1 en granos y 0,05 ppb de AFM1 en leche. Las muestras positivas se cuantificaron mediante cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC), con límites de cuantificación de 0,01 y 0,6 ppb para AFM1 y AFB1, respectivamente.

### **Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico de los resultados, se utilizó el procedimiento PROC MEANS y para el análisis de las variables categóricas ESC y LIS, se utilizó además, el procedimiento PROC FREQ, del paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc., 1999).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Leche y concentrados**

En la Tabla 1, se muestran los resultados de los análisis de calidad higiénica en leche cruda y concentrados. Destaca la presencia de esporas de *Clostridium tyrobutiricum* en el 100 % de las muestras analizadas. Según Baraton (en Cañeque y Sancha, 1998), la calidad de la leche se puede clasificar según su contenido en esporas de clostridios por litro en buena (< 400), poco contaminada (400 a 1000), bastante contaminada (1000 a 4000) y muy contaminada (>4000). Según esta clasificación, el 64 % de las muestras analizadas es de calidad buena, el 35% poco contaminada y el 4% bastante contaminada. Sólo se detectó presencia de AFM1 en una muestra de leche entre 140, dando una concentración de 0,029 ng ml<sup>-1</sup> (ppb), valor por debajo del límite máximo legal en leche, situado en 0,05 ppb. No se detectó AFB1 en concentrados. No se aisló SAL en ninguna muestra de leche. Sólo se detectó LIS en 4 muestras de 4 explotaciones que alimentaban sus vacas con ensilados de hierba y maíz. Analizados dichos ensilados, sólo se detectó LIS en uno de maíz, lo que nos advierte de la dificultad de rastrear el origen de la LIS presente en la leche contaminada.

**Tabla 1.** resultados de calidad higiénica en muestras de leche y concentrado

	LECHE					PIENSO
	CLST esporas l <sup>-1</sup>	ESCb ufc ml <sup>-1</sup>	SAL presencia en 25 mg	LIS A presencia en 1 g	FM1 ng ml <sup>-1</sup>	AFB1 ng g <sup>-1</sup>
nº de muestras	132	108	140	140	140	138
presencia	132	101	0	4	1	0
% presencia	100	94	0	3	0,7	0
mínimo	182	0			0	0
percentil 25	300	8			0	0
percentil 50	300	10			0	0
percentil 75	523	23			0	0
máximo	2.522	1.200			0,029	0

### Ensilados de hierba

En las Tabla 2 y 3 se muestran los resultados de las muestras favorables y desfavorables de ensilados de hierba, respectivamente.

SAL está ausente en todas las muestras. LIS aparece en el 2 y 8 %, y ESC en el 21 y 59 % de las muestras favorables y desfavorables, respectivamente. La presencia de ESC y LIS fue significativamente superior en las muestras desfavorables. El riesgo, o la probabilidad estimada, de encontrar una muestra con presencia de ESC o LIS es 5,32 y 4,81 veces superior en las muestras desfavorables, respectivamente. La calidad de conservación, estimada mediante el índice pH dif, fue buena en todos los ensilados siendo mejor en las muestras favorables. Sin embargo, no se puede decir lo mismo del contenido en clostridios sulfitorreductores. Baraton (en Cañeque y Sancha, 1998) califica la calidad de los ensilados según su contenido en esporas de clostridios en buena (< 2 log<sub>10</sub> esporas/g), media (2 a 3), mediocre (3 a 3,7), mala (3,7 a 4) y muy mala (> 4). De acuerdo con esta clasificación, el 29 % de las muestras favorables y el 65 % de las desfavorables serían muy malas. Según O’Kiely *et al.* (2006), en ensilados de hierba en rotopacas correctamente encintadas y manejadas, en las condiciones de Irlanda, los contenidos en mohos y levaduras son menores que 6 log<sub>10</sub> ufc/g. Más del 75 % de las muestras analizadas no superan este valor, y todas están por debajo de 9 log<sub>10</sub> ufc g<sup>-1</sup>, valor por encima del cual los animales se pueden exponer a problemas de salud (Amigot *et al.*, 2006).

**Tabla 2.** Composición química, calidad fermentativa y calidad higiénica de muestras favorables de ensilados de hierba

	Composición química					Calidad higiénica							
	MS	PB	ADF	pH	pHdif	ESC	SAL	LIS	MAT	STP	ENT	MOL	CLS
nº de muestras	113	110	110	113	113	109	109	109	109	109	109	109	107
presencia						23	0	1					
mínimo	15,4	6,9	26,4	3,8	-0,9				4,9	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
percentil 25	26,8	10,9	33,8	4,5	-0,5				6,8	<1,0	<1,0	2,6	2,3
percentil 50	33,7	12,7	36,3	4,3	-0,3				7,5	<1,0	<1,0	3,4	3,3
percentil 75	3,4	14,4	38,9	4,7	-0,1				8,0	<1,0	1,5	4,6	4,1
máximo	51,8	21,1	48,4	5,6	1,4				8,5	2,3	6,2	6,2	6,2

n: nº de muestras, pHdif: índice de conservación de Haigh, ESC: E. coli; SAL: Salmonella spp., LIS: Listeria monocytogenes, MAT: mic. aerobios totales, STP: Staphylococcus coagulasa +; ENT: enterobacterias; MOL: mohos y levaduras; CLS; clostridios sulfitorreductores. MAT, STP, ENT Y MOL en log<sub>10</sub> ufc g<sup>-1</sup>. CLS en log<sub>10</sub> esporas g<sup>-1</sup>. <1,0: inferior al límite de detección.

**Tabla 3.** Composición química, calidad fermentativa y calidad higiénica de muestras desfavorables de ensilados de hierba

	Composición química					Calidad higiénica							
	MS	PB	ADF	pH	pHdif	ESC	SAL	LIS	MAT	STP	ENT	MOL	CLS
nº de muestras	113	110	110	113	113	109	109	109	109	109	109	109	107
presencia						64	1	9					
mínimo	14,1	7,7	28,8	3,7	-0,8				6,7	<1,0	<1,0	1,2	<1,0
percentil 25	25,0	10,4	35,7	4,2	-0,3				7,7	<1,0	<1,0	4,0	3,7
percentil 50	28,9	12,7	38,6	4,5	-0,1				8,0	2,0	4,3	5,1	4,6
percentil 75	35,9	14,7	41,5	4,8	0,3				8,4	2,0	5,2	5,9	5,0
máximo	52,2	19,9	49,3	7,7	3,0				8,5	2,0	7,2	7,2	6,2

Significado de las abreviaturas igual que en la Tabla 2

### Ensilados de maíz

En las Tablas 4 y 5 se muestran los resultados de las muestras favorables y desfavorables de ensilados de maíz. Destaca la ausencia de SAL en todos los silos de maíz, la moderada presencia de LIS (3 y 21 % de las muestras favorables y desfavorables) y mayor presencia de ESC (13 y 63 % de las muestras favorables y desfavorables). El riesgo estimado de encontrar una muestra con presencia de ESC o LIS es 5,32 y 4,81 veces superior, respectivamente, en las muestras desfavorables que en las favorables. La calidad de los ensilados, en cuanto a su contenido en CLS, fue muy mala en el 8 y el 45 % de las muestras favorables y desfavorables, respectivamente.

**Tabla 4.** Composición química, calidad fermentativa y calidad higiénica de muestras favorables de ensilados de maíz

	Composición química					Calidad higiénica							
	MS	PB	ADF	pH	pHdif	ESC	SAL	LIS	MAT	STP	ENT	MOL	CLS
nº de muestras	119	117	117	113	119	117	117	117	117	117	117	117	114
presencia						15	0	3					
mínimo	26,4	4,7	20,3	18,9	3,4				6,2	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
percentil 25	32,2	6,3	22,7	26,8	3,6				7,1	<1,0	<1,0	4,5	1,8
percentil 50	34,4	6,7	24,5	29,5	3,7				7,5	<1,0	<1,0	5,4	2,3
percentil 75	37,0	7,1	25,9	32,4	3,8				7,9	<1,0	<1,0	6,1	3,3
máximo	48,3	8,3	32,9	37,0	5,7				8,5	2,0	5,2	7,0	5,2

Significado de las abreviaturas igual que en la Tabla 2

**Tabla 5.** Composición química, calidad fermentativa y calidad higiénica de muestras desfavorables de ensilados de maíz

	Composición química					Calidad higiénica							
	MS	PB	ADF	pH	pHdif	ESC	SAL	LIS	MAT	STP	ENT	MOL	CLS
nº de muestras	119	117	117	113	119	117	117	117	117	117	117	117	114
presencia						74	0	21					
mínimo	21,9	4,5	20,1	18,5	3,5				6,5	<1,0	<1,0	1,9	<1,0
percentil 25	30,1	6,1	23,4	26,8	3,7				7,8	<1,0	<1,0	5,7	2,9
percentil 50	32,8	6,6	25,2	29,	3,8				8,2	<1,0	4,0	6,2	3,8
percentil 75	35,5	7,0	26,6	32,4	4,0				8,4	2,0	5,2	6,2	4,6
máximo	45,5	8,5	37,7	38,0	5,9				8,5	2,0	6,2	7,2	6,0

Significado de las abreviaturas igual que en la Tabla 2

## CONCLUSIONES

Se detectó la presencia de *Listeria monocytogenes* en el 3 % de las 140 muestras de leche cruda tomadas en 75 explotaciones, y *Escherichia coli* en el 94 %, aunque con recuentos bajos. Sólo se detectó aflatoxina M1 en una muestra de leche, con un contenido inferior al límite legal. No se detectó aflatoxina B1 en ninguna de las 138 muestras de concentrado. La calidad higiénica de los ensilados es inferior en las muestras desfavorables, peor compactadas y más próximas a la superficie del silo, lo que prueba que es posible mejorar la calidad microbiológica mejorando las técnicas de compactación y sellado de los silos.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la colaboración de la Cooperativa Agraria Provincial de A Coruña, y a la financiación de la Xunta de Galicia (Proyecto 04RAG011E).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMIGOT, S. L., FULGUEIRA, C. L.; BOTTAL, H. y BASILICO, J. C., 2006. New parameters to evaluate forage quality. *Postharvest biology and technology*, 41 (2), 215-224.
- CAÑEQUE MARTINEZ, V.; SANCHA SALDAÑA, J. L., 1998. *Ensilado de forrajes*. Ed. Mundi Prensa. 260 pp. Madrid (España).
- CASTRO, P., FLORES, G., GONZALEZ-ARRÁEZ, A. y CASTRO, J., 2002. Nutritive quality of herbage silages by NIRS: dried or undried samples?. En: *Multi-Function Grasslands. Quality forages, Animal Products and Landscapes*. Ed. J.L. Durand, J.C. Emile, C. Huyghe and G Lemaire, Grassland Science in Europe, Vol. 7: 190-191.
- CASTRO, P.; FLORES, G.; GONZÁLEZ-ARRÁEZ, A.; CASTRO, J. y FERNÁNDEZ-LORENZO, B., 2004. Análisis de ensilados de maíz mediante NIRS. En: *Actas de la XLIV Reunión Científica de la SEEP*, 279-283. Salamanca (España).
- DRIEHUIS, F.; OUDE-ELFERINK, S. J. W. H.; GOTTSCHAL, J. C.; SPOELSTRA, S. F., 2001. Los procesos de fermentación del ensilaje y su manipulación. En: <http://www.fao.org/docrep/005/x8486S/x8486s00.HTM>
- DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S. J. W. H., 2000. The impact of the quality of silage on animal health and food safety: A review. *The Veterinary Quarterly*, 22 (4), 212-216.
- HAIGH, P.M., 1987. The effect of dry matter content and silage additives on the fermentation of grass silage on commercial farms. *Grass and Forage Science*, 42, 1-8.
- ISO 4833, 2003. Microbiology of food and animal feeding stuffs, horizontal method for the enumeration of microorganisms colony count technique at 30 °C. [http://www.iso.org/iso/publications\\_and\\_e-products.htm](http://www.iso.org/iso/publications_and_e-products.htm)
- ISO 7251. Apdo.9.1, 2005. Microbiology of food and animal feeding stuffs-horizontal method for the detection and enumeration of presumptive *Escherichia coli* most probable number technique. [http://www.iso.org/iso/publications\\_and\\_e-products.htm](http://www.iso.org/iso/publications_and_e-products.htm)
- ISO 7954, 1987. Microbiology. General guidance for the enumeration of yeasts and moulds. Colony-count technique at 25°C. [http://www.iso.org/iso/publications\\_and\\_e-products.htm](http://www.iso.org/iso/publications_and_e-products.htm)
- ISO 15213, 2003. Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the enumeration of sulfite-reducing bacteria growing under anaerobic conditions. [http://www.iso.org/iso/publications\\_and\\_e-products.htm](http://www.iso.org/iso/publications_and_e-products.htm)

- ISO 21528-2, 2004. Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the detection and enumeration of enterobacteriaceae. Part 2: colony-count method. [http://www.iso.org/iso/publications\\_and\\_e-products.htm](http://www.iso.org/iso/publications_and_e-products.htm)
- MACIOROWSKI, K. G.; HERRERA, P.; JONES, F. T.; PILLAI, S. D.; RICKE, S. C., 2007. Effects on poultry and livestock of feed contamination with bacteria and fungi. *Animal Feed Science and Technology*, 133, 109-136.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E., 1991. *The Biochemistry of Silage*. Chalcombe publications, 340 pp. Bucks (Gran Bretaña).
- O'KIELY, P.; McENIRY, J. y CUMMINS, B., 2006. Quantification and identification of fungal propagules in bales of grass silage produced using standard farm procedures. TEAGASC Research reports 2005, 43-44.
- UNE-EN ISO 6888-2, 2000. Microbiología. Método horizontal para el recuento de estafilococos coagulasa positivos. Parte 2. Ed. Asociación Española de Normalización y Certificación.
- SAS INSTITUTE, 1999. SAS/Stat User's Guide, V.8, SAS Institute Inc., Cary, NC (EEUU).
- WHITLOW, L.W. y HAGLER, W.M.JR., 2005. Mycotoxins in feeds. *Feedstuffs* 38, 69-79.

## HYGIENIC QUALITY IN CONCENTRATES, MILK AND GRASS AND MAIZE SILAGES OF DAIRY FARMS IN GALICIA

### SUMMARY

During three years, 140 samples of raw milk, 138 of concentrate, 238 of maize silage and 226 of grass silage were taken in 76 Galician dairy farms. *Escherichia coli* was detected in 94 % of milk samples, *Listeria monocytogenes* in 3 % and aflatoxin M1 in only one sample with 29 ppt (below the legal limit). Only 64 % of milk samples showed good quality respect to *Clostridium tyrobutyricum* counts. Aflatoxin B1 was not detected in concentrates. Two samples per silo were taken, a favorable one, by sampling in the center of the front disregarding the top layer, and another unfavorable, by sampling in the lateral including the top. Hygienic quality was lower in unfavorable, less compact and closer to the top, showing that it is possible to improve microbiological quality enhancing compaction and sealing techniques.

**Key words:** *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, molds, yeasts, Clostridia.





## EFFECTO DE LA FECHA DE COSECHA Y EL USO DE INOCULANTES SOBRE LA CALIDAD FERMENTATIVA, LA ESTABILIDAD AERÓBICA Y LA CALIDAD HIGIÉNICA EN ENSILADOS DE MAÍZ

B. FERNÁNDEZ-LORENZO<sup>1</sup>, M. L. BARREAL<sup>2</sup>, G. FLORES<sup>1</sup>, A. GONZÁLEZ-ARRÁEZ<sup>1</sup>, J. VALLADARES<sup>1</sup>, S. PEREIRA<sup>1</sup> Y M. CARDELLE<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Apdo 10, 15080 A Coruña.

<sup>2</sup> Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL). Carretera N-VI, Km 581. 15640 Guisamo, A Coruña. <sup>3</sup> Laboratorio Agrario e Fitopatolóxico de Galicia. Mabegondo, 15318 Abegondo, A Coruña.

### RESUMEN

Se realizaron dos ensayos, en dos años, para estudiar el efecto de la fecha de corte (semanas 9, 11 y 13 tras la floración femenina) y el uso de inoculantes comerciales (L Fresh y P11A44, a base de *Lactobacillus buchneri*, y LMS01 y P1188, a base de bacterias lácticas homofermentativas) sobre la calidad de los ensilados de maíz, en silos de laboratorio. Se detectó la presencia de *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes* en 30 y 29 muestras de maíz fresco, de un total de 30, y en cero y dos de maíz ensilado, de un total de 120. Los ensilados de maíz cosechado en la semana nueve tuvieron un porcentaje menor de N-NH<sub>3</sub> sobre N total. Se concluyó que el uso de inoculantes a base de *Lactobacillus buchneri* puede reducir los recuentos de mohos y levaduras, y la inestabilidad aeróbica de los ensilados de planta entera de maíz.

**Palabras clave:** *Lactobacillus buchneri*, mohos, levaduras, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*.

### INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*, L.) es el cereal más usado como forraje ensilado en las explotaciones de vacuno de leche de Galicia debido a su alta producción, elevado contenido en energía y facilidad para ensilar. El principal objetivo en la elaboración del ensilado debe ser maximizar la conservación del valor nutritivo del forraje original y garantizar su calidad higiénica. La flora microbiana presente en el ensilado juega un papel central en el éxito del proceso. Ésta se puede dividir en beneficiosa e indeseable. En el primer grupo, se encuentran las bacterias productoras de ácido láctico y, en el segundo, los microorganismos implicados en los procesos de deterioro anaeróbico, como clostridios y enterobacterias, y en el deterioro aeróbico, como levaduras, mohos o listeria. Muchos de estos microorganismos no sólo disminuyen el valor nutricional del ensilado sino que, además, pueden tener un efecto negativo en la calidad de la leche y en la salud animal y humana (Driehuis y Oude Elferink, 2000).

El deterioro aeróbico es uno de los principales problemas que afectan a la conservación y la calidad higiénica de los ensilados de maíz. Se manifiesta por el incremento de la temperatura del

forraje y de su pH que acompaña a la multiplicación de levaduras, primero, y de mohos, después, una vez que se reestablecen las condiciones de aerobiosis en la masa forrajera ensilada, bien por rotura del plástico o por la apertura del silo (McDonald *et al.*, 1991). El uso de bacterias lácticas heterofermentativas, como *Lactobacillus buchneri*, puede mejorar la estabilidad aeróbica en ensilados de maíz (Oude Elferink *et al.*, 1999 y Driehuis *et al.*, 1999). Sin embargo, otros autores critican su uso porque puede llevar a una pérdida excesiva de materia seca en el proceso de ensilado.

El riesgo de producir ensilados inseguros desde el punto de vista higiénico es mayor cuanto más se retrasa el aprovechamiento de la planta a partir del momento óptimo de cosecha, que, en las condiciones de Galicia, tiene lugar entre las semanas ocho y nueve tras la floración femenina (Flores *et al.*, 2004).

El objetivo de este trabajo es estudiar el efecto de la fecha de cosecha y el uso de inoculantes sobre la calidad fermentativa, la estabilidad aeróbica y la calidad higiénica del ensilado de maíz.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Variedades y fechas de corte

Entre los meses de mayo y noviembre de 2005, se cultivaron tres variedades de maíz (cv. Magellán, cv. Benicia y cv. Ovni), y en el año 2006 tan sólo dos variedades (cv. Buxi y cv. Anjou 304), por la pérdida accidental de una tercera. La cosecha se realizó en tres fechas distintas, correspondiendo con las semanas nueve, once y trece después del inicio de la floración femenina de cada variedad.

### Elaboración de los silos

En cada fecha y para cada variedad, se cortaron, a 20 cm del suelo, 30 plantas de maíz escogidas al azar, se picaron y se tomaron cuatro alícuotas de seis kg cada una. Cada fracción, se extendió sobre un plástico y se pulverizó con uno de los cuatro aditivos ensayados, un control y tres inoculantes. De la fracción de control, se tomaron dos muestras de 500 g para análisis microbiológico y otras dos para análisis de materia seca. De cada combinación de factores (variedad, fecha y aditivo), se elaboraron dos silos de laboratorio (repeticiones) en bolsas de polietileno, dentro de un tubo de PVC de 2,2 L de capacidad, según el sistema descrito por Flores *et al.* (1997). Se hicieron, en total, 72 silos el año 2005 y 48 el 2006.

### Aditivos

Cada año se utilizaron tres inoculantes comerciales, resuspendidos en 100 ml de agua a la dosis recomendada por el fabricante, y un control, consistente en agua en igual cantidad. Los inoculantes fueron Lalsil MS01 (compuesto por *Lactobacillus plantarum* y *Propionibacterium acidipropionici*), Lalsil Fresh LB (a base de *Lactobacillus buchneri*), ambos de la casa Lallemand, y P-11A44 (a base de *Lactobacillus buchneri*), de la casa Pioneer. El segundo año, este último se substituyó por el inoculante P-1188 (a base de *Lactobacillus plantarum* y *Enterococcus faecium*), también de Pioneer. Antes de cada ensayo, se comprobó que la riqueza de los inoculantes en bacterias lácticas correspondía con la indicada en la etiqueta mediante recuento en medio MRS agar a pH 5,4, incubando a 30 °C, en jarras de anaerobiosis, durante 72 horas.

### Determinaciones

Se registró el peso neto de cada silo a los cero días y en el momento de la apertura, a los 120 días, con lo que se calculó la pérdida de materia fresca en porcentaje sobre el peso inicial. Una vez abiertos, se tomaron cuatro muestras de cada silo, sobre las que se realizaron las determinaciones de materia seca, calidad fermentativa, estabilidad aeróbica y calidad higiénica, respectivamente. El

contenido en materia seca se determinó por secado en estufa de aire forzado a 80 °C durante 16 horas y se corrigió por pérdida de volátiles (MSc) aplicando los coeficientes de volatilidad propuestos por Dulphy y Demarquilly (1981). Sobre el extracto de 50 g de muestra fresca de ensilado, macerada a temperatura ambiente durante 2 horas en 150 ml de agua destilada, se determinó el pH, N amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) con un electrodo selectivo (Orion) y ácidos de fermentación (láctico, LAC, acético, ACT, butírico, BUT, y propiónico, PROP) por cromatografía de gases.

Las determinaciones de calidad higiénica, realizadas por el Laboratorio Interprofesional Gallego de Análisis de la Leche (LIGAL), incluyeron recuentos en placa de microorganismos aerobios totales (MAT), por el método ISO 1833:2003, *Staphylococcus coagulasa* positivos (STP), por el método UNE-EN ISO 6888-2:2000, enterobacterias (ENT), por el método ISO 21528-2:2004, mohos y levaduras (MOL), por el método ISO 7954:1987 y clostridios sulfitorreductores (CLS), por el método ISO 15213:2003. También se determinó la presencia o ausencia de *Escherichia coli* (ESC), por el método ISO 7251. Apdo.9.1:2005., *Listeria monocytogenes* (LIS) y *Salmonella spp.* (SAL), por inmunofluorescencia (VIDAS).

Las determinaciones de estabilidad aeróbica se realizaron en cámara isoterma a 25 °C, según O'Kiely (1993). Cada media hora durante siete días, se registró la diferencia de temperaturas (Tdif) entre el ambiente y la temperatura de 500 g de muestra de ensilado depositados dentro de una caja de poliestireno de 35 x 23 x 8 cm, con dos orificios para la entrada de aire. Se utilizaron cuatro índices de estabilidad aeróbica (los tres primeros propuestos por O'Kiely (1983) y el cuarto por los autores) que fueron los siguiente: la diferencia de temperaturas máxima (Tdif máx.), el tiempo en horas hasta que la diferencia de temperaturas, Tdif, superó 2 °C (HORA Tdif > 2), el tiempo en horas hasta que se alcanzó Tdif máx. (HORA Tdif máx) y la suma de las diferencias de temperatura positivas registradas durante 144 horas (INTEGRAL).

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza, siguiendo un diseño factorial con dos repeticiones, considerando fijos los factores semana de corte y aditivo, y aleatorio el factor variedad, para lo que se utilizó el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS. Para los contrastes entre medias se empleó la mínima diferencia significativa protegida de Fisher.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se muestran los valores promedio de calidad higiénica de las muestras de maíz tomadas en fresco y de las muestras de ensilado a los 120 días, en los dos años.

**Tabla 1.** Calidad higiénica de las muestras de maíz antes y después de ensilar

	2004/05		2005/06	
	fresco	ensilado	fresco	ensilado
nº de mostras	18	72	12	48
<i>Salmonella spp.</i>	0	0	0	0
<i>Escherichia coli</i>	18	0	12	0
<i>Listeria monocytogenes</i>	17	0	12	2
Microorg. aerobios totales (log10 ufc/g)	-	8,00	8,22	7,60
<i>Staphylocococ spp.</i> (log10 ufc/g)	<1	<1	<1	<1
Enterobacterias (log10 ufc/g)	>5,18	<1	>5,18	<1
Mohos y levaduras (log10 ufc/g)	6,06	5,31	6,18	5,37
Clostridios sulfitorreductores (log10 ufc/g)	2,76	2,13	2,64	1,87

y <: valores por encima y por debajo de los límites de recuento, respectivamente

No se detectó presencia de SAL en ninguna muestra. ESC fue aislada en todas las muestras de forraje fresco, pero no sobrevivió en el ensilado; estos datos se acompañan con la disminución en los recuentos de ENT. En un trabajo similar, con silos de hierba, Byrne (2002) también observó una reducción de los recuentos de ENT, de 7-8  $\log_{10}$  ufc  $g^{-1}$  en fresco a valores indetectables en ensilado. LIS se aisló en 29 de las 30 muestras de forraje fresco, y sólo en dos de 120 de ensilado, las dos con los mayores recuentos de MAT ( $> 8,48 \log_{10}$  ufc  $g^{-1}$ ) y CLS (3,76 y 2,85  $\log_{10}$  esporas  $g^{-1}$ ), una con valor de pH elevado (pH 4,46) y otra con pH 3,8. Estos resultados confirman que el maíz fresco es un vector de transmisión de LIS y de ESC, que un correcto ensilado reduce el riesgo de contaminación y que LIS puede sobrevivir en un con pH 3,8. Los recuentos de MAT, MOL y CLS también se redujeron durante el proceso de ensilado, pero en menor medida que ENT. Los recuentos de STP fueron, en todas las muestras, inferiores al límite de detección ( $< 1 \log_{10}$  ufc  $g^{-1}$ ).

En la Tabla 2, se muestran los valores medios y el nivel de significación del ANOVA en el primer año.

**Tabla 2.** Comparación de medias de ensilados de maíz y significación del ANOVA. Año 2004-05

	semana			Aditivo			
	9	11	13	Control	LMS01	P11A44	LFresh
MSc	38,5 b	40,5 ab	43,3 a	41,0 a	40,4 a	40,8 a	40,8 a
Pérdida MF (%)	1,0	1,3	1,1	1,0	1,0	1,1	1,2
pH	3,8 a	3,9 a	3,8 a	3,8 c	3,8 c	3,9 b	3,9 a
N total	1,1 a	1,1 a	1,2 a	1,1 a	1,1 a	1,1 a	1,2 a
NH <sub>3</sub>	4,7 b	5,7 ab	6,2 a	5,7 a	4,8 b	5,8 a	5,8 a
N soluble	45,7 a	48,9 a	46,2 a	47,7 a	46,7 a	47,0 a	46,6 a
Ac. Acético	1,0 a	0,8 a	0,7 a	0,6 c	0,5 d	0,9 b	1,2 a
Ac. Propiónico	0,3 a	0,4 a	0,2 a	0,0 c	0,0 c	0,4 b	0,8 a
Ac. Butírico	0,0 a	0,1 a	0,1 a	0,1 a	0,1 a	0,1 a	0,0 a
Ac. Láctico	3,4 a	3,7 a	3,6 a	3,8 a	3,9 a	3,6 a	2,8 a
Etanol	1,3 a	1,9 a	1,7 a	1,6 a	1,8 a	1,7 a	1,6 a
Mic. Aer. totales	7,9 a	8,0 a	8,1 a	7,8 b	7,2 c	8,5 a	8,5 a
<i>Staphylococos</i>	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a
Enterobacterias	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a
Mohos y levaduras	5,2 a	5,3 a	5,4 a	5,9 a	6,1 a	4,8 b	4,4 b
Clostridios sulf.	2,1 a	2,1 a	2,1 a	2,0 b	2,1 ab	2,2 a	2,2 a
Tª dif. máxima (°C)	11,5 a	11,1 a	10,5 a	13,3 a	11,7 ab	9,2 b	10,0 ab
Hora Tdif>2	48,0 a	29,1 a	40,0 a	20,6 b	18,4 b	64,4 a	49,4 ab
Hora Tdif= máx	45,5 a	47,8 a	56,8 a	37,6 b	32,5 b	61,4 a	67,8 a
INTEGRAL	880 a	805 a	1.083 a	1.292 a	1.032 a	530 b	807 ab

	Significación del ANOVA						
	se	ad	va	se*ad	va*se	va*ad	se*va*ad
MSc	*	ns	***	ns	***	ns	ns
Pérdida MF (%)	ns	ns	***	ns	**	**	**
pH	ns	**	***	ns	***	**	***
N total	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns
NH <sub>3</sub>	*	**	***	ns	***	ns	*
N soluble	ns	ns	***	ns	*	ns	ns
Ac. Acético	ns	***	***	ns	***	***	***
Ac. Propiónico	ns	**	***	ns	***	***	***
Ac. Butírico	ns	ns	***	ns	***	***	***
Ac. Láctico	ns	***	***	ns	***	*	***
Etanol	ns	ns	***	ns	***	***	***
Mic. Aer. totales	ns	**	***	ns	***	***	***
<i>Staphylococos</i>	ns	ns		ns			
Enterobacterias	ns	ns		ns			
Mohos y levaduras	ns	**	***	ns	***	***	***
Clostridios sulf.	ns	ns	***	ns	***	***	ns
Tª dif. máxima (°C)	ns	ns	***	ns	***	*	**
Hora Tdif>2	ns	ns	***	ns	***	***	***
Hora Tdif= máx	ns	*	**	ns	**	ns	**
INTEGRAL	ns	*	***	ns	***	**	**

MSc: materia seca corregida por pérdida de volátiles; MF: materia fresca; N total, ácidos y etanol en % sobre MSc; NH<sub>3</sub> y N soluble en % s/N total; se: semana; ad: aditivo; va: variedad; ns: diferencias no significativas al 5%. \*, \*\* y \*\*\*: diferencias significativas ( $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  y  $p < 0,001$ , respectivamente). Para cada tratamiento, medias con letras distintas se consideran significativamente diferentes, siempre que el ANOVA haya sido significativo. Los recuentos microbianos se expresa en  $\log_{10}$  ufc/g, salvo los clostridios, que se expresan en  $\log_{10}$  esporas /g.

El retraso de la cosecha no aumentó significativamente los recuentos de microorganismos ni la inestabilidad aeróbica. Sólo se detectaron diferencias significativas entre semanas para la variable N-NH<sub>3</sub>, siendo ésta menor en la semana nueve, lo que indica un incremento de la proteólisis durante el ensilado en los cortes más tardíos. Esta puede ser otra razón por la que recomendar la cosecha del maíz para ensilar en dicha semana, además de por maximizar la producción de materia orgánica digestible por ha (Flores *et al.*, 2004). Los ensilados tratados con *L. buchneri* (P11A44 y Lfresh), no mostraron mayores pérdidas de materia fresca que el resto, pero sí mostraron mayor contenido en ACT y PROP, inhibidores del crecimiento de los hongos, y mayor pH. Lfresh, proporcionó menor contenido en LAC que el resto. El contenido en N-NH<sub>3</sub> fue inferior en los tratados con LMS01. En los tratados con *L. buchneri*, los recuentos de MAT fueron superiores, sin embargo los de MOL fueron inferiores, predisponiéndolos para una mayor estabilidad aeróbica, indicada por valores mayores de HORA Tdif máx y menores de la INTEGRAL de Tdif. Cuando la interacción variedad x aditivo y semana x aditivo fue significativa, se analizaron las variedades y las semanas por separado, encontrándose que las diferencias entre aditivos eran de grado pero no de orden.

En la Tabla 3, se muestran los valores medios y el nivel de significación del ensayo en el segundo año. Ese año el número de silos se redujo a 48, lo que puede explicar, en parte, que no se detectasen diferencias significativas entre aditivos, salvo para el recuento de MAT.

Las diferencias entre semanas fueron significativas con las variables N total, N-NH<sub>3</sub> y PROP. N total fue superior en la semana 11 e inferior en la 9. Al igual que el año anterior, el contenido en N-NH<sub>3</sub> fue inferior en la semana 9 y los recuentos de MAT fueron superiores con el inoculante a base de *L. buchneri*, este año Lfresh.

**Tabla 3.** Comparación de medias de ensilados de maíz y significación del ANOVA. Año 2005-06

	semana			Aditivo			
	9	11	13	Control	LMS01	P11A88	LFresh
MSc	39,9 a	41,8 a	44,1 a	41,8 a	42,2 a	41,9 a	42,0
Pérdida MF (%)	1,6 a	1,2 a	1,0 a	1,4 a	1,2 a	1,1 a	1,3 a
pH	3,8 a	3,8 a	3,8 a	3,8 a	3,7 a	3,7 a	3,8 a
N total	1,1 c	1,3 a	1,2 b	1,2 a	1,2 a	1,2 a	1,2 a
NH <sub>3</sub>	4,8 b	5, a	6,4 a	5,9 a	5,4 a	5,6 a	5,8 a
N soluble	43,9 a	39,2 a	43,8 a	41,9 a	42,1 a	41,9 a	43,3 a
Ac. Acético	0,9 a	0,7 a	0,7 a	0,7 b	0,7 ab	0,8 ab	0,9 a
Ac. Propiónico	0,3 a	0,0 b	0,0 b	0,1 a	0,1 a	0,1 a	0,2 a
Ac. Butírico	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
Ac. Láctico	3,6 a	4,4 a	3,1 a	3,5 a	3,9 a	3,8 a	3,5 a
Etanol	2,4 a	2,4 a	1,5 a	1,9 a	2,3 a	2,0 a	2,3 a
Mic. Aer. totales	7,6 a	7,34 a	7,8 a	7,5 b	7,4 b	7,3 b	8,2 a
<i>Staphylococos</i>	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a
Enterobacterias	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a
Mohos y levaduras	5,1 b	5,6 a	5,4 ab	5,5 ab	5,6 a	5,5 ab	5,0 b
Clostridios sulf.	1,7 a	1,9 a	2,0 a	1,9 a	1,9 ab	1,8 b	1,9 ab
T <sup>º</sup> dif. máxima (°C)	10,6 a	8,9 a	10,4 a	10,7 a	10,7 a	10,9	a7,5 b
Hora Tdif>2	34,9 a	37,8 a	43,3 a	33,5 a	32,5 a	32,5 a	58,5 a
Hora Tdif= máx	36,3 a	76,8 a	71,2 a	62,8 a	50,3 a	64,8 a	67,8 a
INTEGRAL	799 a	598 a	602 a	652 a	710 a	765 a	489 a

	Significación del ANOVA						
	se	ad	va	se*ad	va*se	va*ad	se*va*ad
MSc	ns	ns	***	ns	***	ns	ns
Pérdida MF (%)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
pH	ns	ns	**	ns	*	ns	ns
N total	**	ns	***	ns	ns	ns	ns
NH <sub>3</sub>	*	ns	***	ns	ns	***	ns
N soluble	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ac. Acético	ns	ns	***	ns	***	*	***
Ac. Propiónico	**	ns	***	ns	ns	***	***
Ac. Butírico	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ac. Láctico	ns	ns	*	ns	***	ns	ns
Etanol	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns
Mic. Aer. totales	ns	*	***	ns	***	**	ns
<i>Staphylococos</i>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Enterobacterias	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mohos y levaduras	ns	ns	***	ns	ns	***	***
Clostridios sulf.	ns	ns	***	ns	***	ns	***
Tª dif. máxima (°C)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
Hora Tdif>2	ns	ns	***	ns	***	***	***
Hora Tdif= máx	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
INTEGRAL	ns	ns	**	ns	*	ns	ns

Significado de las abreviaturas igual que en la tabla 2

## CONCLUSIONES

Un correcto ensilado disminuye el riesgo de contaminación del forraje con *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes*, dos de las bacterias potencialmente patógenas que aparecen en el maíz forrajero, de forma natural. El maíz cosechado la semana nueve tras la floración femenina proporciona una mejor calidad fermentativa que en las semanas 11 y 13, indicada por un menor porcentaje de N-H<sub>3</sub>. El uso de inoculantes a base de *Lactobacillus buchneri* puede reducir los recuentos de mohos y levaduras, y la inestabilidad aeróbica de los ensilados de planta entera de maíz. El uso de inoculantes a base de bacterias homofermentativas no mejora los parámetros de estabilidad aeróbica, pero puede disminuir el porcentaje de N-NH<sub>3</sub> sobre N total.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la colaboración de la Cooperativa Agraria Provincial de A Coruña y a la financiación de la Xunta de Galicia (Proyecto 04RAG011E).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BYRNE, C. M.; O'KIELY, P.; BOLTON, D. J.; SHERIDAN, J. J.; McDOWELL, D. A.; BLAIR, I.S., 2002. Fate of *Escherichia coli* O157:H7 during silage fermentation. *Journal of food protection*, 65 (12), 1854-1860.
- DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S. J. W. H.; VAN WIKSELAAR, P. G., 1999. *Lactobacillus buchneri* improves aerobic stability of laboratory and farm scale whole crop maize silage but does not affect feed intake and milk production of dairy cows. XII Int. Silage Conf., Uppsala, Sweden. (T. Pauly, ed.). 264-265
- DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S. J. W. H., 2000. The impact of the quality of silage on animal health and food safety: A review. *The Veterinary Quarterly*, 22 (4), 212-216.
- DULPHY, J.P. y DEMARQUILLY, C., 1981. Problèmes particuliers aux ensilages. In: Préviation de la valeur nutritive des aliments des ruminants, INRA Public., 81-104.
- FLORES, G.; GONZALEZ-ARRAEZ, A.; CASTRO, J., 1997. Evaluación de la utilidad de los silos a pequeña escala para experimentación en calidad de ensilados. En: *Actas de la XXXVII Reunión Científica de la S.E.E.P.* 373-378, Sevilla-Huelva, (España).
- FLORES, G.; GONZALEZ-ARRAEZ, A.; CASTRO, P.; VALLADARES, J.; CARDELLE, M.; FERNANDEZ-LORENZO, B.; DIAZ-VILLAMIL, L., 2004. Efecto de la fecha de recolección sobre la calidad y el rendimiento de la planta de maíz forrajero en Galicia. *Actas de la XLIV Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 297-302, Salamanca, (España).
- McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E., 1991. *The Biochemistry of Silage*. Chalcombe publications, 340 pp. Bucks (Gran Bretaña).
- O'KIELY, P., 1993. Influence of partially neutralised blend of aliphatic organic acids on fermentation, effluent production and aerobic stability of autumn grass silage. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 32, 12-26.
- OUDE ELFERINK, S. J. W. H.; DRIEHUIS, F.; KROONEMAN, J.; GOOSCHAL, J. C.; SPOELSTRA, S. F., 1999. *Lactobacillus buchneri* can improve the aerobic stability of silage via a novel fermentation pathway: the anaerobic degradation of lactic acid to acetic acid and 1, 2 -propanediol. XII Int. Silage Conf., Uppsala, Sweden. (Ed.: T. Pauly). 266-267.
- ISO 4833, 2003. Microbiology of food and animal feeding stuffs, horizontal method for the enumeration of microorganisms colony count technique at 30 °C. [http://www.iso.org/iso/publications\\_and\\_e-products.htm](http://www.iso.org/iso/publications_and_e-products.htm)
- ISO 7251. Apdo.9.1, 2005. Microbiology of food and animal feeding stuffs-horizontal method for the detection and enumeration of presumptive *Escherichia coli* most probable number technique. [http://www.iso.org/iso/publications\\_and\\_e-products.htm](http://www.iso.org/iso/publications_and_e-products.htm)
- ISO 7954, 1987. Microbiology. General guidance for the enumeration of yeasts and moulds. Colony-count technique at 25°C. [http://www.iso.org/iso/publications\\_and\\_e-products.htm](http://www.iso.org/iso/publications_and_e-products.htm)
- ISO 15213, 2003. Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the enumeration of sulfite-reducing bacteria growing under anaerobic conditions. [http://www.iso.org/iso/publications\\_and\\_e-products.htm](http://www.iso.org/iso/publications_and_e-products.htm)
- ISO 21528-2, 2004. Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the detection and enumeration of enterobacteriaceae. Part 2: colony-count method. [http://www.iso.org/iso/publications\\_and\\_e-products.htm](http://www.iso.org/iso/publications_and_e-products.htm)



---

UNE-EN ISO 6888-2, 2000. Microbiología. Método horizontal para el recuento de estafilococos coagulasa positivos. Parte 2. Ed. Asociación Española de Normalización y Certificación.

## EFFECT OF HARVEST TIME AND INOCULANTS ON FERMENTATION QUALITY, AEROBIC STABILITY AND HYGIENIC QUALITY OF MAIZE SILAGE

### SUMMARY

Two experiments were carried out in two years to compare the effect of harvest time (week 9, 11 and 13 after feminine flowering) and the use of commercial inoculants (L Fresh and P11A44, composed of on *Lactobacillus buchneri*, and LMS01 and P1188, composed of homofermentative lactic bacteria). The presence of *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* was detected on 30 and 29 fresh maize samples, out of 30, and zero and two maize silage samples, out of 120, respectively. Silages made of maize harvested on week nine showed less percentage of N-NH<sub>3</sub> on total N. The first year, silages treated with *L. buchneri* showed higher pH, lower lactic acid content, higher acetic and propionic acid content, higher counts of total aerobic microorganisms but lower counts of yeasts and moulds, and higher aerobic stability than silages treated with homofermentative bacteria. In the second year, with lesser number of silages, significant differences between inoculants were detected just in total aerobic microorganisms counts.

**Key words:** *Lactobacillus buchneri*, moulds, yeasts, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*.



## CARACTERIZACIÓN DE ENSILADOS DE PRADERA DE RAIGRÁS ITALIANO TRÉBOL VIOLETA EN MANEJO CONVENCIONAL VS. ECOLÓGICO

A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A. SOLDADO, E. MORALES, F. VICENTE,  
Y B. DE LA ROZA-DELGADO

**Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA).  
Área de Nutrición Animal, Pastos y Forrajes. Apdo. 13. E-33300 Villaviciosa, (Asturias)  
admartinez@serida.org**

### RESUMEN

En otoño de 2006, se estableció en un valle interior y una zona costera de Asturias una pradera de raigrás italiano-trébol violeta (*Lolium multiflorum* Lam.-*Trifolium pratense* L.), para contrastar condiciones de manejo ecológicas (ME) y convencionales (MC). La fertilización aplicada fue de 190, 120, 120 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente, en manejo convencional, mientras que en manejo ecológico la fertilización mineral fue sustituida por purín de vacuno con una concentración de 2,7; 1,4; 5,2 y 0,7 kg m<sup>-3</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O y MgO respectivamente, con una dosis de aplicación de 45 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> distribuida en tres periodos. Tras un corte de limpieza a la salida del invierno, los dos primeros cortes de primavera se aprovecharon como ensilado (1S, 2S) y fueron caracterizados en función de su rendimiento, calidad nutritiva y fermentativa y estabilidad aeróbica.

Los resultados preliminares muestran que, los ensilados elaborados con forrajes en ME, presentan menores pérdidas durante el proceso fermentativo que los MC (13,5 vs. 20,0 %; p<0,001), con menores tasas de proteólisis (426 vs. 593 g N soluble kg<sup>-1</sup> N total; p<0,001) y fermentaciones secundarias, hechos que además ponen de manifiesto un mejor estabilidad al contacto con el aire, todo ello relacionado con el mayor contenido en materia seca del forraje de partida en los primeros (174 vs. 161 g kg<sup>-1</sup>). A pesar de las diferencias en composición botánica del forraje verde, no hubo claras variaciones en cuanto a calidad nutritiva.

**Palabras clave:** fertilización mineral, purín, valor nutritivo, características fermentativas, estabilidad aeróbica.

### INTRODUCCIÓN

El ensilado es un método de conservación de forrajes muy utilizado a nivel mundial sin embargo, últimamente esta técnica está sometida a críticas de tipo medioambiental, debido a una excesiva contaminación nitrogenada del suelo (Broderick, 1995; Keyserlingk *et al.*, 1996) y al riesgo de que sus efluentes lleguen a eutrofizar los cursos de agua. Por esta razón, en el norte y oeste de Europa se está volviendo a plantear la posibilidad de utilizar sistemas de conservación eficientes, apostando por un cambio hacia una producción de forrajes menos agresiva con el medio ambiente y reduciendo la cantidad de residuos agroganaderos.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que un sistema de producción ecológica de vacuno lechero necesita optimizar la producción a partir del forraje. Los actuales estándares de producción ecológica requieren que al menos el 60% de la materia seca ingerida sea forraje (Roderick *et al.*, 2002), lo que supone que para lograr buenas producciones de leche el contenido en principios nutritivos de dichos forrajes tiene que ser elevado.

Se conocen diversos efectos positivos derivados de la reducción de la fertilización nitrogenada en prados y praderas (Prins, 1984; McGrath, 1992; etc.), pero no existe suficiente información científica sobre los efectos que pueda tener sobre la degradabilidad ruminal y digestibilidad intestinal de la proteína del forraje verde original y del posterior ensilado, de praderas de larga y corta duración, destinadas a la alimentación del vacuno lechero. Diversos estudios se han realizado en forrajes frescos (Peyraud y Astigarraga, 1998) y desecados (Blaxter *et al.*, 1971), sin embargo, existe muy poca información de estos cambios cuando el forraje es ensilado. La complejidad de los procesos digestivos y metabólicos que sufrirá dentro del rumiante se suma a la de las previas fermentaciones que transformaron el forraje verde en un ensilado.

Por todo ello, el objetivo del presente trabajo ha sido evaluar las diferencias en rendimiento, calidad nutritiva y fermentativa y estabilidad aeróbica de ensilados elaborados con forrajes procedentes de praderas sembradas manejadas de forma convencional (MC) o ecológica (ME).

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en praderas de raigrás italiano-trébol violeta (*Lolium multiflorum* Lam.-*Trifolium pratense* L.), establecidas simultáneamente en un valle interior (43,23N 6,07O) y una zona costera (43,28N 5,27O) de Asturias en otoño de 2006. En la zona costera (ZC), se utilizaron para cada tratamiento (MC o ME) parcelas de tamaño explotación (1,5 ha), que fueron subdivididas aleatoriamente en cuatro subparcelas (repeticiones). En la zona interior (ZI), la pradera se estableció sobre parcelas experimentales de 90 m<sup>2</sup>. Se utilizó un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones por tratamiento en ambos casos. La dosis de siembra empleada fue de 22 y 12 kg ha<sup>-1</sup> para el raigrás italiano (cv. Ansy) y trébol violeta (cv. Violetta) respectivamente. La fertilización aplicada en MC fue de 190, 120, 120 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente, mientras que en ME, donde las parcelas fueron manejadas de acuerdo con los requisitos de la agricultura ecológica según el Reglamento N° 2092/91 (CEE, 1991), la fertilización mineral fue sustituida por purín de vacuno con una concentración de 2,7; 1,4; 5,2 y 0,7 kg m<sup>-3</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O y MgO respectivamente, con una dosis de aplicación de 45 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> distribuida en tres periodos, el primero en el momento de la siembra y los restantes en primavera coincidiendo con los cortes para ensilado.

Tras un corte de limpieza a la salida del invierno, los dos primeros cortes de primavera se aprovecharon como ensilado (1S, 2S). El forraje verde obtenido fue procesado y analizado para definir su composición botánica por separación manual de las especies presentes en la pradera, ensilabilidad según de la Roza-Delgado *et al.*, (2004) y 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 430/1044). Posteriormente, el forraje fue ensilado tras 24 horas de prehenificación utilizando microsilos experimentales de acuerdo al modelo propuesto por Martínez y de la Roza (1997) y validado por Martínez (2003) con tres réplicas por tratamiento, realizando un total de ocho tratamientos considerando localidad (ZC, ZI), tipo de manejo (MC, ME) y corte para silo (1S, 2S). Tras un periodo de estabilización de 75 días los microsilos fueron abiertos e inmediatamente muestreados y procesadas para determinar su rendimiento y características fermentativas y nutritivas según Vicente *et al.*, (2006) y Martínez Fernández *et al.*, (2006). Asimismo, sobre una fracción del ensilado se evaluó la estabilidad aeróbica según Moran *et al.*, (1996) y Martínez y de la Roza, (1999) para lo cual, los ensilados se colocaron en cajas de poliestireno expandido (60 x

40 x 15 cm) provistas de tapas no herméticas y almacenadas durante un periodo de 10 días, durante el cual se monitorizó diariamente la temperatura y el pH de los ensilados en contacto con el aire según el procedimiento descrito por de la Roza *et al.* (1999).

Todos los datos fueron contrastados mediante un análisis de varianza considerando como efectos fijos localidad, manejo y corte (SAS, 1999).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con respecto al forraje verde, cabe destacar que los diferentes manejos indujeron importantes cambios en cuanto a la composición botánica de las praderas, siendo el efecto más destacable la elevada proporción de trébol violeta en ME, dado que la ausencia de fertilización mineral evitó que se inhibiera su desarrollo. La ensilabilidad de los forrajes fue superior en ME debido a los mayores contenidos en materia seca (174 vs. 161 g kg<sup>-1</sup>) y azúcares solubles (150 vs. 119 g kg<sup>-1</sup>MS;  $p < 0,05$ ) del forraje, mientras que en los que se refiere a calidad nutritiva, los contenidos en fibra fueron significativamente menores para los forrajes ecológicos sin diferencias en cuanto al contenido en cenizas, proteína y energía metabolizable (Martínez-Fernández *et al.*, en prensa), (Tabla 1).

**Tabla 1.** Valor nutritivo y contenido en energía de las praderas de raigrás italiano trébol violeta en manejo convencional vs ecológico

	Manejo convencional	Manejo ecológico	e.s.	Significación estadística					
				C	M	L	C*M	C*L	M*L
Cenizas (g kg <sup>-1</sup> MS)	103	103	0,13	***	NS	***	NS	***	NS
Proteína bruta (g kg <sup>-1</sup> MS)	176	172	0,15	***	NS	***	***	***	NS
FND (g kg <sup>-1</sup> MS)	471	437	0,39	***	***	***	NS	***	NS
FAD (g kg <sup>-1</sup> MS)	268	251	0,16	***	***	*	*	***	NS
EM (MJ kg <sup>-1</sup> MS)	10,5	10,4	0,03	***	NS	***	***	***	*

\*, \*\* y \*\*\* Significativo a 0,05, 0,01 y 0,001 % respectivamente. NS  $p > 0,05$ ; e.s.: error estándar de la media; C: corte; M: Manejo; L: Localidad; MS: Materia seca; FND y FAD: Fibras neutro y ácido detergente; EM: Energía metabolizable estimada

Con respecto a los ensilados resultantes, la producción de efluentes de los elaborados en ME fue significativamente menor que en los elaborados bajo MC (93 vs. 177 L t<sup>-1</sup>;  $p < 0,001$ ), y como consecuencia las pérdidas ocasionadas durante el proceso de fermentación también resultaron significativamente menores en ME (13,5 vs. 20,0 %;  $p < 0,001$ ). Por cortes, la evacuación de efluentes fue significativamente inferior en 2S (85 vs. 186 L t<sup>-1</sup>;  $p < 0,001$ ), directamente relacionado con el mayor contenido en materia seca en este corte (201 vs. 158 g kg<sup>-1</sup>;  $p < 0,001$ ), resultados concordantes con los obtenidos por Martínez y de la Roza (1997).

Respecto a la calidad nutritiva de los ensilados cabe destacar que, a pesar de las diferencias en composición botánica del forraje de partida, no hubo grandes variaciones en cuanto a calidad nutritiva (Tabla 2). Los ensilados elaborados en ME presentaron mayor contenido en materia seca (190 vs. 171 g kg<sup>-1</sup>;  $p < 0,01$ ) y menores contenidos en fibras, siendo los resultados similares a los obtenidos en el forraje verde. Hubo una significativa pérdida de proteína durante el proceso fermentativo (131 vs. 149 g kg<sup>-1</sup> MS;  $p < 0,01$ ) para ME y MC respectivamente, siendo esta más acusada en los ensilados en ME, no obstante este menor contenido en proteína quedó compensado con la menor fracción de nitrógeno soluble generada en estos ensilados durante el proceso fermentativo. Con respecto a la calidad fermentativa, los resultados preliminares muestran que, los ensilados elaborados con forrajes en ME tienen menor pH (4,33 vs. 4,62;  $p < 0,05$ ), mayores concentraciones

en ácido láctico y menores contenidos en N soluble (426 vs. 593 g N soluble kg<sup>-1</sup> N total; p<0,001) y fermentaciones secundarias que los elaborados con forrajes procedentes de MC, lo que pone de manifiesto una mayor estabilidad aeróbica (Tabla 3).

Por cortes, la calidad nutritiva fue superior en el 1S con mayores contenidos en proteína (145 vs. 135 g kg<sup>-1</sup> MS; p<0,05), energía (9,8 vs. 9,0 MJ kg<sup>-1</sup>MS; p<0,001), y ácido láctico (83 vs. 41 g kg<sup>-1</sup> MS; p<0,0011) y menores tasas de metabolitos secundarios.

**Tabla 2.** Calidad nutritiva y fermentativa de ensilados de raigrás italiano-trébol violeta según localidad, manejo y corte de silo

	Zona costera				Zona interior				Significación estadística		
	MC		ME		MC		ME		C	M	L
	1S	2S	1S	2S	1S	2S	1S	2S			
pH	3,94	3,89	4,16	3,73	5,47	5,19	4,35	5,09	NS	*	***
Materia seca (g kg <sup>-1</sup> )	133	225	152	243	120	126	139	136	***	**	***
Cenizas (g kg <sup>-1</sup> MS)	114	114	136	97	141	125	134	137	*	NS	**
Proteína bruta (g kg <sup>-1</sup> MS)	139	112	118	110	179	166	144	151	*	***	***
FND (g kg <sup>-1</sup> MS)	537	553	534	505	530	637	506	576	**	**	*
FAD (g kg <sup>-1</sup> MS)	324	346	317	312	379	418	323	394	**	**	***
EM (MJ C)	10,0	9,4	9,7	9,8	9,8	8,3	9,8	8,6	***	NS	***
N-soluble (g N kg <sup>-1</sup> N total)	425	569	450	355	752	627	517	384	NS	***	**
Ácido láctico (g kg <sup>-1</sup> MS)	116	90	106	75	21	87	0,0	0,0	***	NS	***
Ácido acético (g kg <sup>-1</sup> MS)	22	24	42	23	62	95	24	58	***	***	***

\*, \*\* y \*\*\* Significativo a 0,05, 0,01 y 0,001 % respectivamente. NS p>0,05; e.s.: error estándar de la media; C: corte; M: Manejo; L: Localidad; MS: Materia seca; FND y FAD: Fibras neutro y ácido detergente; EM: Energía metabolizable estimada

Si se comparan los resultados atendiendo a localidad, aunque siguen la misma tendencia en ZC y ZI, hay evidentes diferencias significativas.

Por otra parte, de acuerdo con la definición de estabilidad aeróbica dada por Moran *et al.*, (1996) en lo que se refiere a la evolución de la temperatura los ensilados elaborados en ME se mantuvieron estables por más tiempo que los elaborados bajo MC (Tabla 3). Los ensilados de 2S, con mayor contenido en materia seca también se mantuvieron estables por más tiempo que los elaborados con forraje de primer corte con independencia de la localización de los ensayos.

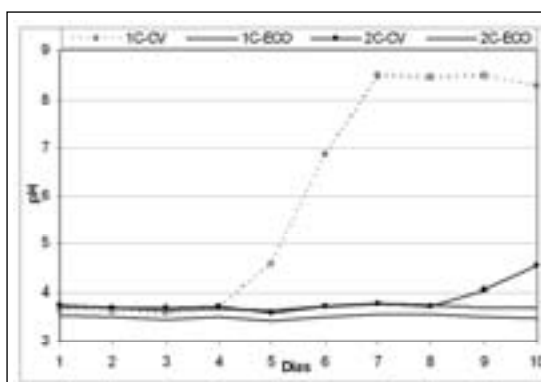
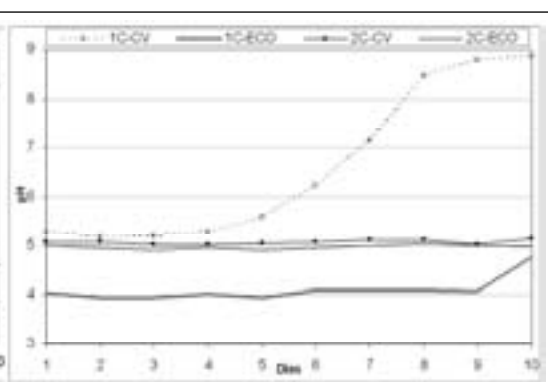
Paralelamente, en las Figuras 1 y 2 se observa la evolución del pH en el tiempo. Como en el caso de la temperatura los mejores comportamientos se dieron para los ensilados procedentes de forrajes en ME siendo asimismo sensiblemente mejores los pH finales alcanzados por los ensilados elaborados con forraje de segundo corte.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Weissbach (1999) en un trabajo sobre las consecuencias de la desintensificación sobre la ensilabilidad y la estabilidad del ensilado. Según este autor, existe una relación inversa entre la disminución de los inputs de fertilización nitrogenada y los contenidos en materia seca de los forrajes, lo que provoca una mejora en los coeficientes de fermentabilidad de los ensilados y posteriormente en la calidad fermentativa y estabilidad de los mismos tras su apertura.

**Tabla 3.** Temperatura (°C) de los ensilados de raigrás italiano-trébol violeta durante diez días tras su apertura según localidad, manejo y corte de silo

	Zona costera				Zona interior			
	MC		ME		MC		ME	
	1S	2S	1S	2S	1S	2S	1S	2S
1	20,31	19,98	20,40	20,42	19,92	20,80	20,40	21,43
2	20,67	20,00	20,45	20,60	20,14	20,50	20,40	21,41
3	21,36	20,24	20,30	20,71	20,62	20,60	20,60	20,78
4	23,14	20,50	20,21	20,63	21,08	20,80	20,49	20,95
5	26,30	20,73	20,22	21,30	22,80	20,50	20,34	21,36
6	28,08	20,52	20,60	21,49	26,21	20,90	20,51	20,83
7	26,77	20,28	20,89	20,97	27,73	21,00	20,21	20,91
8	25,33	20,37	21,71	20,80	26,85	21,50	20,35	20,83
9	24,55	20,84	24,40	21,81	26,43	21,40	21,66	21,20
10	24,61	21,10	27,11	22,78	24,83	22,40	22,09	21,66

Manejo convencional; ME: Manejo ecológico; 1 S y 2S: 1º y 2º corte de silo.

**Figura 1.** Evolución del pH en ensilados elaborados en zona costera**Figura 2.** Evolución del pH en ensilados elaborados en zona interior

## CONCLUSIONES

Los resultados preliminares muestran que, los ensilados elaborados con forrajes en ME, presentan menos pérdidas que los de MC, con menores tasas de proteólisis y fermentaciones secundarias, y un mejor comportamiento de su estabilidad al contacto con el aire, todo ello relacionado con el mayor contenido en materia seca del forraje de partida en los primeros. A pesar de las diferencias en composición botánica del forraje de partida, no hay grandes variaciones en cuanto a calidad nutritiva, aunque sí las hay en lo referente al proceso fermentativo, significativamente mejor en los ensilados elaborados en ME.

La calidad nutritiva y fermentativa fue superior en los ensilados de primer corte.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al INIA la financiación del proyecto que ha permitido la ejecución de este trabajo (RTA2006-00082-C02), así como al personal técnico del Laboratorio de Nutrición Animal y al personal de campo del SERIDA por su colaboración.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLAXTER, K. L.; WAINMAN, F. W.; DEWEY, P. S. J.; DAVIDSON, J. O.; DENERLEY, H.; GUNN, J. B., 1971. Effects of nitrogenous fertilizer on the nutritive value of artificially dried grass. *J. Agric. Science (Cam.)*, 76, 307-319.
- BRODERICK, G. A., 1995. Desiderable characteristics of forage legume for improving protein utilization in ruminants. *Journal of Animal Science*, 73, 2760-2773.
- 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.
- KEYSERLINGK VON, M.A.G. , SWIFT, M.L., PUCHALA, R. Y SHELFORD J.A., 1996. Degradability characteristics of dry matter and crude protein of forages in ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 57, pp 291-311.
- MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, A., 2003. Ensilabilidad de especies pratenses en Asturias y su interacción con el uso de aditivos. Tesis Doctoral. Universidad de Oviedo. 450 pp.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; PEDROL, N.; MARTÍNEZ, A.; SOLDADO, A.; VICENTE F.; ROZA-DELGADO B. de la, 2008. Effect of different management systems of sown meadows. Proceedings of the 22st General Meeting of European Grassland Federation. Uppsala (Suecia). En prensa.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; ROZA B. de la, 1997. Poder contaminante de los efluentes de ensilados de hierba y raigrás italiano según materia seca del forraje inicial y aditivo utilizado. En: Actas de la XXXII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Sevilla. Pp: 199-204.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; ROZA B. de la, 1999. Efecto de diferentes aditivos sobre la estabilidad aeróbica en ensilados según tipos de pradera. En: Actas de la XXXIX Reunión Científica de la Sociedad española para el Estudio de los Pastos. Almería. Pp: 237-243.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A; VICENTE, F.; ROZA-DELGADO, B de la.; SOLDADO, A.; MARTÍNEZ, A.; ARGAMENTERÍA, A., 2006. Silage quality of faba-bean alone or with triticale growing organically. II: Effect of *Lactobacillus buchneri*. En: *Sustainable Grassland Productivity*. J. Lloveras et al. (Eds). Vol (11): 366-368. Proceedings of the 21 st General Meeting of the European Grassland Federation. Badajoz (España).
- McGRATH, D., 1992. A note on the influence of nitrogen application and time of cutting on water soluble carbohydrate production by italian ryegrass. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. 31, 189-192.
- MORAN, J.P.; WEINBERG, Z.G.; ASHBELL, G.; HEN, y.; OWEN, T.R., 1996 A comparison of two methods for the evaluation of the aerobic stability of whole crop wheat silage. 162-163 En: Proceedings of the XI Internacional Silage Conference. (UK).
- PEYRAUD, J. L. Y ASTIGARRAGA, L., 1998. Review of the effect of nitrogen fertilization on the chemical composition, intake, digestion and nutritive value of fresh herbage: consequences on animal nutrition and N balance. *Animal Feed Science and Technology*, 72, 235-259.



- PRINS, W. H., 1984. Limits to nitrogen fertilizer on grassland. *Neth. J. Agric. Sci.* 32:319-321.
- RODERICK, S.; MOVI, M.; TAYLOR, N., 2002. The productivity of organic dairy herds. En: *UK Organic Research 2002: Proceedings of the COR Conference*. Eds. Powell et al. Aberystwyth (UK). 185-188.
- ROZA-DELGADO, B de la.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; ARGAMENTERÍA, A., 1999. Estabilidad aeróbica, calidad de los ensilados de raigrás italiano y su respuesta de producción según la naturaleza del aditivo empleado. *ITEA Vol. Extra 20*: 526-528.
- ROZA-DELGADO, B de la.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; SOLDADO-CABEZUELO, A.; ARGAMENTERÍA GUTIÉRREZ, A., 2004. Evolución de la producción y ensilabilidad de la asociación triticale haboncillos, según su estado de desarrollo. En: *Pastos y Ganadería Extensiva*. B. García Criado.; A. García Ciudad.; B. Vázquez de Aldana.; I. Zabalgogezcoa (Eds). pp: 273-277. Actas de la XLIV Reunión Científica de la Sociedad española para el Estudio de los Pastos. Salamanca.
- SAS Institute, SAS/STATM., 1999. User's Guide. Release 8.2. SAS Institute, Inc. 10 Cary, NC (1999).
- VICENTE, F.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; ROZA-DELGADO, B de la.; SOLDADO, A.; PEDROL, N.; ARGAMENTERÍA, A., 2006. Silage quality of faba-bean alone or with triticale growing organically. I: Effect of wilting. En: *Sustainable Grassland Productivity*. J. Lloveras et al. (Eds). Vol (11): 357-359. Proceedings of the 21 st General Meeting of the European Grassland Federation. Badajoz (España).
- WEISSBACH, F., 1999. Consequences of grassland de-intensification for ensilability and feeding value of herbage. In: *Contributions of Grassland and Forage Research to the development of Systems of Sustainable Land Use*. Institute of Crop and Grassland Science of the Federal Agriculture Research Centre (FAL), Braunschwig, Germany, pp. 41-53.

## CHARACTERIZATION OF ITALIAN RYEGRASS RED CLOVER SILAGES UNDER CONVENTIONAL VS. ORGANIC MANAGEMENT

### SUMMARY

In autumn 2006, a meadow of Italian ryegrass and red clover was sown in an inner valley and a coastal field of Asturias simultaneously (*Lolium multiflorum* Lam.-*Trifolium pratense* L.), to compare different management systems, organic (OMS) vs. conventional (CMS). The fertilizer applied was: 190, 120, 120 kg ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> for N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O respectively, in CMS, while in OMS mineral fertilization was replaced by cattle manure with a concentration of 2.7, 1.4, 5.2, and 0.7 kg m<sup>-3</sup> of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O MgO respectively, with a dosage of 45 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> spread over three periods. After a cleaning cut at the end of winter, the next two spring cuts in spring were used to make silage and were characterized attending productivity, nutritive and fermentative characteristics and aerobic stability.

Preliminary results showed that in silages made from forages under OMS the losses were lower than CMS ones, with lower rates of proteolysis and secondary fermentations, moreover an improved aerobic stability was observed in OMS, all related to higher dry matter content of the forage in OMS. It is important to remark that, despite the differences observed in green forages concerning botanical composition, there are not important changes about silages nutritive quality. The fermentative process was better for OMS silages compared with CMS.

**Key words:** mineral fertilization, cattle manure, nutritive value, fermentation characteristics, aerobic stability.



## RELACIONES DIVERSIDAD FLORÍSTICA-PRODUCCIÓN-MANEJO EN PRADOS DE SIEGA PIRENAICOS

O. BARRANTES, R. REINÉ, A. BROCA Y C. FERRER

**Dpto. Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Miguel Servet, 177. 50013 Zaragoza (España)**

### RESUMEN

Se presenta un trabajo donde han sido tratados datos de estudios anteriores, con el fin de establecer bases de partida para un proyecto de investigación que ahora se inicia. La cuestión planteada es ver qué relación existe entre diversidad florística y producción en prados de siega del Pirineo y cómo influye el manejo en ambos parámetros. Se concluye que la relación diversidad-producción se ajusta a una curva polinomial, con máximos de producción en valores intermedios de diversidad, según un modelo comúnmente aceptado. Esta curva es más aplanada en el caso de los prados regados, lo que implica que el efecto riego amortigua el efecto diversidad. Se ha encontrado también que si el primer corte se retrasa, perdiendo la hierba calidad, aumenta en cambio la diversidad, lo que se atribuye a un efecto de autorresiembrado, dada la madurez de las plantas. No se ha encontrado correlación entre tipo de fertilización (a partir de una información simplemente cualitativa) y diversidad. Se da una relación de especies cuya presencia y grado de cobertura en el prado podrían considerarse como "indicadores" de alta o baja diversidad.

**Palabras clave:** riqueza específica, secano, regadío, fecha de siega, fertilización.

### INTRODUCCIÓN

Recientemente, a un grupo de investigación en el que se integran los autores de este trabajo le ha sido concedido un proyecto sobre los efectos de la gestión de prados del Pirineo Aragonés en los rendimientos y el mantenimiento de la biodiversidad vegetal (Proyecto PM076/2007 del Gobierno de Aragón). Por otro lado, en el Departamento de Agricultura y Economía Agraria de la Universidad de Zaragoza ya se habían realizado trabajos de prospección y diagnóstico sobre prados del Pirineo aragonés, algunos de cuyos datos fueron publicados hace tiempo (Ferrer *et al.*, 1990; Maestro *et al.*, 1990). En aquellas fechas, sin embargo, el mantenimiento de la biodiversidad vegetal en este tipo de comunidades, así como la relación entre este parámetro, su manejo y sus rendimientos productivos eran todavía inquietudes iniciales (Baldock, 1990), que fueron adquiriendo más relevancia después (McNaughton, 1994; Bekker *et al.*, 1997; Janssens *et al.*, 1998; Zechmeister *et al.*, 2003; Isselstein *et al.*, 2005; y un interminable número de trabajos científicos hasta nuestros días). Los autores recuperan ahora mucha de la información obtenida a finales de los años 80 y la enfocan desde un punto de vista de la biodiversidad, de modo que aquellos trabajos de "prospección y diagnóstico" puedan servir de base y preámbulo del proyecto que ahora vamos a iniciar.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Fueron controladas durante dos años consecutivos 24 parcelas de prados del Pirineo, 15 de secano y 9 de regadío. Dichas parcelas se ubican en municipios que abarcan, de este a oeste, todo el Pirineo aragonés. En este trabajo se dan producciones y diversidad florística expresada por el nº de especies, referidos al primer aprovechamiento, un corte para conservar (heno o ensilado) realizado desde mediados de junio hasta mediados de julio. Sobre manejo, además de secano o regadío, se tienen datos de la fecha del corte (los aprovechamientos tempranos se asocian con un manejo más intensivo) y tipo de abonado, que de menos a más intensificación es: sin abonado, sólo con estiércol, estiércol y abono químico en años alternos, estiércol más abono químico todos los años, y purín de vacuno.

En las parcelas controladas, e inmediatamente antes del corte, se hacía un inventario florístico exhaustivo, lo que nos proporciona el dato de riqueza específica (número de especies). A continuación se evaluaba visualmente el porcentaje de cobertura de las especies, dando una simple indicación fitosociológica (+) a las meramente presentes. Posteriormente se dio un valor de 0,1% a las especies (+) y se recalcularon los porcentajes de cobertura llevados a un total de 100%.

La producción se obtuvo a partir del corte realizado por las segadoras de los propios ganaderos (en general de 1,20 m de ancho), en tramos de 3 m (3,6 m<sup>2</sup>), repetidos cinco veces (18 m<sup>2</sup> en total), en diversos puntos de la parcela. Las cinco muestras se pesaban sobre el propio terreno con una lona tarada mediante un dinamómetro con una precisión de 10 g. De cada una de las cinco muestras, debidamente homogeneizadas, se tomaba una alícuota que, unida a las otras cuatro, constituían el material para análisis. En el laboratorio se secaban en estufa a 103 °C hasta peso constante, obteniendo el porcentaje de Materia Seca (MS) y se calculaba la producción en kg MS/ha.

El tratamiento estadístico consistió por una parte, en el ajuste a una curva polinomial de segundo grado entre las variables “riqueza específica” y “producción” en las parcelas de estudio, y el ajuste lineal entre las variables “fecha de aprovechamiento” y “riqueza específica”, ambos ajustes mediante el programa Excel. Por otra parte, se estableció la relación entre la cobertura de las especies y la riqueza específica, a través del coeficiente de correlación de Pearson, mediante el paquete estadístico SPSS.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se dan datos estadísticos de diversidad (número de especies por parcela) y producción (kg MS por ha). El total de especies inventariadas en las 24 parcelas es de 80.

**Tabla 1.** Valores estadísticos de riqueza específica (24 parcelas) y producción del 1er corte (con datos de dos años consecutivos)

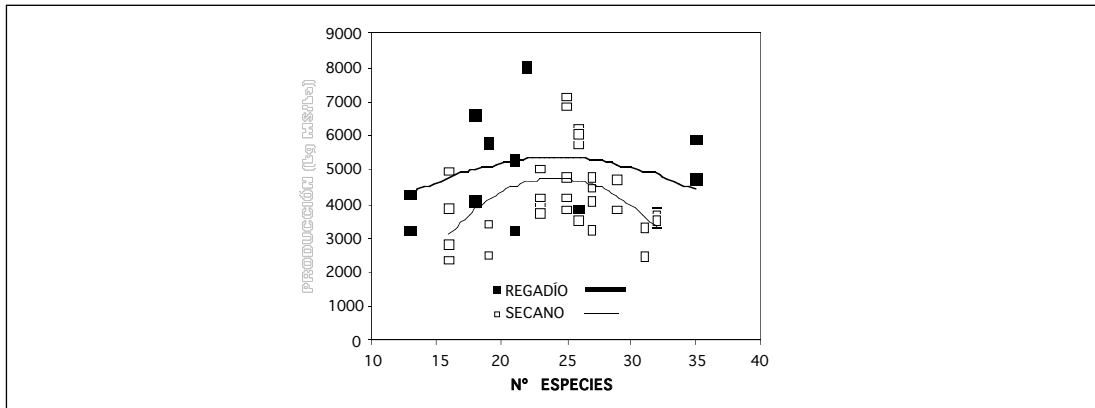
	n	Media	Desv. st.	Min.	Máx.
Riqueza específica	24	24	5,7	13	35
Producción 1er corte (kg MS/ha)	43	4438	1321	2358	8002

La Fig. 1 representa gráficamente la interacción entre la riqueza específica y la producción, separando los prados de secano y de regadío. Si bien los valores de R<sup>2</sup> no son muy altos, el ajuste a una curva polinomial sigue un modelo generalizado empírico muy aceptado, en el sentido de que el máximo de producción se corresponde con valores moderados de diversidad, mientras que en los extremos de alta y baja diversidad sólo se alcanzan valores moderados de producción (Al-Mufti *et al.*, 1977; Grime, 1979; Ferrer *et al.*, 2001; Hodgson *et al.*, 2005). La falta de un ajuste mejor,

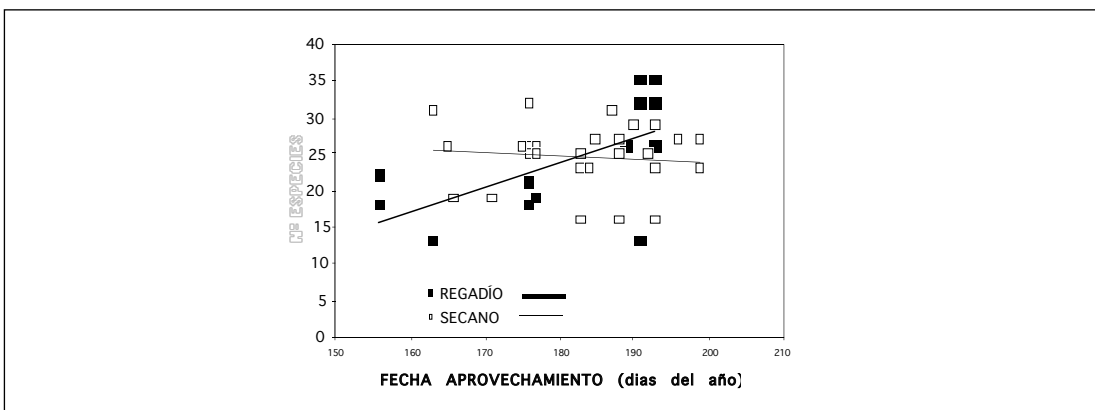
en nuestro caso, podría explicarse, siguiendo a Moore y Keddy (1989), porque la regla general anterior, si bien es válida a escalas amplias, se revela menos adecuada cuando se desciende a comunidades más o menos homogéneas.

En cualquier caso, el planteamiento ya clásico en el ámbito de los prados, como comunidades vegetales naturales, es que la producción y la diversidad florística son objetivos a menudo contradictorios. Es también comúnmente aceptado que una gestión de los prados que tiende a la intensificación da lugar a una disminución de la biodiversidad, paralela con el aumento de producción perseguido (Jouven *et al.*, 2007).

**Figura 1.** Relación polinomial entre nº de especies (diversidad florística) y producción



**Figura 2.** Relación entre la fecha de aprovechamiento y nº de especies (diversidad florística). En el regadío la correlación Pearson es significativa al 0'01



En nuestro estudio se observa (Fig. 1) que la curva correspondiente a los prados regados presenta mayores valores de producción, aunque de forma no significativa, y es muy aplanada. El efecto riego homogeneiza los valores de producción amortiguando el efecto diversidad. En secano, el ajuste da lugar a una curva de mayor curvatura, marcando más las diferencias de producción en función de la diversidad, de acuerdo con el modelo antes comentado.

En los prados del Pirineo, tal como hemos comprobado en trabajos anteriores (Maestro *et al.*, 1990), el máximo de producción se obtiene ya a primeros de junio, si bien muchas parcelas no se siegan hasta la primera quincena de julio, con la correspondiente pérdida de calidad. Esta práctica tiene su justificación en dos hechos: a primeros de julio hace más calor y el riesgo de lluvias

es menor, por lo que la henificación tiene más garantías de éxito (hoy día esta cuestión puede obviarse mediante la conservación por ensilaje); a primeros de julio el ganado vacuno ya sube al puerto y el ganadero está más libre para las tareas del henificado. A primeros de julio muchas especies están ya maduras y se autorresiembran, es decir que lo que en principio sería una mala gestión (retraso en el corte y pérdida de calidad) puede beneficiar a la diversidad. Nosotros, en efecto, hemos comprobado (Fig. 2) una correlación positiva y significativa entre la fecha de corte y diversidad, aunque sólo en el caso de los prados de regadío. Si bien el riego es un índice de intensificación de los prados, si el manejo no es correcto (retraso en el corte) se produce en cambio un efecto positivo para la diversidad vegetal.

En relación con los efectos del tipo de fertilización sobre la riqueza específica, en nuestro trabajo no hemos observado interacciones, si bien los datos con los que se contaba eran meramente cualitativos y no cuantitativos.

De entre el total de 80 especies inventariadas, sólo la cobertura de 10 especies da correlación significativa con la riqueza específica (Tabla 2). De ellas, ocho presentan correlación positiva y dos, negativa. Resaltamos que estas dos últimas son *Dactylis glomerata*, presente en todas las parcelas (24) y *Trifolium pratense*, presente en 22. En principio, las ocho primeras especies podrían considerarse como “indicadoras” de una elevada diversidad florística, y a la inversa en el caso de las dos segundas. Constatamos que, salvo *Lathyrus pratensis*, las otras siete especies que presentan correlación positiva, además de propias de *Arrhenatherion elatioris*, lo son también de *Bromion erecti* (Villar *et al.*, 1997, 2001). Por otro lado, Gómez-García *et al.* (2002) indican un 25% más de especies en prados de *Bromion* que en los de *Arrhenatherion*.

**Tabla 2.** Correlaciones significativas (Pearson) de la Riqueza específica con la cobertura de especies en el pasto, utilizando un solo año de observaciones (n=24 parcelas; nº total de especies=80)

	Coef. Pearson	Significación
Briza media	0,493	*
Carum carvi	0,564	**
Dactylis glomerata	-0,534	**
Lathyrus pratensis	0,465	*
Leucanthemum vulgare	0,470	*
Medicago lupulina	0,414	*
Phyteuma orbiculare	0,416	*
Rhinanthus mediterraneus	0,473	*
Tragopogon pratensis	0,443	*
Trifolium pratense	-0,452	*

Significación: \* = 0,05 ; \*\* = 0,01

En esta publicación no han sido considerados los parámetros ambientales (altitud, pendiente, exposición, datos edáficos, etc.) que, concomitantes con el manejo, pueden matizar muchas de las cuestiones que aquí han sido expuestas. El tratamiento de estos datos se expone en otro trabajo en este mismo volumen (Reiné *et al.*, 2008).

## CONCLUSIONES

Queda patente que debe profundizarse en una mejor comprensión de las interacciones entre prácticas de manejo, biodiversidad y producción para establecer modos de gestión que contribuyan a la sostenibilidad ecológica y económica de estos sistemas. Está claro que diversidad y producción son frecuentemente objetivos contradictorios. Se trataría pues de encontrar fórmulas de compromiso que mantengan ambos parámetros por encima de niveles razonables o que, en caso de priorizar la diversidad, se compense a los ganaderos las pérdidas de producción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-MUFTI, M.M.; SYDES, C.L.; FURNESS, S.B.; GRIME, J.P.; BAND, S.R., 1977. A quantitative analysis of shoot phenology and dominance in herbaceous vegetation. *Journal of Ecology*, 65(3), 759-791.
- BALDOCK, D., 1990. *Agriculture and habitat loss in Europe*. WWF International. 60 pp. London.
- BEKKER, R.; VERWEIJ, G.; SMITH, R.; REINÉ, R.; BAKKER, J.P.; SCHNEIDER, S., 1997. Soil seed bank in European grasslands. Does land use affects regeneration perspectives? *Journal of Applied Ecology*, 34, 1293-1310.
- 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 de la XXX Reunión Científica de la SEEP*, 168-175. San Sebastián.
- FERRER, C.; BARRANTES, O.; BROCA, A., 2001. La noción de biodiversidad en los ecosistemas pascícolas españoles (artículo de revisión). *Pastos XXXI* (2), 129-184.
- GRIME, J.P., 1979. *Plant strategies and vegetation processes*. John Wiley & Sons. 417 pp. Chichester (England).
- HODGSON, J.G.; MONTSERRAT-MARTÍ, G.; TALLOWIN, J.; THOMPSON, K.; DÍAZ, S.; CABIDO, M.; GRIME, J.P.; WILSON, P.J.; BAND, S.R.; BOGARD, A.; CABIDO, R.; CÁCERES, D.; CASTRO-DÍEZ, P.; FERRER, C.; MAESTRO-MARTÍNEZ, M.; PÉREZ-RONTOMÉ, M.C.; CHARLES, M.; CORNELISSEN, J.H.C.; DABBERT, S.; PÉREZ-HARGUINDEGUY, N.; KRIMLY, F.J.; SIJTSMA, T.; STRIJKER, D.; VENDRAMINI, F.; GUERRERO-CAMPO, J.; HYND, G.; JONES, A.; ROMO-DÍEZ, A.; DE TORRES ESPUNY, L.; VILLAR-SALVADOR, P.; ZAK, M.R., 2005 How much will it cost to save grassland diversity? *Biological Conservation*, 122 (2), 263-273
- GÓMEZ-GARCÍA, D; REMÓN, J.L.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R., 2002. Clave simplificada para la determinación de los prados y pastos pirenaicos. *Actas de la XLII Reunión Científica de la SEEP*, 91-97. Lérida.
- ISSELSTEIN, J.; JEANGROS, B.; PAVLU, V., 2005. Agronomic aspects of extensive grassland farming and biodiversity management. *Grassland Science in Europe*, 10, 211-220.
- JANSSENS, F.; PEETERS, A.; TALLOWIN, J.R.B.; BAKKER, J.P.; BEKKER, R.M.; FILLAT, F.; OOMES, M.J.M., 1998. Relationship between soil chemical factors and grassland diversity. *Plant and Soil*, 202, 69-78.
- 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.

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. *Actas de la XXX Reunión Científica de la SEEP*, 176-183. San Sebastián.

MCNAUGHTON, S.J., 1994. Biodiversity and function of grazing ecosystems. En: *Biodiversity and ecosystem function*, 361-383. Ed. E.D. Schulze, H.A. Mooney. Springer-Verlag, Berlin.

MOORE, D.R.; KEDDY, A., 1989. The relationship between species richness and standing crop in wetlands: the importance of scale. *Vegetatio*, 79, 99-106.

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. *Actas de la XLVII Reunión Científica de la SEEP*. Córdoba.

SPSS version 14.0.1 (SPSS Inc., Chicago, Il., USA).

VILLAR, L.; SESÉ, J.A.; FERRÁNDEZ, J.V., 1997, 2001. *Flora del Pirineo aragonés*. 2 Volúmenes. Ed. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón e Instituto de Estudios Altoaragoneses. 648 pp. (Vol. I) y 790 pp. (Vol. II).

ZECHMEISTER, H.G.; SCHMITZBERGER, I.; STEURER, B., 2003. The influence of land-use practices and economics on plant species richness in meadows. *Biological Conservation*, 114 (2), 165-177.

## THE RELATIONSHIPS BETWEEN FLORISTIC DIVERSITY, PRODUCTION AND MANAGEMENT IN PYRENEAN HAY MEADOWS

### SUMMARY

This work presents data of previous studies, with the aim of establishing a basis for a research project which is now at its beginnings. Our objective was to know the relationships between the floristic diversity and the production in Pyrenean hay meadows, and what is the influence of the management on the behaviour of the two parameters. The relationship between the diversity and the production was fitted to a polynomial curve, where the highest values of production were found at intermediate levels of diversity, following a widely accepted model. This curve is more flattened in the case of irrigated meadows, which implies that the effect "irrigation" buffers the effect "diversity". It has also been found that if the first cutting is delayed, with a subsequent loss of grass quality, the diversity increases. This fact is interpreted as an effect of self-sowing of the already mature plants. No correlation was found between the fertilization type (on a simply qualitative basis) and diversity. A list of species is given that, depending on their presence and cover in the meadow, could be considered as "indicators" of high or low diversity.

**Key words:** specific richness, dry land, irrigated land, cutting data, fertilization.



## INFLUENCIA DE LOS FACTORES AMBIENTALES EN LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y EN LA PRODUCCIÓN DE PRADOS DE SIEGA PIRENAICOS

R. REINÉ, O. BARRANTES, A. BROCA Y C. FERRER

**Dpto. Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Miguel Servet, 177. 50013 Zaragoza (España)**

### RESUMEN

Se presenta un trabajo donde han sido tratados datos de estudios anteriores, con el fin de establecer bases de partida para un Proyecto de investigación que ahora se inicia. La cuestión planteada es ver cómo influyen los factores ambientales sobre la diversidad florística y la producción en prados de siega del Pirineo. Sólo se han encontrado relaciones entre factores ambientales y biodiversidad en el caso de los prados de regadío, concluyendo que las situaciones más “difíciles” (mayores altitudes y pendientes, exposiciones más frías, suelos ácidos) favorecen perturbaciones que pueden crear un micromosaico heterogéneo de la vegetación compatible con una mayor diversidad florística. Igualmente se observa mayor diversidad en suelos con poca pedregosidad y limosos, que retienen mejor la humedad, y en suelos ricos en N, quizás aportado por leguminosas que incrementan la diversidad. También en regadío, los suelos más productivos son los arenosos y ricos en fósforo.

**Palabras clave:** altitud, pendiente, exposición, suelo

### INTRODUCCIÓN

Recientemente, a un grupo de investigación en el que se integran los autores de este trabajo le ha sido concedido un Proyecto sobre los efectos de la gestión de prados del Pirineo Aragonés en los rendimientos y el mantenimiento de la biodiversidad vegetal (Proyecto PM076/2007 del Gobierno de Aragón). Por otro lado, en el Departamento de Agricultura y Economía Agraria de la Universidad de Zaragoza ya se habían realizado trabajos de prospección y diagnóstico sobre prados del Pirineo aragonés, algunos de cuyos datos ya fueron publicados (Ferrer *et al.*, 1990; Maestro *et al.*, 1990). En aquellas fechas, sin embargo, el mantenimiento de la biodiversidad vegetal en este tipo de comunidades, así como la relación entre este parámetro, su manejo y sus rendimientos productivos eran todavía inquietudes iniciales (Baldock, 1990), que fueron adquiriendo más relevancia después (McNaughton, 1994; Bekker *et al.*, 1997; Janssens *et al.*, 1998; Zechmeister *et al.*, 2003; Isselstein *et al.*, 2005; y un interminable número de trabajos científicos hasta nuestros días). Sin embargo, no conviene generalizar y en cada zona convendría relacionar los diversos tipos de gestión con el medio físico en que crecen (Jefferson, 2005). En efecto, los prados del Pirineo se asientan sobre altitudes que oscilan entre 900 y 1500 msnm, con pendientes muy variables, con todas las exposiciones y sobre sustratos muy diversos (desde claramente ácidos a neutros o neutro-básicos). Por lo tanto, en la biodiversidad de los prados interviene de forma concomitante tanto el medio físico como su manejo o gestión. Los autores recuperan ahora mucha de la información obtenida a finales de los años 80 y la revisan desde un punto de vista de la biodiversidad, de modo que aquellos trabajos de “prospección y diagnóstico” puedan servir de base y preámbulo del Proyecto que ahora vamos a iniciar.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Fueron controladas durante dos años consecutivos 24 parcelas de prados del Pirineo, 15 de secano y 9 de regadío. Dichas parcelas se ubican en municipios que abarcan, de Este a Oeste, todo el Pirineo aragonés. En este trabajo se dan producciones y diversidad florística expresada por el número de especies, referidos al primer aprovechamiento, un corte para conservar (heno o ensilado) realizado desde mediados de junio hasta mediados de julio.

Sobre los datos de manejo, inventario florístico y cálculo de la producción, la metodología viene ya descrita en otro trabajo de los autores (Barrantes *et al.*, 2008) en este mismo volumen.

En cuanto a los factores ambientales de cada parcela se obtuvo la siguiente información: altitud (msm), mediante altímetro y cartografía; pendiente ( $^{\circ}$ ), con clinómetro; exposición, utilizando brújula y cuantificando a partir del clásico cardioide de Ozenda (1955) mediante las diferencias de temperatura media anual en relación a la exposición N: SW 3,2  $^{\circ}$ C; S y SE 3,1  $^{\circ}$ C; W 2,7  $^{\circ}$ C; E 1,8  $^{\circ}$ C; NE 1,1 $^{\circ}$ C; NW 0,7  $^{\circ}$ C; N 0 $^{\circ}$ C, y para las situaciones de falta de exposición (pendiente nula), la media de las anteriores: 2,0  $^{\circ}$ C. Los suelos se muestrearon y analizaron según la metodología descrita por Ferrer *et al.* (1990) y Maestro *et al.* (1990) con respecto a: Rendimiento en finos, pH en agua, Carbonatos, Arcilla, Limo, Arena, MO, N, P, K y Na, calculando también la relación C/N.

El tratamiento estadístico consistió en el ajuste a una función lineal de la relación entre los factores del medio físico y la riqueza específica y la producción en cada parcela, estableciendo el coeficiente de correlación de Pearson mediante el paquete estadístico SPSS. Estas correlaciones se han expresado igualmente de manera gráfica, con el fin de informar sobre el rango de valores de los parámetros considerados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los autores, en otro trabajo publicado en este mismo volumen (Barrantes *et al.*, 2008), han establecido relaciones entre diversidad florística, producción y manejo en prados del Pirineo aragonés. En este trabajo, complementario con el anterior, hemos pretendido conjeturar sobre las relaciones entre diversidad florística, producción y factores ambientales.

Con respecto a las relaciones entre diversidad y factores ambientales se ha realizado un análisis de correlaciones Pearson que no ha presentado ninguna interacción significativa en el caso de los prados de secano. No así en los prados de regadío, donde se han encontrado valores relativamente altos (y significativos al nivel 0,01 en dos casos) en los ocho parámetros que aparecen en la Tabla 1. La Fig. 1 representa gráficamente estas relaciones.

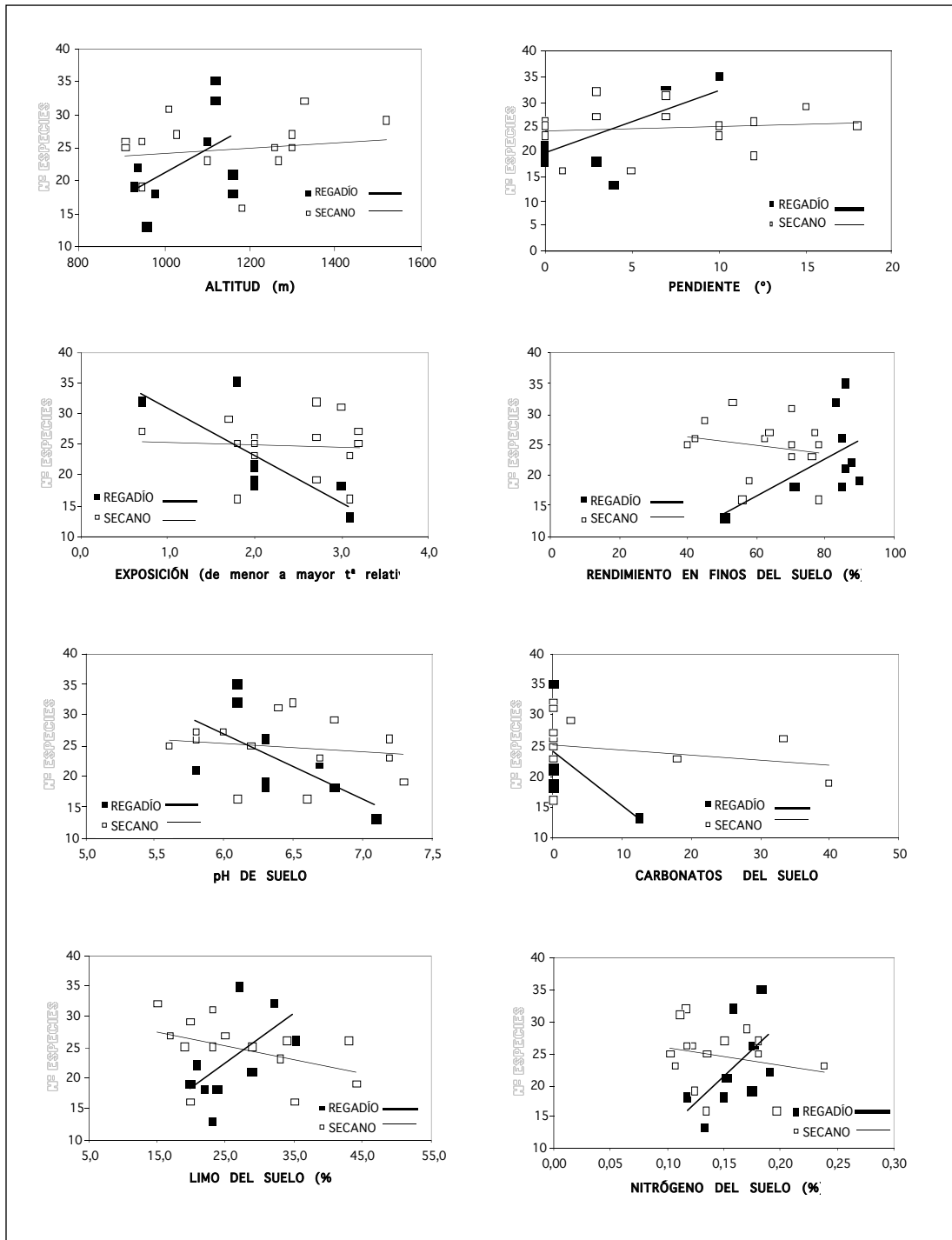
**Tabla 1.** Correlaciones de Pearson de la Riqueza específica con parámetros ambientales (en regadío n=9 parcelas; en secano n=15 parcelas)

	Regadío	Secano
Altitud	0,487	0,165
Pendiente	0,645 *	0,112
Exposición	-0,753*	-0,049
Rendimiento en finos	0,522	-0,201
pH en agua	-0,602	-0,169
Carbonatos	-0,510	-0,228
Limo	0,593	-0,443
N	0,561	-0,242

La correlación es significativa al nivel 0,01

En cuanto a los factores de situación de los prados (altitud, pendiente y exposición), y refiriéndonos sólo a los prados de regadío, se observa cómo los prados situados en situaciones más “difíciles” (mayor altitud, pendiente más elevada, exposiciones más frías) presentan mayor diversidad. En el caso de la pendiente y orientación la significación es al nivel 0,01.

**Figura 1.** Relaciones entre factores ambientales y diversidad florística (nº de especies). Sólo se observan correlaciones relativamente altas en el caso del regadío (véase Tabla 1)



Todo parece indicar que, en el entorno en que nos movemos, estas situaciones “difíciles” favorecen perturbaciones que pueden crear un micromosaico heterogéneo en la vegetación. Hernández *et al.* (2001) han encontrado también mayores biodiversidades en zonas pendientes (frente a llanos) y en exposiciones norte. Gómez-García *et al.* (2002) indican un 25% más de especies en prados de mayor altitud y pendiente (*Bromion erecti*) que en los más bajos y llanos (*Arrhenatherion elatioris*).

En cuanto a los parámetros edáficos considerados, podemos resaltar, y sólo refiriéndonos a los prados de regadío, que las mayores diversidades florísticas (Tabla 1 y Fig. 1) se obtienen en suelos con pH más bajo y menor contenido en carbonatos; con mayor rendimiento en elementos finos (menor pedregosidad) y, entre ellos, limo; y con más alto contenido en nitrógeno. La explicación a estas correlaciones debe hacerse inicialmente con mucha cautela. La mayor diversidad en suelos ácidos y con menos (o sin) carbonatos podría englobarse en el argumento ya esgrimido de situaciones más “difíciles”. La mayor diversidad encontrada en suelos con mayor rendimiento en finos (<2 mm) y, en concreto, más limosos podría vincularse a una mayor facilidad para mantener el agua (microporosidad); Reiné y Fillat (1993), y también en los prados del Pirineo, ya constataron mayores índices de diversidad en las zonas cercanas a las acequias de riego, es decir, en las zonas más húmedas del prado. En cuanto al contenido en nitrógeno del suelo, nuestros valores oscilan entre 0,12% (que es bajo) y 0,19% (que es medio); a partir de 0,20% los valores se consideran altos; estaríamos por tanto en la rama ascendente hasta los valores medios, que darían la máxima diversidad, y posiblemente con valores más altos de nitrógeno ésta descendería.

En un trabajo paralelo (Barrantes *et al.*, 2008) ya se ha tratado la interacción entre diversidad vegetal y producción. En éste se han estudiado las correlaciones entre producción y factores del medio, habiendo encontrado, y sólo en el caso de los prados de regadío, interacciones significativas con tres parámetros edáficos (Tabla 2 y Fig. 2). Aparece una correlación positiva con la arena y negativa con la arcilla; es decir que son más productivos los suelos más sueltos (con más fracción arena) que los más apelmazados (con más arcilla). Ya hemos visto que la mayor diversidad aparece en los suelos “intermedios” (limosos) tanto desde un punto de vista de la textura como de la producción.

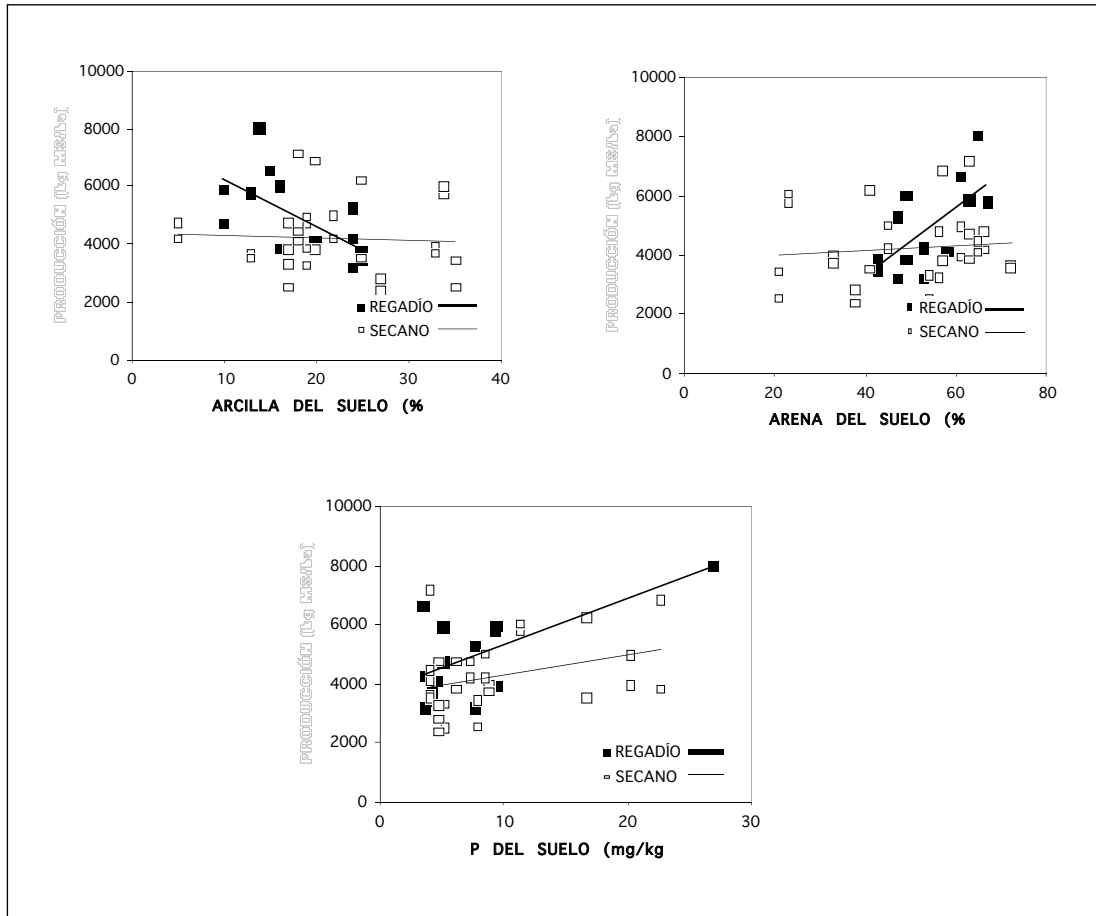
La correlación positiva entre fósforo del suelo y producción proporciona un buen diagnóstico sobre la situación de estos prados. Un abonado con fósforo incrementaría no sólo la producción, sino también el porcentaje de leguminosas y la calidad de la hierba. Sin embargo, no hemos encontrado correlación significativa alguna entre fósforo del suelo y biodiversidad.

**Tabla 2.** Correlaciones de Pearson de la Producción con parámetros ambientales (en regadío n=14 controles; en secano n=29 controles)

	Regadío	Secano
Arcilla	-0,651 *	-0,050
Arena	0,646 *	0,086
P	0,645 *	0,341

La correlación es significativa al nivel 0,01

**Figura 2.** Relaciones entre factores edáficos y producción del primer corte (kg MS/ha). Sólo se observan correlaciones significativas en el caso del regadío (véase Tabla 2)



## CONCLUSIONES

Sólo se han encontrado relaciones entre factores ambientales y biodiversidad en el caso de los prados de regadío, concluyendo que las situaciones más "difíciles" (mayores altitudes y pendientes, exposiciones más frías, suelos ácidos) favorecen perturbaciones que pueden crear un micromosaico heterogéneo de la vegetación compatible con una mayor diversidad florística. Igualmente se observa mayor diversidad en suelos con poca pedregosidad y limosos, que retienen mejor la humedad, y en suelos ricos en N, quizás aportado por leguminosas que incrementan la diversidad. También en regadío, los suelos más productivos son los arenosos y ricos en fósforo. En cualquier caso, en un estudio posterior deben abordarse de forma concomitante los efectos del manejo y los factores ambientales sobre la producción y la diversidad florística.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALDOCK, D., 1990. *Agriculture and habitat loss in Europe*. WWF International. 60 pp. London.
- BARRANTES, O.; REINÉ, R.; BROCA, A.; FERRER, C., 2008. Relaciones diversidad florística-producción-manejo en prados de siega pirenaicos. *Actas de la XLVII Reunión Científica de la SEEP*. Córdoba.
- BEKKER, R., VERWEIJ, G., SMITH, R., REINÉ, R., BAKKER, J.P., SCHNEIDER, S., 1997. Soil seed bank in European grasslands. Does land use affects regeneration perspectives? *Journal of Applied Ecology*, 34, 1293-1310.
- 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 de la XXX Reunión Científica de la SEEP*, 168-175. San Sebastián.
- GÓMEZ-GARCÍA, D; REMÓN, J.L.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R., 2002. Clave simplificada para la determinación de los prados y pastos pirenaicos. *Actas de la XLII Reunión Científica de la SEEP*, 91-97. Lérida.
- HERNÁNDEZ, A.J.; JIMÉNEZ, C.; PASTOR, J., 2001. Evaluación de pastos de la Alcarria conquense en relación con la conservación del patrimonio natural de la región. *Actas de la XLI Reunión Científica de la SEEP (I Foro Iberoamericano de Pastos)*, 153-159.
- ISSELSTEIN, J, JEANGROS, B, PAVLU, V., 2005. Agronomic aspects of extensive grassland farming and biodiversity management. *Grassland Science in Europe*, 10, 211-220.
- JANSSENS, F., PEETERS, A., TALLOWIN, J.R.B., BAKKER, J.P., BEKKER, R.M., FILLAT, F., OOMES, M.J.M., 1998. Relationship between soil chemical factors and grassland diversity. *Plant and Soil*, 202, 69-78.
- JEFFERSON, R.G., 2005. The conservation management of upland hay meadows in Britain: a review. *Grass and Forage Science*, 60 (4), 322-331
- 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. *Actas de la XXX Reunión Científica de la SEEP*, 176-183. San Sebastián.
- MCNAUGHTON, S.J., 1994. Biodiversity and function of grazing ecosystems. In: *Biodiversity and ecosystem function*, 361-383. Ed. E.D. Schulze, H.A. Mooney. Springer-Verlag, Berlin.
- OZENDA, P., 1955. La température, facteur de répartition de la végétation en montagne. *Année Biologique*, 31(5-6), 51-68.
- REINÉ, R.; FILLAT, F., 1993. Composición de un banco de semillas de un prado pirenaico. *Actas de la XXXIII Reunión Científica de la SEEP*, 99-106. Ciudad Real.
- SPSS version 14.0.1 (SPSS Inc., Chicago, Il., USA)
- ZECHMEISTER, HG, SCHMITZBERGER, I, STEURER, B, 2003. The influence of land-use practices and economics on plant species richness in meadows. *Biological Conservation*, 114 (2), 165-177.

---

## EFFECTS OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE FLORISTIC DIVERSITY AND THE PRODUCTION IN PYRENEAN HAY MEADOWS

### SUMMARY

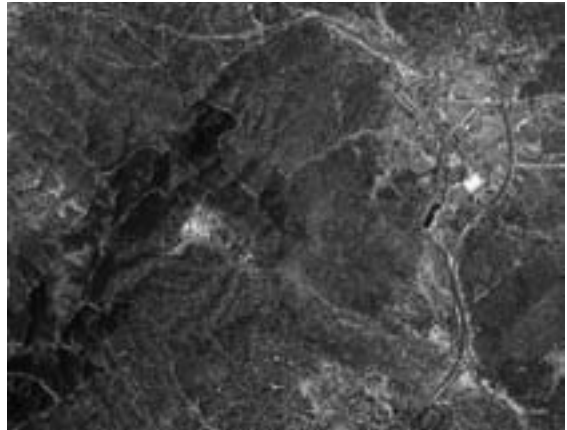
This work presents data of previous studies, with the aim of establishing a basis for a research Project which is now at its beginnings. Our objective was to know the effects of the environmental factors on the floristic diversity and the production in Pyrenean hay meadows. Relationships between some environmental factors and biodiversity have been found only in the case of irrigated meadows, leading to the conclusion that the most stressful situations (higher elevations and slopes, colder exposures, acid soils) would favour the occurrence of disturbances which, in its turn, could create an heterogeneous micro-mosaic of the vegetation, compatible with a higher floristic diversity. Also, higher diversity was found in slime and low-stony soils, which would retain better the water; and in soils with higher Nitrogen levels, that could have been enriched in Nitrogen by the diversity-increasing leguminous plants. The most productive soils were the sandy and richer in Phosphorous soils.

**Key words:** elevation, slope, exposure, soil.





## PRODUCCIÓN ANIMAL



Tercera Parte



---

## THE IMPACT OF THE TECHNOLOGY EXPLOSION ON PASTURE MANAGEMENT AND UTILIZATION

SAM COLEMAN

**USDA ARS STARS**  
**Brooksville, FL USA**

### FORAGES, GRAZINGLANDS, PASTURES AND RANGES

Forage has been described as the edible parts of plants, other than separated grain, that can provide food for animals, or that can be harvested for feeding (Barnes *et al.*, 2007). Forage therefore includes vegetative parts, including leaf, stem, inflorescence, twigs, roots, and other parts of a wide range of plant species. Primary uses of forages as feedstuffs for animals include pasture, hay, silage, haylage, and soilage.

Grazinglands include a vast proportion of the world's land resources. Grazed landscapes in agricultural settings range from very extensive as in the arid west of the US, the outback of Australia, or steppes of Russia and China, to highly intensive and specialized monocultures (or at most binary mixtures) of the humid zones in Europe, New Zealand, and the eastern USA. The vegetative diversity within the landscape and the rate at which changes occur due to herbivore interactions are related to the degree of intensification. Herbivory associated with grazinglands is also very diverse ranging from domesticated livestock to wild ungulates. Due to the diversity and complexity of the grazed landscape, experimentation to determine causes and effects has been difficult and often misleading. Ecological assessment of species abundance and description often lacks the quantification required for making decisions and for economic evaluation by land managers.

Pasture is a grazing management unit that is enclosed and separated from other areas by barriers such as fences and managed to produce forage that is harvested primarily by grazing. The term rangeland was established in the United States, but is internationally understood as applying to grazing land derived from natural vegetation being under extensive use and of low productivity as compared to pasture or forage crops. Inputs of fertilizer are nil and most occur in arid or semi-arid climates.

Management is the application of a plan for the protection, use, or development to lands and resources in an area (McGuire, 1978). On a regional or national level, this includes integration of a particular plan with other plans for the benefit of the economy or society. While management of farmed pastures is usually well defined, bringing rangelands under management is especially difficult in areas where land tenure is short. In countries where the majority of grazing is from either wild ungulates, from nomadic graziers, or from combinations of both, the application of management is normally nonexistent. The result is a degrading of the land and vegetation resource, often resulting in desertification. Since these areas tend to be very large land holdings, assessment of vegetation and feed supply on offer is often difficult or impossible to achieve using visual or manual techniques.

Management in production animal agriculture involves two aspects: 1) proper utilization and preservation of the soil-plant complex; and 2) optimizing productivity from the animals involved. Due to the wide variety of both soil-plant ecosystem and level of desired productivity from the animal resource, management is not a 'one size fits all'. Management must be applied from knowledge based on fundamental principles that include soil-water relations, soil-plant relations, plant defense and preservation mechanisms, plant-animal interactions, animal nutrition, animal production systems, and economics. For the most part, the manager will attempt to blend the potential from the basic resources (soil and water) through appropriate plants that can support some adequate level of animal production to provide an economic stimulus to produce. We will identify some of the problems associated with management of grazinglands and then discuss how modern technology has impacted or has potential to impact decision making.

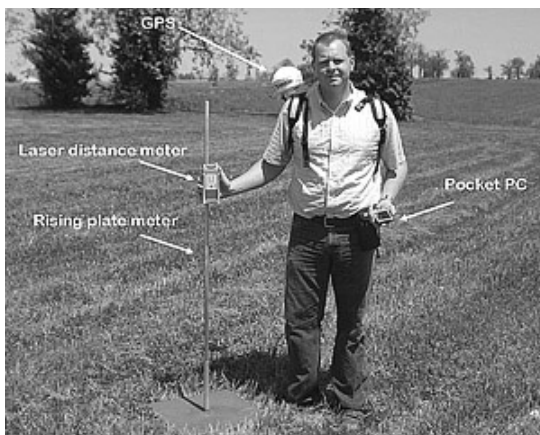
### Pasture (and range)

Pasture and rangeland components include the soil and the plants supported by the soil. Climate has an impact on both, and is a large factor in whether a particular grazingland is identified as pasture or range. Forage, browse, and herbaceous plants are supported and fed by the soil, and in turn protect the soil from erosion. Natural vegetation is dominant in rangeland and occurs by natural selection whereas in farmed pastures, vegetation may be natural or introduced, but are managed more intensively by planting improved species, fertility, irrigation, and selective species (weed) control. Regardless whether we speak of pastures or range, two characteristics dominate the management strategies to optimize utilization by animals: 1) herbage available or biomass; and 2) quality of the herbage available. Even the vast rangelands and savannahs of China and Africa that are mainly populated by wild ungulates are classified, graded, and valued by these two characteristics. Overgrazing is perhaps the most notable and common practice for grazinglands and contributes to degradation of the plant-soil support complex and compromises animal productivity. While many techniques are available to assess biomass and herbage quality, the analytical problems become quite complex when the grazer animal is included.

### Plant changes with grazing

The sward canopy may be characterized by proportions of relative amounts of new growth and senesced material; of leaf, stem, and inflorescence; of plant species; or of combinations of the above. Determinations of the separate components are laborious and, hence, are seldom attempted in research and almost never by graziers; only the standing biomass is usually measured or estimated. Due to the interactions of the herbivore with the plant canopy, the dynamics of plant growth

rate and harvest rate generally cannot be described by empirical relationships. Rather, mechanistic models that integrate the individual components over time provide a more realistic approach (Bircham and Hodgson, 1983; Smith, 1985) and lend themselves into computer based decision support systems. Leaf area of a sward affects solar radiation interception and shoot mass accumulation rate of forage plants. Growth rate also tends to increase with increasing sward DM mass and height (Bircham and Hodgson, 1983).



**Figure 1.** Illustration of a weighted disk coupled with GPS and laser to automatically measure herbage height and location of the plot

### Assessing forage on offer

Measuring forage quantity is quite easy technologically, but laborious and time consuming. One only needs to measure a number of sample areas within a pasture (at random or on a transect) of perhaps 0.25 to 1 m (for homogenous pastures) and clip the herbage enclosed. The number and location is important due to variability. Clipping height is important and may bias results. For assessment of available forage on rangelands, larger areas and more sites must be sampled because of the size and shape of plants, the diversity of species, and degree of bare ground. In some instances with arid rangelands, manual assessment may be virtually impossible.

For improved pastures and more grass-dominated rangelands such as the tall-grass prairies, very simple and inexpensive tools have been developed to aid in estimating herbage mass. All are predictive and must be calibrated with hand harvested samples. The most common and one of the most consistent is the rising plate meter (Earle and McGowan, 1979). Coupled with some modern electronics such as GPS and laser (Flynn *et al.*, 2008; Figure 1), one can very easily map a pasture for herbage on offer and determine important characteristics as variability in herbage mass, degree of spot-grazing, size of grazed plots, and possibly the degree of selectivity (Correll *et al.*, 2003).

Other methods of estimating forage on offer include the electronic herbage stick (or meter) which is based on capacitance (Vickery and Nichol, 1982). One limitation of this technology is the dependence on conductivity of the forage which means moisture content likely will influence the slope of the regression line (Coleman and Forbes, 1998). Other methods that have been proposed include visual estimation, visual obstruction, light interception (leaf area index), and canopy height (Ganguli *et al.*, 2000).

Modern exploits into spectral assessment using satellites, airplanes, or even lower level instruments are gaining momentum. Remote sensing by airplane or satellite has been available for many years (Tueller, 1982), but only recently has spectrometers in the hyperspectral (infrared) region been available. Early work with satellite data was also limited by pixel resolution. Hand-held radiometers have been used to estimate herbage mass of many crops. More recent innovations include close-range spectral imaging using sophisticated strobe lights to minimize blur (Schut *et al.*, 2006).

### Assessing pasture components

Partitioning the standing biomass into component parts (live, senescent, dead, plant part etc ...) by hand requires many hours per sample and many samples per pasture or site is required to adequately account for variation. In range or mixed swards, multiple species only adds to the problem. Hand separation is not a viable solution to managers.

Near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) is an instrumental technique that measures the absorbance of monochromatic light in the near-infrared region of the magnetic spectrum by a substrate. The primary use of NIRS in forage quality prediction has been to assess chemical composition of forages. The utility of NIRS in the diffuse reflectance mode has contributed as much to its success as the electromagnetic region that is used. It is minimal sample preparation, along with its speed and simultaneous analysis for many constituents, that make it so popular among practical analysts, chemists, and biologists, especially from agriculture and industry.

Since NIRS is a function of both the physics and chemistry of substances, it was used to estimate proportions of different species (Coleman *et al.*, 1990) and plant parts (Hill, *et al.*, 1988). The technology has been applied to esophageally collected samples representing the animal diet (Volesky and Coleman, 1996) and to animal feces (Walker *et al.*, 2002). One difficulty calibrating species or plant parts of animal diets is acquisition of reference data on sufficient samples for calibration and then for monitoring the equations in unknown populations. As noted above, hand separation is so laborious that characterizing enough even for calibration is usually not feasible. Other techniques that have been used include differential chemistry in plants such as alkanes

(Dove, 1992) or  $^{13}\text{C}$  discrimination (Jones, *et al.*, 1979) and microhistological (Sparks and Malechek, 1968). Even with accurate data achieved by hand separation, errors usually are about 10 percentage units per component (Coleman *et al.*, 1990). In this case, plant components that are in low proportion (i.e., inflorescence) by weight often are predicted as negative.

### Assessing Forage Quality

Assessment of forage quality is important because of the close relationship between digestible energy (or digestible dry matter) intake and rate of gain (or other measures of animal production) when forages are fed alone (Holmes *et al.*, 1966). *In vivo* intake and digestion trials are standard techniques but are very laborious and often require tons of the feed. Most quality assessment has been conducted on harvested forages such as silage or hay, and the techniques were developed for them. For grazing animals, it is impossible to directly measure feed intake and fecal excretion. Therefore, indirect techniques have been developed, but all are cumbered with flaws, inaccuracies, and assumptions (Coleman, 2006). Recent reviews on *in vivo* assessment of forage quality have been published by Cochran and Galyean (1994) and Coleman *et al.* (1999).

Direct measurement of the amount eaten and *in vivo* determination of digestibility are the *de facto* standards for determining the two aspects of forage quality, intake and digestibility. However, animal trials are laborious, time consuming, costly, and require a substantial of the test feed. Hence, they are totally impractical in many situations such as screening of genetic resources where only a small sample (2 to 5 g) is available (Casler, 1997). There is a need for quick, easy, and inexpensive methods to estimate composition and quality of individual loads or batches of forage, and for samples from plant breeding programs or other scientific research. Prediction methods usually fall into three categories: i) bioassays including *in vitro* (Tilley and Terry, 1963), *in situ* (Orskov and McDonald, 1979) and gas production (Menke *et al.*, 1979); ii) the use of chemical composition (Moore *et al.*, 2007); and iii) the use of spectral properties such as NIRS (Norris *et al.*, 1976). All were reviewed in detail by Coleman *et al.* (1999). All predictive methods rely on deriving relationship of intake and digestibility derived from *in vivo* trials with predictor variables generated with the method involved. Derivation of the relationship and monitoring the application to unknown samples or populations requires a database of samples for which the reference data and predicted data are known.

The *in vitro* system has been most widely accepted and used for estimating forage digestibility. It is a bioassay that attempts to mimic what happens in the rumen (Tilley and Terry, 1963). The standard 48 h time for digestion was optimized for  $\text{C}_3$  grasses and legumes, however, and does not always accurately estimate *in vivo* digestibility for  $\text{C}_4$  grasses (Nelson *et al.*, 1975). Recent technological advances include automated systems for estimating cumulative and rates of digestion by electronically measuring gas production (Pell *et al.* 1998).

Many attempts have been made to predict forage quality from simple chemical values (See Moore *et al.*, 2007). Most of these were empirical equations based on one or more chemical components. Failures occur because the empirical statistical relationship among the analytes and forage quality exist due to season, weather, location, and many other variables, many of which are unknown. Rational or mechanistic equations have been developed on theoretical bases, either proven or unproven (Mertens, 1985; Weiss *et al.*, 1992; Van Soest, 1994), but have not been widely accepted for predicting forage quality.

The initial data of Norris *et al.* (1976) remains the largest and most heterogenous published set of NIR spectra from forages backed by *in vivo* animal trials (Table 1). The data set included both warm- and cool-season grasses and legumes. When one to four outliers were excluded from the intake and digestibility data,  $R^2$  value ranged from 0.81 to 0.90. Standard errors appeared to be close to that normally seen with *in vitro* dry matter digestibility data. However, as the technology gained acceptance for use in forage testing programs, chemical composition was predicted by NIRS, and the chemistry values were used to predict forage quality (Martin, 1985). This could lead to multiplying the errors associated with chemistry-NIRS and with chemistry-forage quality. Eckman *et al.* (1983), Givens *et al.* (1991)

and Barber *et al.*, (1990) compared NIR to conventional chemistry or bioassays for prediction of intake or digestibility. NIRS calibrations were generally better than one or two chemical components and as good as bioassays. Lippke and Barton (1988) demonstrated excellent correlation of a single wavelength (1696 nm) with DDMI and ADG for a limited number of C<sub>4</sub> grasses. The utility of the equation has since been validated with samples not included in the original calibration (Lippke *et al.*, 1989). The wavelength was chosen a priori for its association with CP and ADF, not by multiple regression with 700 spectral data points available. With a small number of samples, large correlations may be obtained by chance if the entire spectrum (700 data points) was used (Birth, 1985).

Lister *et al.* (1992) used difference spectra to determine characteristics of NDF, NDS, ADF, and hemicellulose by difference. Whole forage, NDF, ADF, and cellulose (or lignin) preparations were scanned and difference spectra were used to determine what was lost during each step of the process. Coleman and Murray (1993) used similar procedures to determine digestible fractions by subtracting spectra of feces from that of hay fed to ruminants which produced the feces. They further performed the 'Lucas test' for each wavelength to determine ideal nutritive entities. Absorptions in the region of 2090 and 2190, normally associated with N-H stretching of amino acids and proteins, appeared to be the only regions that were uniformly digestible. Problems with this technique are that physics of particle size, auto-correlation of different wavelengths, and combinations of chemical structures that absorb at the same wavelengths due to overlapping, do not contribute to proportional fractions such as the proximate constituents or the Van Soest analyses.

**Table 1.** Calibration and validation statistics for the direct prediction of in vivo forage quality attributes (intake and digestibility) with NIRS spectra of the forage.

Forage type	N	Digestibility, %			Intake, g/kg MBS			Reference	
		Range	R <sup>2</sup>	SE	Range	R <sup>2</sup>	SE		
Mixed hay <sup>a</sup>	CAL	76	46-77	0.78	3.6	40-114	0.64	8.6	Norris <i>et al.</i> (1976)
	VAL	37		—	5.1		—	7.9	
Mixed hay <sup>a</sup>	CAL	30	52-82	0.67	4.1	96-104	0.71	8.2	Eckman <i>et al.</i> (1983)
	VAL	30		0.61	4.8		0.49	10.6	
Mixed hay <sup>b</sup>	CAL	49	44-67	0.66	2.8	75-129	0.66	7.8	Redshaw <i>et al.</i> (1986)
	VAL	17	47-65	0.68	2.4	81-131	0.72	7.6	
Mixed hay <sup>a</sup>	CAL	45	42-67	0.57	3.3	66-116	0.55	8.4	Redshaw <i>et al.</i> (1986)
	VAL	15	47-66	0.47	4.4	62-116	0.83	6.3	
Grass silage <sup>a</sup>	CAL	101	—	0.81	2.8	—	—	—	Baker & Barnes (1990)
	VAL	26	—	0.83	2.1				
	VAL <sup>c</sup>	38	—		0.83	1.6			
Straw <sup>a</sup>	CAL	81	46-65	0.74	3.3	—	—	—	Givens <i>et al.</i> (1991)
	VAL	42			0.65	3.7			

a Fed to sheep

b Fed to cattle

c Independent calibration samples fed at a different facility.

### Sources of error

Prediction of animal performance or even intake and digestibility depends on many factors other than feed characteristics (Coleman and Windham, 1989). Some of these are animal-related such as size, type, and previous treatment. Others are related to environment. NIRS instrumentation, or any other laboratory technique for estimating nutritive value without the animal, cannot include such factors and, thus, often exhibit bias (Minson *et al.*, 1983) or imprecision (Eckman *et al.*,

1983). Two sources of error occur in the use of NIRS, namely random and nonrandom). Reference data from animal trials inherently are more variable than that derived from laboratory analyses. Truly random error in the calibration data can be tolerated because prediction using the regression equation from a highly precise instrument would be relatively precise (Coleman, 2001).

However, the techniques for obtaining the data may introduce bias (e.g., confining animals may reduce intake). Bias or nonrandom error exists when there is a consistent difference between laboratory determinations and NIRS analysis for a set of samples. Thus, bias usually appears when samples are analyzed that are from populations other than those used in calibration. Bias exists because small, consistent differences in NIRS spectra occur among samples that are caused by factors not measured, e.g., environment, time, instrument, and particle size. Often, bias is seen when the samples of an experiment from one year or treatment are used for calibration and samples from the next year or treatment are used for validation. The validation samples may exhibit bias when NIRS analysis is compared to conventional laboratory analysis. If consistent, bias can be removed by simply adding the bias factor back to the NIRS analysis. However, understanding the bias, proving it is simply additive without systematic change, and trying to identify the source have been difficult. Further bias is very important in animal trials, since extrapolation beyond the calibration sample set is always desired. The bias is manageable and Shenk (1985) discusses in detail the use the H statistic to evaluate NIRS analysis results. The bias reported by Minson *et al.* (1983) disappeared when ground and pelleted feeds were eliminated from the data set (Minson *et al.*, 1984).

Rationally speaking though, the errors associated with prediction (through the use of regression) are also inherent in the reference data, so prediction is no worse than actual determination. Therefore, NIRS may be more precise than conventional chemistry for feeds (Templeton *et al.*, 1983), and when properly calibrated, it is likely to be an excellent tool for analyzing feeds and forages for chemical constituents and, by association, their nutritive value. In the future, we may balance rations using a library of NIR spectra rather than crude chemical properties such as those we now use from NRC recommendations.

Monitoring of equations for accuracy and for samples to 'fit' the calibration matrix in diverse situations remains a difficult issue to cope with. Moore *et al.* (2007) suggested criteria for evaluating equations based on the inherent variability observed in the reference data, not based on goodness of fit between predictors and reference data. He suggested that differences between predicted and observed measures of digestibility be within 5% of the mean of the samples in the test data set and for intake the differences be within 10% of the mean. This corresponds to observations in the literature that variability among animals when measuring digestibility and intake are 5% and 10%, respectively.

### **Remote Sensing – One pass for quantity and quality**

Remote sensing of forage quality-related characteristics using hand-held radiometers is a logical progression from NIRS technology. Remote sensing from satellite data has been developed, evaluated, tested and refined for nearly three decades to estimate herbage cover and type on rangelands (Clark *et al.*, 2001). However, they noted that multispectral satellite imagery had not been embraced by range managers. Prior difficulties include spatial resolution, ground truth data collection, and spectral limits in the visible and very near infrared (~800 nm). From space, spectra at higher wavelengths are often compromised with variation in atmospheric water. Inadequate computer hardware and software nor cost of high quality images are not longer constraints. Researchers in western Australia are currently developing a system based on satellite imagery to assess forage on offer and plant growth rate (Edirisinghe *et al.*, 2004). They have found that this technology is accurate and precise when herbage leaf area index (LAI) and herbage mass is low (Dave Henry, personal communication). Similar constraints have been observed from its use on rangelands for many decades. Remote sensing does have more applicability to sparsely vegetated rangelands since LAI is often < 1.



More recently, the application of near-earth remote sensing using small portable radiometers has gained momentum through the popularity of precision agriculture. Instrumentation has improved in terms of low cost and improved ruggedness. Most low-cost instruments are based on diode-arrays in the 400-900 nm range and can be hand-held, attached to farm machinery or mounted on all-terrain vehicles. Starks *et al.* (2004) found excellent agreement and correlations between measures of N, NDF, and ADF from laboratory analysis, NIRS, and hand-held field radiometry. Calibration equations developed from canopy reflectance measurements were applied to an independent data set. Estimates of forage composition from field radiometry were equivalent to those obtained from bench-top NIRS analysis. Starks and Jackson (2002) have used remotely sensed data in the microwave region to estimate soil water up to 10 cm below surface.

Phillips *et al.* (2007) used radiometer estimates of standing forage CP to determine when to initiate supplementation of stocker cattle (CP < 68 g kg<sup>-1</sup>). Remote sensing suggested that supplementation was needed two weeks earlier than fixed-date initiation, and seven to 10 days earlier than fecal NIRS. If the potential of this method can be developed, and the cost is not prohibitive, remote sensing could become the method of choice for rapid prediction of forage quality-related characteristics in the field, and become a valuable tool for grazing livestock managers. Small radiometers or hyperspectral instruments coupled with GPS devices would allow high resolution (spatially) of pastures and grass dominated ranges. Special equipment or aircraft would be required for brush dominated landscapes and savannahs.

The 'Pastures from Space' program in Perth Australia is the first application that I am aware of in which satellite data is being interpreted by researchers or advisors and passed on to primary producers (<http://www.pasturesfromspace.csiro.au/>) for use in management. Where pastures are short during critical nutritional shortages such as late summer in Australia, spring in Florida (USA), or during drought times anywhere, the technology can be used to signal when adequate green herbage is available for grazing. Quality is usually not an issue during this flush growth as the young plants are quite high in quality. However, more work needs to be done to assess limitations in quality (chemical composition and digestibility) that often restricts intake and utilization of nutrients even if herbage is abundant. This is the application that I vision for the future that can be applied to pasture systems or forage farmers to plan harvesting that coincides with optimal yield and quality.

### Additional Challenges at the Plant-Animal Interface

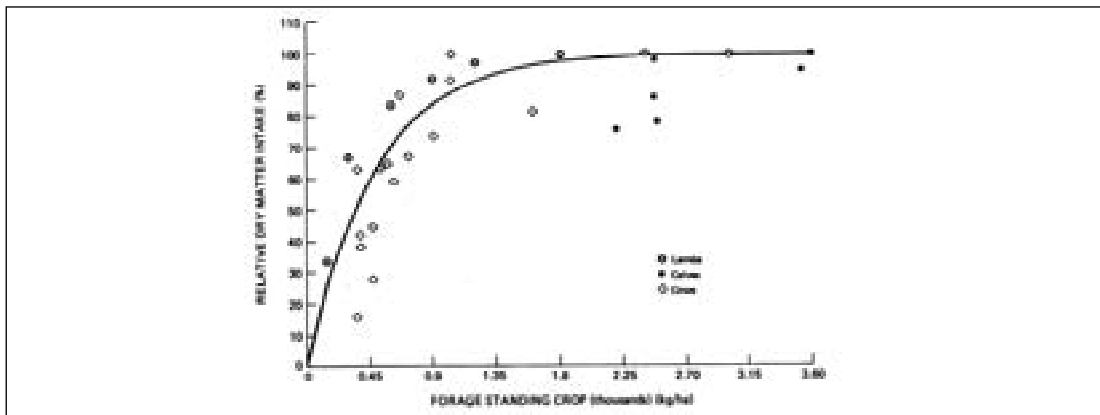
The plant-animal interface is the dynamic interchange between the herbivore and the ecosystem. Changes in the sward take place with each step, bite, and waste elimination by herbivores. These changes affect instantaneous growth rate of affected plants and herbage available for the next bite by the herbivore. Sward changes caused by the herbivore tend to be more drastic than those associated with the more gradual changes that occur during growth of different plant tissues. As the herbivore continues to move and graze, other plants are affected, grazing stations are altered, and the herbivore must move to another grazing station or maintain its current grazing station and have its diet be affected by grazing-induced alteration of the vegetation. From the grazing animal's perspective, the landscape may be divided in a hierarchical manner into plant communities, patches, feeding stations, and plants (Coleman *et al.*, 1989). Tremendous diversity may occur in species of flora and fauna, spatial density in both vertical and horizontal planes, and in density of grazable herbage.

Herbivores eat to satisfy a need and desire for nutrients, the most prominent being energy and protein (Coleman and Moore, 2003). They have an enormous task of harvesting enough fresh feed (~100-400 g kg<sup>-1</sup> live weight) daily to meet its needs. Digestible energy intake, the primary determinant of performance, is a function of both rate of intake and digestibility of the consumed diet, and varies due to nutritional heterogeneity of the sward, seasonal production, and variation in the canopy structure (Chacon and Stobbs, 1976). In general, though, limits to intake occur when herbage mass is less than about 1100 kg/ha (Figure 2). This relationship has proven quite robust

over a number of forage and animal types, even tall, bunch grass pastures in the southern plains of the US if the biomass is transformed by percentage green (Forbes and Coleman, 1993).

Often, those plant characteristics that allow maximization of intake, e.g., high biomass, are antagonistic to others, e.g., high leaf density, that facilitate high diet digestibility. The process of selective grazing facilitates the grazers attempt to optimize intake of digestible energy over a wide variation of sward conditions. However, a high need for selectivity may impede maximum rate of intake (biting rate and bite size). Large bites of high quality forage are rare in most grazing environments, and as a consequence, the grazing animal is faced with a trade-off between bite weight and forage quality (Hodgson, 1982a). More time may be spent pursuing more nutritious feed under extensive conditions, thus total intake may be diminished.

**Figure 1.** Relationship of relative dry matter intake with herbage mass. (From Raymond, 1986).



In general, as sward height (and herbage mass) decreases, bite weight also decreases, and animals attempt to compensate by increasing grazing time and biting rate. However, both are limited in the range of compensation to about 15% of that at optimum bite weight (Forbes, 1988). Increased grazing time as a response to decreased bite weight is constrained by other drives such as the need to socialize, ruminate, and rest, whereas increased biting rate may be constrained by sward structure because the animal spends more time searching within the grazing station for desired plant parts.

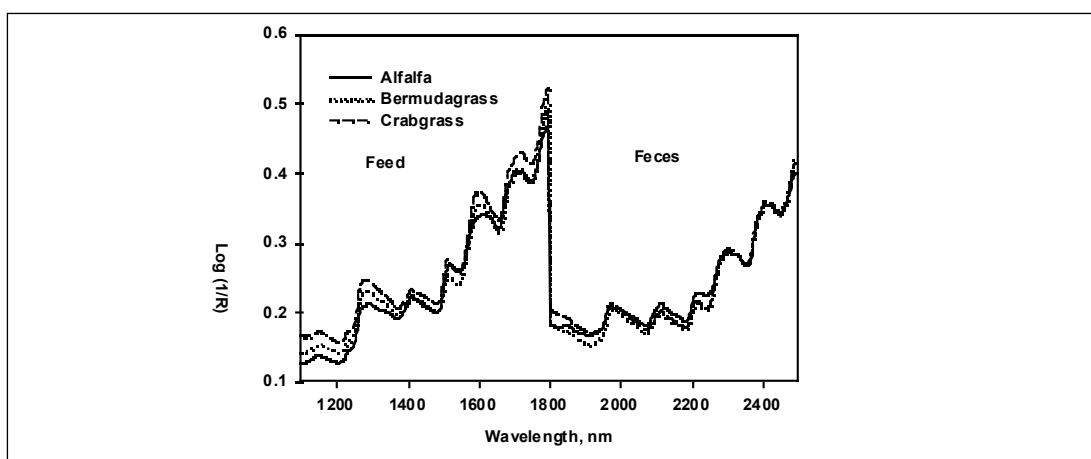
Assessment of the limitations to optimum grazing through grazing behavior has been difficult. Most methods require close supervision or observation and probably interfere with normal animal activities. Early attempts to apply technology to this task were reported by Stobbs (1970) when he used a counting device to monitor jaw movement and equate this to number of bites taken. When the forage harvested was collected via esophageal fistula, bite size could be calculated. However, the collection of herbage through a fistula is laborious, expensive, difficult, often inaccurate. Since the work of Stobbs (1970) many attempts at improving the automation of biting rate and bite size have been attempted (see Hodgson, 1982b; Forwood *et al.*, 1991). Though difficult to obtain, many studies have been conducted and have revealed that bite size is largely a function of standing herbage mass in improved pastures and the effect on intake in relation to maximum (or optimum) intake is quite consistent (Figure 2). Many different types of electronic gadgetry and different classes of animal were used to compile the data.

### **Additional challenges to Assessing Forage Quality of Grazing Animals.**

Direct assessment of forage quality requires feeding the forage to animal and weighing refusal and feces. Direct assessment on pasture is impossible, so indirect methods are necessary. All indirect methods require samples of the diet, include feeding markers or marked feed, and collection of fecal

material. Samples of feed or forage are not always easy to obtain, especially when the animals have free choice at pasture. Since feces is the product of eroding and synthesizing digestive processes and consists of residues of feed and plant tissue, and components of microbial and animal origin, feces should contain information about the amount and characteristics of the diet. We began to investigate how to merge the spectra of hay fed and feces voided from a single animal in order to determine 'spectral digestibility'. We envisioned calculating digestibility coefficients at each 2 nm wavelength. The first attempt was to attach the fecal spectrum at the end of the feed spectrum (Fig. 3), but this arrangement did not lend itself to subtraction and division within the spectra with our current software. Therefore, 'spectral digestibility' came much later (Coleman and Murray, 1993), but with the feed-fecal spectrum in one record, we were able to determine the relationship of intake and digestibility to both feed and feces. The computerized multiple wavelength selection program (stepwise regression) selected wavelengths from both the feed and feces to predict digestibility. However, only wavelengths from fecal spectra were chosen for predicting intake, suggesting that perhaps spectra from feces contain more information relating to intake than those from the hay.

**Figure 2.** Spectra of hay and the feces from animals eating the hay

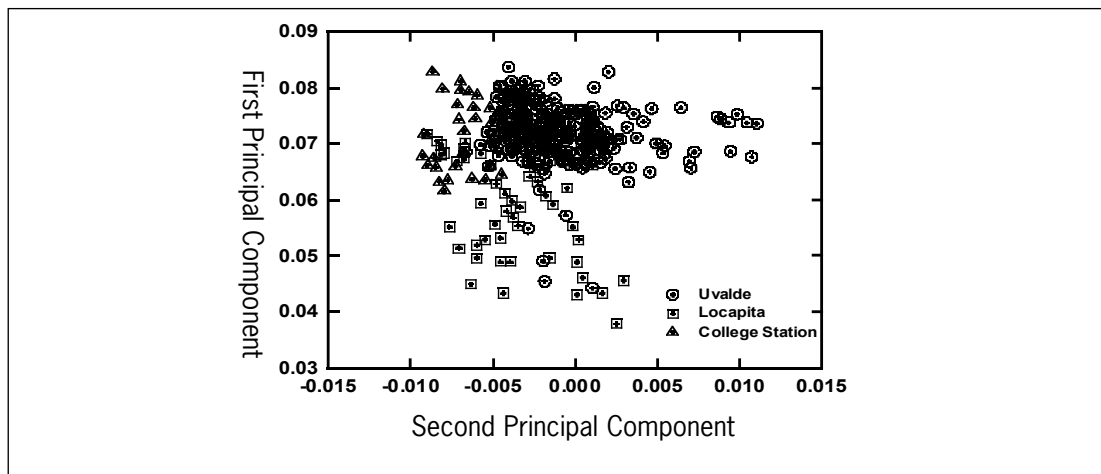


Crampton and Harris (1969) described the fecal index for estimating digestibility of diets by free grazing animals. Holloway *et al.* (1981) and Leite and Stuth (1990) enlarged upon the idea to estimate intake by using a variety of chemical and bioassay as a multivariate index. They found that a diverse array of chemical components explained about 70% of the variation in intake. We proposed a multivariate index based upon the spectral properties of feces scanned in the near infrared region (Coleman *et al.*, 1989b), based on the premise that the spectrum of a sample contains much more information than can be obtained from a discrete set of chemical properties. The results were promising (Table 2), but developing equations that were sufficiently broad appeared to be a severe limitation. While good agreement could be obtained from NIRS-predicted intake and digestibility within an experiment, we had difficulty extrapolating to different data sets. Since then, several reports have demonstrated excellent results for estimating both intake and digestibility using NIRS spectra of feces (Table 2). Of particular note are the results from Boval *et al.* (2004) and when average values were used by Coates (2005) for calibration. In these studies, the residual SE are smaller than normally reported for differences among animals fed the same diet. Of importance is the use of diet average for the reference data. It remains to be determined if this technique can be used to determine intake of individual animals, but Coates (2005) data would suggest the answer is no. This early work demonstrated how diversity of sampling conditions (weather, location, forage species, season etc...) influence the spectral matrix of feces (Figure 3). Spectral matrix refers to spectral characteristics of feces (or forage for that matter) that either have no relationship to the analytes of interest (intake and diet quality) or else interfere with their estimates (Coleman *et al.*, 1989b). In Figure 3, two principal

components are plotted that show the diversity of characteristics from different data sets and that the samples in the data from 'Locapita' appear to be different from the other data sets. There are two theoretical approaches to overcome problems with diverse spectral matrices.

1. Structure the data set very tightly (same species, grind, drying method, growing conditions etc..) and develop an equation that is quite good for samples similar to the ones in the calibration data set. This technique was very good for 'double-sampling' techniques in which a proportion of the total sample set (e.g., forage breeder's nursery) were used to develop equations and the remainder predicted from the equations.
2. Develop a broadly comprised data set with samples from as many diverse situations (species, time, locations etc...) as possible. These equations would be more robust, but prediction of values on a single sample would likely be more variable (greater chance to differ from the reference data). However, the prediction would likely be more accurate than if predicted with a tightly structured data set that did not include samples like the one being predicted.

**Figure 3.** Scatter diagram of the first and second principal component of fecal spectra from cattle grazing in three different locations in Texas.



The 'broad equation' approach (#2 above) would be more desirable for estimating producer samples and others in which the matrix is unknown or uncontrollable. Regardless, a major difficulty with estimating *in vivo* quality attributes in a predictive mode, regardless of whether feed or feces is analyzed, is the difficulty in monitoring the equation for unknown samples, those collected in different spatial and temporal conditions. The techniques for obtaining diet quality and intake have already been discussed as quite laborious and costly (Coleman et al., 1989a). Furthermore, sufficient quantity of the feed would not be available for *in vivo* determination (feeding an animal) on most samples.

Lyons and Stuth (1992) reported excellent indexes for estimating diet crude protein and digestibility of grazing animals using NIRS. The incorporation of predicted data from fecal analysis using NIRS into the NUTBAL model has developed into a broad-based decision support system (Stuth, 1997) and is being used world-wide. Monitoring of equations for accuracy and for samples to 'fit' the calibration matrix in diverse situations remains a difficult issue to cope with. The use of fecal NIRS for estimating intake has not been adopted as readily as that for diet quality even though early results indicated intake was as closely related to fecal NIR spectra as digestibility (see Table 2)

when intake was measured directly. However, often the methods used in obtaining measures of direct intake (forage fed in a manger and refusals weighed back) cause bias (lower intake) due to the feeding conditions. Intake estimated from pasture studies using markers may be both biased and have a high degree of variability due to the methods (Coleman, 2006). The problems appeared to be in selling the idea to clientele who were not informed on the native variability in measurement of intake and who expected a much tighter relationship than was possible.

**Table 2.** Relationship (calibration) of in vivo digestibility and intake and near-infrared reflectance (NIR) spectra of fecesa

Forage Species/type	Animal species	N	Digestibility, %			Intake, g/kg BW			Data source
			Range	RSE	R <sup>2</sup>	Range	RSE	R <sup>2</sup>	
Fresh C <sub>3</sub> herbage	Cattlec	86	30-83	5.4	0.58	7.8-32.4	2.9	0.66	Holloway (Unpublished)
Fresh C <sub>3</sub>	Cattlec	37	35-80	3.7	0.88	7.7-21.4	1.7	0.81	Holloway et al. (1981)
Mixed hay herbage	Cattle	33	46-75	2.5	0.86	12.5-27.1	3.2	0.31	Coleman (Unpublished)
Fresh C <sub>4</sub> herbage	Shp/Catd	87	53-74	2.0	0.69	15.2-23.4	1.3	0.52	Boval et al. (2004)
Mixed tropical	Cattle	—e	31-85	3.9	0.80	3.3-30.4	2.2	0.79	Coates (2005)
Mixed tropical	Cattle	—f	42-72	1.7	0.95	4.2-28.6	1.7	0.85	Coates (2005)
Ryegrass pasture	Sheep	59	—	—	—	9.1-31.0	3.4	0.82	Flinn et al. (1992)
Bluestem pasture	Cattlef	96	59-70	1.3	0.73	12.6-39.4	4.4	0.60	Forbes and Coleman (1993)
Native range, C4	Cattlef	136	38-71	3.1	0.82	7.7-44.7	3.5	0.75	Olson (1984)

a All intake units based on g DM/kg body weight/d.

b NIR=Near-infrared reflectance spectroscopy; N=number of individual determinations of intake used for calibration; RSE =residual standard error; RCV = residual coefficient of variation; R<sup>2</sup> = coefficient of determination.

c Digestibility determined by Cr203 marker and intake directly.

d Digestibility determined with sheep and intake by cattle.

e Digestibility was determined on 78 diets with a total of 313 fecal spectra and intake was determined on 117 diets with 472 fecal spectra. Reference data was that for individual animals.

f Digestibility was determined on 75 diets with a total of 295 fecal spectra and intake was determined on 117 diets with 472 fecal spectra. Reference data was averaged for each diet.

g Digestibility determined by in vitro fermentation of diet sample and intake by fecal output estimated by markers.

## Conclusion and prophesy

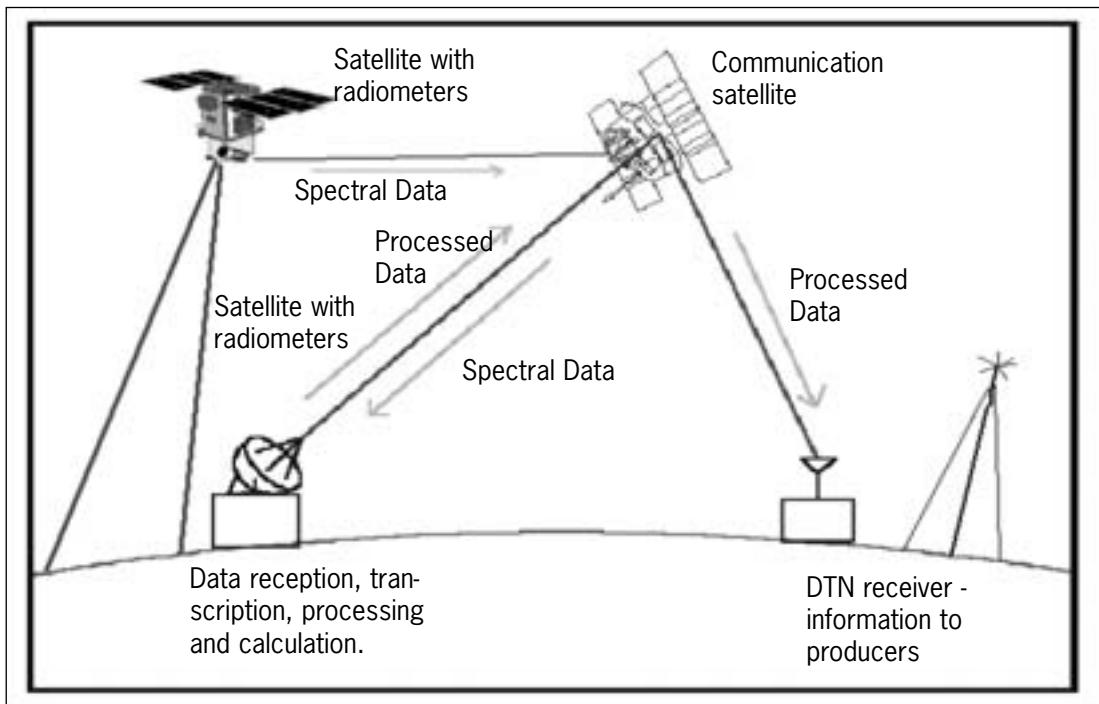
The adoption of the Tilley and Terry (1963) in vitro system and the introduction of NIRS for forage analysis have had tremendous impact on the forage industry. The former made possible mass screening of plant-breeder material for quality instead of simply yield and disease resistance and led to many improved forage varieties. However, it was the application of NIRS that brought forage quality awareness to producers. The work of John Shenk to provide a feeding value for hay at hay shows and sales in the U.S.A. provided for the first time value based marketing of forages. Commercial labs throughout the world now provide analysis as a service (for a fee) to producers on

home-grown or purchased feeds. The producer can then blend supplements to balance the nutrition required for their animals. The technology has been most widely adopted by dairy producers because dairy cows are more sensitive to nutritional changes than beef cows. However, the pig and chicken industries have also adopted the technology because of the volume of feed produced and merchandised. Some producers and consultants remain skeptical about the accuracy of the technology and refuse to climb into the 'black box' to see how it works. However, the adoption of NIRS analysis by those who trusted it has made available lab space and time so that the skeptics can get their forage analyzed by reference 'wet chemistry' methods, albeit at higher costs.

### What is ahead?

In the USA a company called DTN provides subscribers with daily updates on local (and global) weather and markets. If spectral data collected from satellites could be collected, automatically processed with equations, and localized through GPS systems, crop yield and quality information could be provided on a mapped grid for each subscribers. I believe the hardware is in place (see Figure 4). We only need the characterized databases on which to develop the diverse equations necessary for the task. The greatest need is for ground-truth data on a wide variety of vegetative types in terms of both quantity and quality. Prediction of quantity will likely not be feasible once LAI > 1 using spectra, but other technologies such as laser or ultrasound may be implemented from near-earth sources.

**Figure 4.** Graphic representation of how spectral data might be collected via satellite, beamed to a communication satellite, then beamed to ground processing facilities, back to communication satellites and out to producers



Miniaturization and portability of instruments are already shaping the next generation of the use of NIRS for pasture management. The work of Phillips et al. (2007) to apply data from a handheld radiometer (Starks et al., 2004) to supplementation strategy is very promising. The application of

the fecal NIRS-NUTBAL technology (Stuth, 1997) worldwide through networked NIR spectrometers has advanced our ability and knowledge of how to implement scientific technology. Further advances include the use of NIRS spectra from feces to predict diet composition (Walker *et al.*, 2006) and physiological status of grazing animals (Tolleson *et al.* 2005). After all, feces is an integrator of eating, digestion, and absorbance and lends itself well to the technology we have in NIRS.

## REFERENCES

- Baker, C.W. and R. Barnes. 1990. The application of near infrared spectrometry to forage evaluation in the agricultural development and advisory service. Pp. 337-351. *In: J. Wiseman and D.J.A. Cole, Eds. Feedstuff Evaluation. Butterworths, London.*
- Barber, G. D., Givens, D. I., Kridis, M. S., Offer, N. W., Murray, I. 1990. Prediction of the organic matter digestibility of grass silage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 28, 115-128.
- Barnes, R.F., C.J. Nelson, and G.W. Fick. 2007. Terminology and classification of forage plants. *In: R.F. Barnes, C. J. Nelson, K. J. Moore, and M. Collins (eds) Forages: The Science of Grassland Agriculture Vol. II, Blackwell Publishing, Ames, IO. USA.*
- Bircham, J.S., and J. Hodgson. 1983. The influence of sward condition and rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. *Grass Forage Sci.* 38:323-331.
- Birth, G. 1985. Evaluation of correlation coefficients obtained with a stepwise regression analysis. *J. Appl. Spec.* 39, 729-732.
- Boval, M., D.B. Coates, P. Lecomte, V. Decruyenaere and H. Archimede. 2004. Faecal near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to assess chemical composition, *in vivo* digestibility and intake of tropical grass by Creole cattle. *Anim. Feed Sci. Tech.* 114:19-29.
- Castler, M.D. 1997. Breeding for improved forage quality: Potentials and problems. *Proc. XVIII Int. Grassl. Congr. Vol. 3. June 8-19, 1997. Winnipeg, Man. and Saskatoon, Sask., Canada. pp. 323-330.*
- Chacon, E., and T.H. Stobbs. 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. *Aust. J. Agric. Res.* 27:709-727.
- Clark, P.E., M.S. Seyfried, and B. Harris. 2001. Intermountain plant community classification using Landsat TM and SPOT HRV data. *J. Range Manage.* 54:152-160.
- Coates, D.B. 2005. Faecal NIRS- Technology for improving nutritional management of grazing cattle. Final Report Project NAP3.121. Meat and Livestock, Australia & CSIRO.
- Cochran, R.C. and M.L. Galyean. 1994. Measurement of *in vivo* forage digestion by ruminants. *In: Fahey, G.C., Jr., Moser, L.E., Mertens, D.R., Collins, M. (Eds.), Forage Quality, Evaluation, and Utilization. ASA, CSSA, and SSSA. Madison, WI, USA, pp. 613-643.*
- Coleman, S.W. 2001. Developing prediction equations with noisy data. P. 233-237. *Proc. American For. Grassld. Council., 22-25 April, 2001. Springdale, AR. USA.*
- Coleman, S.W. 2006. Challenges to assessing forage intake by grazing ruminants. *Proc. 8<sup>th</sup> World Congr. On Genetics Appl. To Livestock Prod. 13-18 Aug. 2006. Belo Horizonte, MG, Brazil. Paper 14-06. CD-ROM.*
- Coleman, S. W., S. Christiansen, and J. S. Shenk. 1990. Prediction of botanical composition using NIRS calibrations developed from botanically pure samples. *Crop Sci.* 30:202-207.

- Coleman, S.W. and T.D.A. Forbes. 1998. Herbage characteristics and performance of steers grazing old world bluestem. *J. Range Manage.* 51:399-407.
- Coleman, S.W., T.D.A. Forbes, and J.W. Stuth. 1989a. Measurements at the plant-animal interface in grazing research. p. 37-51. *In* G.C. Marten et al. (ed.) *Grazing Research: Design, Methodology, and Analysis*. CSSA, Madison, WI.
- Coleman, S.W., H. Lippke, and M. Gill. 1999. Estimating the nutritive potential of forages. p. 647-695. *In* H.G. Jung and G.C. Fahey, Jr. (ed.) *Nutritional ecology of herbivores*. American Soc. Anim. Sci., Savoy, IL.
- Coleman, S.W., and J.E. Moore. 2003. Feed quality and animal performance. *Field Crops Research* 84:17-29.
- Coleman, S. W. and I. Murray. 1993. The use of near-infrared reflectance spectroscopy to define nutrient digestion of hay by cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* 44:237-249.
- Coleman, S. W., J. W. Stuth, and J. W. Holloway. 1989b. Monitoring the nutrition of grazing cattle with near-infrared analysis of feces. *Proc. XVI Int. Grassld. Congr., Nice, France*, pp 881-882.
- Coleman, S.W. and W.R. Windham. 1989. *In vivo* and *in vitro* measurements of forage quality. *In*: Marten, G.C., Shenk, J.S., Barton, F.E., II. (Eds.), *Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS): Analysis of Forage Quality*. USDA-ARS, Agriculture Handbook No. 643, pp. 83-95.
- Correll, O., J. Isselstein, and V. Pavlu. 2003. Studying spatial and temporal dynamics of sward structure at low stocking densities: the use of an extended rising-plate-meter method. *Grass and For. Sci.* 58:450-454.
- Crampton, E. W. and L. E. Harris. 1969. *Applied Animal Nutrition*. 2<sup>nd</sup> Ed. W. H. Freeman and Co., San Francisco, CA.
- Dove, H. 1992. Using the normal-alkanes of plant cuticular wax to estimate the species composition of herbage mixtures. *Aust. J. Agric. Res.* 43:1711-1724.
- Earle, D.F., and A.A. McGowan. 1979. Evaluation and calibration of an automated rising plate meter for estimating dry matter yield of pasture. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 19:337-343.
- Eckman, D. D., J. S. Shenk, P. J. Wangsness, and M. O. Westerhaus. 1983. Prediction of sheep responses by near infrared reflectance spectroscopy. *J. Dairy Sci.* 66:1983-1987.
- Edirisinghe, A., D.A., Henry, G.E. Donald, and E. Hulm. 2004. Pastures from space – assessing forage quality using remote sensing. *Animal Production in Australia*. 25:235.
- Flinn, P.C., W.R. Windham, and H. Dove. 1992. Pasture intake by grazing sheep estimated using natural and dosed n-alkanes – A place for NIR? Pp. 173-178. *In*: K.I. Hildrum, T. Isaksson, T. Naes and A. Tandberg (eds). *Near Infra-red Spectroscopy: Bridging the Gap Between Data Analysis and NIR Applications*. Ellis Horwood, London, UK.
- Flynn, E.S., C.T. Dougherty, and B.K. Doostra. 2006. GPS-enabled rising plate meter with data logging capability. *Online Forage and Grazinglands*. Doi:10.1094/FG-2006-0825-01-BR. <http://www.plantmanagementnetwork.org/sub/fg/brief/2006/plate/>
- Forbes, T.D.A. 1988. Researching the plant-animal interface: The investigation of ingestive behavior in grazing animals. *J. Anim. Sci.* 66:2369-2379.
- Forbes, T.D.A., and S.W. Coleman. 1993. Forage intake and ingestive behavior of cattle grazing old world bluestems. *Agron. J.* 85:808-816.9



- Forwood, J.R., A.M.B. da Silva, and J.A. Paterson. 1991. Sward and steer variables affecting feasibility of electronic intake measurement of grazers. *J. Range Manage.* 44:592-596.
- Ganguli, A.C., L.T. Vermeire, R.B. Mitchell, and M.C. Wallace. Comparison of four nondestructive techniques for estimating standing crop in shortgrass plains. *Agron. J.* 92:1211-1215.
- Givens, D.I., C.W. Baker, and A.H. Adamson. 1991. A comparison of near-infrared reflectance spectroscopy with three *in vitro* techniques to predict the digestibility *in vivo* of untreated and ammonia-treated cereal straws. *Anim. Feed Sci. Technol.* 35:83-94.
- Hill, N. S., J. C. Petersen, J. A. Stuedemann, and F. E. Barton II. 1988. Prediction of percentage leaf in stratified canopies of alfalfa with near infrared reflectance spectroscopy. *Crop Sci.* 28:354-358.
- Hodgson, J. 1982a. Influence of sward characteristics on diet selection and herbage intake by the grazing animal. p. 153-166. In J. B. Hacker (ed.) *Nutritional Limits to Animal Production from Pastures*. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, UK.
- Hodgson, J. 1982b. Ingestive behaviour. p. 113-138. In J.D. Leaver (ed.) *Herbage Intake Handbook*. The British Grassl. Soc., Hurley, Berkshire, UK.
- Holloway, J. W., R. E. Estell, II, and W. T. Butts, Jr. 1981. Relationship between fecal components and forage consumption and digestibility. *J. Anim. Sci.* 52:836-848.
- Holmes, J. H., G., M. C. Franklin, and L. J. Lambourne. 1966. The effects of season, supplementation, and pelleting on intake and utilization of some sub-tropical pastures. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 6:354-363.
- Jones, R.J., M.M. Ludlow, J.H. Troughton, and C.G. Blunt. 1979. Estimation of the proportion of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> plant species in the diet of animals from the ratio of natural <sup>12</sup>C and <sup>13</sup>C isotopes in the faeces. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 92:91-100.
- Leite, E.R. and J.W. Stuth. 1990. Value of multiple fecal indices for predicting diet quality and intake of steers. *J. Range Manage.* 43:139-143.
- Lippke, H. and F. E. Barton, II. 1988. Near infrared reflectance spectroscopy for predicting intake of digestible organic matter by cattle. *J. Dairy Sci.* 71:2986-2991.
- Lippke, H., F.E. Barton, II and W.R. Ocumpaugh. 1989. Near infrared reflectance spectroscopy for estimation of digestible organic matter intake and body weight gain. *Proc. XVI Int. Grassld. Congr., Nice, France.* pp. 893-894.
- Lister, S. J., R. J. Banes, M. S. Dhanoa, and R. Sanderson. 1992. Near infrared spectra of liquid extracts using standardized difference spectra of dry residues. pp. 284-290. In: I. Murray and I. A. Cowe. (Ed.) *Making Light Work: Advances in Near Infrared Spectroscopy*. VCH Publishers, Weinheim, Germany.
- Lyons, R. K. and J. W. Stuth. 1992. Fecal NIRS equations for predicting diet quality of free-ranging cattle. *J. Range Manage.* 45:238-244.
- Martin, N.P. 1985. Advances in hay evaluation and marketing. P. 57-68. *Proc. American For. Grassld. Council.* 3-6 Mar, 1985. Hershey, PA USA.
- McGuire, J.R. 1978. Rangelands – fulfilling the promise through planning. *Proc. 1<sup>st</sup> Intl. Rangeland Congr.*, 14-18 Aug., 1978, Denver, CO., Soc. Range Mgt., Denver, CO. USA. p 2-4.

- Menke, K. H., L. Raab, A. Salewski, H. Steingass, D. Fritz, and W. Schneider. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *J. Agric. Sci., Camb.* 93:217-222.
- Mertens, D.R. 1985. Factors influencing feed intake in lactating cows: From theory to application using neutral detergent fiber. p. 1-18. *In Proc. Georgia Nutr. Conf.*, 13-15 Feb. 1985. Atlanta, GA, USA.
- Minson, D. J., K. L. Butler, N. Grummitt, and D. P. Law. 1983. Bias when predicting crude protein, dry matter digestibility and voluntary intake of tropical grasses by nearinfrared reflectance. *Anim. Feed Sci. Technol.* 9:221-237.
- Minson, D. J., P. G. Tuckett, and D. P. Law. 1984. Improving the prediction of forage protein, digestibility and intake from NIR. Presented at 34th Aust. Cereal Chem. Conf., Melbourne, Aust.
- Moore, J.E., A.T. Adesogan, S.W. Coleman, and D. J. Undersander. 2007. Predicting forage quality. In: R.F. Barnes, C.J. Nelson, K.J. Moore, and M. Collins (eds). *Forages: the science of grassland agriculture*. Vol II. 6<sup>th</sup> Ed. Blackwell Publishing, Ames, IO pp. 553-568.
- Nelson, B.D., C.R. Montgomery, P.E. Schilling, and L. Mason. Effects of fermentation time on *in vivo/in vitro* relationships. *J. Dairy Sci.* 59:270-277.
- Norris, K. H., R. F. Banes, J. E. Moore, and J. S. Shenk. 1976. Predicting forage quality by infrared reflectance spectroscopy. *J. Anim. Sci.* 43:889-897.
- Olson, P.D. 1984. Influence of stocking rate on nutritive intake of steers grazing a short-duration grazing system. PhD Thesis, Texas A&M Univ., College Station, TX, USA.
- Orskov, E. R. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci., Camb.* 92:499-503.
- Pell, A. N., P. Schofield, and R. E. Pitt. 1998. The development, use and application of the gas production technique at Cornell University, USA In: E. Deville et al. (Ed.) *In vitro* Techniques for Measuring Nutrient Supply to Ruminants. Proc. Int. Symp. held at Reading, UK July 8-10, 1997.
- Phillips, W.A., P.J. Starks, S. Glasgow, and S.W. Coleman. 2007. Case study: Different methods of estimating crude protein concentration of bermudagrass pastures for stocker calf production. *Prof. Anim. Sci.* 23:696-701.
- Redshaw, E. S., G. W. Mathison, L. P. Milligan, and R. D. Weisenburger. 1986. Near infrared reflectance spectroscopy for predicting forage composition and voluntary consumption and digestibility in cattle and sheep. *Can. J. Anim. Sci.* 66:1031-115.
- Schut, A.G.T., G.W.A.M. van der Heijden, I. Hoving, M.W.J. Stienezen, F.K. van Evert, and J. Meuleman. 2006. Imaging spectroscopy for on-farm measurement of grassland yield and quality. *Agron. J.* 98:1318-1325.
- Shenk, J. S. 1985. Monitoring analysis results. pp. 27-28. In: G. C. Marten, J. S. Shenk and F. E. Barton III. (Ed.). *Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS): Analysis of Forage Quality*. USDA ARS, Agric. Handbook No. 643.
- Smith, E.M. 1985. A simulation model for managing perennial grass pastures. I. Structure of the model. *Agric. Systems* 17:155-180.
- Sparks, D.R. and J.C. Malechek. 1968. Estimating percentage dry weight in diets using a microscope technique. *J. Range Manage.* 21:264-265.

- Starks, P.J. and T.J. Jackson. 2002. Estimating soil water content in tallgrass prairie using remote sensing. *J. Range Manage.* 55:474-481.
- Starks, P.J., S.W. Coleman, and W.A. Phillips. 2004. Determination of forage chemical composition using remote sensing. *J. Range Mgmt.* 57:635-640.
- Stobbs, T.H. 1970. Automatic measurement of grazing time by dairy cows on tropical grass and legume pasture. *Trop. Grassld.* 4:237-244.
- Stuth, J. W. 1997. Grazing systems ecology: A philosophical framework. Proc. XVIII Int.. Grassl. Congr. June 8-19, 1997. Winnipeg, Man. and Saskatoon, Sask., Canada. Pp. 479-488.
- Templeton, W. C., Jr., J. S. Shenk, K. H. Norris, G. W. Fissel, G. C. Marten, J. H. Elgin, Jr., and M. O. Westerhaus. 1983. Forage analysis with near-infrared reflectance spectroscopy: Status and outline of national research project. pp. 528-531. In: J. A. Smith and V. W. Hays (Eds.) Proc. XIV Int.. Grassl. Congr. Westview Press, Boulder, CO.
- Tilley, J. M. A. and R. A. Terry. 1963. A twostage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.* 18:104111.
- Tolleson, D.R., R.D. Randel, J.W. Stuth, and D.A. Neuendorff. 2005. Determination of sex and species in red and fallow deer by near-infrared reflectance spectroscopy of the feces. *Small Rumin. Res.* 57:141-150.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*, 2<sup>nd</sup>. Ed. Cornell University Press, Ithaca, NY USA.
- Volesky, J. D. and S. W. Coleman. 1996. Estimation of botanical composition of esophageal extrusa samples using near infrared reflectance spectroscopy. *J. Range Manage.* 49:163-166.
- Vickory, P.J. and G.R. Nicol. 1982. An improved electronic capacitance meter for estimating pasture yield: Construction details and performance tests. Tech. Paper 9, CSIRO Animal Res. Lab., Armidale, NSW, Australia.
- Volesky, J. D. and S. W. Coleman. 1996. Estimation of botanical composition of esophageal extrusa samples using near infrared reflectance spectroscopy. *J. Range Manage.* 49:163-166.
- Walker, J.W., E.S. Campbell, C.J. Lupton, C.A. Taylor Jr., D.F. Waldron, and S.Y. Landau. 2007. Effects of breed, sex, and age on the variation and ability of fecal near-infrared reflectance spectra to predict the composition of goat diets. *J. Anim. Sci.* 85:518-526.
- Walker, J.W., S.D. McCoy, K.L. Launchbaugh, M.J. Fraker, and J. Powell. 2002. Calibrating fecal NIRS equations for predicting botanical composition of diets. *J. Range Manage.* 55:374-382.
- Weiss, W.P., H.R. Conrad, and N.R. St. Pierre. 1992. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. *Anim. Feed Sci. Technol.* 39:95-110.



## ESTUDIO COMPARATIVO DE LA EVOLUCIÓN DEL ENSILADO DE TOMATE (*LYCOPERSICON ESCULENTUM* MILL) CON DIFERENTES ADITIVOS

M.D. MEGÍAS<sup>1</sup>\*, A. MARTÍNEZ-TERUEL<sup>1</sup>, J. MADRID<sup>1</sup>, T. MARTÍNEZ<sup>2</sup>, F.G. BARROSO<sup>2</sup> Y F. HERNÁNDEZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Producción Animal. Universidad de Murcia. Campus Espinardo. 30071. Murcia (España). \* Corresponding author. Tel: 3468364748; fax: 346836447. E-mail address: mdmegias@um.es.* <sup>2</sup> *Departamento Biología Aplicada. Universidad de Almería. La Cañada de San Urbano. 04120 Almería. Spain*

### RESUMEN

Tomates cultivados en invernadero fueron ensilados para evaluar su capacidad como alimentación alternativa para pequeños rumiantes. Los silos se elaboraron con 40 kg de tomates en bolsas de plástico negro y diferentes aditivos, con tres repeticiones de cada tratamiento que se muestrearon para su análisis a los siete y 30, siendo el día cero considerado como control. Los aditivos utilizados fueron: ácido fórmico (30 ml kg<sup>-1</sup> y 60 ml kg<sup>-1</sup>), cloruro sódico (40 g kg<sup>-1</sup>), mezcla de cloruro sódico y ácido fórmico (40 g kg<sup>-1</sup> + 30 ml kg<sup>-1</sup>) y pulpa de remolacha deshidratada. Fueron analizadas tanto las características nutritivas como las fermentativas mediante la determinación de los ácidos grasos volátiles (VFAs), ácido láctico y pH. Los mejores resultados se obtuvieron con el lote control, ya que el pH permaneció por debajo del 3,8 manteniéndose las características nutritivas, por lo que las diferencias encontradas con los distintos tratamientos no justifican el incremento del precio por el uso de aditivos..

**Palabras clave:** ensilado, tomate, aditivos.

### INTRODUCCIÓN

El sudeste de España se caracteriza por sus bajas precipitaciones, inviernos suaves y veranos calurosos que explican la mala calidad de los pastos en la región. Sin embargo, esta misma zona es muy productiva en horticultura; con grandes zonas de cultivo bajo plástico. Esta agricultura puede proporcionar desechos y subproductos como fuentes alternativas de forrajes para la alimentación de los rumiantes aliviando, por otra parte, un creciente problema ambiental. El bajo precio y aceptable valor nutritivo de este tipo de productos ha llevado a su creciente uso por ganaderos, en especial en las zonas cercanas a los centros de producción como es el caso de los invernaderos dedicados a la horticultura (Martínez-Teruel *et al.*, 1998). La pulpa de tomate ha sido previamente utilizada con éxito para la alimentación de ovejas (Fondevilla *et al.*, 1994), así como la pasta de tomate, que también parece ser un excelente alimento para ovinos (Denek y Can, 2006). Otros subproductos de la industria de conserva, piel y semillas, han sido descritos por Knoblich *et al.* (2005) con buenas características nutritivas. Sin embargo, los tomates ensilados enteros de sistemas de cultivo intensivo (invernaderos), han recibido poca atención.

Por otra parte, no hay que olvidar que estos productos son obtenidos principalmente en primavera y verano, épocas del año con altas temperaturas lo que tienden a dificultar su utilización como alimento animal. Se precisa, por tanto, utilizar un método de conservación para evitar su degradación, que mantenga la calidad nutricional y que permita su conservación en el tiempo. Dado el alto contenido de agua del tomate, el proceso de ensilado aparece como la única alternativa real para su conservación.

El objetivo de este trabajo fue doble, evaluar calidad fermentativa por un lado y características nutricionales del ensilado de tomates por otro, y su evolución en el tiempo como indicador del número de días que pueden permanecer conservados en las condiciones ambientales de climas cálidos. En todo caso la realización de silos con materiales de alta humedad siempre presenta problemas de compactación y de alta eliminación de efluentes que pueden incidir en el medio ambiente (Martínez, *et al.* 2007).

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Material

El material utilizado para el estudio fueron tomates maduros (*Lycopersicon esculentum Mill*), que representa el exceso de producción de los invernaderos situados en El Ejido (Almería, España), que fueron recogidos directamente de los centros de producción en el verano de 2005. Los silos se elaboraron con 40 kg de tomates en bolsas de plástico negro y diferentes aditivos, con tres repeticiones de cada tratamiento. Una mezcladora fue utilizada para homogeneizar el material. El aire fue extraído mediante compresión.

### Tratamientos

Los tomates se ensilaron utilizando tres tipos de aditivos: ácido fórmico en dosis de 30 y 60 ml kg<sup>-1</sup> de materia fresca (AF30 y AF60); una mezcla comercial de cloruro sódico y ácido fórmico (40 g kg<sup>-1</sup> y 30 ml kg<sup>-1</sup>, respectivamente, AFS), cloruro sódico en 40 g kg<sup>-1</sup> (S) y, por último, pulpa de remolacha deshidratada a 40 g kg<sup>-1</sup> (PR). Además, tomates sin aditivos fueron utilizados como control. Los silos se almacenaron al aire libre durante el mes de julio (temperatura media de 25,7 °C) y se muestrearon a los siete y 30 días. El día cero correspondió al material antes de ensilado.

### Análisis nutritivos y fermentativos

La materia seca (MS) y la proteína bruta (PB) se determinaron por el método de la AOAC (1995). La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (IVDMD) se calculó de acuerdo a Vanderhaeghe y Biston (1987).

Para la medición de pH se empleó el filtrado de 10 g de material húmedo mezclado con 90 ml de agua destilada, después de 1 hora de maceración. Así mismo, el ácido láctico se determinó por colorimetría en dicho extracto (Madrid *et al.*, 1999a) y los ácidos grasos volátiles (AGVs) por cromatografía de gases (Madrid *et al.*, 1999b).

Para analizar el efecto del tiempo sobre los diferentes parámetros y comparar los resultados en los diferentes días de ensilaje se empleó análisis de varianza, ANOVA, mediante el método de diferencias de mínimos cuadrados (LSD).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1 muestra los cambios en el pH y las concentraciones de los diferentes ácidos orgánicos obtenidos en los tratamientos a los siete y 30 días de ensilaje y el control, manteniéndose en todo

momento por debajo de 4,6. El pH presentó variabilidad en la evolución para los distintos tratamientos, si bien en el lote control, las diferencias no fueron significativas durante el tiempo que duró la experiencia. Dado el nivel de MS que estos productos poseen parece indicar que los pH más adecuados serían los del AF60 y el control.

En la concentración de ácido láctico se produjo un aumento a medida que avanzó el experimento en todos los tratamientos hasta los siete días. Sin embargo, en algunos casos se observa una tendencia hacia fermentaciones secundarias, proceso indicado por las reducciones en la concentración de láctico que aparecen entre el día siete y los 30. Los niveles de ácido láctico encontrados estuvieron dentro del rango de valores obtenidos por Meneses *et al.* (2007) para el subproducto de brócoli. Para el día 30 la mayor concentración de este metabolito se encuentra para el silo control, mientras que en el día siete, tanto el control como el tratamiento PR son los que presentan un mejor resultado. En este apartado llama poderosamente la atención la evolución del tratamiento PR hacia los 30 días, aditivo con doble efecto por su contenido en productos azucarados que son rápidamente utilizados por las bacterias lácticas durante el proceso de fermentación que los hidrolizan en ácido láctico y su potente efecto para retener agua que beneficia la fermentación láctica. Probablemente no se haya conseguido una anaerobiosis total en las bolsas o aparecieran problemas de infiltración de aire.

La evolución de los AGVs indica que la principal producción de estos ácidos se realiza durante los primeros siete días, ya que a partir de aquí las diferencias no se hacen significativas; llama la atención los niveles alcanzados de AGVs para este día por no hallarse diferencias significativas entre los distintos tratamientos. Los niveles de AGVs fueron similares a los obtenidos por Megías *et al.* (1998) y Meneses *et al.* (2007) en los subproductos de alcachofa y brócoli, respectivamente. Los bajos niveles de AGVs implican una rápida fermentación que garantiza la buena calidad del ensilaje (McDonald *et al.*, 1991). Por otra parte, y como señalan Catchpole y Henzel (1971), para considerar una aceptable calidad del ensilaje, las concentraciones de AGVs se deben encontrar por debajo de la concentración de ácido láctico tal y como ocurre en nuestro estudio.

La MS aumentó en todos los casos como resultado de agua liberada por el material, el aumento fue estadísticamente significativo en ambos tratamientos AF, sin bien la evolución fue paralela en todos los lotes ya que no se detectaron diferencias significativas entre ellos para ninguno de los tres días de muestreo. La producción de efluentes en ensilados de productos hortofrutícolas es consecuencia de los altos contenidos en agua o por los procesos industriales a que son sometidos en su transformación (Martínez *et al.*, 2007)

En lo que respecta a la PB, los incrementos encontrados a lo largo del proceso fueron significativos (de 30-67 a 80-109 g kg<sup>-1</sup> MS) sobretodo en el silo control. Estos valores están por debajo de los descritos por Fondevilla *et al.* (1994) (224 g kg<sup>-1</sup> MS) en la pulpa de tomate, pero muy próximos a los obtenidos por Denek y Can (2006) con 142 g kg<sup>-1</sup> MS en el mismo tipo de material.

Así mismo, se puede observar cómo la digestibilidad *in vitro* (DIVMS) disminuyó ligeramente a lo largo del período experimental (0-30 días) en todos los casos. Esta disminución es especialmente significativa en los primeros siete días, manteniéndose después constante. Los resultados se pueden comparar con los obtenidos por De Haro *et al.* (2001), en un ensilado del subproducto del pimiento y son similares a los obtenidos por Denek y Can (2006) con 53 g kg<sup>-1</sup> MS 8 en el ensilaje de pulpa de tomate.

Tabla 1. Características fermentativas y nutritivas del ensilado de tomate

Tratamiento	pH			Acido láctico (g kg <sup>-1</sup> DM)			AGVs (g kg <sup>-1</sup> DM)					
	día 0	Día 7	día 30	Pr	día 0	día 7	día 30	Pr	día 0	día 7	día 30	Pr
Control	4,4 <sup>(2)</sup>	3,7 <sup>(3)</sup>	3,9 <sup>(2)</sup>	NS	20,0 <sup>b</sup>	113,5 <sup>a(1,2)</sup>	107,8 <sup>a(1)</sup>	***	1,2 <sup>(1)</sup>	6,4	18,4 <sup>(1)</sup>	NS
AF30	3,8 <sup>(3,4)</sup>	4,0 <sup>b(1,2,3)</sup>	4,2 <sup>a(2)</sup>	***	3,9	39,5 <sup>(2,3)</sup>	66,5 <sup>(1,2)</sup>	NS	4,6 <sup>(1,2)</sup>	5,9	14,3 <sup>(1,2)</sup>	NS
AF60	3,7 <sup>(4)</sup>	3,7 <sup>(2,3)</sup>	3,8 <sup>(3)</sup>	NS	3,4	19,5 <sup>(3)</sup>	20,7 <sup>(2)</sup>	NS	0 <sup>(2)</sup>	3,5	7,4 <sup>(2)</sup>	NS
S	3,7 <sup>b(4)</sup>	4,1 <sup>a(1)</sup>	4,6 <sup>a(1)</sup>	*	10,7	45,9 <sup>(2,3)</sup>	33,8 <sup>(1,2)</sup>	NS	2,1 <sup>b(1,2)</sup>	6,2 <sup>ab</sup>	17,7 <sup>a(1,2)</sup>	*
AFS	3,9 <sup>b(3)</sup>	4,0 <sup>b(1,2)</sup>	4,4 <sup>a(1)</sup>	**	5,4	24,9 <sup>(2,3)</sup>	15,2 <sup>(2)</sup>	NS	0 <sup>a(1)</sup>	5,4 <sup>ab</sup>	6,3 <sup>a(2)</sup>	*
PR	5,1 <sup>a(1)</sup>	3,8 <sup>c(1,2,3)</sup>	4,6 <sup>b(1)</sup>	***	25,8	166,8 <sup>(1)</sup>	53,1 <sup>(1,2)</sup>	NS	2,4 <sup>a(1,2)</sup>	6,1 <sup>ab</sup>	14,0 <sup>a(2)</sup>	**
Pc	***	*	***	NS	NS	**	*	NS	*	NS	*	*

Tratamiento	pH			Acido láctico (g kg <sup>-1</sup> DM)			AGVs (g kg <sup>-1</sup> DM)					
	día 0	Día 7	día 30	Pr	día 0	día 7	día 30	Pr	día 0	día 7	día 30	Pr
Control	70	89	92	NS	40 <sup>c(3)</sup>	67 <sup>b(2)</sup>	109 <sup>a(1,2)</sup>	***	572 <sup>a</sup>	445 <sup>b(2)</sup>	410 <sup>c(3)</sup>	*
AF30	70 <sup>b</sup>	73 <sup>b</sup>	119 <sup>a</sup>	**	36 <sup>b(3)</sup>	38 <sup>b(4)</sup>	92 <sup>a(1,2,3)</sup>	***	570 <sup>a</sup>	444 <sup>b(2)</sup>	342 <sup>c(4)</sup>	*
AF60	70 <sup>b</sup>	95 <sup>a</sup>	95 <sup>a</sup>	**	43 <sup>c(2,3)</sup>	77 <sup>b(1)</sup>	102 <sup>a(1,2,3)</sup>	***	552	484 <sup>(1)</sup>	476 <sup>(1)</sup>	NS
S	70	88	88	NS	38 <sup>b(3)</sup>	74 <sup>a(1,2)</sup>	86 <sup>a(2,3)</sup>	***	559 <sup>a</sup>	454 <sup>b(2)</sup>	435 <sup>b(2)</sup>	*
AFS	70	105	105	NS	48 <sup>b(2)</sup>	53 <sup>b(3)</sup>	115 <sup>a(1)</sup>	**	572	456 <sup>(2)</sup>	452 <sup>(2)</sup>	NS
PR	70	99	105	NS	67 <sup>b(1)</sup>	73 <sup>b(4)</sup>	80 <sup>a(3)</sup>	**	610 <sup>a</sup>	437 <sup>b(2)</sup>	401 <sup>b(3)</sup>	*
Pc	NS	NS	NS	NS	***	***	*	NS	NS	*	*	*

Pc: número de los superíndices diferentes indican diferencias entre filas. Pr: letras de los superíndices diferentes indican diferencias entre columnas. (Nivel de significación = \*\*\* P<0.001; \*\* P<0.01; \* P<0,05; NS no significativo).



## CONCLUSIONES

El valor nutritivo de los residuos de tomates es similar a los descritos para estos productos en la zona mediterránea, demostrando que es una buena fuente para la alimentación animal, con niveles de proteína hasta 80 g kg<sup>-1</sup> MS. Las características fermentativas del ensilado de tomate sugieren que se consigue una buena estabilización de los parámetros fermentativos a partir de la primera semana, sin embargo a partir del mes de iniciado el proceso su calidad comienza a decaer. Por tanto, los resultados muestran que las posibles mejoras de los tratamientos en la fermentación o en las características nutritivas, para los distintos tratamientos no justifican el coste extra. Nuevos estudios son necesarios para poder incrementar el tiempo de conservación de estos ensilados de alta humedad.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el proyecto CICYT números: GL2002-04302-C y GL2002-04302-C02-01.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1995. Official Methods of Analysis. 16th Association of Analytical Chemistry (Ed.). Washington, DC.
- CATCHPOOLE V.R.; ENZELL, E. F., 1971. Silage and silage-making from tropical herbage species. *Herbage Abstract*, 41, 213-221.
- DE HARO, M.J.E.; REBOLLOSO, M.M.; GARCÍA, F.; GUIL, J.L., 2001. Efecto de distintos tratamientos sobre los principios nutritivos, características fermentativas y digestibilidad in vitro de ensilados de subproducto de pimiento. *Archivos de Zootecnia*, 50, 323-333.
- DENEK, N.; CAN, A., 2006. Feeding value of wet tomato pomace ensiled with wheat straw and wheat grain for Awassi sheep. *Small Ruminant Research*, 65: 260-265.
- FONDEVILLA, M.; GUADA, J.A.; GASA J.; CASTRILLO, C., 1994. Tomato pomace as a protein supplement for growing lambs. *Small Ruminant Research*, 13, 117-126.
- KHAZAAL, K.; DENTINHO, M.T.; RIBEIRO, J.M.; ØRSKOV, E. R., 1993. A comparison of gas production during incubation with rumen contents in vitro and nylon bag degradability as predictors of the apparent digestibility in vivo and the voluntary intake of hays. *Animal Production*, 57, 105-112.
- KONBLICH, M.; ANDERSON, B.; LATSHAW, D. 2005. Analyses of tomato peel and seed byproducts and their use as source of carotenoids. *Journal Science of the Food and Agriculture*, 85, 1166-1170.
- MADRID, J.; MARTÍNEZ-TERUEL, A.; HERNÁNDEZ, F.; MEGÍAS, M.D., 1999a. Comparative study on determination of lactic acid in silage juice by colorimetric, high-performance liquid chromatography and enzymatic methods. *Journal Science of the Food and Agricultura*, 79, 1722-1726.
- MADRID, J.; MEGÍAS, M.D.; HERNÁNDEZ, F., 1999b. Determination of short chain volatile fatty acids in silages from artichoke and orange by-products by capillary gas chromatography. *Journal Science of the Food and Agriculture*, 79, 580-584.
- MARTÍNEZ-TERUEL, A.; MADRID, J.; MEGÍAS, M.D.; GALLEGO, J.A.; ROUCO, A.; HERNÁNDEZ, F., 1998. Uso de forrajes y subproductos en las explotaciones de vacuno de leche de la Región de Murcia. *Archivos de Zootecnia*, 44, 33-42.

- MARTINEZ-TERUEL, A.; HERNANDEZ, F., MADRID, J., MEGIAS, M.D. 2007. *In vitro* nutritive value and ensibility of the silages from the agroindustrial by-products of artichoke and corn. *Cuban Journal of Agricultural Sciences*, 41, 41-45.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E., 1991. *The biochemistry of silage*. Chalcombe Publications. (2<sup>nd</sup> Ed). Marlow (UK)
- MEGÍAS, M.D.; HERNÁNDEZ, F.; CANO, J.A.; MARTÍNEZ-TERUEL, A.; GALLEGO, J.A., 1998. Effects of different additives on the cell wall and minerals fractions of artichoke, (*Cynara scolymus*, L.) and orange (*Citrus aurantium* L.) by-product silage. *Journal Science of the Food and Agriculture*, 76, 173-178.
- MENESES, M.; MEGIAS, M.D.; MARTINEZ-TERUEL, A.; MADRID, J.; HERNÁNDEZ, F., 2007. Silage characteristics of two different broccoli (*Brassica oleracea italica*) industrial by-products to be used like food for ruminants. *Small Ruminant Research* 70: 292–296.
- VANDERHAEGHE, S; BISTON, R., 1987. Estimation *in vitro* de la digestibilité des herbages. Adaptation de la méthode pepsine-cellulase au système Fibertec Enzymatique. *Bulletin Research Agronomy Gembloux*, 22, 209-219.

## COMPARATIVE STUDY OF THE EVOLUTION OF TOMATO SILAGE (*LYCOPERSICON ESCULENTUM* MILL) WITH DIFFERENT ADDITIVES

### SUMMARY

Greenhouse-cultivated whole tomatoes were ensiled to assess their suitability as an alternative feed supply for small ruminants. The following additives were assayed: formic acid (30 ml kg<sup>-1</sup> and 60 ml kg<sup>-1</sup>), sodium chloride (40 g kg<sup>-1</sup>), sodium chloride + formic acid (40 g kg<sup>-1</sup> + 30 ml kg<sup>-1</sup>) and, dehydrated beet pulp (40 g kg<sup>-1</sup>). The silages were made using 40 kg of tomatoes into black bags. The nutritive qualities and fermentative capacity were analysed by reference to VFAs (as total of acetic, propionic and butyric acids), lactic acid, and pH. The samples were analysed before beginning ensilage and at seven and 30 days. The best results were obtained with formic acid at 60 ml kg<sup>-1</sup>, since pH remained below 3.8 and the nutritive characteristics were maintained.

**Key words:** silage, tomato, additives.

## EFFECTOS DEL COLOR DEL PLÁSTICO Y DEL NÚMERO DE CAPAS, SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CALIDAD FERMENTATIVA EN ENSILADOS DE HIERBA

G. SALCEDO<sup>1</sup>, L. MARTÍNEZ-SULLER<sup>2</sup>, TEJERO, I<sup>2</sup> Y M. SARMIENTO<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dpto. Tecnología Agraria del I.E.S. "La Granja". 39792 Heras. Cantabria (España).

<sup>2</sup> Dpto. de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente. E.T.S. de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos, Santander (España). <sup>3</sup>Laboratorio Agroalimentario. C/ Concejo s/n 39011 Santander (España)

### RESUMEN

Se estudian los efectos del plástico y número de capas sobre la composición químico-bromatológica y características de fermentación en ensilados de hierba conservados en la modalidad de bolas redondas. Los tratamientos consistieron en nueve plásticos (ocho blancos y uno) y sellados con cuatro ó seis capas, según un diseño experimental de bloques al azar, con tres repeticiones por tratamiento. El tipo de plástico afectó negativamente a las pérdidas de materia seca ( $P < 0,05$ ) y de proteína ( $P < 0,001$ ), materia orgánica digestible, energía metabolizable y fermentable. El número de capas modificó el contenido de materia seca ( $P < 0,001$ ) y ( $P < 0,01$ ) la pérdida de materia seca la fibra ácido detergente. El índice de ingestibilidad fue similar entre plásticos y número de capas, y diferente ( $P < 0,001$ ) entre plásticos para el índice de conservación.

**Palabras clave:** film, sellado, conservación, bolas redondas

### INTRODUCCIÓN

Los principios que rigen la conservación del ensilado en bolas redondas son los mismos que para los ensilados 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 a deteriorarse, debido a la alta relación superficie/volumen (O'Kiely *et al.*, 2002). Los efectos del tipo de plástico, densidad de la bola y concentración de materia seca inicial del forraje, presentan particulares riesgos a la hora de cuantificar las pérdidas de calidad en la conservación (Woolford, 1990). Los ensilados de bolas con dos capas, presentan inferior conservación y digestibilidad, exhibiendo la superficie de la bola zonas mohosas, reduciéndose este inconveniente con cuatro capas y pocos beneficios con seis capas (O'Kiely *et al.*, 2002). No obstante, en este tipo de ensilados sellados con seis u ocho capas y comparados con un silo convencional, aproximadamente la mitad del volumen del ensilado se encuentra dentro de los 15 cm exteriores del plástico.

El objetivo de este experimento fue determinar los efectos del tipo de plástico y número de capas en el sellado, sobre la conservación y calidad de ensilados de hierba en bolas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Procedimiento experimental:** Hierba de prado espigada y de primer corte fue segada con segadora rotativa-acondicionadora el 18 de mayo, presecada 24 horas y fermentada en silo de bolas redondas. Un total de 54 bolas de 1,22 m de diámetro,  $682 \pm 35$  kg de peso ( $144 \text{ kg MS/m}^3$ ), fueron selladas con nueve tipos de plástico (ocho blancos y uno negro) y cuatro ó seis capas equivalente a 47 y 66 m<sup>2</sup> de plástico por bola respectivamente. Los plásticos fueron proporcionados por ASPLA-Plásticos Españoles, S.A. (Grupo Armando Álvarez) y sus características figuran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Características de los plásticos utilizados.

Nº	Características	Color
Plástico 1	Film 3 capas blown sin adhesivo añadido	Blanco
Plástico 2	Film 3 capas blown alta resistencia extranjero	Blanco
Plástico 3	Film 5 capas blown alta resistencia extranjero	Blanco
Plástico 4	Film 3 capas cast	Blanco
Plástico 5	Film 5 capas blown formulación especial (alta resistencia)	Blanco
Plástico 6	Film 3 capas blown formulación estándar	Blanco
Plástico 7	Film 3 capas blown formulación especial (alta resistencia)	Blanco
Plástico 8	Film 3 capas blown formulación estándar	Negro
Plástico 9	Film 5 capas blown formulación especial y espesor menor	Blanco

BLOWN y CAST son técnicas de extrusión del plástico. BLOWN: el plástico forma una gran burbuja, enfriándose mediante aire interior y exterior del soplado. Técnica CAST: no se forma burbuja. El enfriamiento se realiza poniendo en contacto la lámina del plástico con un rodillo refrigerado.

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 muestra de la zona limitrofe al plástico, a 45 cm de profundidad y del núcleo, mezclándose las tres en una sola y por bola. 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 en fresco su contenido en materia seca, pH y N amoniacal. Un kilo de la misma fue congelado a  $-20^{\circ}\text{C}$  para determinar los ácidos grasos volátiles. Por vía seca y sobre material molido a 1 mm, se determinó su composición químico-bromatológica.

**Análisis químicos:** Materia seca en estufa a  $60^{\circ}\text{C}$  durante 48 horas; cenizas por incineración de la muestra a  $550^{\circ}\text{C}$ ; 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 (Do) se estimó como  $\text{Do} = 60,65 - 0,29 \text{ FND} + 0,37 \text{ De}$  (Argamentería et al, 1995), De es la digestibilidad enzimática de la materia orgánica determinada por el método FND-celulasa (Riveros y Argamentería, 1987); la energía metabolizable EM ( $\text{MJ/kg MS}$ ) =  $k \times \text{MOD}$ , donde  $\text{MOD} = \text{MO} \times \text{Do}/100$  y  $k = 0,16$  (MAFF, 1984) y la energía metabolizable fermentable ( $\text{EM}_f$ ) se estimó restando la energía bruta de la grasa y el aporte energético de los ácidos grasos volátiles AFRC (1992); el pH se determinó 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 fueron analizados en el Laboratorio Agroalimentario de Santander.

**Índices de calidad fermentativa:** A cada parámetro fermentativo se le asignó un valor de cero a 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 e ingestibilidad*.

**Análisis estadístico:** El diseño experimental de campo fue de bloques al azar con tres repeticiones, donde el *plástico* y *número de capas* fueron los efectos principales. Las medias fueron separadas con el test de Duncan en el paquete estadístico SSPS 11.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de materia seca de la hierba en origen y al sellado fue  $20,2 \pm 0,17\%$  y  $29,9 \pm 0,57\%$  respectivamente. La concentración de proteína, materia orgánica digestible, fibra ácido y neutro detergente fue  $8,45 \pm 0,15\%$ ;  $56,3 \pm 0,49\%$ ;  $37,5 \pm 2,0\%$  y  $66,8 \pm 1,8\%$  respectivamente, considerándolo un forraje de bajo valor nutritivo, similar a la hierba de prado (datos del proyecto de Cartografía y Tipificación de Pastos de Cantabria) de  $8,7\%$ ;  $59,4\%$ ;  $38,1\%$  y  $65,7\%$  respectivamente para los parámetros anteriormente indicados.

La composición química de los ensilados según tipo de plástico y número de capas figura en la Tabla 2. El contenido medio de materia seca fue  $27,3 \pm 1,2\%$ , sin diferencias significativas entre plásticos y sí, ( $P < 0,001$ ) para el número de capas y la interacción plástico por capas. Según el tipo de plástico, el mayor porcentaje se registró en el número 2 ( $28,2 \pm 1,8\%$ ) y, el menor ( $26,4 \pm 1,1\%$ ) en el número ocho.

Para el conjunto de ensilados, la pérdida de materia seca estimada como la diferencia entre el contenido de materia seca al sellado y a la apertura del ensilado fue  $13,3 \pm 4,8\%$ , con máximos de  $14,1\%$  y mínimos de  $11,2\%$  en los plásticos número 2 y 3 respectivamente. Los ensilados sellados con 6 capas, presentaron pérdidas menores ( $P < 0,001$ ), con valores medios de  $12,0\%$  y  $14,7\%$  en los de 4 capas. Estos resultados son ligeramente superiores a los indicados por Zimmer y Wilkins, (1984) del  $8,5\%$  en ensilado de hierba presecada;  $8,9\%$  con raigrás italiano (McCormick *et al.*, 1998) y del  $6,4\%$  en alfalfa (Hancock y Collins, 2006). Entre plásticos, las pérdidas de materia seca fueron numéricamente mayores en los números 3 y 7 con 6 capas que con 4, sin diferencias significativas entre ellas (Tabla 2); en el plástico número 2 fueron similares entre capas y en los números 1, 4, 5, 6, 8 y 9 fueron mayores con 4 capas ( $P < 0,05$ ). Independientemente del plástico y número de capas, la humedad del ensilado se relaciona positivamente con las pérdidas de materia seca ( $r^2 = 0,32$ ), equivalentes a  $2,2$  unidades porcentuales por incremento de un punto en la humedad del ensilado, y dentro del rango de  $69,2$  y  $77,3\%$ .

El mayor contenido de cenizas observado en el plástico número 9 con 6 capas (Tabla 2) es atribuido a contaminación por tierra. La concentración de proteína fue diferente entre plásticos ( $P < 0,001$ ) y no entre capas, coincidente con Hancock y Collins, (2006) para ensilados de alfalfa en bolas selladas con 4 ó 6 capas de plástico; por el contrario, 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.

Para el conjunto de datos, la fibra neutro detergente fue del  $65,3 \pm 3,37\%$ , similar a la hierba en origen de  $66,8 \pm 1,8\%$ , sin correlaciones significativas entre respecto al número de capas. En línea con lo observado en el presente trabajo, Hancock y Collins (2006) en ensilados de alfalfa, observaron porcentajes de fibra neutro superiores al emplear dos capas, sin diferencias entre 4 y 6. La diferencia de  $6,4$  unidades porcentuales de fibra neutro en el plástico número 1 para 4 y 6 capas, es atribuida a la presencia de *Scirpus Calefornicus* en la muestra. Estas diferencias son justificadas tal y como señala O'Kiely *et al.* (2002) al mayor intercambio de oxígeno con el menor número de capas, que origina más formación de  $\text{CO}_2$  e inferior presencia de mohos en parte externa de la bola.

**Tabla 2.** Composición químico bromatológica de los ensilados según tipo de plástico y número de capas

Plástico	Capas	MS, %	MS perdida,%	Cenizas, %	PB, %	FAD, %	FND, %	MOD, %	EM, MJ	EMf MJ
1	4	26,3b	16,9e	8,9a	9,2abcd	41,6efgh	65,6cde	53,9def	8,63def	6,52
	6	28,3efg	12,8abcd	10,1abc	9,3abcd	44,3i	72,0f	48,8a	7,81a	5,48
2	4	28,2efg	11,3abc	10,3abc	12,8f	43,3h	68,1e	51,4b	8,22b	6,47
	6	28,2efg	11,0abc	10,7bc	10,9e	39,7abcdef	68,0e	52,1bc	8,34c	5,84
3	4	27,4cde	13,9bcde	9,7abc	9,3abcd	41,9fgh	61,3a	55,6gh	8,9gh	6,55
	6	27,1bcd	14,3bcde	9,97abc	9,6abcde	39,6abcdef	66,1cde	53,8def	8,61def	6,38
4	4	26,8bcd	16,8de	9,61abc	11e	41,2defg	66,8de	53,1cde	8,5cde	6,51
	6	28,7fg	10,0ab	10,0abc	10,5ef	36,9a	65,4cd	53,3cde	8,52cde	6,34
5	4	26,6bc	16,5de	11,1c	9,1abc	41,6efgh	66,7de	52,4bcd	8,38bcd	6,23
	6	27,4cde	14,3bcde	9,0ab	8,4a	37,9abc	62,0ab	57,0h	9,12h	6,58
6	4	26,9bcd	15,2cde	10,6bc	8,4a	37,9abc	63,1ab	54,5efg	8,72efg	6,37
	6	28,8g	8,5a	9,3ab	8,6ab	39,6abcdef	64,2bc	55,3fg	8,86fg	6,29
7	4	27,5cde	13,1abcde	8,78a	9,7abcde	37,3ab	63,0ab	55,7gh	8,91gh	6,65
	6	27,1bcd	14,6bcde	10,1abc	10,5def	37,5abc	62,6ab	55,4gh	8,86gh	6,7
8	4	27,3bcde	13,4bcde	10,0abc	9,1abc	40,7cdefg	65,7cde	51,9bc	8,3bc	6,02
	6	25,4a	10,4abc	9,4ab	9,6abcde	38,3abcde	66,0cde	54,4efg	8,71efg	6,41
9	4	26,8bcd	15,1cde	9,1ab	10,0cdef	40,2bcdefg	66,4cde	53,0cde	8,49cde	6,24
	6	27,7def	11,9abcd	13,3d	9,8abcde	40,3bcdefg	63,0ab	53,6cde	8,57cde	5,97
et		0,074	0,349	0,11	0,10	0,21	0,18	0,12	0,02	0,069
1		27,3	14,9b	9,5a	9,23abc	42,9d	65,8c	51,3a	8,22a	6,0
2		28,2	11,2 <sup>a</sup>	10,5ab	11,8e	41,4cd	68,0c	51,7a	8,28a	6,15
3		27,2	14,1ab	9,83a	9,49bc	40,8bc	63,6a	54,7c	8,76c	6,46
4		27,7	13,4ab	9,83a	10,76d	39,0ab	66,1b	53,2b	8,51b	6,44
5		27	15,4b	10,1ab	8,71ab	39,7bc	64,3ab	54,7c	8,75c	6,4
6		27,9	11,9ab	9,93a	8,79a	38,7ab	63,6a	54,9c	8,79c	6,33
7		27,3	13,8ab	9,47a	10,09cd	37,4a	62,8a	55,7c	8,89c	6,67
8		26,4	11,9ab	9,71abc	9,34abc	39,4abc	65,8b	53,1b	8,51b	6,21
9		27,3	13,5ab	9,88cd	9,88cd	40,2bc	64,6ab	53,3b	8,53b	6,11
	4	27,1	14,7	9,8	9,84	40,6b	65,2	53,5	8,55	6,4
	6	27,6	12,0	10,2	9,69	39,3a	65,5	53,7	8,6	6,22
Plástico		NS	*	*	***	***	***	***	***	NS
Capas		***	***	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS
F°C		***	NS	***	NS	***	***	***	***	NS

Los valores seguidos de distintas letras dentro de la misma columna difieren significativamente (P<0,05)

La energía metabolizable de los ensilados fue diferente entre plásticos ( $P < 0,001$ ) y no entre capas (Tabla 2), imputables al diferente contenido de fibra neutro ( $P < 0,001$ ). Sin embargo, la energía metabolizable fermentable ( $EM_f$ ) fue similar entre plásticos (valor medio:  $6,31 \pm 0,43$  MJ); si bien, la relación  $EM_f/EM$  entre plásticos y capas se encuentra dentro del rango de 55 al 80% señalado por el ADAS (1991) en bolas grandes con fermentaciones restringidas y contenidos de materia seca determinada en estufa de 34,8%.

Los parámetros fermentativos como pH, y  $N-NH_3$  fueron similares en función del número de capas y diferentes ( $P < 0,001$ ) entre plásticos (Tabla 3), resultados que coinciden con los obtenidos por O'Kiely *et al.*, (2002) para ensilados de hierba. A nivel de conjunto se obtuvo una baja correlación y negativa entre la concentración de N amoniacal y el contenido en materia seca ( $r = -0,15$   $P < 0,05$ ) y positiva con el pH ( $r = 0,56$   $P < 0,01$ ), debido posiblemente a factores de calidad del plástico ( $r = 0,31^{**}$ ) y no al número de capas ( $r = -0,05$ ). Para el conjunto de ensilados, los valores medios de pH y N amoniacal fueron de 4,11 y 11,5% respectivamente, situándose este último dentro de los valores tradicionalmente indicados de una buena calidad fermentativa (Pahlow *et al.*, 2003). El menor pH se registró en el ensilado con el plástico número 5 y 6 capas (Tabla 3), con una diferencia de -0,31 puntos respecto al de 4 capas, y el mayor, en el número 1 con 6 capas ( $P < 0,05$ ), coincidiendo con la máxima concentración de amoníaco ( $P < 0,05$ ). Por el contrario, la menor proporción de  $N-NH_3$  registrada en el plástico 9 e independientemente del número de capas, no reflejó el menor pH (Tabla 3). Los trabajos de Hancock y Collins, (2006), observaron pHs más elevados en ensilados de alfalfa con 2 capas y menor contenido en humedad, sin diferencias significativas entre 4 ó 6 capas. El pH de estabilidad (pHe) para el conjunto de ensilados, fue superior en +0,31 puntos respecto al pH observado (Tabla 3).

**Tabla 3.** Calidad fermentativa de los ensilados según tipo de plástico y número de capas

Plástico	Capas	pH	pH estabilidad	N-NH <sub>3</sub> / Nt, %	Acético g/kg MS	Butírico, g/kg MS	Láctico, g/kgMS	Índice Ingestib.	Índice Conserv.
1	4	4,38bcd	4,38b	16,2f	30,9f	4,55ab	36,7def	6 <sup>a</sup>	4,25abcdef
	6	4,69e	4,45efg	15,0ef	9,4abc	22,2i	34,1cde	7,5ab	4,87abcdef
2	4	4,38d	4,45efg	12,0bcdef	4,75a	9,3cd	36,8def	9b	6,37ef
	6	4,08abcd	4,45efg	9,2abc	9,63abc	32,0j	14,8a	9b	5,37cdef
3	4	4,09abcd	4,42cde	9,9abcd	10,1abc	15,6ef	49,4gh	7,5ab	5,87def
	6	4,18cd	4,41bcd	12,7cdef	10,6abc	11,2d	42,3efg	7,5ab	5,12bcdef
4	4	4,2cd	4,40bcd	11,9bcdef	13,4abcd	2,67a	20,4ab	7,16ab	5,66cdef
	6	4,07abcd	4,47fg	10,1bcd	23,0def	5,3ab	48,0gh	6,5ab	5,12bcdef
5	4	4,06abcd	4,39bc	13,9def	17,3cde	20,6i	26,9bc	6a	3,75abcde
	6	3,75a	4,42cde	12,2bcdef	10,3abc	18,7fgh	62,7j	8,25ab	4,12abcdef
6	4	4,02	4,40bcd	15,9f	15,6bcd	6,9bc	55,2hi	6,75ab	2,87abc
	6	3,96abc	4,47g	10,7bcde	6,8ab	20,4i	54,0h	8,25ab	3,12abcd
7	4	4,09abcd	4,42cde	10,3bcd	6,35ab	19,7hi	46,6gh	8,25ab	2,12a
	6	4,13bcd	4,41bcd	12,8cdef	6,54ab	15,9f	36,8def	7ab	2,5ab
8	4	4,03abcd	4,42bcde	9,7abcd	19,2cde	15,3ef	33,8cde	8,25ab	6,75f
	6	3,79abc	4,35a	10,8bcde	26,8cf	9,5cd	44,4fg	6,5ab	4,87abcdef

Plástico	Capas	pH	pH estabilidad	N-NH <sub>3</sub> / Nt, %	Acético g/kg MS	Butírico, g/kg MS	Láctico, g/kgMS	Índice Ingestib.	Índice Conserv.
9	4	3,97bcd	4,40bcd	5,82a	22,1def	11,9de	30,6cd	8ab	4,25abcdef
	6	4,1abcd	4,43def	8,0ab	11,2abc	16,2fg	41,1efg	9,5ab	4,5abcdef
	et	0,025	0,011	0,31	1,15	0,28	0,64	0,67	0,59
1		4,54c	4,42b	15,6d	20,1bc	13,3ab	35,4a	6,75	4,56bcd
2		4,23b	4,45c	10,6bc	7,19a	20,7b	25,8a	9	5,87d
3		4,3ab	4,41b	11,3bc	10,3ab	13,4ab	45,8bc	7,5	5,5cd
4		4,13ab	4,43bc	11,bc	17,2abc	3,7a	31,4ab	6,9	5,45cd
5		3,9a	4,41ab	13,0cd	13,8abc	19,7b	44,8bc	7,12	3,93abc
6		3,99ab	4,44bc	13,3cd	11,2ab	13,7ab	54,6c	7,5	3ab
7		4,11a	4,2b	11,5bc	6,4a	17,8b	41,7abc	7,62	2,31a
8		4,04ab	4,38a	10,2b	23,0c	12,4ab	39,1abc	7,37	5,81d
9		4,01ab	4,41b	6,91a	16,6abc	14ab	35,8ab	8,75	4,37bcd
	4	4,13	4,41	11,7	17,1	11,8a	36,5a	7,42	4,71
	6	4,08	4,43	11,3	12,7	16,6b	42,0b	7,77	4,40
Plástico		***	***	***	***	***	***	NS	***
Capas		NS	NS	NS	NS	***	***	NS	NS
F°C		NS	***	*	NS	***	***	NS	NS

Los valores seguidos de distintas letras dentro de la misma columna difieren significativamente ( $P < 0,05$ )

La concentración de ácido láctico, acético, butírico de los diferentes ensilados figura en la Tabla 3. Para el láctico la concentración fue inferior a 30 g/kg MS en los ensilados de los plásticos 3 y 5, con 4 y 6 capas respectivamente, los demás entre 30 y 70 g considerados como ensilados de fermentación normal. Por su parte Donaldson y Edwards (1976), señalan para ensilados presecados bajas concentraciones de ácido láctico. Los contenidos de acético fueron inferiores a 25 g/kg MS señalado por el INRA (1981), excepto el ensilado con el plástico número 1 y 4 capas, coincidiendo con el mayor contenido de cenizas. 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 ( $r = -0,48$   $P < 0,01$ ).

La categorización de los diferentes ensilados figura en la Tabla 3. El índice de ingestibilidad fue similar entre plásticos y capas y diferente ( $P < 0,001$ ) el de conservación para los plásticos, sin diferencias significativas entre capas. Para el conjunto de datos, el índice de ingestibilidad y conservación fue de  $7,59 \pm 1,4$  y  $4,56 \pm 1,5$  respectivamente, lo que les transfiere ensilados aceptables, aunque mejorables. Del total de 9 plásticos ensayados, sólo 5, superan la puntuación de 5 para el índice de conservación, y 7 plásticos superan los 7 puntos para el de ingestibilidad.

## CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se desprende que todos los plásticos presentan un buen índice de ingestión y mejor índice de conservación los números dos, tres, cuatro y ocho. Entre el número de capas ensayadas, no se obtienen mejoras sustanciales para la composición química, índice de ingestión y de conservación para beneficios sustanciales con seis.



## 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. *Technical Bulletin 91/5*. Fermentable Metabolisable Energy Content of Grass Silages, ADAS Fed Evaluation Unit, Stratford-upon-Avon.
- AFRC. 1992. Energy and Protein Requirements of Ruminants. Editorial Acribia pp. 58.
- 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 pág: 95-96.
- DONALDSON, E.; EDWARDS, R.A. 1976. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 27:536-544. Citado por McDonald et al., (1991).
- DULPHY, J.; DEMARQUILLY, C. 1981. Problèmes particuliers aux ensilages. En : *Prèvision de la valeur nutritive des aliments des ruminants*. Ed. INRA publications, 81-104. París.
- GOERING H.K.; VAN SOEST P.J., 1970. *Forage fiber analysis*. Ag. Handbok Nº 379. Washington DC ARS (USDA).
- HANCOCK, D.; COLLINS, M. 2006. Forage preservation method influences alfalfa nutritive value and feeding characteristics. *Crop Sci.* 46:688-694.
- INRA. 1981. *Alimentación de los rumiantes*. Editorial Acribia, pp.:601
- MCCORMICK, M.; CUOMO, G.; BLOUIN, D. 1998. Annual ryegrass stored as balage, haylage or hay for lactating dairy cows. *J. Prod. Agric.* 11:293-300.
- McENIRY, J.; P. O'KIELY; W. CLIPSON; P. FORRISTAL; E. DOYLE. 2007. The relative impacts of wilting, chopping, compaction and air infiltration on the conservation characteristics of ensiled grass. *Grass and Forage Science*. Vol 62:470-484.
- O'KIELY, P.; D. FORRISTAL; K. BRADT; K. McNAMARA; J. LENEHAM; H. FULLER; J. WHELAN. 2002. Improved Technologies For Baled Silage. *Beef Production Series* Nº. 50.
- PAHLOW, G.; MUCK, R.; DRIEHUIS, F.; OUDE, S.; SPOELSTRA, S. 2003. Microbiology of ensiling. In: "*Silage Science and Technology*". Agronomy Series Nº 42, American Society of Agronomy, Madison, WI, USA, pp. 31-93.
- 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.
- SSPS 11. 2002. Guía para análisis de datos. Editorial McGraw Hill
- WOOLFORD, M.K. 1990. A review. The detrimental effects of air on silage. *J. Appl. Bacteriol.* 68:101-116.

## EFFECTS OF THE PLASTIC COLOR AND NUMBER OF LAYERS, GRASS SILAGES CHEMICAL COMPOSITION AND FERMENTATION QUALITY

### SUMMARY

Effects of plastic type and number of layers on the chemical composition and fermentation characteristics are studied in round bales grass silages. The treatments consisted of 9 plastic types (8 white and 1 black) wrapped with 4 ó 6 layers, organized on randomized blocks with three repetitions. The type of plastic concerned negatively the losses of dry matter ( $P < 0,05$ ) and  $P < 0,001$  the protein, organic matter digestible, energy metabolizable and fermentable. The number of layers modified the content of matter dries and loss of matter dries ( $P < 0,001$ ) and ( $P < 0,01$ ) for the fiber acid detergent. The index of ingestibilidad was similar between plastic and number of layers, and  $P < 0,001$  the index of conservation for the plastic.

**Key words:** film, wrapping, conservation, round bales

## ADAPTACIÓN Y APLICACIÓN DE UN MÉTODO DE ANÁLISIS “IN VITRO” PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA DE LA BELLOTA EN GANADO PORCINO

A. GÓMEZ CABRERA<sup>1</sup>, I. SALCEDO<sup>1</sup>, E. DE PEDRO<sup>1</sup>, E. DÍAZ<sup>2</sup>, I. FERNÁNDEZ<sup>2</sup>  
Y L. SÁNCHEZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dpto. Producción Animal. Campus de Rabanales. 14014 Córdoba. <sup>2</sup> Servicios Técnicos COVAP. Mayor 56 14400 Pozoblanco (Córdoba)

### RESUMEN

Se han comparado dos sistemas de análisis para la valoración de la digestibilidad de la materia seca de pulpa de bellota en cerdos. El primero, es un método de determinación de la digestibilidad *in vitro* de tres fases, puesto a punto para la estima en cerdos, que utiliza matraces para la disolución y crisoles para la filtración, frente a otro que utiliza un incubador Daisy, con recipientes de incubación rotatorios y bolsas de poliéster, ambos de ANKOM. En los dos casos, se han modificado los niveles de molienda y el tamaño de las partículas sometidas al tratamiento para asegurar la homogeneidad de la muestra final.

Tras comprobar la falta de concordancia entre ambos sistemas, se ha utilizado el método original, con ligeros ajustes en el tiempo de incubación y en el tamaño de las partículas, para valorar una colección de 180 muestras, cuyos valores oscilaron entre 61,25 - 88,63%. Los resultados analíticos obtenidos, con un valor de repetibilidad (R) de 2,64 y una desviación estándar relativa de la repetibilidad (RSDr) de 3,61%, se consideran adecuados.

**Palabras clave:** incubador Daisy, tamaño molienda, valoración nutritiva

### INTRODUCCIÓN

El análisis de la variabilidad de las características bromatológicas de las bellotas ha sido llevado a cabo por numerosos autores, refiriéndose siempre a la pulpa, ya que los cerdos eliminan la cáscara al consumirla (Fernández *et al.*, 2005; Rodríguez Estévez, 2007). El rasgo más significativo que aparece en estos estudios es la alta variabilidad interna del sistema, en el que, en un mismo espacio geográfico, una finca o una misma parcela, coexisten contiguos árboles con bellotas de características muy diferentes.

Entre los atributos que han sido objeto de análisis se encuentran la grasa, la proteína, el almidón y los azúcares totales, así como los principales ácidos grasos. Sin embargo, no existen estudios que aborden la variabilidad de la digestibilidad de este producto para los cerdos a nivel general, independientemente de algunas valoraciones realizadas *in vivo* sobre alguna muestra concreta (Nieto y col., 2002). En este sentido, el objetivo del presente trabajo consiste en la adaptación de una técnica “*in vitro*”, diseñada por Boisen y Fernández (1997) para la determinación de la digestibilidad de la materia seca de las materias primas y los piensos compuestos en cerdos, para la determinación de la digestibilidad de la pulpa de la bellota o su sustitución por una técnica más sencilla basada en la utilización del digestor DAISY.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El método de Boisen y Fernández (1997) consiste en un análisis enzimático, realizado en tres fases, utilizando en la primera una solución de pepsina, en la segunda de pancreatina, y en la tercera de un combinado de carbohidrasas, que incluye arabinasas, celulasas, hemicelulasas y xilanasas (Viscozyme L, de Novozymes A/S, Bagsvaerd. Denmark). Las incubaciones con las soluciones enzimáticas se realizan en matraces al baño maría y la posterior filtración del sobrenadante en crisoles con placa de vidrio de porosidad 2. En adelante se denominará como método crisol.

### Digestor DAISY

Utilizando el digestor DAISY II-220 (Ankom Technology Corp. Fairport, NY. USA) en los que la muestra se presenta en bolsas, se podría reducir sensiblemente el esfuerzo analítico, al eliminar el proceso de filtración. Se utilizaron 10 muestras de la colección de 180 obtenidas en la campaña 2003-04 (Fernández y col., 2005), elegidas al azar. Se pesó un g de muestra en bolsas de poliéster para digestibilidad *in situ* R1020 de ANKOM (Ankom Technology Corp.) y se incorporaron al incubador utilizando las mismas soluciones del método original. Simultáneamente se realizó la determinación por dicho método crisol. Se realizaron dos repeticiones por muestra, ampliándolas hasta seis cuando las diferencias entre ellas superaron el 5% de su valor, dada la escasa repetibilidad que se obtenía en algunas ocasiones. Los medias se compararon mediante un análisis de varianza para muestras pareadas, mediante el procedimiento GLM del paquete de programas estadísticos SAS (SAS, 2006).

### Granulometría de la muestra.

Las muestras utilizadas habían sido molidas originalmente utilizando un molino refrigerado de aspas (KNIFETEC de Tecator) y pasadas por un tamiz con malla de un mm, lo que deja una granulometría más heterogénea que cuando se utilizan molinos ciclónicos. Para comprobar si la variabilidad observada en las repeticiones de los controles previos estaba relacionada con este factor, se llevó a cabo una nueva molienda, sobre el producto originalmente molido, utilizando un molino CICLOTEC de Tecator, con malla de un mm.

Se utilizaron dos muestras adicionales, cada una con los dos tipos de molienda, con entre 2 y 8 repeticiones, por el problema de repetibilidad antes señalado, comparando el conjunto de los resultados obtenidos, considerándolos como muestras independientes para analizar el sistema (Daisy y crisol) y el nivel de molienda.

Por otra parte, se procedió a dividir el contenido de 2 de las muestras anteriores en 5 fracciones (<0,25; 0,25-0,5; 0,5-0,6; 0,6-1; >1 mm) y se realizó el análisis de las mismas, utilizando en este caso solo el sistema Daisy y 3 repeticiones por muestra. Se realizó un análisis de la varianza de los valores medios de cada fracción, con el procedimiento GLM del paquete de programas estadísticos SAS (SAS, 2006).

Finalmente, se procedió a realizar un nuevo análisis utilizando este mismo sistema, realizando 20 repeticiones de la fracción de partículas comprendida entre 0,6 y 0,75 mm de tamaño, de una misma muestra, para comprobar el grado de homogeneidad de los resultados obtenidos. El análisis realizado se refiere en este caso, únicamente, a los estadísticos de dispersión.

### Modificación del método Boisen y Fernández (1997)

Una vez valorados los resultados anteriores, se procedió a analizar una colección de 180 muestras de bellota de encina, utilizando el método original con ligeras modificaciones, así como dos muestras cuya digestibilidad *in vivo* en ganado porcino había sido determinada en la Estación

Experimental del Zaidín (Nieto, comunicación personal) que fueron utilizadas como patrones internos en cada una de la series de análisis.

Sobre el método original se modificaron, por una parte, los tiempos de incubación: 1ª fase, solución de pepsina, 1,5 h; 2ª fase, solución de pancreatina, 3,5 h; 3ª fase, solución con Viscozyme L, 18 h. Por otra, para disminuir las variaciones observadas asociadas a las diferencias en la granulometría de las muestras, se utilizó únicamente la fracción comprendida entre 0,6 y 0,75 mm de paso de luz.

En este caso, el análisis de los datos se limitó a la descripción de los estadísticos de dispersión de los valores medios obtenidos para la digestibilidad de las muestras, así como a los del coeficiente de variación de las repeticiones realizadas en los análisis, mediante el paquete de programas estadísticos SAS (SAS, 2006). Con los datos obtenidos con las dos muestras utilizadas como patrón se obtuvo el valor de repetibilidad (ISO, 1994).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la comparación de la digestibilidad entre el método de filtración en crisoles de vidrio, propuesto por Boilser y Fernández (1997) frente al de incubación de bolsas en el digestor Daisy, se recogen en la tabla 1.

**Tabla 1.** Comparación de la digestibilidad de la MS en pulpa de bellota entre el método de la filtración en crisoles y la incubación en bolsas (Daisy)

Muestras (n=10)	Crisol		Bolsas (Daisy)	
	Media	SD	Media	SD
Media	70,08 <sup>a</sup>	3,07	85,30 <sup>b</sup>	5,72
Rango	69,8 - 70,5		74,6 - 89,8	

a,b: diferencias significativas a  $P < 0,001$ ; SD: desviación estándar

Se aprecian amplias diferencias entre ambos métodos, tanto en los valores medios, como en el rango de valores obtenidos para el conjunto de las muestras, observándose una mayor dispersión entre repeticiones en el caso del método Daisy, así como un rango en los valores de las muestras totalmente distintos. Lo más significativo es que la correlación existente entre los valores obtenidos por ambos métodos para las 10 muestras analizadas es sólo de 0,01, lo que indica claramente que los métodos no son sustituibles entre sí.

Estos resultados se confirman en la comparación doble realizada entre el grado de molienda, simple o doble, y el método de determinación, crisol o Daisy, que se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2.** Influencia del método de análisis y del nivel de molienda sobre la digestibilidad de la MS en pulpa de bellota

Sistema de análisis	Nivel de molienda								
	Simple			Doble			Media sistema		
	Nº	Media	SD	Nº	Media	SD	Nº	Media	SD
Crisol	8	73,20	2,61	9	78,17	2,53	17	75,83 a	2,57
Daisy	8	81,84	2,13	16	92,05	1,64	24	88,65 b	1,88
Media molienda	16	77,52a	2,37	25	87,05b	2,08			

a,b: diferencias significativas a  $P < 0,001$ ; SD: desviación estándar

De los resultados de este ensayo se deduce que al aumentar el grado de molienda aumenta la digestibilidad, lo cual es lógico, tanto por la mayor facilidad para llevarse a cabo las hidrólisis enzimáticas, como por la mayor facilidad para su filtración, debido al menor tamaño de las partículas resultantes. A la vez, se confirma la obtención de valores más altos con el sistema Daisy que con los crisoles, siendo las diferencias mayores cuanto mayor es el grado de molienda. Ello parece indicar que la filtración de partículas a través de los sacos es más sensible al tamaño de las partículas que a través de la placa de vidrio de los crisoles. En este caso las desviaciones típicas de las repeticiones fueron similares en ambos métodos.

Este efecto de la granulometría resultó evidente en la comparación realizada entre las 5 fracciones en las que se dividió cada muestra (tabla 3), observándose que, a medida que disminuye el tamaño de la partícula, aumenta la digestibilidad, aunque los resultados solo fueron significativos al comparar los tamaños extremos (> 1 y < 0,25 mm).

**Tabla 3.** Efecto de la granulometría sobre la digestibilidad de la MS en pulpa de bellota, según el método Daisy

Tamaño (mm)	>1	0,6-1	0,5-0,6	0,25-0,49	<0,25
Digestibilidad (%)	87,14 a	89,59 ab	89,54 ab	90,03 ab	92,18 b
SD	1,63	1,56	2,15	1,66	2,75
Coef. variación	1,87	1,75	2,40	1,84	2,99

a,b: diferencias significativas a  $P < 0,01$ ; SD: desviación estándar

En este caso, observamos que los valores de las repeticiones de una misma muestra, en general, presentan una variabilidad algo inferior a la obtenida en los ensayos anteriores, debido a que se utilizan tamaños de partículas más homogéneos.

En este sentido, los valores de los estadísticos de dispersión obtenidos con el método Daisy, para las 20 repeticiones realizadas utilizando una misma muestra y un tamaño de partículas comprendido entre las cribas de 0,6 y 0,75 mm, fueron los siguientes: Media: 90,69; Mínimo: 88,73; Máximo: 93,56. La diferencia entre los extremos respecto a la media es del 5,33 %. Sin embargo, la desviación típica (1,22) y el coeficiente de variación (1,34 %) presentan valores muy aceptables, de acuerdo con el Bureau Interprofessionnel d'Études Analytiques (BIPEA, 1985) francés, para el que un valor aceptable para el coeficiente de variación estaría entre 2 y 7 %. Para obtener resultados con esta homogeneidad, es conveniente reducir la dispersión en la granulometría que se obtiene al moler la muestra con molino ciclónico. En nuestro caso, utilizando la fracción situada entre 0,6 y 0,75 mm, mejora significativamente la homogeneidad respecto a la muestra total, resultando unos parámetros de repetibilidad similar a la obtenida por Muñoz y col. (1994) en estudios de comparación interlaboratorios.

De los resultados de los diferentes ensayos realizados para establecer las condiciones idóneas para la determinación de la digestibilidad de la pulpa de la bellota, se concluye que es posible realizar esta determinación utilizando el método propuesto por Boisen y Fernández (1997). Respecto a la posibilidad de sustituir este método, que realiza la incubación en matraces y la filtración en crisol de vidrio poroso, utilizando el incubador Daisy, se observa que este sistema proporciona resultados significativamente superiores a los obtenidos por el método original, sin que los resultados de ambos estén correlacionados, por lo que, no son sustitutivos, sin que, en todo caso, se pueda hablar que uno sea más preciso que el otro.

### **Análisis de la variabilidad en la colección de 180 muestras**

El análisis de las muestras se llevó a cabo en 14 series de análisis, por duplicado, en cada serie y la incorporación en cada una de una muestra patrón, por cuadruplicado. Se corrigieron los valores obtenidos en cada serie considerando los valores de las muestras patrón obtenidos en cada una

de las series de análisis. Los valores medios de las dos muestras patrón utilizadas fueron de 72,7% y 74,1%, siendo sus valores de digestibilidad *in vivo* de 80,1 y 84,5 %, lo que representa una infravaloración del 9 y el 12%, respectivamente. Con independencia de esta infravaloración, se han obtenido diferencias importantes entre los valores medios de la digestibilidad correspondiente a cada serie, con desviaciones típicas de 4,83 y 3,85, respectivamente. Los valores extremos de dichas medias supusieron un 15% de variación respecto al valor de la media. El valor de la repetibilidad (R) de los datos fue de 2,64 y el de la desviación estándar relativa de la repetibilidad (RSDr) de 3,61% (ISO, 1994).

En el la tabla 4 se muestran los estadísticos de dispersión de los valores de la digestibilidad de la materia seca de las 180 muestras de la colección, corregidos por las diferencias obtenidas en las muestras patrón para las distintas series de análisis.

**Tabla 4.** Valores de la digestibilidad de pulpa de bellota, rangos y dispersión entre repeticiones de análisis

Muestras	Media	SD	Coef. variación
Media	72,87	2,37	3,26
Rango	61,25 - 88,63	0,07 - 8,75	0,10 - 12,19

SD: desviación estándar

Se aprecia un amplio rango de valores de digestibilidad en la colección de muestras, lo que puede permitir una buena selección por este carácter. Por lo que afecta a la variabilidad de los análisis realizados, sin llevar a cabo ninguna depuración de los posibles datos anómalos, se aprecia que los estadísticos de dispersión superan en algún caso las recomendaciones de BIPEA (1985) para considerar aceptable la precisión del método (coeficiente de variación entre 2 y 7 %), a pesar de haber utilizado una granulometría de las muestras muy homogénea (0,6-0,75 mm). No obstante, si comparamos los valores del coeficiente de variación con los obtenidos en el ring-test organizado por Muñoz y col. (1997) entre destacados laboratorios españoles de investigación, se comprueba que la respuesta se asemeja e, incluso, supera a la que se obtiene en dichos laboratorios en los ensayos realizados para la determinación de la digestibilidad NDF-celulasas, método cuyo uso es más frecuente que el que aquí se ha ensayado.

## CONCLUSIONES

Se concluye que es posible utilizar la técnica de digestibilidad *in vitro* de tres fases propuesta por Boisen y Fernández (1997), aunque es imprescindible el uso de patrones para la corrección de los resultados interseries. Es recomendable tratar de homogeneizar la granulometría de las muestras y vigilar las condiciones de realización de los ensayos para evitar la pérdida de residuos en la filtración u otros errores metodológicos.

## AGRADECIMIENTOS

A la empresa Novozymes A/S (Bagsvaerd. Denmark) por el suministro del complejo enzimático Viscozyme L. A Rosa Carabaño (ETSIA, UPM) por su ayuda en la puesta a punto del método y a Antonio López y Manuel Sánchez, por el apoyo analítico prestado. El trabajo ha sido realizado en el marco del convenio entre el Grupo de Investigación Zootecnia de la UCO y la empresa cooperativa COVAP de Pozoblanco (Córdoba. España).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIPEA (Bureau Interprofessionnel d'Etudes Analytiques) 1985. Bulletin n° 167.
- BOISEN S., FERNÁNDEZ, J.A., 1997. Prediction of the total tract digestibility of energy in feeds-tuffs and pig diets by in vitro analyses. *Animal Feed Science and Technology*, 68: 277-286.
- FERNÁNDEZ, I.; GÓMEZ, A.; MORENO, P.; DE PEDRO, E.; DÍAZ, E.; SÁNCHEZ, L. 2005. Características de las bellotas de encina (*Quercus ilex*) en diferentes zonas del Valle de los Pedroches (Córdoba). Inventario bromatológico. En *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural* (Vol 1) 383-390. Co. K. OSORO, A. ARGAMENTERÍA, A. LARRA-CELETA, Imp. AsturGraf, S.L., Gijón (España)
- ISO (1994) *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 2: Basic methods for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method*. ISO 5725-2. International Organization for Standardization. Switzerland.
- NIETO, R.; RIVERA, M.; GARCÍA, M<sup>a</sup> A.; AGUILERA, J.F. 2002. Amino acid availability and energy value of acorn in the Iberian pig. *Livestock Production Science*, 77: 227-239.
- RODRÍGUEZ ESTÉVEZ, V., 2007. *Comportamiento alimentario del cerdo ibérico en montanera*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. 299 pp.
- SAS. 2006. *SAS System for Windows*. Software Release 8.02 (TS2M0). SAS Institute Inc., Cary, NC. USA.

## ADAPTATION AND APPLICATION OF A METHOD OF ANALYSIS "IN VITRO" FOR THE DETERMINATION OF DRY MATTER DIGESTIBILITY OF ACORN IN PIGS

### SUMMARY

Two systems of analysis *in vitro* for dry matter digestibility of acorn pulp in pigs have been compared. The original is a three stages method, adapted to determination of digestibility in pigs. It uses flasks for breakup and hearths crucibles for filtration. The second method uses a Daisy incubator with rotatory containers for incubation and polyester bags, both material from ANKOM. In both cases, mill levels and particle size have been modified to get the required homogeneity of the final sample.

After obtaining different results with both systems, the original method has been used, with slight adjustments during the incubation time and the particle size, to analyze a collection of 180 samples with values ranging from 61.25 to 88.63%. The repeatability (2.64) of the method used and its relative standard deviation (3.61%) are considered adequate.

**Key words:** Daisy incubator, mill size, nutritive value



## COMPARACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS POR TRES EQUIPOS NIRS ESTANDARIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE ENSILADOS

P. CASTRO

**Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo CIAM, Apartado 10, 15080 La Coruña  
e-mail: pilar.castro.garcia@xunta.es, Teléfono: +34 981 647 902,  
FAX: +34 981 673 656**

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue comparar los resultados analíticos obtenidos por tres espectrofotómetros NIRS estandarizados para comprobar y mejorar su funcionamiento. Las ecuaciones de calibración NIRS fueron obtenidas a partir de la 1ª (1D) y de la 2ª (2D) derivadas del espectro (1100-2500 nm) para determinar proteína bruta (PB) y digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica (OMD) en ensilados de hierba y de maíz y almidón en los de maíz, y transferidas del Master (M) a los espectrofotómetros satélite ( $S_1$  y  $S_2$ ), previa estandarización de estos últimos. Un conjunto de 45 muestras de ensilados de hierba y otro de 68 ensilados de maíz fueron analizados en duplicado, en el mismo día, en los tres equipos utilizando las mismas submuestras. La comparación de resultados se realizó, por una parte, mediante un análisis factorial para determinar los coeficientes de variación (CV) y, por otra, mediante regresión lineal tomando como valores de referencia los obtenidos por el Master. Los valores de CV oscilaron entre 1,27 para OMD y 4,80 para almidón en ensilados de maíz cuando se tuvieron en cuenta todos los valores obtenidos mediante ecuaciones 1D y 2D, mientras que cuando se analizaron por separado los valores obtenidos por 1D y 2D, el valor de CV fue menor para 1D en las determinaciones de almidón (2,01) y PB (1,84 y 1,86 para los ensilados de hierba y de maíz, respectivamente). Por otra parte, los errores típicos de determinación por regresión lineal entre los resultados obtenidos por  $S_1$  y  $S_2$  y los del master oscilaron entre SED= 0,13 para PB y 0,96 para OMD en ensilados de maíz.

**Palabras clave:** digestibilidad, proteína, almidón, ensilado de hierba, ensilado de maíz

### INTRODUCCIÓN

La calibración de un espectrofotómetro de reflectancia en el infrarrojo próximo (NIRS) necesita tiempo, es cara y difícil, sobre todo cuando se trata de determinaciones *in vivo*. La mayoría de los laboratorios no pueden realizar los análisis de referencia y de ahí la necesidad de transferir las ecuaciones de calibración NIR entre distintos equipos. En los últimos años se han obtenido en el CIAM ecuaciones de calibración NIR para analizar ensilados de hierba (Castro *et al.*, 2002) y de maíz (Castro *et al.*, 2004) en un Espectrofotómetro (master, M) FOSS NIRSystem 6500 (Foss GmbH, Germany) y transferidas a dos Espectrofotómetros FOSS NIRSystem 5000 (satélites,  $S_1$  y  $S_2$ ) estandarizados mediante el algoritmo CLONE (WinISI II, 1.15, InfraSoft Internacional, PA16870, USA), utilizando 30 muestras universales de calibración (Shenk *et al.*, 1985), para analizar ensilados de explotaciones lecheras comerciales. En un trabajo anterior, Castro y Barreal (2004) encontraron

diferencias entre los resultados obtenidos para proteína bruta (PB) y digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica (OMD) debido a cambios en las muestras y en las condiciones del laboratorio, sobre todo cuando se utilizaron ecuaciones de calibración obtenidas a partir de la segunda derivada del espectro. El objetivo del presente trabajo fue realizar el seguimiento de los resultados del análisis NIR de ensilados de hierba y de maíz obtenidos por los tres espectrofotómetros estandarizados, comparando las lecturas obtenidas por los tres equipos simultáneamente, para comprobar y mejorar su funcionamiento.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Muestras de 45 ensilados de hierba y de 68 de maíz recogidas en explotaciones lecheras entre octubre de 2005 y diciembre de 2007, se secaron en estufa a 80 °C, se molieron en un molino Christy and Norris con tamiz de 1 mm y se analizaron en duplicado en los espectrofotómetros Master (M) y Satélite (S<sub>1</sub> y S<sub>2</sub>). Para evitar errores de muestreo se realizó la lectura en 2 cápsulas circulares por muestra, primero en los dos laboratorios más próximos (situado a 15 min de distancia) y posteriormente en el tercero (situado a, aproximadamente, 2 h). Se determinó el contenido en PB y OMD usando las ecuaciones de calibración NIR obtenidas, para cada tipo de ensilado, a partir de la primera (1D) y segunda (2D) derivada del espectro (WinISI II 1.5). También se determinó el contenido en almidón en los ensilados de maíz. Los resultados se compararon por regresión lineal tomando como datos de referencia los obtenidos por el Master y utilizando el algoritmo Monitor Results (WinISI 1.5), que marca como *outliers T* aquellas muestras cuya diferencia entre resultados (error) es mayor que 2,5 veces el valor del error típico de determinación, SED. También se realizó un análisis factorial para calcular los coeficientes de variación utilizando el procedimiento Proc GLM: Mu Esp Mat; Rep(Mu\*Esp), donde Mu= muestra, Esp= espectrofotómetro, Mat= tratamiento matemático y Rep= duplicado (SAS System 8.02, SAS Institute Inc., Cary, N.C. USA)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las tablas 1 y 2 resumen los resultados obtenidos para PB y OMD en ensilados de hierba y PB, OMD y almidón en ensilados de maíz, respectivamente. Los coeficientes de variación (CV) fueron 3,56 y 1,86 para PB y OMD en los ensilados de hierba, y 3,29, 1,27 y 4,80 para PB, OMD y almidón en los de maíz, cuando se tuvieron en cuenta todos los valores obtenidos.

**Tabla 1.** Proteína bruta (PB) y digestibilidad *in vivo* (OMD) en ensilados de hierba mediante NIRS

Componente	1ª Derivada (1D)			2ª Derivada (2D)			Coeficiente de Variación			
	M	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	M	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	Global	1D	2D	
PB (g/100g MS)	Mínimo	5,12	5,71	5,48	4,54	4,76	5,15			
	Máximo	18,51	18,14	18,21	18,76	18,10	19,38	3,56	1,84	3,12
	Media	12,12	12,18	12,31	11,92	11,43	12,70			
	s	3,37	3,23	3,25	3,50	3,30	3,37			
OMD (g/100g MO)	Mínimo	40,34	41,52	39,82	40,02	40,88	39,65			
	Máximo	75,34	75,72	74,78	76,44	76,53	75,10	1,86	0,87	0,94
	Media	62,84	62,88	62,11	63,08	63,10	62,08			
	s	8,91	8,58	8,94	9,11	8,67	9,06			

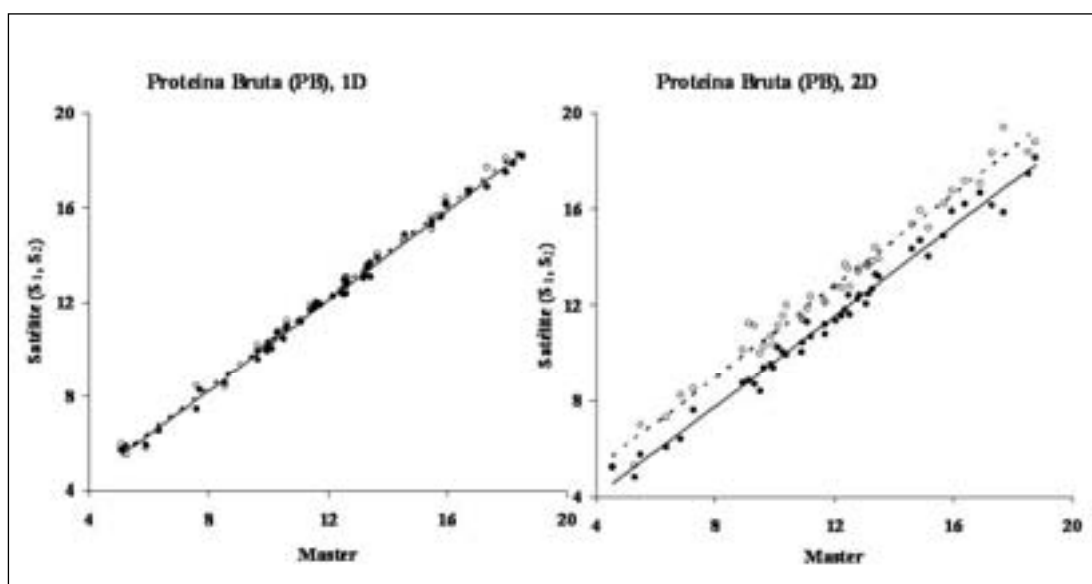
s= desviación típica, M= Master, S1 and S2= satélites 1 and 2, MS= materia seca, MO= materia orgánica

**Tabla 2.** Proteína bruta (PB), digestibilidad in vivo (OMD) y almidón en ensilados de maíz

Componente		1ª Derivada (1D)			2ª Derivada (2D)			Coeficiente de Variación		
		M	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	M	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	Global	1D	2D
PB (g/100g MS)	Mínimo	5,33	5,95	5,58	4,91	5,58	5,77			
	Máximo	14,62	14,67	14,71	14,74	14,77	14,85	3,29	1,86	2,75
	Media	7,48	7,63	7,63	7,43	7,60	7,88			
	s	1,24	1,19	1,24	1,31	1,24	1,29			
OMD (g/100g MO)	Mínimo	62,64	62,81	63,06	63,85	63,03	63,26			
	Máximo	80,10	79,81	79,11	86,72	87,13	86,30	1,27	0,86	0,95
	Media	69,33	68,69	69,14	70,36	69,97	70,20			
	s	3,02	2,97	2,93	3,31	3,40	3,35			
Almidón (g/100g MS)	Minimum	11,05	11,07	11,29	12,70	10,86	14,13			
	Maximum	38,36	39,00	38,03	39,39	40,16	42,59	4,80	2,01	4,80
	Mean	26,01	26,27	26,04	27,43	27,10	27,31			
	SD	6,24	6,23	6,18	5,88	6,04	6,03			

s= desviación típica, M= Master, S<sub>1</sub> and S<sub>2</sub>= satélites 1 and 2, MS= materia seca, MO= materia orgánica

Como era de esperar, los valores de CV fueron más bajos cuando se analizaron por separado los resultados obtenidos a partir de la primera (CV<sub>1</sub>) y de la segunda (CV<sub>2</sub>) derivada del espectro, CV<sub>1</sub>= 1,84 y 0,87 y CV<sub>2</sub>= 3,12 y 0,94 para PB y OMD en ensilados de hierba; CV<sub>1</sub>= 1,86, 0,86 y 2,01 y CV<sub>2</sub>= 2,75, 0,95 y 4,80 para PB, OMD y almidón en los de maíz, sobre todo cuando se utiliza la primera derivada del espectro en las ecuaciones de calibración para determinar PB en ambos tipos de ensilado y almidón en los ensilados de maíz.

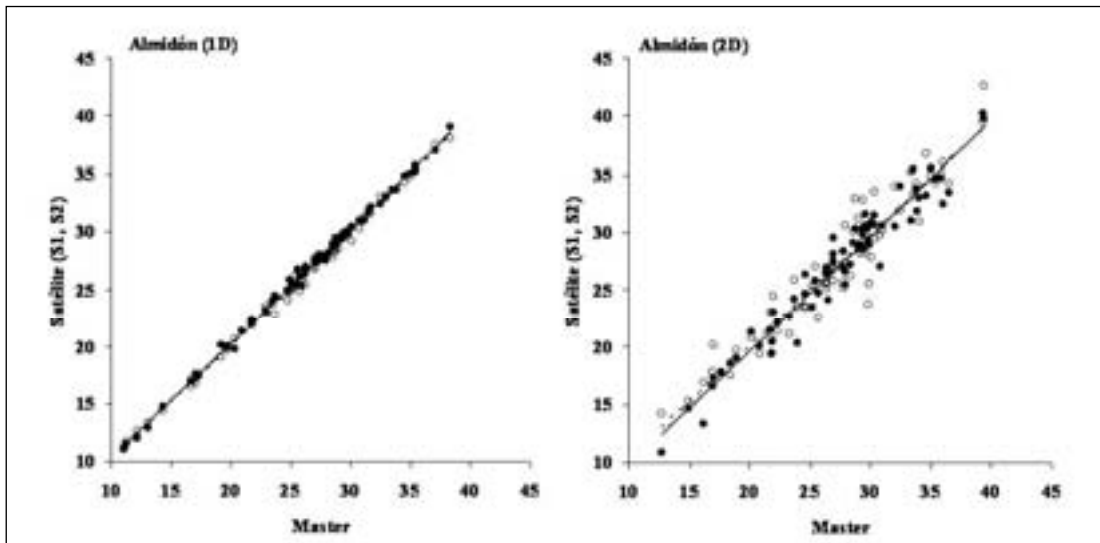
**Figura 1.** PB en ensilados de hierba a partir de la 1ª (1D) y 2ª (2D) derivada del espectro NIR

La figura 1 muestra las rectas de regresión entre los valores de proteína bruta (PB) obtenidos por los espectrofotómetros satélite ( $S_1$  y  $S_2$ ) y el master a partir de la primera (1D) y la segunda (2D) derivada del espectro para los ensilados de hierba. El error típico de determinación entre  $S_1$  y Master fue  $SED_1 = 0,397$  (2D) y  $0,236$  (1D) y para  $S_2$ ,  $SED_2 = 0,608$  (2D) y  $0,280$  (1D). Los resultados obtenidos para PB en ensilados maíz fueron  $SED_1 = 0,261$  (2D) y  $0,193$  (1D) y  $SED_2 = 0,333$  (2D) y  $0,134$  (1D). Para ambos tipos de ensilado se observa un sesgo entre los valores obtenidos por los distintos espectrofotómetros cuando se utilizan las calibraciones obtenidas a partir de la segunda derivada, sesgo que es mucho menor cuando se utiliza la primera derivada del espectro. No obstante, en ningún caso se encontraron *outliers T*, muestras cuyo error (diferencia de resultados) es mayor que 2,5 veces el error típico de determinación, ni se superó el error admitido entre duplicados por el método de referencia ( $error < 1$ ).

En cuanto a la determinación de digestibilidad *in vivo*, OMD, los valores del error estuvieron comprendidos entre  $0,522$  ( $S_1$ , 2D, ensilados de hierba) y  $0,964$  ( $S_1$ , 2D, ensilados de maíz) sin que se encontrasen *outliers T*.

Los valores del contenido en almidón (figura 2) obtenidos utilizando las ecuaciones con la segunda derivada ( $SED = 1,428$  y  $1,888$  para  $S_1$  y  $S_2$ , respectivamente) muestran una mayor dispersión que los obtenidos con la primera derivada ( $SED = 0,327$  y  $0,389$ ). El número de *outliers T* se reduce de un 10-20 % de las muestras cuando se utiliza la segunda derivada a ninguno cuando se utiliza la primera derivada. La causa de este comportamiento puede estar en las condiciones medioambientales en que se encuentran los tres equipos, mientras que el Master se encuentra en una cámara termostatazada, uno de los Satélites está aislado, en un cuarto con aire acondicionado, y el otro Satélite está en un laboratorio con aire acondicionado, pero compartiendo espacio con otros equipos instrumentales.

Figura 2. Almidón en esilados de maíz a partir de la 1ª (1D) y 2ª (2D) derivada del espectro NIR



En las tablas 3 y 4 se muestran las rectas de regresión lineal entre los resultados obtenidos por los espectrofotómetros satélite ( $S_1$  y  $S_2$ ) y por el master (M) y entre los  $S_1$  y  $S_2$ . Teniendo en cuenta estos resultados se recomienda el uso de las ecuaciones obtenidas a partir de la primera derivada del espectro para las determinaciones de proteína y almidón, mientras que el tratamiento matemático utilizado para obtener las ecuaciones de determinación de digestibilidad no afecta a la precisión de la determinación.

**Tabla 3.** Relación entre los resultados analíticos obtenidos para ensilados de hierba

Componente	1ª derivada			2ª derivada		
	Ecuación	R <sup>2</sup>	SED	Ecuación	R <sup>2</sup>	SED
Proteína g/100 g MS	S1= 0,956 M + 0,593	0,995	0,236	S1= 0,937 M + 0,259	0,986	0,397
	S2= 0,961 M + 0,656	0,994	0,253	S2= 0,954 M + 1,324	0,980	0,484
	S2= 1,003 S1 + 0,099	0,993	0,280	S2= 1,005 S1 + 1,211	0,968	0,608
Digestibilidad g/100g MO	S1= 0,961 M + 2,515	0,995	0,596	S1= 0,951 M + 3,114	0,996	0,522
	S2= 1,001 M - 0,818	0,997	0,483	S2= 0,993 M - 0,546	0,995	0,66
	S2= 1,039 S1 - 3,229	0,995	0,610	S2= 1,042 S1 - 3,653	0,994	0,711

SED= error típico de determinación, M= Master, S<sub>1</sub> and S<sub>2</sub>= satélites 1 and 2, MS= materia seca, MO= materia orgánica

**Tabla 4.** Relación entre los resultados analíticos obtenidos para ensilados de maíz

Componente	1ª derivada			2ª derivada		
	Ecuación	R <sup>2</sup>	SED	Ecuación	R <sup>2</sup>	SED
Proteína g/100 g MS	S1= 0,950 M + 0,530	0,973	0,196	S1= 0,920 M + 0,775	0,956	0,261
	S2= 0,999 M + 0,163	0,988	0,134	S2= 0,951 M + 0,813	0,935	0,333
	S2= 1,03 S1 - 0,174	0,961	0,249	S2= 1,020 S1 + 0,121	0,951	0,289
Digestibilidad g/100g MO	S1= 0,965 M + 1,798	0,960	0,599	S1= 0,986 M + 0,584	0,921	0,964
	S2= 0,932 M + 4,495	0,922	0,824	S2= 0,999 M - 0,110	0,975	0,537
	S2= 0,964 S1 + 2,945	0,955	0,625	S2= 0,942 S1 + 4,272	0,915	0,983
Almidón g/100 g MS	S1= 0,998 M + 0,319	0,997	0,327	S1= 0,999 M - 0,297	0,945	1,428
	S2= 0,989 M + 0,319	0,996	0,389	S2= 0,974 M + 0,588	0,903	1,888
	S2= 0,988 S1 + 0,082	0,992	0,566	S2= 0,933 S1 + 2,038	0,874	2,157

SED= error típico de determinación, M= Master, S<sub>1</sub> and S<sub>2</sub>= satélites 1 and 2, MS= materia seca, MO= materia orgánica

## CONCLUSIÓN

De los resultados obtenidos se concluye que se pueden analizar los ensilados de hierba y de maíz utilizando las ecuaciones obtenidas para el espectrofotómetro master en otros equipos, previa estandarización de éstos, y siempre que se utilice la primera derivada del espectro para obtener las ecuaciones de calibración para determinar proteína bruta y almidón.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Laboratorio Interprofesional Gallego de Análise do Leite (LIGAL) y a la Cooperativa Os Irmandiños su colaboración.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CASTRO P., FLORES G., GONZÁLEZ-ARRÁEZ A. and CASTRO J. (2002) Nutritive quality of herbage silages by NIRS: dried or undried samples? *Grassland Science in Europe*, 7, 190-191.
- CASTRO P. and BARREAL M. (2004) NIRS calibration transfer in determining nutritive value of herbage silages *Grassland Science in Europe*, 9, 1026-1028
- SHENK J.S., WESTERHAUS M.O. and TEMPLETON W.C. (1985) Calibration transfer between Near Infrared Reflectance Spectrophotometers. *Crop Science*, 25, 159-161.

## COMPARISON OF RESULTS OBTAINED BY THREE STANDARDIZED SPECTROPHOTOMETERS FOR THE NIR ANALYSIS OF SILAGES

### SUMMARY

The aim of this work was to compare analytical results of herbage and maize silages from three standardized FOSS NIRSystem spectrophotometers to check and improve their performance. NIR calibration equations, from 1<sup>st</sup> (1D) and 2<sup>nd</sup> (2D) derivatives of spectra, were obtained to determine crude protein (CP), *in vivo* organic matter digestibility (OMD) and starch of herbage and maize silages and transferred from master (M) to satellite (S<sub>1</sub> and S<sub>2</sub>) instruments. NIR analysis of 45 samples of herbage and 68 of maize silages was carried out in duplicate on master and satellite spectrophotometers. A factorial analysis of variance was carried out. Global coefficients of variation (CV) ranged from 1.27 to 4.80 for OMD and starch of maize silages, respectively. CV values decreased when only values obtained from 1D or 2D were taken into account, giving 1D lower CV values for starch (2.01) and CP (1.84 and 1.86 for herbage and maize silages, respectively). Standard errors of determination by linear regression of S<sub>1</sub> and S<sub>2</sub> on master results, ranged from SED= 0.13 for CP to 0.95 for OMD of maize silages. Good agreement was found between all instruments provided 1<sup>st</sup> derivative of spectra is used for CP and starch determinations.

**Keywords:** NIRS, digestibility, crude protein, starch, herbage silage, maize silage

## VARIACIÓN EN LA COMPOSICIÓN EN ÁCIDOS GRASOS DE LA CARNE DE CORDEROS CEBADOS EN PASTOREO EN RELACIÓN A LOS QUE RECIBEN UN CONCENTRADO EN APRISCO

V. CAÑEQUE<sup>1</sup>, I. ÁLVAREZ<sup>1</sup>, J. DE LA FUENTE<sup>2</sup>, M.A. OLIVER<sup>3</sup>, C. SAÑUDO<sup>4</sup>, F. MONTOSSI<sup>5</sup> Y M.T. DÍAZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dpto. Tecnología de los Alimentos. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Ctra. A Coruña km. 7.5. 28040 Madrid (España). <sup>2</sup> Dpto. Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Avenida Puerta de Hierro S/N 28040 Madrid (España). <sup>3</sup> Centro de Tecnología de la Carne, IRTA, Monells (Girona, España). <sup>4</sup> Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Facultad de Veterinaria, Zaragoza. (España). <sup>5</sup> Programa Ovinos y Caprinos, INIA Tacuarembó. (Uruguay)

### RESUMEN

Se ha estudiado en corderos de raza Corriedale el efecto del sistema de acabado (en pastoreo sin suplementación o en aprisco con concentrado a voluntad y heno de alfalfa como alimento de volumen) sobre la composición en ácidos grasos y en vitamina E de su grasa intramuscular. La proporción del ácido esteárico (C18:0) fue mayor en los animales en pastoreo, en cambio, el ácido oleico (C18:1) lo fue en los de aprisco. Respecto de los ácidos grasos poliinsaturados, tanto el linolénico (C18:3<sub>n3</sub>) como los EPA (C20:5<sub>n3</sub>) y DHA (C22:6<sub>n3</sub>) fueron superiores en los animales en pastoreo respecto a los que recibieron concentrado. El contenido en vitamina E fue también superior en los animales que pastorearon.

**Palabras clave:** vitamina E, grasa intramuscular, sistema de producción

### INTRODUCCIÓN

Los sistemas extensivos de engorde de rumiantes utilizados en algunos países de Sudamérica y Australia, producen carnes naturales de buena calidad desde el punto de vista nutritivo, en especial por su elevado contenido en ácido linolénico (C18:3<sub>n3</sub>) (Enser *et al.*, 1998). Sin embargo, el crecimiento de estos animales es lento y requiere de un largo periodo de engorde para llegar a los pesos de sacrificio demandados por el mercado.

Una intensificación de la producción puede llevarse a cabo mediante el aporte en determinadas épocas, en especial en la fase final del engorde, de concentrados que permitan aumentar su crecimiento. Sin embargo, esta suplementación puede afectar a la calidad final de la carne. Así, se puede ver afectado el contenido graso de la misma, por el mayor engrasamiento de los animales en aprisco y la composición en ácidos grasos, por el mayor contenido en ácido linoleico (C18:2<sub>n6</sub>) de los concentrados (Nüernberg *et al.*, 2005) y el mayor contenido en linolénico de los pastos (Scollan *et al.*, 2001). También la relación n6/n3 estaría influenciada por la composición en ácidos grasos de la dieta obteniendo valores próximos a 2 e incluso inferiores cuando el acabado de los

animales se realiza en pastoreo y valores de hasta 6-10 al aumentar el concentrado aportado (Scolan *et al.*, 2006; Nürnberg *et al.*, 2002). Por otra parte, los músculos de los corderos alimentados con hierba al presentar un mayor contenido en ácidos grasos poliinsaturados *n*3 están más expuestos a la oxidación. Sin embargo, al ser la hierba verde una buena fuente de antioxidantes naturales como la vitamina E, un contenido elevado de la misma evitaría los problemas derivados de un alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados.

En el presente trabajo se pretenden estudiar las diferencias en composición en ácidos grasos y en vitamina E de la carne de corderos engordados bajo dos sistemas extremos de producción como son el pastoreo y el aprisco.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron 120 corderos machos castrados de la raza Corriedale, de 9 a 10 meses de edad y adquiridos de un único origen. Permanecieron hasta los 3 meses de edad con la madre, posteriormente pasaron a un proceso de recría sobre pasto natural hasta el comienzo del experimento, con un peso vivo (PV) de  $28.2 \pm 0.8$  kg. Los corderos fueron distribuidos en 2 sistemas de alimentación:

- Tratamiento 1: pastoreo rotacional racionado
- Tratamiento 2: concentrado *ad libitum* con heno de alfalfa en un 25%

La base forrajera utilizada fue *Lotus corniculatus* de cuarto año. El área experimental fue de 2.2 ha subdividida con mallas electrificadas en parcelas de superficie variable en función de la materia seca disponible y el PV promedio de los corderos con el fin de que tuviesen una oferta del 6% del PV. El sistema de pastoreo utilizado fue rotativo con 2 días de permanencia en cada subparcela y 30 días de descanso. Los animales en pastoreo dispusieron de agua *ad libitum* en bebederos y sales minerales en polvo *ad libitum* durante todo el periodo experimental.

El concentrado utilizado estaba compuesto por una mezcla homogénea de 72% de grano de maíz quebrado y 28% de expeler de soja que fue aportado a voluntad junto con heno de alfalfa como alimento de volumen. Cada 8 días se estimó el consumo individual como la diferencia de lo ofrecido y lo rechazado. La composición en ácidos grasos tanto del pasto como del concentrado utilizados figura en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Composición en ácidos grasos totales de la grasa de pasto y pienso (g AG/100 g AG)

	PASTO	PIENSO
Grasa (%)	3,62	2,95
Ácidos grasos		
C12:0	0,30	0,01
C13:0	6,34	4,88
C14:0	0,65	0,13
C16:0	19,26	12,19
C17:0	0,38	0,10
C18:0	1,70	3,46
C20:0	0,83	0,33
C22:0	1,19	0,29



	PASTO	PIENSO
AGS	30,65	21,41
C15:1	0,09	0,08
C18:1	1,98	27,49
C24:1	0,91	0,32
AGM	2,98	27,89
C18:2 <sub>n6</sub>	16,40	48,57
C18:3 <sub>n3</sub>	49,56	2,13
C20:3 <sub>n6</sub>	0,12	nd
C20:5 <sub>n3</sub> EPA	0,28	nd
AGP	66,37	50,70
AGP/AGS	2,17	2,37
AG <sub>n6</sub> /AG <sub>n3</sub>	0,33	22,81

nd: no detectado; AGS: Ácidos grasos saturados (C12:0 + C13:0 + C14:0 + C16:0 + C17:0 + C18:0 + C20:0 + C22:0); AGM: Ácidos grasos monoinsaturados (C15:1 + C18:1 + C24:1); AGP: Ácidos grasos poliinsaturados (C18:2<sub>n6</sub> + C18:3<sub>n3</sub> + C20:3<sub>n6</sub> + C20:5<sub>n3</sub>)

Una vez sacrificados los animales se obtuvo una porción del músculo *Longissimus lumborum* que fue envasada al vacío y congelada hasta su análisis. La extracción de la grasa intramuscular se realizó según la técnica propuesta por Hanson y Olley (1963) y la evaluación de los ésteres metílicos de los ácidos grasos por la técnica de Morrison y Smith (1964). La concentración de vitamina E se determinó por la técnica propuesta por Cayuela *et al.*, (2003).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se indica el contenido en grasa intramuscular, la composición en ácidos grasos de la misma y el contenido en vitamina E para ambos tratamientos.

Se observa que el contenido en grasa intramuscular fue más bajo en los animales criados en pastoreo, como consecuencia del mayor gasto energético de estos animales y la menor ingestión de energía de los mismos, al basarse su alimentación en un alimento fibroso como es el pasto de bajo valor energético en relación con el concentrado. Ello dio lugar además a un menor crecimiento de los animales en pastoreo (91g/día en pastoreo frente a 203 g/día en aprisco).

Respecto a la composición en ácidos grasos de la grasa intramuscular se observa un mayor contenido en ácidos grasos saturados ( $P \leq 0.001$ ) en la procedente de animales en pastoreo debido a la mayor proporción de ácido esteárico ( $P \leq 0.001$ ) como también han encontrado otros autores (Rowe *et al.*, 1999). Sin embargo, el ácido esteárico no aumenta el colesterol total ni el ligado a lipoproteínas de baja densidad (LDL) (Williams, 2000).

Respecto a los ácidos grasos monoinsaturados su contenido es mayor en la grasa intramuscular procedente de animales que reciben concentrado ( $P \leq 0.001$ ) debido a su elevada proporción en ácido oleico ( $P \leq 0.001$ ). Ello estaría ligado al mayor contenido en el pienso de este ácido graso, como se indica en la Tabla 1, y a que cuando el engrasamiento aumenta lo hacen también los ácidos grasos monoinsaturados, como señalan De Smet *et al.*, (2004). El ácido oleico es considerado hipolipidémico reduciendo el colesterol en plasma (Lee *et al.*, 1998).

**Tabla 2:** Composición en vitamina E y ácidos grasos totales de la grasa intramuscular (g AG/100 g AG)

	Pastoreo	Aprisco	CME	Sign.
Vitamina E (mg/kg)	6,12	1,77	0,98	***
Grasa (%)	3,62	5,96	1,41	***
Ácidos grasos				
C12:0	0,14	0,13	0,04	ns
C14:0	2,32	2,30	0,34	*
C15:0	0,49	0,32	0,09	***
C16:0	23,43	25,22	1,42	***
C17:0	1,33	1,10	0,13	***
C 18:0	20,69	16,99	2,34	***
C20:0	0,21	0,11	0,07	***
AGS	48,62	46,18	2,67	*
C14:1	0,06	0,09	0,02	***
C16:1	1,16	1,55	0,22	***
C17:1	0,56	0,53	0,10	**
C18:1	34,90	39,93	2,13	***
AGM	36,68	42,10	2,19	***
C18:2 <sub>n6</sub>	5,38	6,36	1,41	*
CLA	0,99	0,70	0,17	***
C18:3 <sub>n3</sub>	2,46	0,77	0,49	***
C20:3 <sub>n6</sub>	0,27	0,24	0,07	ns
C20:4 <sub>n6</sub>	2,24	2,33	0,73	ns
C20:5 <sub>n3</sub> (EPA)	1,57	0,44	0,40	***
C22:5 <sub>n3</sub>	1,39	0,70	0,32	***
C22:6 <sub>n3</sub> (DHA)	0,37	0,16	0,12	***
AGP	14,68	11,70	3,05	*
AGP/AGS	0,31	0,26	0,08	ns
AG <sub>n6</sub> /AG <sub>n3</sub> 1,37	4,66	0,79	***	

Sign.: significación del modelo; \*P<0,05; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001; ns: no significativo; AGS: Ácidos grasos saturados (C10:0 + C12:0 + C14:0 + C16:0 + C17:0 + C18:0 + C20:0); AGM: Ácidos grasos monoinsaturados (C14:1 + C16:1 + C17:1 + C18:1); AGP: Ácidos grasos poliinsaturados (C18:2<sub>n6</sub> + C18:2<sub>cis-9 trans-11</sub> + C18:3<sub>n3</sub> + C20:3<sub>n6</sub> + C20:4<sub>n6</sub> + C20:5<sub>n3</sub> + C20:5<sub>n3</sub> + C22:5<sub>n3</sub> + C22:6<sub>n3</sub>); CLA: C18:2<sub>cis-9 trans-11</sub>

Los ácidos grasos poliinsaturados en su conjunto se presentan en mayor proporción ( $P \leq 0.001$ ) en la grasa intramuscular de los corderos criados en pastoreo debido fundamentalmente al mayor contenido en estos animales de los ácidos grasos linoléico, EPA y DHA ( $P \leq 0.001$ ). Ello puede estar relacionado con el mayor contenido en ácido linoléico del pasto frente al concentrado (49.5% frente a 2.1%) como se indica en la Tabla 1 y que en pastos de buena calidad puede llegar a alcanzar hasta un 75% del total de ácidos grasos. El ácido linoléico puede pasar en parte

a EPA y DHA como señalan otros autores (Scollan et al., 2006). Estos ácidos grasos de cadena larga juegan un importante papel en el desarrollo del cerebro y de los tejidos de la retina y previenen la aparición de enfermedades del corazón y de algunos cánceres (Scollan et al., 2006).

La relación n6/n3 es elevada (4.66) en los corderos criados en aprisco, disminuyendo ( $P \leq 0.001$ ) hasta 1.37 en los que pastorean. Esta relación presenta una gran importancia ya que una elevada relación n6/n3, favorece la aparición de enfermedades cardiovasculares, cáncer y enfermedades inflamatorias y autoinmunes (Simopoulos, 2002). Otros ácidos grasos como el CLA también se presentan en mayor proporción en los animales en pastoreo ( $P \leq 0.001$ ) como han encontrado otros autores en corderos (Arousseau et al., 2004), aunque las diferencias aumentan cuando la hierba es de mejor calidad (French et al., 2000). Este ácido graso presenta un gran interés por sus efectos beneficiosos en la dieta humana (Williams, 2000).

Una elevada proporción en ácidos grasos n3 en la carne y en especial los de cadena larga puede dar lugar a problemas de oxidación de los mismos para lo que se requiere elevar el contenido de antioxidantes de la misma. En el caso de los animales en pastoreo se ha encontrado que el contenido en vitamina E, que actúa como antioxidante, es significativamente más elevado ( $P \leq 0.001$ ) que en los que permanecen en el establo (6.12 mg/kg frente a 1.77 mg/kg). El mínimo requerido para evitar problemas de oxidación, que afectan a la coloración y al flavor, así como a su vida útil, estaría entre 3-4 mg de  $\alpha$ -tocoferol/kg músculo (Arnold, 1993) cantidad que es superada en nuestro caso por los animales que pastorean, no alcanzando en cambio este nivel los estabulados.

## CONCLUSIONES

El cebo de corderos en pastoreo permite aumentar el contenido de su carne en ácidos grasos poliinsaturados n3, en especial de linoléico y de EPA y DHA, en relación con los que reciben un concentrado en aprisco, lo que mejora además su relación n6/n3. Igualmente en dichos corderos aumenta su contenido en vitamina E hasta niveles que permiten una adecuada conservación de su carne.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNOLD, R. N.; ARP, S. C.; SCHELLER, K. K.; WILLIAMS, S. N.; SCHAEFER, D. M., 1993. Tissue equilibration and subcellular-distribution of Vitamin-E relative to myoglobin and lipid oxidation in displayed beef. *Journal of Animal Science*, 71, 105-118.
- AUROUSSEAU, B. ; BAUCHART, D. ; CALICHON, E. ; MICOLI, D.; PRIOLO, A., 2004. Effect of grass or concentrate feeding systems and rate of growth on triglyceride and phospholipid and their fatty acids in the *M. longissimus thoracis* of lambs. *Meat Science*, 66, 531-541.
- CAYUELA, J. M.; GARRIDO, M. D.; BAÑÓN, S. J.; ROS, J. S., 2003. Simultaneous HPLC Analysis of  $\alpha$ -tocopherol and Cholesterol in fresh pig meat. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51, 1120-1124.
- DE SMET, S. ; RAES, K.; DEMEYER, D., 2004. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Animal Research*, 53, 81-98.
- ENSER, M.; HALLET, K.G.; HEWITT, B.; FURSEY, G.A.; WOOD, J.D.; HARRINGTON, G., 1998. Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat Science*, 49, 329-341.
- FRENCH, P.; STANTON, C.; LAWLESS, F.; O'RIORDAN, E.G.; MONAHAN, F.J.; CAFFREY, P.J.; MOLONEY, A.P., 2000. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *Journal of Animal Science*, 78, 2849-2855.
- HANSON, S.W.F.; OLLEY, J., 1963. Application of the Bligh and Dyer method of lipid extraction to tissue homogenates.

- HANSON, S.W.F.; OLLEY, J., 1963. Application of the Bligh and Dyer method of lipid extraction to tissue homogenates. *Biochemical Journal*, 89, 101-102.
- LEE, K.N.; PARIZA, M.W.; NTAMBI, J.M., 1998. Conjugated linoleic acid decreases hepatic stearyl-CoA desaturase mRNA expression. *Biochemical Biophysical Research Communications*, 248, 817-821.
- MORRISON, W.R.; SMITH, L.M., 1964. Preparation of fatty acid methyl esters and dimethyl acetals from lipids with boron fluoride-methanol. *Journal of Lipid Research*, 5, 600-608.
- NÜERNBERG, K.; DANNENBERG, D.; N\_ERNBER, G.; ENDER, K.; VOIGT, J.; SCOLLAN, N.D.; WOOD, J.D.; NUTE, G.R.; RICHARDSON, R.I., 2005. Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of *longissimus* muscle in different cattle breeds. *Meat Science*, 94, 137-147.
- NÜERNBERG, K.; N\_ERNBERG, G.; ENDER, K.; LORENZ, S.; WINKLER, K.; RICKERT, R.; STEINHART, H., 2002. N-3 fatty acids and conjugated linoleic acids of *longissimus* muscle in beef cattle. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104, 463-471.
- ROWE, A.; MACEDO, F.A.F.; VISENTAINER, J.V.; SOUZA, N.E.; MATSHUSITA, M., 1999. Muscle composition and fatty acid profile in lambs fattened in drylot or pasture. *Meat Science*, 51, 283-288.
- SCOLLAN, N.; HOCQUETTE, J.F.; N\_ERNBERG, K.; DANNENBERG, D.; RICHARDSON, I.; MOLONEY, A., 2006. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 74, 17-33.
- SIMOPOULUS, A.P., 2002. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56, 365-379.
- SPREACHER, H., 2000. Metabolism of highly unsaturated n-3 and n-6 fatty acids. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1486, 219-231.
- WILLIAMS, C., 2000. Dietary fatty acids and human health. *Annales de Zootechnie*, **49**, 165-180.

## VARIATION IN MEAT FATTY ACIDS COMPOSITION OF LAMBS REARED AT PASTURE IN RELATION TO LAMBS REARED ON CONCENTRATE

### SUMMARY

The effect of fattening system (pasture without concentrate or feedlot with concentrate ad libitum and alfalfa hay) on fatty acid composition and vitamin E content of Corriedale lambs has been studied. The proportion of stearic acid (C18:0) was higher in animals feed pasture, however oleic acid (C18:1) proportion was higher in animals feed concentrate. With respect to polyunsaturated fatty acids, linolenic acid (C18:3), EPA (C20:5n3) and DHA (C22:6n3) proportions were higher in lambs feed pasture than lambs feed concentrate. Vitamin E content was always higher in pasture animals.

Key words: vitamin E, intramuscular fat, production system.

## ADAPTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN OVINA A LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS: CASOS DE ESTUDIO

I. CASASÚS<sup>1</sup>, M. CHEVROLLIER<sup>2</sup>, J.L. RIEDEL<sup>1</sup>, A. VAN DER ZIJPP<sup>2</sup>  
Y A. BERNUÉS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria, Gobierno de Aragón. Apdo. 727, 50080 – Zaragoza. <sup>2</sup>Wageningen University. Apdo. 338, 6700 AH Wageningen (Holanda)

### RESUMEN

Para valorar la interacción entre la ganadería y el paisaje a una escala explotación-territorio se ha analizado la relación entre los sistemas de explotación ovina y el tipo e intensidad de utilización del territorio, mediante el seguimiento técnico de ocho explotaciones en el Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara (Huesca). Dichas explotaciones eran características de grupos obtenidos en una tipología previa, realizada según criterios de gestión técnica y uso de los recursos naturales. Se realizó un análisis DAFO con el objeto de identificar los factores más importantes de continuidad de la actividad y de sostenibilidad del aprovechamiento del medio. Éstos fueron: a) *disponibilidad de mano de obra*, que condiciona el manejo del rebaño; b) *diversificación de las actividades*, que permite mayor flexibilidad económica; y c) *dinamismo del ganadero*, que determina su capacidad de adaptación a coyunturas cambiantes. En función de estos factores son posibles diversas combinaciones de sistemas reproductivos y de utilización del territorio ligadas a la disponibilidad y dedicación (pluriactividad) de la mano de obra familiar.

**Palabras clave:** ovino, intensificación, casos de estudio, sostenibilidad, continuidad.

### INTRODUCCIÓN

Las recientes reformas de la Política Agrícola Común europea apuestan por una producción agraria más “sostenible” en su utilización del territorio, destacando el papel multifuncional de la ganadería en la preservación de los recursos naturales y del tejido social en las zonas rurales. Aunque los sistemas más extensivos se han considerado genéricamente más sostenibles atendiendo a variables medioambientales, esto puede no ser así cuando incorporamos variables económicas y sociales (Revilla, 2002).

Los sistemas de producción ovina han evolucionado en diversas direcciones en su intento de adaptarse al entorno socio-económico y a particularidades internas de la explotación y las familias; en particular a la disponibilidad de recursos pastorales y de mano de obra, así como a las situaciones cambiantes del mercado.

En el Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara (PSCG) Bernués *et al.* (2005) describieron una amplia diversidad de sistemas de explotación ovina, plasmada en distintos grados de intensificación productiva y reproductiva y de aprovechamiento del territorio. En dicho trabajo se identificaron algunos factores limitantes para la gestión sostenible del parque: falta de continuidad generacional;

intensificación del manejo; degradación de los recursos pastables; y concentración de las áreas de pastoreo. Además, el factor trabajo aparecía como fundamental para entender la evolución de estos factores.

Posteriormente, Riedel *et al.*, (2007) profundizaron en el análisis de las relaciones entre variables sociales, técnicas y de manejo, especialmente el nivel de intensificación del mismo, con la utilización de recursos pastorales y las perspectivas de continuidad de la explotación. Asimismo, establecieron una tipología de explotaciones que permitió apuntar políticas de agro-ambientales y de conservación diferenciadas.

El objetivo de este trabajo fue profundizar en el estudio, a nivel de explotaciones representativas individuales (estudios de caso) y a lo largo de un ciclo productivo, de las relaciones existentes entre variables sociales, de manejo y de uso del territorio.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio partió de una caracterización previa de los sistemas de explotación ovina en las 53 explotaciones localizadas en el PSCG, basada en datos recogidos en 2000-2001 (Riedel *et al.*, 2007). Se identificaron cuatro tipos de explotaciones, agrupadas en función al grado de innovación tecnológica del ganadero, las posibilidades de continuidad, el uso de la tierra, la intensificación de la reproducción, el manejo del pastoreo y el uso del factor trabajo:

- G1, *explotaciones intensivas* (n=18): presentaron el mayor nivel de intensificación de la reproducción, los mayores índices de pluriactividad, dinámica y continuidad.
- G2, *explotaciones extensivas, poco dinámicas y con continuidad comprometida* (n=20): presentaron una menor dinámica de innovación y garantías de continuidad, siendo el grupo con mayor proporción de pastos naturales y menos cultivos forrajeros.
- G3, *explotaciones extensivas, dinámicas y con continuidad* (n=9): las de mayor censo total y por unidad de trabajo, con un bajo índice de intensificación reproductiva, escasos cultivos forrajeros y periodos de pastoreo muy largos y buenas perspectivas de continuidad.
- G4, *explotaciones de carácter agrícola* (n=6): las de menor censo y superficie, con una alta proporción de cultivos forrajeros, altas cargas ganaderas, duración del pastoreo relativamente corta y elevado índice de dinámica.

Si bien es cierto que dentro de estos tipos se observó heterogeneidad, se eligió un número reducido de Casos de Estudio (Yin, 1994). Estos se seleccionaron en función del tamaño relativo de su grupo y valorando la accesibilidad y receptividad del ganadero a la hora de recoger los datos: 3 en los grupos G1 y G2, y 1 en los grupos G3 y G4. Para valorar la representatividad de las explotaciones dentro de su grupo se realizó un análisis de Concordancia con el Modelo (Yin, 1994), si bien esta metodología asume que no existe una explotación típica, de modo que los casos son explicativos más que representativos.

Sobre estas ocho explotaciones se realizaron seguimientos técnico-económicos trimestrales en 2005 que permitieron obtener información semanal de: i) gestión del pastoreo (superficies, tipos de pastos y tiempo de pastoreo, por lotes de animales); ii) alimentación en pesebre (tipo de alimentos y cantidad, por lotes); iii) reproducción (sistema reproductivo, cubriciones y partos, por lotes); iv) producción de corderos e ingresos y v) gastos de alimentación. Asimismo se formuló un cuestionario complementario en una de las visitas con el que se valoró el contexto social y familiar de cada explotación y su dinámica reciente.

Finalmente se realizó un análisis DAFO (Debilidades y Fortalezas inherentes a cada explotación, Amenazas y Oportunidades en el entorno en que se desenvuelven) con la información más relevante obtenida.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Descripción de los casos de estudio

En la Tabla 1 se recogen las características principales de las ocho explotaciones y los grupos a los que pertenecen, para las variables estudiadas por Riedel *et al.* (2007).

En general, se trata de explotaciones familiares en la mayoría de las cuales el titular u otros miembros de la familia presentan pluriactividad (7 de 8), aunque son agricultores a título principal (ATP). El tamaño de rebaño oscila entre 180 y 1200 ovejas, de raza Rasa Aragonesa pura o cruzada, que aprovechan una superficie agraria útil (SAU) de entre 265 y 1496 ha (pastos, cultivos forrajeros y otros pastos de origen agrícola) y además pastos comunales en algunos casos. Los rebaños pastan entre 6 y 12 meses al año (entre 4 y 24 h de pastoreo diario en función de la época), y el resto del año se encuentran en estabulación. Tanto el pastoreo como la estabulación varían según el lote de animales de que se trate, siendo mayoritariamente las ovejas al inicio de la lactación suplementadas con forrajes, concentrados, cereales o dietas unifeed. Debido a que 2005 fue un año muy seco, dos explotaciones intensivas estabularon a todo el rebaño durante parte del año, por la escasez de pastos. Las explotaciones producen corderos de distinto peso (de 15 a 25 kg), vendidos a cebadero los más ligeros o directamente a sacrificio los pesados, a través de cooperativas o a tratantes y carniceros. Sólo dos explotaciones producen bajo la IGP "Ternasco de Aragón".

**Tabla 1.** Características de los casos de estudio y de la media del grupo

	G1: Intensivas				G2: Extensivas sin continuidad				G3: Extensivas con continuidad		G4: Agrícolas	
	media	G1-A	G1-B	G1-C	media	G2-A	G2-B	G2-C	media	G3-A	media	G4-A
Intensificación reproductiva	Alta	5p/3a	3p/2a	5p/3a	Media-Baja	1p/a	1p/a repesca	3p/2a	Baja	1p/a	Media	1p/a y repesca
Nº Ovejas	493	600	450	1200	467	600	450	1070	620	180	460	700
SAU, ha	540	968	353	1400	513	1496	308	528	558	66	131	185
Duración pastoreo, d	180	184	270	173	207	335	365	257	326	365	227	310
% pastos/SAU	70%	83%	68%	93%	79%	94%	71%	68%	72%	58%	29%	30%
% cultivos forrajeros/SAU	14%	5%	12%	3%	10%	2%	8%	7%	12%	24%	87%	22.3%
Ovejas/ha	2.6	1.13	1.27	0.85	2.6	0.4	1.4	1.44	2.6	2.72	16	3.7
Ovejas/UTH	307	550	225	551	333	300	225	535	393	180	326	233
Dinamismo	Alto	Muy Alto	Alto	Muy Alto	Bajo	Medio	Bajo	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio
Continuidad	Alta	No	Sí	No	Baja	No	No	No	Alta	No	Media	Sí

A continuación se describen las características más importantes de los casos de estudio:

- **Expl. G1-A:** manejo muy intensivo de la reproducción y la alimentación. Las ovejas lactantes permanecen en estabulación completa con dietas unifeed en comederos automáticos, y el resto pastan con suplementación en establo, mayoritariamente comprada. El ganadero está involucrado en un plan de mejora genética de la raza, y en diversas actividades complementarias (agricultura, turismo, producción de miel). En el futuro, prevé reducir el censo para acomodarlo a los recursos disponibles, por escasez de mano de obra.
- **Expl. G1-B:** manejo más extensivo, con pastoreo durante prácticamente todo el año en pastos y cultivos forrajeros cercados, con suplementación ocasional. Vende corderos pesados a una cooperativa y colabora en diversas organizaciones. La diversidad de actividades (cebo de terneros, agricultura, turismo) podría aumentar en el futuro.
- **Expl. G1-C:** manejo intensivo de la reproducción y extensivo de los pastos, sin vigilancia o cultivos vallados, aunque estabula a las ovejas lactantes con alimentación comprada (unifeed). Vende a una cooperativa bajo IGP “Ternasco de Aragón” y colabora activamente en diversas organizaciones agrarias, sindicales y de mejora de la raza. Prevé extensificar el manejo reproductivo para reducir la dependencia de insumos externos.
- **Expl. G2-A:** ganaderos de edad avanzada, con manejo muy extensivo del rebaño y de la reproducción, orientada a la venta de corderos en otoño. Pastoreo durante casi todo el año, buena parte en comunales, sin vigilancia o con vallados, que pretenden aumentar en el futuro para optimizar la mano de obra disponible. Se observa pluriactividad (servicios).
- **Expl. G2-B:** manejo muy extensivo del rebaño y de la reproducción, con partos en primavera, en pastoreo, y venta de corderos a la restauración durante el verano y en menor cantidad en invierno. Escasa dependencia de alimentación comprada. La pluriactividad (otras actividades agrarias, construcción) puede condicionar la continuidad a medio plazo. Se prevé aumentar el censo, cercar más pastos y mejorar el canal de comercialización.
- **Expl. G2-C:** manejo intensivo de la reproducción y extensivo de los pastos, aunque dependiente de mano de obra contratada. Vende corderos ligeros a un cebadero cooperativo bajo IGP y aplica un programa de mejora de la raza. Se observan otras actividades además de la ganadería (turismo, agricultura). Prevé cercar más, modificar los cultivos en función de la orientación de la PAC y dedicarse más al turismo.
- **Expl. G3-A:** explotación pequeña, tanto en censo como en superficie, con manejo reproductivo extensivo (cubriciones de febrero a septiembre) y pastoreo durante todo el año sobre cultivos forrajeros y otros pastos de origen agrícola, con suplementación de origen propio. Venta de corderos de 22-25 kg a carniceros locales. El ganadero no es ATP (dedicación al sector servicios). Proyecta aumentar el censo, la superficie cercada y mejorar la comercialización.
- **Expl. G4-A:** manejo extensivo de la reproducción, condicionado por el calendario agrícola. El rebaño pasta durante la mayor parte del año en cultivos forrajeros. Estabula completamente las ovejas lactantes, con alimentación principalmente adquirida. Vende corderos ligeros en verano a un cebadero cooperativo. Importante pluriactividad del titular (agricultura, turismo), siendo la ganadería actividad secundaria. En el futuro, prevé reducir el censo para acomodarlo a las praderas disponibles una vez cercadas.



## Concordancia con los modelos

En la Tabla 1 se comparan las características principales de las explotaciones estudiadas con las medias de su grupo según los resultados obtenidos en la tipología realizada por Riedel *et al.* (2007). Las explotaciones del G1 se corresponden con su modelo, salvo por la menor carga ganadera y, en algún caso, por un largo periodo de pastoreo anual. También difieren en su percepción de la continuidad, pues aunque por su edad tienen continuidad a medio plazo, se muestran pesimistas sobre su futuro. Las explotaciones G2 coinciden con su grupo, salvo por el mayor tamaño de rebaño, intensidad reproductiva e índice de dinamismo de G2-C. La explotación G3-A difiere en muchos aspectos con la media de su grupo, mientras que la G4-A es muy representativa del suyo, salvo por la escasez de cultivos forrajeros, ya que un 48% de la SAU se dedica a cereal. Las diferencias encontradas pueden deberse al tiempo transcurrido entre la fecha de realización de la tipología (2000) y de los seguimientos (2005), a la heterogeneidad intra-grupo así como al condicionante de la accesibilidad del ganadero.

## Factores de sostenibilidad y continuidad

El análisis DAFO ha revelado la existencia de varios elementos relevantes a la hora de explicar la sostenibilidad ambiental y socio-económica y la continuidad de las explotaciones (Tabla 2), aunque no todos se observaron en todas las explotaciones de su grupo.

La *mano de obra* ha sido un factor claramente limitante del tipo de manejo y la continuidad en la mayoría de los casos, por su disponibilidad y su nivel de formación, siendo una actividad poco atractiva por “falta de reconocimiento social”. Se han desarrollado distintas estrategias para hacer frente a esto, como la mayor participación familiar, la contratación de asalariados inmigrantes, la existencia de un pastor en residencia con la familia, la cooperación entre explotaciones o el aumento de los cercados para evitar pastorear las ovejas, así como adaptar el manejo general y de pastoreo al calendario de disponibilidad de la mano de obra.

El *dinamismo del ganadero y su acceso a la información* ha influido en su capacidad de adaptación a mercados cambiantes o riesgos climáticos, como la sequía de 2005, y de incorporar innovaciones técnicas: diversificación de productos, manejo de alimentación y reproducción y tipo de pastos y su aprovechamiento. El dinamismo ha sido mayor en ganaderos más jóvenes y más implicados en actividades ajenas a su explotación en el contexto profesional y social que les rodea.

En la mayoría de las explotaciones se observa un cierto grado de *pluriactividad*, orientado al sector servicios y al turismo. En otros estudios se ha observado que las zonas donde el turismo está muy desarrollado, éste ha desplazado a la ganadería por el uso alternativo de los pastos y la mano de obra disponible (Marín y Lasanta, 2003). No parece el caso en el PSCG, sino que el turismo se perfila como una actividad complementaria de la que la ganadería puede beneficiarse en la valorización de sus productos. Sin embargo, en algún caso (G1-A) el turismo podría llegar a condicionar el manejo si absorbe más mano de obra.

**Tabla 2.** Análisis DAFO de los casos de estudio

<b>G1-intensivas</b>			
D:	Falta de relevo generacional	↔	A: Baja continuidad a largo plazo
	Sistema reproductivo intensivo	↔	Dependencia de insumos externos o del azar climático
F:	Dinamismo	↔	O: Aplicación de innovación técnica
	Pluriactividad	↔	Diversificación económica
	Utilización de cercados y cultivos forrajeros	↔	Optimización de la mano de obra disponible
	Autoestima alta	↔	Continuidad a medio plazo
<b>G2-extensivas, sin continuidad</b>			
D:	Falta de relevo generacional	↔	A: Baja continuidad a largo plazo
	Escasez de mano de obra para pastoreo	↔	Intensificación del sistema o desaparición
	Venta directa a operador fijo	↔	Escaso valor añadido en la venta
	Bajo dinamismo y autoestima	↔	Escasa innovación técnica
F:	Sistema reproductivo extensivo	↔	O: Escasa dependencia insumos externos, mejor época de venta
	Largo periodo de pastoreo	↔	Repercusiones medioambientales positivas
	Pluriactividad	↔	Diversificación económica
<b>G3-extensivas, con continuidad</b>			
D:	Falta de relevo generacional	↔	A: Baja continuidad a largo plazo
F:	Pluriactividad	↔	O: Diversificación económica
	Aprovechamiento extensivo del pasto	↔	Repercusiones medioambientales positivas
<b>G4-agrícolas</b>			
D:	Censo limitado por cultivos forrajeros	↔	A: Dependencia de insumos externos
	Mano de obra no dedicada al pastoreo	↔	Escaso uso de pastos naturales
F:	Pluriactividad	↔	O: Diversificación económica
	Dinamismo	↔	Posibilidad de innovación técnica

De manera general, podemos concluir que para garantizar la continuidad a medio plazo, por tanto su sostenibilidad, las explotaciones estudiadas han desarrollado estrategias diversas para hacer frente a sus limitaciones específicas. Estas giran en gran medida alrededor de la adaptación de la mano de obra disponible a las necesidades y la combinación de diversos grados de intensificación reproductiva y de manejo de los recursos pastorales y forrajeros propios, que condicionan su dependencia de insumos externos.

## AGRADECIMIENTOS

A la Asociación de Ganaderos de la Sierra y Cañones de Guara y a SCLAS, por su colaboración. Financiación procedente de INIA-Gobierno de Aragón (proyectos RTA2005-00234-C02-01, RTA06-170-C03-02, DER-2007-02-50-729004-553) y Dirección del PSCG.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNUÉS, A.; RIEDEL, J.L.; ASENSIO, M.A.; BLANCO, M.; SANZ, A.; REVILLA, R.; CASASÚS, I., 2005. An integrated approach to study the role of grazing farming systems in the conservation of rangelands in a protected natural park (Sierra de Guara, Spain). *Livestock Production Science* 96, 75-85.
- MARÍN, M.L.; LASANTA, T., 2003. Competing for meadows: a case study on tourism and livestock farming in the Pyrenees. *Mountain Research and Development*. 23, 169-176.
- REVILLA, R., 2002. Producción ganadera sostenible. *ITEA Producción Vegetal* 23, 133-146.
- 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.
- YIN, R.K., 1994. *Case study research: design and methods*. SAGE, 171 pp. California.

## ADAPTATION OF SHEEP FARMING SYSTEMS TO AVAILABILITY OF RESOURCES: CASE STUDIES

### SUMMARY

After a previous description of pasture utilization in Sierra de Guara Natural Park, eight sheep farms were selected for a study of the relationships between farming systems and land use at the farm level. They were representative cases obtained from a previous typology based on criteria of technical management and pasture use. After a detailed description of the system, a SWOT analysis was carried out in order to identify the main factors involved in farm continuity and sustainability of land use. These were: a) *workforce availability*, critical for the design of reproductive and feeding management; b) *diversification of economic activities*, allowing for higher flexibility; and c) *farmer dynamism*, determining his ability to adapt to changing conditions. According to these factors, many combinations of reproductive intensification and land use were identified.

**Key words:** sheep farming, intensification, case studies, sustainability, continuity.



# PRODUCCIÓN DE CARNE DE TERNEROS AÑOJOS Y DE OVINO EN CONVENCIONAL O ECOLÓGICO EN PRADERAS DEL NORTE DE ESPAÑA

A. MARTÍNEZ, R. CELAYA Y K. OSORO

**SERIDA. Estación Experimental de La Mata. 33820 Grado, Asturias (España)**  
**anmartinez@serida.org**

## RESUMEN

El trabajo se desarrolló entre los otoños de 2005 y 2007 en Grado, Asturias, con el objetivo de cuantificar las diferencias productivas entre los sistemas convencional y ecológico para el cebo de terneros añojos y la producción de ovino en praderas de raigrás y trébol.

Las diferencias en la respuesta productiva individual, tanto de terneros como de ovejas y corderos, al tratamiento convencional extensivo o ecológico fueron escasas. El origen de las diferencias apreciadas entre los dos sistemas está en la menor producción primaveral del pasto en las parcelas ecológicas que en las convencionales (5,4 vs 6,9 t MS/ha;  $P < 0,01$ ), lo que conlleva menores cargas manejables y cantidad de carne vendible (terneros y corderos) por hectárea (un 23% en cada caso). Otro de los puntos críticos de la producción ecológica en el cebo de terneros añojos es el deficiente nivel de engrasamiento de las canales (2,6 en una escala de 1-15) derivado de las escasas ganancias de peso diarias (0,979 kg/día) en la fase de acabado en pastoreo suplementado con concentrado.

**Palabras clave:** pastoreo, producción de pasto, carga ganadera, acabado.

## INTRODUCCIÓN

Las estadísticas muestran un crecimiento porcentual de superficies y número de productores en producción ecológica a lo largo de los últimos años en todas las CCAA (MAPA, 2006). Sin embargo las producciones ganaderas ecológicas en zonas húmedas como las de la Cornisa Cantábrica no acaban de despegar como cabría esperar, a pesar de contar con unas condiciones climáticas propicias para el crecimiento de forrajes, que son la base fundamental de este tipo de producciones. Para la promoción definitiva de los sistemas de producción ecológica se impone la necesidad de detectar las diferencias con los sistemas convencionales, así como descubrir los cuellos de botella y puntos críticos que provocan que los ganaderos no acaben de sumarse a este tipo de producciones.

El objetivo del presente trabajo fue cuantificar las diferencias productivas entre los sistemas de producción ecológica y convencional para el cebo de terneros añojos y la producción de ovino en praderas de la Cornisa Cantábrica.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los trabajos se desarrollaron entre los otoños de 2005 y 2007 en Grado, zona interior de Asturias, en una finca a 65 m de altitud, con parcelas sembradas de raigrás inglés (*Lolium perenne* L.), raigrás híbrido (*Lolium x boucheanum* Kunt.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.), donde se comenzó con un manejo ecológico de algunas parcelas durante 2005.

### Tratamientos

Se plantearon dos sistemas de producción: uno acorde a las normas del Reglamento UE 2092/91 de la producción ecológica (CEE, 1991) y otro con manejo convencional en régimen extensivo, en el cebo de terneros y en la producción de carne de ovino. Para los terneros se utilizaron dos repeticiones por tratamiento (cuatro parcelas de 1,6 ha) y para el ovino tres repeticiones (seis parcelas de 0,4 ha).

En el sistema ecológico el abonado anual consistió en el aporte a mediados de enero de 30 t/ha de estiércol (0,42% de N, 0,45% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 0,64% de K<sub>2</sub>O). En el convencional se abonó con 150 kg/ha de N (40 en febrero, 40 en abril, 40 en mayo y 30 en septiembre), 100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 80 kg/ha de K<sub>2</sub>O, aportados estos dos últimos a la salida del invierno.

### Manejo de los animales

Durante todas las fases de pastoreo (otoño, primavera y verano) se trató de mantener una altura del pasto similar en los dos sistemas de producción, modificando para ello el número de animales por parcela en función de los resultados semanales de la medición de dicha altura, lo que dio lugar al manejo de cargas ganaderas diferentes en cada tratamiento.

Todos los animales fueron desparasitados al inicio del periodo de pastoreo de otoño y de primavera.

### Terneros

Se emplearon un total de 70 terneros de raza Asturiana de los Valles nacidos en invierno-primavera y destetados en octubre de cada año. Tras el destete, los terneros fueron manejados en pastoreo durante el otoño, suplementados con concentrado (1,5 kg/día/ternero). Durante la invernada se estabularon, recibiendo diariamente cada ternero una alimentación restringida consistente en 2,5 kg de concentrado y 5 kg de paja de cereal.

A principios de marzo los terneros añejos iniciaron el pastoreo de primavera, procediendo a finales de mayo a suplementarlos con 2 kg de concentrado por día y cabeza.

A finales del mes de junio los terneros añejos pasaron a la fase de acabado. En el sistema de cebo extensivo convencional, éste consistió en la administración en establo de concentrado *ad libitum* y de paja de cereal, y en el ecológico en la continuación del pastoreo estival con la administración de 4,5 kg/día/ternero de concentrado ecológico en la misma parcela, con el fin de cumplir con los requisitos marcados por el Reglamento 2092/91 en cuanto al porcentaje mínimo de forraje diario que debe componer la ración de los animales. La composición del concentrado ecológico y convencional fue similar, con un 18% de proteína bruta y 13,5 MJ/kg MS de energía metabolizable.

### Ovino

Se emplearon 140 ovejas cruzadas de razas gallega y lacha, mantenidas continuamente en pastoreo, excepto durante la invernada, coincidiendo con la paridera, cuando se estabularon y se les suministró diariamente 350 g de concentrado y 1 kg de paja de cereal por cabeza. En el caso de que la altura del pasto en oferta fuese inferior a 3,5 cm, se suplementó a cada oveja diariamente con 200 g de concentrado, lo que ocurrió en parte del verano de 2006. Las ovejas se esquilieron en el mes de junio.

Los corderos nacidos en el mes de febrero se sacrificaron en junio, al finalizar el pastoreo de primavera, sin ningún consumo de concentrado.

### Controles

Se midió la altura del pasto dos veces por semana en 50 puntos al azar por parcela mediante una regla ("swardstick") diseñada por la HFRO (Barthram, 1986).

La producción de hierba se estimó en tres jaulas de exclusión por parcela, cortando mensualmente una muestra de 0,2 x 1 m dentro de la jaula y otra fuera, adyacente al nuevo emplazamiento de la jaula para estimar la cantidad de partida de la siguiente fase de acumulación. La producción anual se calculó como el sumatorio de todas las acumulaciones.

Los animales se pesaron en dos días consecutivos a la semana del inicio y al final de cada periodo, así como antes del sacrificio, intercalando pesadas simples cada tres semanas. También se controló diariamente el alimento consumido y una vez sacrificados los terneros se midió su peso canal en frío y nivel de engrasamiento en la misma (OJEC, 1991).

### Análisis estadístico

Las variables productivas estudiadas se sometieron a análisis de varianza factorial, examinándose los efectos del sistema de producción (convencional vs ecológico), especie (vacuno vs ovino) y año, utilizando el programa SPSS (SPSS Inc., Chicago, Illinois, EUA).

## RESULTADOS

### Cebo de terneros

Durante el pastoreo de otoño, que es cuando comienza la fase de cebo de los terneros tras su destete, las ganancias individuales de peso vivo (PV) resultaron significativamente ( $P < 0,05$ ) mayores en el sistema ecológico frente al convencional (1,30 vs 1,18 kg/día), siendo similares las alturas de pasto disponible. Las cargas manejadas también fueron similares, ya que la producción de pasto no difirió significativamente ( $P > 0,05$ ) entre los dos sistemas (1,8 vs 2,3 t MS/ha respectivamente para el ecológico y el convencional; Tabla 1).

En la invernada, estando los terneros estabulados con alimentación en pesebre, no hubo diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) en las ganancias individuales entre los sistemas ecológico y convencional (0,64 kg/día en ambos casos).

Durante el pastoreo de primavera, las ganancias individuales de los terneros fueron similares ( $P > 0,05$ ) entre los sistemas convencional y ecológico (1,18 vs 1,22 kg PV/día), de acuerdo a las alturas del pasto observadas (7,4 vs 7,9 cm;  $P > 0,05$ ). La mayor diferencia entre los dos sistemas de producción en esta época se dio en la producción de pasto. Las parcelas con manejo ecológico presentaron significativamente menor acumulación de biomasa que las de convencional (5,5 vs 7,1 t MS/ha;  $P < 0,01$ ), lo que dio lugar a que también las cargas manejadas fuesen inferiores ( $P < 0,05$ ) en el primer caso (3,8 terneros/ha) que en el segundo (4,6 terneros/ha).

Durante la fase de acabado, las diferencias entre los sistemas convencional y ecológico fueron notables a favor del primero tanto en las ganancias individuales como en el peso de sacrificio y de la canal (Tabla 1). Además, los terneros procedentes del sistema ecológico presentaban un engrasamiento de la canal muy bajo (2,6 en una escala de 1-15) que podría repercutir negativamente en la maduración, conservación y aceptabilidad de la carne.

**Tabla 1.** Resultados productivos en dos sistemas extensivos (convencional y ecológico) de cebo de terneros añajos y de producción de ovino durante cuatro fases de manejo

Especie Sistema	Terneros		Ovino		Efectos			
	Conv.	Ecol.	Conv.	Ecol.	Sist.	Esp.	Año	S x E
<b>OTOÑO</b>								
Días de duración	61	61	63	63	NS	NS	NS	NS
Altura de pasto (cm)	9,0a	8,8a	7,4b	6,7b	NS	***	***	NS
Producción pasto (t MS/ha)	2,3	1,8	2,4	2,6	NS	NS	***	NS
Animales/ha (1)	4,3b	4,4b	20,0a	21,9a	NS		***	
Ganancia PV (kg/día)	1,184b	1,301a	0,115c	0,009c	**	***	***	***
<b>INVIERNO</b>								
Días de duración	73	73	84	84	NS	NS	NS	NS
Ganancia PV (kg/día)	0,645a	0,644a	-0,064b	-0,064b	NS	***	NS	***
<b>PRIMAVERA</b>								
Días de duración	123	120	109	109	NS	NS	NS	NS
Altura de pasto (cm)	7,4ab	7,9a	6,9ab	6,1b	NS	*	**	NS
Producción pasto (t MS/ha)	7,1a	5,5b	6,6a	5,3b	***	NS	*	NS
Animales/ha (1, 2)	4,6c	3,8d	25,9a	19,9b	**		*	
Corderos/ha			31,0a	23,0b	**		*	
Ganancia PV (kg/día) (2)	1,176a	1,224a	0,027b	0,031b	NS	***	*	NS
Ganancia PV corderos (kg/día)			0,140	0,143		NS		NS
<b>VERANO/ACABADO</b>								
Días de duración	102a	74c	92b	92b	***	***	***	***
Altura de pasto (cm)		7,6a	4,9b	5,3b	NS	***	***	NS
Producción pasto (t MS/ha)		0,7	0,8	1,0	NS	NS	NS	NS
Animales/ha (1)		3,8b	14,2a	11,9a	***		NS	
Ganancia PV (kg/día)	1,306a	0,979b	0,028c	0,022c	*	***	NS	*
Engrasamiento canal	5,3a	2,6b			*		NS	
Peso sacrificio (kg)	617a	580b			*		*	
Peso canal (kg)	346a	328b			*		*	

(1) No se analiza el efecto especie, por ser animales de distinto tamaño. (2) Terneros y ovejas sin contar corderos. \*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$ ; NS no significativo. Letras distintas en cada fila indican medias significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ).

## Ovino

Los rendimientos individuales del ovino no difirieron entre los sistemas convencional y ecológico a lo largo de todo el año (Tabla 1). Sin embargo, al igual que en el caso del cebo de terneros, la menor ( $P < 0,05$ ) producción primaveral del pasto en ecológico provocó que las cargas manejadas



(20 ovejas + 23 corderos/ha) también fuesen menores ( $P<0,01$ ) que en convencional (26 + 31), con lo que la ganancias de PV por hectárea de los corderos (producto vendible) en ecológico representaron un 78% de las observadas en convencional (357 vs 457 kg/ha; Tabla 2).

**Tabla 2.** Peso vivo (PV) medio manejado y ganancia de PV por hectárea en dos sistemas extensivos (convencional y ecológico) de cebo de terneros y de producción de ovino

Especie Sistema	Terneros		Ovino		Efectos			
	Conv.	Ecol.	Conv.	Ecol.	Sist.	Esp.	Año	S x E
PV medio manejado (kg/ha)								
Otoño	1143a	1160a	910b	991b	NS	***	NS	NS
Invierno (1)	1494a	1220bc	1370ab	1057c	***	*	***	NS
Primavera	1957a	1661b	1696b	1311c	***	**	***	NS
Verano		2047a	672b	544b	***	***	NS	***
Ganancia PV vendible (kg/ha)								
Otoño	301b	339a	0c	0c	*	***	***	*
Invierno (1)	207b	175b	312a	236b	*	**	*	NS
Primavera	605a	536a	457b	357c	**	***	NS	NS
Verano	601a	263b	0c	0c	***	***	NS	***
TOTAL	1715a	1313b	768c	592d	***	***	NS	*
PV final vendible (kg/ha)	2790a	2179b	768c	592d	***	***	***	**

(1) Para el cálculo de cada tratamiento se emplearon las cargas manejadas durante el pastoreo de primavera. \*  $P<0,05$ ; \*\*  $P<0,01$ ; \*\*\*  $P<0,001$ ; NS no significativo. Letras distintas en cada fila indican medias significativamente diferentes ( $P<0,05$ ).

### Cebo de terneros vs producción de ovino

En la Tabla 2 se exponen resultados comparativos del peso vivo manejado y ganancias del mismo por hectárea entre los dos tipos de rebaño para cada uno de los dos sistemas de producción (convencional y ecológico) y para cada estación del año. Como se comentó antes, independientemente de que estén aprovechadas por terneros u ovino, en el sistema ecológico el PV manejado por hectárea es similar en el pastoreo de otoño y menor en el de primavera respecto al convencional, debido a la menor producción de pasto en ecológico. En primavera, los resultados de los terneros en ecológico son similares a los del convencional de ovino (1661 y 1696 kg/ha respectivamente), siendo superiores ( $P<0,05$ ) los de los terneros en convencional (1957 kg/ha) e inferiores ( $P<0,05$ ) los del ovino ecológico (1311 kg/ha).

Siendo la producción anual de pasto similar entre las parcelas pastadas por terneros u ovino (Tabla 1), las primeras son capaces de mantener mayor peso ( $P<0,05$ ) y por tanto mayores ganancias de PV por hectárea que las segundas (Tabla 2).

En cuanto a la comparación entre sistemas, tanto en el cebo de terneros como en la producción de ovino, la ganancia anual de peso vendible por hectárea del ecológico fue un 77% de la lograda con el convencional ( $P<0,05$ ).

## DISCUSIÓN

Excepto en la fase de acabado de los terneros, donde los manejos son totalmente distintos para cada sistema de producción (estabulación en el convencional y pastoreo en el ecológico), las diferencias en la respuesta productiva individual tanto de terneros como de ovino al tratamiento ecológico o convencional extensivo fueron escasas. El origen de las diferencias apreciadas entre los dos sistemas está en la menor producción primaveral de pasto en las parcelas ecológicas, atribuida a una menor eficacia de la fertilización orgánica que la de los abonos convencionales en estos primeros años del periodo de conversión a producción ecológica (Culleton *et al.*, 2002). Ello lleva al manejo de un número inferior de animales por hectárea y por tanto a una menor producción de carne vendible (terneros y corderos) por hectárea en los sistemas ecológicos frente a los convencionales (un 23% en cada caso). Si bien diversos trabajos (Gill *et al.*, 1995; Culleton *et al.*, 2002) apuntan a que estas diferencias en la eficacia de los distintos fertilizantes se reducen a medida que las aportaciones orgánicas son continuadas en el tiempo, en los sistemas de pastoreo continuo durante todo el año solo son posibles aplicaciones una vez al año, anterior a la salida de los animales al pastoreo de primavera, por lo que se hace necesario realizar seguimientos exhaustivos de la fertilidad del suelo para optimizar los aportes e intentar amortiguar las diferencias lo antes posible, dado que sobre este punto radica una de las claves de las diferencias en productividad.

Es conocida la necesidad de unos buenos niveles de engrasamiento de la canal de los terneros añejos para la aceptabilidad de la carne (Osoro *et al.*, 2003), lo que se consigue con altos ritmos de crecimiento en la fase de acabado anterior al sacrificio de los animales, o con acabados más largos de los tres meses permitidos por las normas de la producción ecológica (CEE, 1991). En el sistema de acabado en ecológico estudiado en este trabajo (cebo en pastoreo suplementado con concentrado), además de no conseguirse dichos niveles de engrasamiento en ningún momento, las ganancias diarias de peso variaron significativamente entre los dos años estudiados, debido a que el verano del 2007 fue excepcionalmente húmedo, permitiendo un pasto de mejor calidad y mayores ganancias de peso que en 2006 (1,159 vs 0,799 kg/día). Es decir, estamos ante un modelo de acabado muy dependiente de las condiciones climáticas y con niveles de engrasamiento inferiores a los mínimos aconsejados (Osoro *et al.*, 2003).

## CONCLUSIONES

- Excepto en la fase de acabado de los terneros, las respuestas productivas individuales tanto de los terneros como del ovino fueron similares entre los sistemas de producción ecológica y los de convencional.
- La menor producción de las praderas fertilizadas en ecológico frente a las de convencional, dio lugar al manejo de menores cargas ganaderas y a unas ganancias de peso vivo por hectárea un 23% inferiores tanto en el cebo de terneros como en la producción de corderos.
- El sistema de acabado de los terneros en pastoreo de verano (producción ecológica) dio lugar a canales insuficientemente engrasadas (2,6 en escala de 1-15) para una adecuada maduración y aceptabilidad de la carne.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el INIA dentro del proyecto RTA04-142.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARTHAM, G.T., 1986. Experimental Techniques: the HFRO swardstick. En: *The Hill Farming Research Organisation Biennial Report 1984-85*, 29-30. HFRO. Penicuik (RU).

- 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.
- CULLETON, N.; BARRY, P.; FOX, R.; SCHULTE, R.; FINN, J., 2002. *Principles of successful organic farming*. Teagasc, 160 pp. Dublín (Irlanda).
- GILL, K.; JARVIS, S.C.; HATCH, D.J., 1995. Mineralization of nitrogen in long-term pasture soils: Effects of management. *Plant Soil*, 172, 153-162.
- MAPA, 2006. Estadísticas sobre Agricultura Ecológica. [www.mapa.es](http://www.mapa.es).
- OJEC, 1991. Council Regulation (EEC) No 1026/91 of 22 April 1991 amending Regulation (EEC) No 1208/81 Determining the Community scale for the classification of carcasses of adult bovine. *Official Journal of the European Communities*, L106, 0002-0003. 26/04/1991.
- OSORO, K.; MARTÍNEZ, A.; CASTRO, P., 2003. *Desarrollo de sistemas eficientes de producción de carne de calidad en zonas bajas*. SERIDA-KRK, 122 pp. Oviedo (España).

## MEAT PRODUCTION OF YEARLING BULLS AND SHEEP UNDER CONVENTIONAL OR ORGANIC SYSTEM IN PASTURES OF NORTHERN SPAIN

### SUMMARY

The aim of this work, carried out from autumn 2005 to autumn 2007 in Grado (Asturias), was to quantify the productive differences between organic and conventional systems of yearling bulls fattening and sheep production on perennial ryegrass-white clover pastures.

Differences between the organic and conventional systems were scarce in the individual animal performance, both in yearling bulls and in ewes and lambs. The major difference between both systems was the lower herbage production in spring in the organic compared to the conventional system (5.4 vs 6.9 t DM/ha;  $P < 0.01$ ). It was the cause of a lower carrying capacity and thus of lower marketable meat production per hectare in the former (a 23% lower than in the conventional system). Another critical issue in the organic yearling bulls' fattening is the deficient level of carcasse fat cover degree at slaughter (2.6 in a scale 1-15) due to the low daily live-weight gains (0.979 kg/day) in the finishing phase grazing with concentrate supplement.

**Key words:** grazing, herbage production, carrying capacity, finishing.



## INGRESOS Y GASTOS DE ALIMENTACION COMPRADA DEL CEBO DE TERNEROS AÑOJOS Y DEL OVINO EN CONVENCIONAL O ECOLÓGICO SOBRE PRADERAS DEL NORTE DE ESPAÑA

A. MARTÍNEZ, R. CELAYA Y K. OSORO

**SERIDA. Estación Experimental de La Mata. 33820 Grado, Asturias**  
[anmartinez@serida.org](mailto:anmartinez@serida.org)

### RESUMEN

El trabajo se desarrolló entre los otoños de 2005 y 2007 en Grado, Asturias, con el objetivo de determinar las diferencias de márgenes económicos (ingresos y gastos de alimentación comprada) entre los sistemas ecológico y convencional para el cebo de terneros añojos y la producción de ovino en praderas de raigrás y trébol.

Los consumos anuales de concentrados para el cebo de terneros fueron muy superiores en el sistema convencional que en el ecológico (6012 vs 2867 kg/ha;  $P < 0,001$ ), debido principalmente a las diferencias en la fase de acabado (4172 y 1267 kg/ha respectivamente). En ovino, el consumo de concentrados no difirió significativamente entre el sistema convencional y el ecológico (848 vs 658 kg/ha;  $P > 0,05$ ), siendo en ambos casos muy inferior al consumido por los terneros. Los costes totales de alimentación en la producción de ovino son muy inferiores ( $P < 0,001$ ), suponiendo el 27 y 39% en el sistema convencional y ecológico, respecto al cebo de terneros.

La diferencia entre ingresos y costes de alimentación fue significativamente más alta ( $P < 0,05$ ) en el sistema convencional que en el ecológico, tanto para el cebo de terneros (2377 vs 1978 €/ha) como para la producción de ovino (1161 vs 827 €/ha).

**Palabras clave:** consumos, concentrado, costes de alimentación, ingresos.

### INTRODUCCIÓN

La producción ecológica representa un sistema de producción respetuoso con el medio ambiente y productor de alimentos saludables, siendo por tanto promocionado desde distintos ámbitos de la Administración y de la sociedad en su conjunto. Sin embargo, hay datos (MAPA, 2006) que reflejan que no acaba de consolidarse en regiones como las de la Cornisa Cantábrica, principalmente por el recelo de los ganaderos a emprender este tipo de producciones. Las principales razones esgrimidas son algunas dificultades técnicas para superar ciertos cuellos de botella (Martínez *et al.*, 2008) y la falta de rentabilidad. Por tanto es necesario cuantificar las diferencias económicas de estos sistemas frente a los convencionales para el diseño de estrategias que consigan incrementar el número de ganaderos implicados, porque en definitiva, el desarrollo de la producción ecológica dependerá muy directamente de la sostenibilidad económica del sistema.

El presente trabajo es continuación de otro presentado por los mismos autores en esta Reunión Científica (Martínez *et al.*, 2008) cuyo objetivo fue cuantificar las diferencias productivas entre los

sistemas de producción ecológica y convencional para el cebo de terneros añojos y la producción de ovino en praderas de la Cornisa Cantábrica. En el presente trabajo se determinan las diferencias en márgenes económicos (ingresos brutos y gastos de alimentación comprada) entre dichos sistemas de producción.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los trabajos se desarrollaron entre los otoños de 2005 y 2007 en Grado, zona interior de Asturias, en una finca a 65 m de altitud, con parcelas sembradas de raigrás inglés (*Lolium perenne* L.), raigrás híbrido (*Lolium x boucheanum* Kunt.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.), donde se comenzó con un manejo ecológico de algunas parcelas durante 2005.

### Tratamientos

Se plantearon dos sistemas de producción: uno acorde a las normas del Reglamento UE 2092/91 de la producción ecológica (CEE, 1991) y otro con manejo convencional en régimen extensivo, en el cebo de terneros y en la producción de carne de ovino. Para los terneros se utilizaron dos repeticiones por tratamiento (cuatro parcelas de 1,6 ha) y para el ovino tres repeticiones (seis parcelas de 0,4 ha).

Las diferencias en los aportes de fertilizantes entre el sistema ecológico (estiércol) y convencional (NPK) se detallan en el trabajo de Martínez *et al.* (2008).

La alimentación tanto para los terneros como para el ovino fue de origen ecológico o convencional, según el tratamiento al que estaban sometidos. Durante todas las fases de pastoreo (otoño, primavera y verano) se trató de mantener una altura del pasto similar en los dos sistemas de producción, modificando para ello el número de animales por parcela en función de los resultados semanales de la medición de dicha altura, lo que dio lugar a diferencias en la capacidad de carga entre los distintos tratamientos, derivadas de la diferente producción de pasto entre los sistemas (Martínez *et al.*, 2008).

### Manejo de los animales

#### Terneros

Se emplearon un total de 70 terneros de raza Asturiana de los Valles nacidos en invierno-primavera y destetados en octubre de cada año. Tras el destete, los terneros fueron manejados en pastoreo durante el otoño, suplementados con concentrado (1,5 kg/día/ternero). Durante la invernada se estabularon, recibiendo diariamente cada ternero una alimentación restringida consistente en 2,5 kg de concentrado y 5 kg de paja de cereal.

A principios de marzo los terneros añojos iniciaron el pastoreo de primavera, procediendo a finales de mayo a suplementarlos con 2 kg de concentrado por día y cabeza.

A finales del mes de junio los terneros pasaron a la fase de acabado. En el sistema de cebo extensivo convencional, éste consistió en la administración en establo de concentrado *ad libitum* y de paja de cereal, y en el ecológico en la continuación del pastoreo estival con la administración de 4,5 kg/día de concentrado ecológico en la misma parcela, con el fin de cumplir con los requisitos marcados por el Reglamento 2092/91.

#### Ovino

Se emplearon 140 ovejas cruce de las razas gallega y lacha, mantenidas continuamente en pastoreo, excepto durante la invernada, coincidiendo con la paridera, cuando se estabularon y se les suministró diariamente 350 g de concentrado y 1 kg de paja de cereal por cabeza. En el caso de

que la altura del pasto en oferta fuese inferior a 3,5 cm, se suplementó a cada oveja diariamente con 200 g de concentrado, lo que ocurrió en parte del verano de 2006.

Los corderos nacidos en el mes de febrero se sacrificaron en junio, al finalizar el pastoreo de primavera, sin ningún consumo de concentrado.

### Cálculo de ingresos y de costes de alimentación

Para realizar los cálculos de los ingresos se utilizaron por kg de peso vivo (PV) los siguientes precios: de ternero a 2,20 € y de cordero a 2,00 €. Para los gastos de alimentación se utilizaron los mismos precios para los dos años de estudio, a pesar de la subida experimentada especialmente por los concentrados en 2007 y con el objetivo de distorsionar lo menos posible el estudio, siendo los siguientes por kg: concentrado ecológico a 0,31 €, concentrado convencional a 0,21 paja ecológica a 0,11 € y paja convencional a 0,09 €/kg.

### Análisis estadístico

Las variables estudiadas se sometieron a análisis de varianza factorial, examinándose los efectos del sistema de producción (convencional vs ecológico), especie (vacuno vs ovino) y año, utilizando el programa SPSS (SPSS Inc., Chicago, Illinois, EUA).

## RESULTADOS

### Consumos de alimentos y rendimientos animales

#### Cebo de terneros

Excepto en el otoño, el consumo de concentrado por hectárea en el sistema convencional fue superior ( $P < 0,05$ ) al del ecológico. Las diferencias fueron especialmente cuantiosas en la fase de acabado, donde en convencional se consumieron 4172 kg de concentrado/ha frente a 1267 en ecológico (Tabla 1), debido no solo al mayor número de animales sino también a la mayor duración del cebo y a que los consumos fueron *ad libitum* en vez de restringidos a 4,5 kg/día/ternero como en el caso del cebo ecológico para cumplir los requisitos normativos del mismo. En el cómputo anual, mientras se consumieron 6012 kg de concentrado/ha en el sistema convencional, en el ecológico fueron 2867 kg ( $P < 0,001$ ).

**Tabla 1.** Cargas ganaderas, consumos de alimentos comprados y peso vivo producido en dos sistemas extensivos (convencional y ecológico) de cebo de terneros y de producción de ovino

Especie Sistema	Terneros		Ovino		Efectos			
	Conv.	Ecol.	Conv.	Ecol.	Sist.	Esp.	Año	S x E
OTOÑO								
Carga (cabezas/ha) (1)	4,3b	4,4b	20,0a	21,9a	NS		***	
Consumo concentrado (kg/ha)	381a	390a	0b	0b	NS	***	NS	NS
Producción PV (kg/ha)	301b	339a	0c	0c	*	***	***	*
INVIERNO								
Carga (cabezas/ha) (1, 2)	4,6c	3,8d	26+31a	20+23b	**		*	
Consumo concentrado (kg/ha)	1183a	982b	757c	582d	***	***	***	NS
Consumo de paja (kg/ha)	845c	702c	2164a	1662b	**	***	**	NS
Producción PV (kg/ha)	207b	175b	312 <sup>a</sup>	236b	*	**	*NS	

Especie Sistema	Terberos		Ovino		Efectos			
	Conv.	Ecol.	Conv.	Ecol.	Sist.	Esp.	Año	S x E
<b>PRIMAVERA</b>								
Carga (cabezas/ha) (1, 2)	4,6c	3,8c	26+31a	20+23b	**		*	
Consumo concentrado (kg/ha)	276a	228b	0c	0c	***	*****	***	
Producción PV (kg/ha)	605a	536a	457b	357c	**	***	NS	NS
<b>VERANO/ACABADO</b>								
Carga (cabezas/ha) (1)	4,6b	3,8b	14,2a	11,9a		*	NS	
Consumo concentrado (kg/ha)	4172a	1267b	89c	76c	***	***	NS	***
Consumo de paja (kg/ha)	806a	0b	0b	0b	***	***	NS	***
Producción PV (kg/ha)	601a	263b	0c	0c	***	***	NS	***
<b>TOTAL AÑO</b>								
Consumo concentrado (kg/ha)	6012a	2867b	846c	658c	***	***	***	***
Consumo de paja (kg/ha)	1651b	702c	2164a	1661b	***	***	***	*
Producción PV (kg/ha)	1715a	1313b	768c	592d	***	***	NS	**

(1) No se analiza el efecto especie, por ser animales de distinto tamaño. (2) En ovino, nº de ovejas + nº de corderos. \*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$ ; NS no significativo. Letras distintas en cada fila indican medias significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ).

Los consumos anuales de paja siguieron la misma tendencia que los del concentrado, siendo mayores ( $P < 0,05$ ) en convencional (1651 kg/ha) que en ecológico (702 kg/ha), también debido a que en la fase de acabado, que es en la que el consumo es mayor en convencional, los terneros en ecológico solo comieron concentrado restringido y pasto.

Los rendimientos animales por hectárea y año fueron significativamente mayores ( $P < 0,05$ ) en el cebo convencional, con 1715 kg PV producidos frente a los 1313 kg en ecológico. Nuevamente las mayores diferencias se producen en la fase de acabado, donde el cebo ecológico solo alcanzó un 44% de los kg PV conseguidos por el convencional.

### Ovino

El consumo anual de concentrados no difirió significativamente entre los sistemas ecológico y convencional (658 vs 848 kg/ha;  $P > 0,05$ ), siendo en ambos casos muy inferior al consumido por los terneros. Los corderos se sacrifican directamente del pasto, por lo que el consumo corresponde solo a las madres durante la invernada y una pequeña suplementación que hubo que realizar durante el verano de 2006 por la falta de pasto suficiente en oferta.

Los consumos de paja fueron altos y similares a los de los terneros, al ser en exclusiva la ración de volumen durante la invernada. En el sistema convencional se consumieron 2164 kg/ha, cantidad significativamente más alta ( $P < 0,05$ ) que en el ecológico, con 1661 kg/ha, debido a las mayores cargas manejadas en el primer sistema frente al segundo.

La producción de PV por hectárea fue mayor ( $P < 0,05$ ) en el sistema convencional (768 kg/ha) que en el ecológico (592 kg/ha; Tabla 1), derivado de las distintas cargas manejadas y no de los rendimientos animales individuales (Martínez *et al.*, 2008). En comparación con el cebo de terneros esta producción fue sensiblemente inferior, suponiendo el 45% de la conseguida por aquellos tanto en producción ecológica como en convencional.



## Márgenes económicos

En cuanto a los ingresos las tendencias son las mismas que las descritas para las ganancias de PV por hectárea, al manejar los mismos precios para ambos sistemas. Es decir, los mayores ingresos se consiguen con el cebo de terneros en convencional (3775 €/ha), seguido del ecológico (2889 €/ha), de la producción de ovino en convencional (1537 €/ha) y de ésta en ecológico (1185 €/ha;  $P < 0,05$ ; Tabla 2). Cabe destacar que si bien en el estudio se exponen como ingresos el valor de las ganancias de peso en cada periodo, lógicamente solo se harían efectivos estos ingresos completos en el momento de la venta de los animales.

**Tabla 2.** Ingresos brutos y costes de alimentación comprada por hectárea y año en dos sistemas extensivos (convencional y ecológico) de cebo de terneros añejos y de producción de ovino

Especie Sistema	Terneros		Ovino		Efectos			
	Conv.	Ecol.	Conv.	Ecol.	Sist.	Esp.	Año	S x E
Ingresos (€/ha)								
Otoño	663b	746a	0c	0c	*	***	***	*
Invierno	456b	385b	624a	471b	*	NS	*	NS
Primavera	1332a	1180a	913b	714b	**	***	NS	NS
Verano/Acabado	1323a	578b	0c	0c	***	***	NS	***
Total anual	3775a	2889b	1537c	1185d	***	***	NS	*
Costes de alimentación (€/ha)								
Otoño	76b	105a	0c	0c	***	***	NS	***
Invierno	316a	342a	359a	337a	NS	NS	***	NS
Primavera	58b	71a	0c	0c	***	***	***	***
Verano/Acabado	948a	393b	18c	21c	***	***	*	***
Total anual	1397a	911b	376c	358c	***	***	***	***
Ingresos - costes €/ha								
Otoño	587b	641a	0c	0c	NS	***	***	NS
Invierno	140b	43c	265a	134b	*	NS	NS	NS
Primavera	1274a	1109b	913c	714d	**	***	NS	NS
Verano/Acabado	375a	185b	-18c	-21c	NS	***	NS	NS
Total anual	2377a	1978b	1161c	827d	***	***	NS	NS

\*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$ ; NS no significativo. Letras distintas en cada fila indican medias significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ).

En el cebo de terneros, los costes de alimentación del sistema ecológico (911 €/ha) resultaron un 35% inferiores ( $P < 0,05$ ) a los del convencional (1397 €/ha), debido a los mayores consumos de los animales en el sistema convencional y a pesar del mayor precio unitario de los alimentos ecológicos frente a los convencionales. La mayor acumulación de estos costes en convencional se produce en la fase de acabado con 948 €/ha (Tabla 2), lo que representa un 68% de los costes totales anuales en este concepto.

En el ovino los costes de alimentación fueron de 376 €/ha para el sistema convencional y de 358 €/ha para el ecológico ( $P > 0,05$ ), siendo en ambos sistemas muy inferiores a los del cebo de terneros.

La diferencia entre ingresos y costes de alimentación conseguida por el sistema convencional fue significativamente más alta ( $P < 0,05$ ) que en ecológico, tanto para el cebo de terneros (2377 y 1978 €/ha respectivamente) como para la producción de ovino (1161 y 827 €/ha respectivamente; Tabla 2).

## DISCUSIÓN

Los resultados de este ensayo son concordantes con los de otros trabajos realizados con vacuno (Eguinoa y Huguet, 2004; Silva *et al.*, 2007) y con ovino (Eguinoa *et al.*, 2006) en cuanto a los menores rendimientos conseguidos por los sistemas ecológicos frente a los convencionales, aunque las condiciones de los mismos eran algo diferentes de las de este trabajo. En nuestro caso, la distinta carga manejada derivada de la distinta producción de pasto entre los dos sistemas (Martínez *et al.*, 2008), es decir, la capacidad de carga, fue la que marcó las diferencias en la producción de PV por hectárea. En cambio, las variaciones de peso de los animales resultaron similares entre la producción ecológica y convencional.

Una de las medidas tomadas por las Administraciones para paliar esta merma de rentabilidad ha sido la implantación de ayudas específicas para la producción ecológica (Principado de Asturias, 2007). Sin embargo, el mayor número de animales por hectárea manejado en convencional que en ecológico lleva a que los importes totales de ayudas por superficie sean muy similares entre los dos sistemas, tanto para el cebo de terneros como para la producción de ovino, por lo que para salvar las diferencias de productividad se debe acudir al incremento de precio del producto ecológico frente al convencional.

Dado que los rendimientos individuales son semejantes (Martínez *et al.*, 2008), el punto de partida para reducir en lo posible la diferencia entre los dos sistemas es conseguir unas producciones de pasto equivalentes que mantengan un número de animales por hectárea similar, lo que debe estar basado en acertados programas de fertilización orgánica y un seguimiento, y corrección en caso necesario, de los niveles químicos del suelo.

## CONCLUSIONES

- Los consumos anuales de concentrados para el cebo de terneros fueron muy superiores en el sistema convencional (6012 kg/ha) frente al ecológico (2867 kg/ha), debido principalmente a la diferencia entre los dos sistemas en la fase de acabado.
- Los costes por alimentación en la producción de ovino representan el 27 y 39% de los del cebo de terneros para el sistema convencional y ecológico respectivamente.
- La diferencia entre ingresos y costes de alimentación presentada por el sistema convencional fue significativamente más alta que en ecológico, tanto para el cebo de terneros como para la producción de ovino ( $P < 0,05$ ).

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el INIA dentro del proyecto RTA04-142.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- EGUINOVA, P.; HUGUET, J., 2004. Producción de carne de vacuno ecológico. Sistemas de alimentación en cebo. *Navarra Agraria*, 143, 56-64.
- EGUINOVA, P.; GRANADA, G.; SAEZ, J.L.; ZAMORA, C., 2006. Cebo convencional o ecológico puro. Corderos ecológicos: calidad de la canal y la carne. *Navarra Agraria*, 159, 43-47.
- MARTÍNEZ, A.; CELAYA, R.; OSORO, K., 2008. Producción de carne de terneros añejos y de ovino en convencional o ecológico en praderas del Norte de España. En: *XLVII Reunión Científica de la SEEP*. Córdoba.
- MAPA, 2006. Estadísticas sobre Agricultura Ecológica. [www.mapa.es](http://www.mapa.es).
- PRINCIPADO DE ASTURIAS, 2007. Ayudas agroalimentarias a ganaderos. [www.asturias.es](http://www.asturias.es).
- SILVA, M.T.; VELASCO, S.; JIMÉNEZ, M.; TEJERINA, J.I.; CUEVAS, F.J.; DOCHAO, J.; URQUÍA, J.J., 2007. Cebo de terneros con distintas raciones de concentrado: forraje en alimentación ecológica. *ITEA, XII Jornadas sobre Producción Animal*. AIDA, Zaragoza.

## INCOMES AND PURCHASED FEEDING COSTS OF YEARLING BULLS AND SHEEP PRODUCTION UNDER CONVENTIONAL OR ORGANIC SYSTEM ON PASTURES OF NORTHERN SPAIN

### SUMMARY

This study was carried out from autumn 2005 to autumn 2007 in Grado (Asturias) to determine the differences in profit margins (incomes from meat sales minus purchased feeding costs) between organic and conventional systems of yearling bulls fattening and sheep production on perennial ryegrass-white clover pastures.

The annual consumptions of concentrate for cattle fattening were much higher in the conventional than in the organic system (6012 vs 2867 kg/ha;  $P < 0.001$ ), mainly due to the differences found in the finishing phase (4172 and 1267 kg/ha respectively). The annual consumptions of concentrate for sheep production did not differ significantly between the conventional and organic systems (848 vs 658 kg/ha;  $P > 0.05$ ), being much lower in both systems than the amounts consumed by yearling bulls. The total feeding costs for sheep production were lower than those for cattle fattening ( $P < 0.001$ ) and accounted for 27 and 39% of the costs for yearling bulls in conventional and organic system, respectively.

The profit margin or difference between the incomes and feeding costs was significantly higher in the conventional than in the organic system ( $P < 0.05$ ), both for yearling bulls fattening (2377 and 1978 €/ha) and for sheep production (1161 and 827 €/ha).

**Key words:** consumption, concentrate, feeding costs, income.



## DETECCION DE LA UREA EN LECHE COMO PARAMETRO INDICADOR DE LA RACION DE VACAS EN PASTOREO Y CON ENSILADO

A.I. ROCA FERNANDEZ, A. GONZÁLEZ RODRIGUEZ Y O.P. VAZQUEZ YAÑEZ

**Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). INGACAL. Xunta de Galicia. Dpto. de Producción Animal. Apdo. 10 – 15080 A Coruña. [anairf@ciam.es](mailto:anairf@ciam.es)**

### RESUMEN

Se analizaron los parámetros de producción y calidad de la leche de tres rebaños de vacas en diferentes momentos de la lactación, (A) con partos de primavera y (B) con partos de otoño, ambos en pastoreo y un tercer grupo con partos de primavera (E) estabulado. Se determinó la producción y calidad del pasto y se analizó la urea en leche.

La producción media de leche resultó ser similar entre las vacas en pastoreo con poco concentrado y las del establo con ensilado y alto concentrado, ambas con partos de primavera, A: 25,3 y E: 25,9 litros/vaca/día, aunque con diferentes comportamientos, y menor para los partos de otoño, B: 18,9 litros/vaca/día, con bajo nivel de concentrado.

La evolución de los contenidos de urea de cada grupo fue reflejo de los diferentes niveles nutricionales en cada momento de la lactación. Se detectaron carencias de proteína en la ración gracias al descenso de la urea en leche en el grupo estabulado. Se comprobó que este índice es un buen parámetro indicador del balance nutritivo, que nos permite corregir deficiencias en la alimentación del ganado lechero tanto en pastoreo como con ensilado.

**Palabras clave:** estado de lactación, ingestión de pasto, proteína en leche, suplementación con concentrado, uso de recursos de la explotación.

### INTRODUCCIÓN

La alimentación del ganado vacuno lechero representa el principal gasto de las explotaciones en los países del Arco Atlántico de la Unión Europea. El pastoreo es la base sobre la que se deberían sustentar los sistemas de producción de leche por ser la fuente más barata de nutrientes (Mayne *et al.*, 2004). El mantenimiento de sistemas sostenibles en base a un uso racional de los recursos existentes en la explotación, contribuye a una mejora en la imagen que el consumidor tiene acerca del propio proceso productivo (González *et al.*, 2007).

En la actualidad, hay una tendencia a la marginación del pastoreo debido a dos factores: 1) los problemas estructurales del territorio en cuanto a la dispersión de las parcelas, y 2) la enorme variabilidad y estacionalidad de la producción junto con la fluctuación en la calidad del pasto. El pastoreo suplementado puede ser compatible con sistemas de producción de leche en vacas de alta producción debido a que los márgenes sobre costes son comparables a los sistemas de alimentación en confinamiento (Fredeen *et al.*, 2002).

El pastoreo reduce el tiempo de estabulación del ganado y la necesidad de almacenamiento de estiércoles, evita gastos de adquisición de maquinaria y mantiene en buen estado sanitario a los animales, con menos problemas de patas y respiratorios, ubres más limpias y menor número de mamitis que en las vacas estabuladas (González *et al.*, 2007).

La técnica de agrupación de partos permite adaptar las necesidades del rebaño con la mayor producción de pasto debido al establecimiento de grupos con diferentes producciones para una alimentación más selectiva y una mejor utilización del forraje (Kolver, 1997).

La urea en leche tiene un gran interés para la evaluación de la ración ya que parece estar muy relacionada con el metabolismo de la proteína en el rumen. Un exceso de energía fermentable en el rumen de la ración suele estar relacionado con una bajada en el porcentaje de grasa en leche y, en casos extremos, sujeto a cuadros clínicos como acidosis o desplazamientos de abomaso. Por otra parte, el uso de un exceso de proteína en la ración está relacionado con caídas en el porcentaje de concepción en vacas, asociado a una reducción en la eficacia del sistema inmunológico (Vázquez, 2007).

Con un correcto ajuste de la relación energía-proteína tanto del pasto ingerido como del ensilado es posible conseguir racionalizar el uso de un suplemento selectivo para producir altos rendimientos de leche con mínimos aportes de concentrado (González *et al.*, 2001).

En el análisis del contenido de urea en leche se consideran tres efectos principales: el productivo, porque permite aumentar la efectividad en la utilización de los nutrientes, especialmente proteína y energía; el reproductivo, porque un exceso de nitrógeno ureico en sangre puede afectar a la fertilidad del animal y el ambiental, porque una excesiva excreción de nitrógeno de los animales puede suponer un riesgo ambiental (Vázquez y González, 2008).

El objetivo de este trabajo consistió en estudiar la respuesta en producción y composición química de la leche, así como la determinación del contenido de urea en leche en vacas frisonas en diferentes estados de lactación durante la primavera. Se trata de detectar los posibles déficits energéticos y proteicos en la dieta de los animales para el ajuste de la ración en pastoreo y en establo con la aplicación del suplemento necesario.

## MATERIAL Y MÉTODOS

En el CIAM durante la primavera-verano del 2007 se llevó a cabo un ensayo con 92 vacas Frisonas, que se inició el 16 de marzo. Durante el mes previo tanto el grupo de partos de primavera como las vacas de otoño recibieron 7 kg/vaca de MS de silo de maíz (34,8% MS y 9,5% PB) y 5 kg/vaca de concentrado (13,2% PB) y pastaron en praderas a baja carga.

Al inicio del ensayo se distribuyeron en tres rebaños con diferentes producciones medias de leche debido al diferente estado de lactación según la media de partos: dos rebaños de partos de primavera (A) 16/02/2007 y (E) 18/01/2007, y uno de partos de otoño (B) 27/11/2006.

Los rebaños (A y B) continuaron en pastoreo rotacional de áreas independientes suplementados con bajas dosis de silo y de concentrado. El rebaño (E) se mete en establo alimentado con ensilado (hierba y maíz al 50%) y concentrado (tabla 1).

**Tabla 1.** Estado de lactación, ración y producción inicial de leche de los tres rebaños en ensayo: (A) partos primavera 2007, (B) partos otoño 2006 y (E) ensilado en establo

TRATAMIENTO (REBAÑOS)	A	B	E
Época de partos	Primavera	Otoño	Primavera
Manejo	Pastoreo	Pastoreo	Establo
Número de vacas	44	32	16
Producción inicial de leche (kg/vaca/día)	30,7	26,3	22,4
Consumo de silo (kg MS/vaca/día)	1,1	1,7	9,3
Consumo de concentrado (kg MS/vaca/día)	3,3	1,3	6,8

La materia seca total, silo y concentrado, para el grupo estabulado (E) fue del orden de 16,1kg/vaca/día, mientras que los grupos (A y B) consumieron entre 4,4 y 3kg/vaca/día respectivamente, recibiendo el resto de la ración del pastoreo.

**Determinaciones:** Se impuso un manejo de pastoreo de la pradera de raigrás inglés y trébol blanco, basado en la medición de las alturas del pasto en oferta con el platómetro, entrando a los 15-20cm y saliendo a los 4cm. Se determinó la ingestión de pasto en todas las parcelas por corte directo de 5 cuadrados de 0,33m de lado a 4cm del suelo, en muestras pre- y post-pastoreo durante toda la primavera hasta principios del mes de agosto, 139 días.

Se determinó la materia seca y se realizó la separación botánica de las especies presentes en el pasto (gramíneas, leguminosas y otras), así como del material senescente de todas las muestras pre-pastoreo. Para la calidad del pasto en oferta se analizó la materia orgánica, la proteína bruta, la fibra neutro detergente, la fibra ácido detergente, el contenido en carbohidratos solubles en agua y la digestibilidad de la materia orgánica in vivo e in vitro mediante NIRS.

Se registró también la producción diaria de leche de los tres rebaños y se analizó la grasa, proteína y urea en muestras de leche recogidas semanalmente.

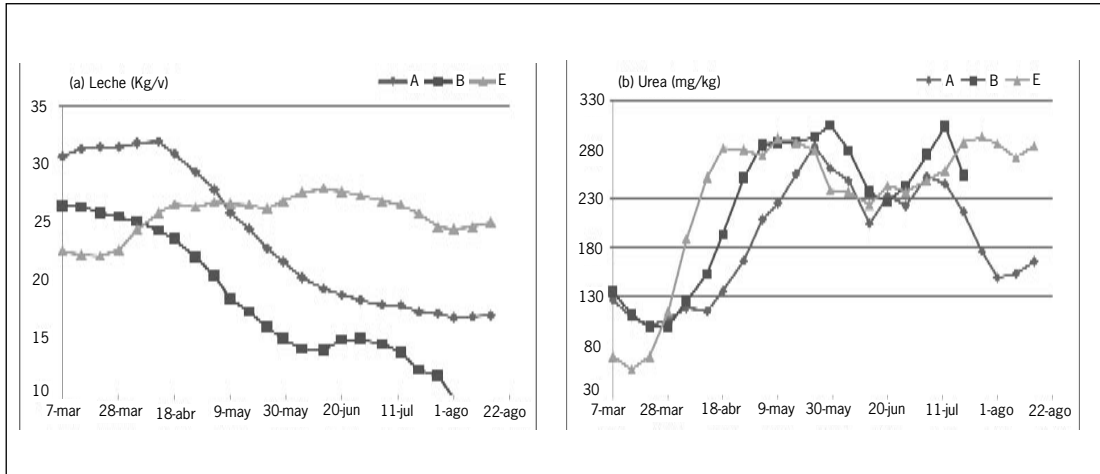
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Producción de leche y contenido de urea:** Las producciones medias de leche durante toda la primavera-verano del 2007 fueron de 25,3 y 18,9 kg/vaca para los grupos en pastoreo, respectivamente mientras que para el ganado estabulado en producción intensiva fueron de 25,9 kg/vaca. Estos resultados muestran que es posible obtener producciones similares de leche en base a una buena utilización del pasto y un uso racional de los recursos existentes en la propia explotación sin necesidad de recurrir a un aporte externo masivo de concentrado.

El grupo estabulado recibió una ración insuficiente tras el parto, con sólo 5 kg/vaca de concentrado, y que resultó poco equilibrada, lo que se reflejó en una producción de leche baja, 22 kg/vaca, y un descenso del contenido de proteína en leche, 2,6%, al comienzo del ensayo como se puede observar en la figura 1a. Gracias a la posibilidad que ofrece la determinación de urea se detectaron unos niveles alarmantes de 45 mg/kg en el grupo E, mientras que en pastoreo se llegaron a los 100 mg/kg, como se refleja en la figura 1b. Se pudieron corregir las deficiencias del balance entre la energía y proteína de la ración y se reformuló la ración a los niveles adecuados consiguiendo ya en abril para el grupo E una producción de leche de 26 kg/vaca y unos niveles de urea de 250 mg/kg dentro de la normalidad.

El contenido medio de urea durante el resto de la lactación estuvo dentro de los límites normales, tanto en los animales en pastoreo (A, 191 y B, 222 mg/kg), a pesar de que la proteína de la pradera es de alta degradabilidad, como en los estabulados (E, 225 mg/kg).

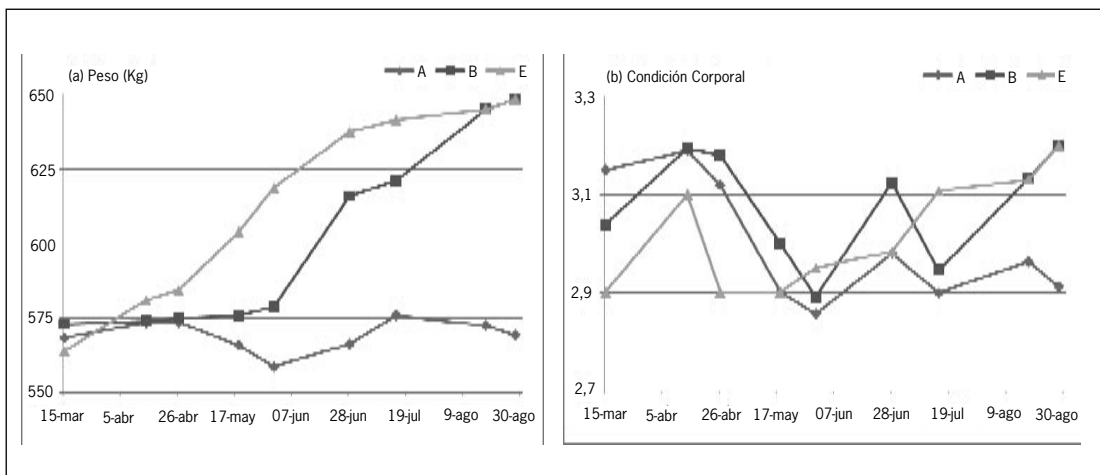
**Figura 1.** Evolución de la producción de leche (a) y su contenido medio de urea (b) en los tres rebaños: (A) partos primavera 2007, (B) partos otoño 2006 y (E) ensilado en establo



El nivel de urea ha demostrado ser un parámetro efectivo para el diagnóstico del equilibrio proteína-carbohidratos. Un contenido de urea en leche alto supone un mal uso del nitrógeno en la vaca, que será excretado, incrementando los problemas medioambientales. Si los niveles de urea bajan, indican la necesidad de incrementar la proteína o bien, de reducir la energía en la ración (Vázquez y González, 2008).

**Peso y condición corporal:** El diferente estado de lactación de los rebaños en pastoreo, se reflejó en la distinta evolución del peso registrado quincenalmente (figura 2a).

**Figura 2.** Evolución del peso (a) y de la condición corporal (b) en los tres rebaños: (A) partos primavera 2007, (B) partos otoño 2006 y (E) ensilado en establo



El grupo B aumentó significativamente de peso con respecto al grupo A al producir menos leche y mantener una buena alimentación en pastoreo. El grupo estabulado con la ración corregida y una alta dosis de concentrado ganó peso manteniendo una buena producción de leche. La condición corporal media de los tres rebaños (figura 2b) osciló muy poco a lo largo de todo el período ensayado y se mantiene entorno a un valor de 3, lo que denota la ausencia total de problemas en la cabaña tanto a nivel nutritivo como reproductivo.



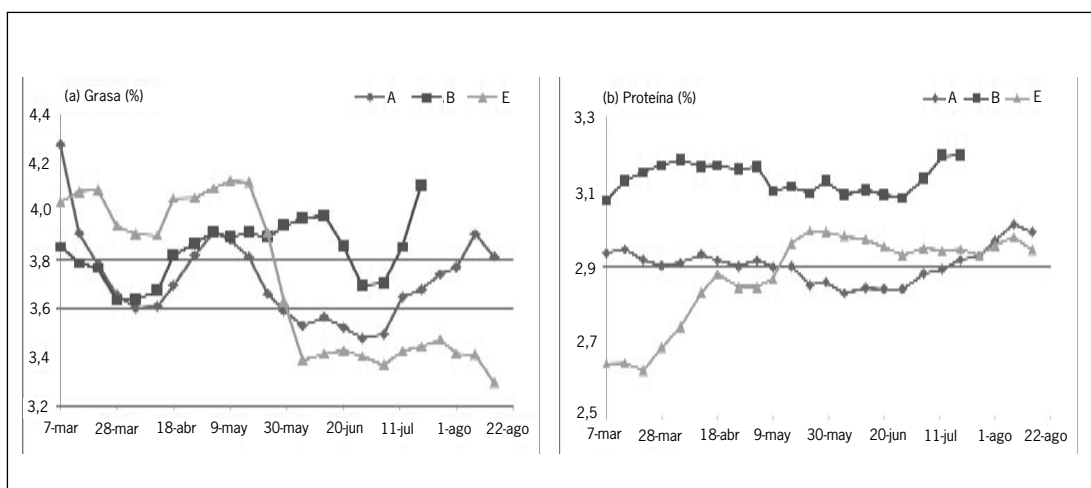
El empleo de altas dosis de concentrado en los sistemas intensivos da como resultado altas producciones de leche y de buena calidad, pero estos datos son prácticamente similares a los obtenidos con alta oferta de pasto de calidad y suplementando con dosis mínimas de silo y concentrado en momentos críticos de la lactación.

**Contenido de grasa y de proteína en leche:** La calidad de la leche se ve afectada por el estado de lactación y por la alimentación del ganado, siendo importante conjugar ambos factores para intentar conseguir una leche de calidad y un buen estado nutricional del rebaño.

El grupo A tiene alto contenido en grasa, con valores próximos al 4%, al comienzo del ensayo disminuyendo progresivamente estas cifras hasta alcanzar valores normales (figura 3a). El grupo B presenta baja producción de leche y alto contenido graso superando el 4%.

El grupo E presenta valores altos de grasa en leche, pero un nivel muy bajo de proteína (figura 3b) al iniciar el ensayo, debido al déficit de proteína de la ración que habíamos detectado con unos niveles de urea muy bajos y una producción de leche menor de lo esperado para vacas de partos de primavera. La posterior modificación de la ración a mediados del mes de mayo para lograr un aumento en los niveles de PB, provocó un gran descenso de grasa en leche sin modificar la cantidad total producida por vaca.

**Figura 3.** Evolución del contenido medio de grasa (a) y de proteína (b) en leche de los tres rebaños: (A) partos primavera 2007, (B) partos otoño 2006 y (E) ensilado en establo



En la figura 3b se puede ver que el grupo B tiene mayor porcentaje de proteína en leche (3,1% PB) que los otros dos grupos (A y E 2,9% PB) durante todo el ensayo, al producir menos leche y tener una buena alimentación en base al aprovechamiento efectivo del pasto en oferta. El grupo A presenta unos niveles de proteína prácticamente constantes.

Teniendo en cuenta hoy en día los precios de las primas por calidad de la leche no compensó la modificación que se realizó en el régimen alimenticio, consistente básicamente en un incremento de proteína en la ración de los animales estabulados.

**Producción, ingestión y calidad del pasto:** Las producciones medias de pasto de las diferentes áreas de pastoreo fueron similares para los dos rebaños observándose una cierta tendencia a una mayor producción en A que en B (2330 vs 1960 kg MS/ha), que puede ser debida a que las presiones de pastoreo ejercidas fueron también diferentes (5 vs 3,9 vacas/ha).

Las superficies medias de pastoreo por rotación fueron de 4 ha para una rotación promedio de 30 días y se realizó el mismo manejo del pasto. Las alturas medias de pre-pastoreo fueron similares (16 y 15cm) con tasas de ingestión de MS por vaca casi iguales (13,6 y 13 kg/vaca) en A y B, con un mismo porcentaje de utilización del pasto (del 80%).

La calidad del pasto en oferta para A y B fue similar. Los contenidos en proteína fueron ligeramente superiores, aunque no de modo significativo, en B, 14,6% que en A, 13,3%. Sin embargo, la materia orgánica fue en ambos grupos del 90%, la fibra ácida del 30%, la fibra neutra del 53%, los carbohidratos solubles del 15,5% y la digestibilidad in vivo del 73% e in vitro del 77%.

## CONCLUSIONES

Es posible lograr niveles satisfactorios de producción de leche en pastoreo moderando el suministro de concentrado, evitando sus efectos sustitutivos, comparables al empleo de altas dosis de concentrado en los sistemas intensivos.

El ritmo de aporte de concentrado en momentos críticos de la lactación debe estar más en consonancia con el balance energético del animal que con la producción por vaca o su estado de lactación durante el pastoreo.

La detección de urea en leche es una técnica de gran interés para evaluar y corregir la alimentación del ganado, con la que se pueden prevenir pérdidas de producción y problemas de reproducción o sanitarios. Esta herramienta ya está disponible en Galicia y se recomienda su uso como índice para el diagnóstico del balance nutritivo de la ración del ganado lechero, por su fácil determinación y su gran efectividad para realizar una rápida corrección y un ajuste adecuado del equilibrio energía-proteína de la ración tanto en pastoreo como con ensilado.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se llevó a cabo en el marco del proyecto de investigación RTA2005-00204-00-00 financiado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agroalimentarias (INIA).

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BAX, 1995. Herbe patureé et ensile pour les grands troupeaux de l'ouest de la Grande-Bretagne. *Fourrages*, 144: 141-156.
- FREDEEN, A.H.; ASTATKIE, T.; JANNASCH, R.W.; MARTIN, R.C., 2002. Productivity of grazing Holstein cows in Atlantic Canada. *Journal of Dairy Science*, 85: 1331-1338.
- GONZALEZ RODRIGUEZ, A.; SANCHEZ RODRIGUEZ, L.; VAZQUEZ YAÑEZ. O.P., 2001. El equilibrio de la ración según la urea en leche de vacas en pastoreo y con ensilado. *Actas XLI Reunión Científica de la S.E.E.P.* Alicante, 215-220.
- GONZALEZ RODRIGUEZ, A.; VAZQUEZ YAÑEZ. O.P.; LOPEZ DIAZ, J., 2007. Presión de pastoreo y concentrado en la producción eficiente de leche en zonas húmedas. *Actas XLVI Reunión Científica de la S.E.E.P.* Vitoria, 445-451.
- KOLVER, E.S., 1997. The pasture fed dairy cow: opportunities for improve nutrition. *Proceedings of the Nutrition Society of New Zealand*, 22: 160-173.
- LOPEZ GARRIDO, C.; BARBEYTO NISTAL, F., 2003. A competitividade das explorações galegas na produção de leite. Umha perspectiva mundial. *Análise empresarial*, 33: 57-66.

- MAYNE, C. S.; ROOK, A.J.; PEYRAUD, J.L.; CONE, J.; MARTINSSON, K.; GONZALEZ, A., 2004. Improving sustainability of milk production systems in Europe through increasing reliance on grazed pasture. In "Land use systems in grassland dominated regions" EGF 2004 Ed. A. Luscher, B. Jeangros, W. Kessler, O. Huguenin, M. Lobsiger, N. Millar, D. Suter. Luzern. Switzerland, 584-586.
- VAZQUEZ YAÑEZ. O.P., 2007. A composición do leite e a nutrición da vaca leiteira. *Folla Divulgadora*. Consellería do Medio Rural. Xunta de Galicia. pp 36.
- VAZQUEZ YAÑEZ, O.P.; GONZALEZ RODRIGUEZ A., 2008. Utilización del contenido de urea en leche en el diagnóstico de la alimentación del ganado lechero. Informe CIAM-LIGAL. (en prensa).

## MILK UREA TEST AS AN INDICATOR OF FEEDING DAIRY COWS ON GRAZING OR SILAGE RATION

### SUMMARY

The production and quality parameters of milk were analyzed in three herds of cows in different moments of lactation, two of them under grazing: (A) with spring-calving and (B) with autumn-calving, and another one (E) under silage and high doses of concentrate in stable with spring-calving. Milk yield and grass quality was determined and milk urea test was used in order to achieve an index for diagnosis of nutritive balance for the three groups.

Average milk production in the spring was similar between one of the groups under grazing with little concentrated and the other group in stable with high levels of concentrate, 25.3 and 25.9 liters/cow/day for spring-calving (A and E), but with different development, and 18.9 liters/cow/day for autumn-calving (B) with low levels of concentrate.

Evolution of the milk urea content for each group showed the effect of the different nutritive levels during lactation. Protein deficiencies were detected in the ration by the drop of milk urea in stabled group. It was found that the use of a milk urea test is a good indicator of the nutritive balance of the ration, which allows us to correct its deficiencies, of dairy cattle in pasture conditions as well as in silage feeding.

**Key words:** stages of lactation, herbage intake, milk protein, concentrate supplementation, use of farm resources.



## UTILIZACIÓN DEL CONTENIDO DE UREA EN LECHE EN EL DIAGNÓSTICO DE LA ALIMENTACIÓN DEL GANADO LECHERO. REVISIÓN

A. GONZÁLEZ RODRÍGUEZ Y O.P. VÁZQUEZ YÁÑEZ

**Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo - CIAM - INGACAL-Xunta de Galicia. Sección Producción de Leche. Apartado 10 – 15080. La Coruña. E-mail: antonio.gonzalez.rodriguez@xunta.es**

### RESUMEN

Se describen los principales resultados de distintos ensayos realizados durante varios años en la finca experimental del CIAM de Mabegondo, en un convenio con el Laboratorio Interprofesional de leche (LIGAL) con el objetivo específico de estudiar la respuesta de la urea en leche como diagnóstico de la alimentación del rebaño lechero, durante toda la lactación, bajo condiciones tanto de pastoreo, como de ensilado en establo.

Los trabajos realizados se distribuyen en 5 grupos: 1) dosis crecientes de proteína (PB) en la ración, 2) exceso de PB en alta dosis de concentrado, 3) pastoreo *versus* ensilado como forraje, 4) distinta fuente de carbohidratos no solubles, maíz o cebada y 5) niveles de producción de leche y de degradabilidad de la PB.

El test de urea resulta ser un buen indicador de la ración de las vacas frisonas, pudiendo adoptarse los niveles normales de 150 a 350 mg/kg de urea en leche también para las explotaciones gallegas. La rapidez del laboratorio de calidad de leche para poner los análisis de urea a disposición del ganadero, es un factor clave para una alerta a tiempo de corregir posibles deficiencias de la ración programada.

**Palabras clave:** calidad leche, pastoreo, ensilado, uso de concentrado

### INTRODUCCIÓN

La alimentación del ganado vacuno de leche representa el principal gasto de las explotaciones, alrededor del 60% del coste por litro. (Barbeyto y López, 2007). El contenido de urea en la leche es un buen indicador para una correcta evaluación de la ración debido a que parece estar muy relacionado con el metabolismo de la proteína en el rumen y ha sido uno de los parámetros que más se ha estudiado durante los últimos diez años. Entre las principales características del test de urea destacamos: que expresa el cociente proteína y energía, lo que permite aumentar la efectividad en la utilización de los nutrientes, que detecta un exceso de nitrógeno ureico en sangre, lo que puede afectar a la fertilidad del animal, y que un exceso de excreción de nitrógeno de los animales puede suponer además un riesgo ambiental, si va a parar a las aguas lixiviadas, contribuyendo a su contaminación.

En un convenio entre el CIAM y el LIGAL en Galicia, se programaron una serie de ensayos experimentales durante varios años, para analizar distintos factores nutritivos que modifican el contenido en urea de la leche. Se revisan algunos parámetros de los resultados obtenidos en los ensayos

realizados específicamente para elaborar un índice de urea con las vacas frisonas en condiciones gallegas. En todos los casos se han analizado en el laboratorio interprofesional de leche en Galicia, LIGAL, el total de todas las vacas en todos los grupos así como del tanque en muestras semanales. En este trabajo se resumen algunos de los principales resultados con rebaños en pastoreo y con ensilado en establo.

### 1) Efecto de la variación del contenido de proteína bruta en la ración sobre la producción de leche y el contenido en urea en vacas en pastoreo

En un ensayo se comparó el efecto de distintos contenidos en proteína bruta (PB) de las raciones para 4 rebaños en pastoreo. En la Tabla 1 se observan diferencias en la producción de leche y su calidad lo que repercute en los ingresos y gastos de la explotación.

**Tabla 1.** Producción de leche, calidad y contenido de urea para 4 raciones en pastoreo con diferentes niveles de proteína bruta (PB)

Ración	14% PB	17% PB	20% PB	Pasto solo	media	Sd
Producción leche (kg/d)	18.0a	19.2 a	19.4 a	15.3 b	18.0	2.0
% proteína leche	3.03 b	3.20 a	2.95 b	2.93 b	3.03	0.15
% grasa leche	3.22	3.36	3.35	3.28	3.30	0.30
Urea (mg/kg)	295 b	317 b	364 a	244 c	305	43

(a,b,c: letras distintas diferencias significativa a  $p < 0.01$ )

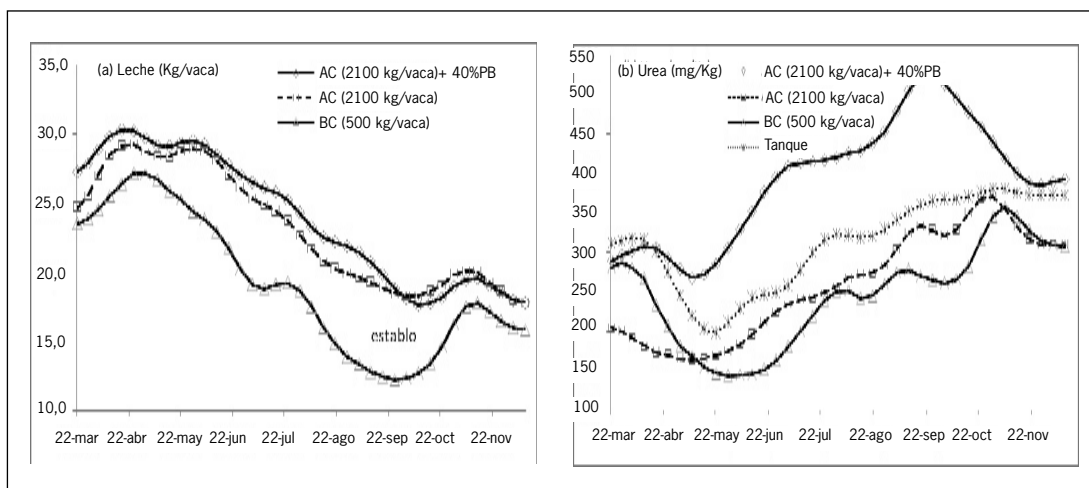
Con un contenido en PB de la ración de un 20% detectamos un nivel de urea elevado, 364 mg/kg, al tiempo que no obtenemos mas leche y hay un descenso de la proteína en leche. Parece suficiente en las condiciones ensayadas no pasarse de un 17% de PB en la ración.

### 2) Producción de leche y exceso de proteína en la ración

En otro ensayo se determinó también la respuesta en urea en leche con tres grupos de 20 vacas en pastoreo con dos dosis de concentrado, baja, 7,5 kg durante 35 días (500 kg) y alta (2100 kg) la misma dosis diaria durante 235 días. El tercer grupo tenía la misma dosis alta de concentrado pero con un 40 % mayor de PB en la ración. La media de PB de las raciones isoenergéticas, de los tres grupos fueron 165, 180 y 230 gr kg<sup>-1</sup>. Durante 35 días, en septiembre y octubre, tomaron silo de hierba en establo, por la parada estival del pasto. (González y Vázquez, 2002).

La producción de leche en pastoreo (a) y su contenido de urea (b) se expresan en la figura 1. Durante la lactación (305 días) la producción fue de 6000 kg/vaca, para el rebaño con bajo nivel de concentrado y de 7300 kg/vaca para los dos rebaños con alto nivel de concentrado.

**Figura 1.** Evolución de la producción de leche (a) y su contenido de urea (b) en los tres grupos en pastoreo con alto (AC) y bajo (BC) concentrado



Se observa que desde el mes de junio los niveles de urea en leche superaron los 350 mg/kg en el grupo con exceso de PB, indicando el desequilibrio de la ración, llegando a un pico en establo de 530 mg/kg. En este caso los niveles de urea en el tanque, que no pasaron de los 350 mg/kg, no nos hicieron sospechar del problema de este rebaño.

### 3) Efecto sobre la urea en leche del ensilado o el pasto como forraje para un mismo nivel de concentrado

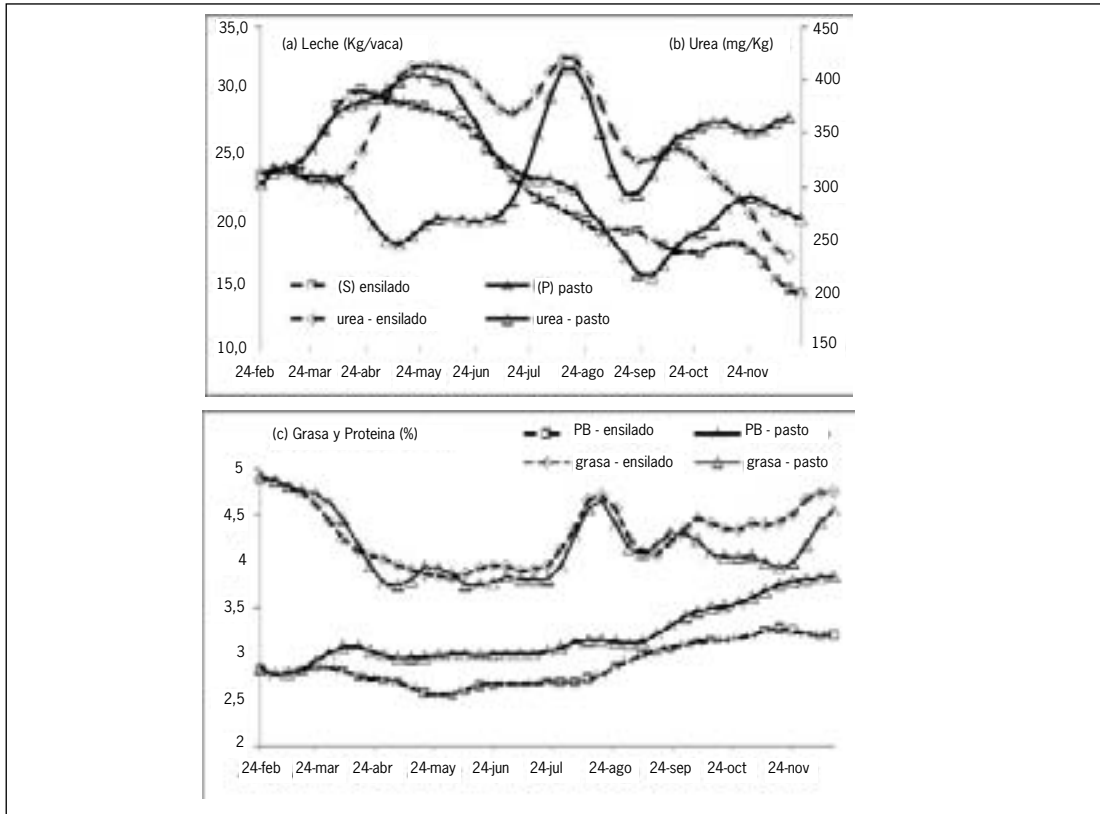
Se diseñó otro ensayo con el objetivo de estudiar el efecto durante toda la lactación del tipo de forraje, pasto fresco o ensilado, sobre la producción y nivel de urea en leche. Dos grupos de 20 vacas frisonas y partos de final de invierno, reciben 5 kg/día de concentrado tras el parto, en los 35 días previos al ensayo, y 7,5 kg/día en los 175 días del ensayo hasta un total de 1500 kg/vaca. El primer grupo (P) pastoreó praderas de raigrás inglés y trébol blanco durante 237 días, 157 en primavera y 80 en otoño, y necesitó ensilado de pradera durante 30 días en verano. La presión de pastoreo en primavera fue de 3,5 vacas/ha. El otro grupo (S) permaneció en establo con ensilado toda la lactación. (González et al, 2001)

El concentrado tenía cebada, maíz, pulpa y soja, 320, 290, 70 y 310 gr/kg respectivamente, con un 18,7 % PB. El ensilado tenía 0,75 UFL/kg, con un 20 % MS, 16,3 % PB y 35,7 % FAD, 53 % FND y 30 % FB. La producción de leche fue similar en ambos grupos con pasto y ensilado (P y S): 7200 y 6900 kg/vaca (figura 2 a). El nivel de grasa fue similar, pero el contenido de PB en leche fue superior en el rebaño en pastoreo (figura 2 c).

La urea en leche en esta ocasión (figura 2 b) volvió a ser un índice capaz de discriminar el equilibrio de las raciones con pasto o ensilado. En pastoreo de primavera, de abril a junio, había 250 mg/kg de urea en leche, con contenidos de proteína degradable en pasto bajando del 15 al 13 % PB. Las vacas con ensilado alcanzaban los 420 mg/kg de urea en leche, señalando un déficit de energía en la ración que aunque no afectó a la producción de leche, presentó un menor contenido de proteína (figura 2 c). En agosto aparece un pico de urea y grasa en las vacas en pastoreo, similar al de las estabuladas, debido a un posible déficit energético al pastar praderas con una alta densidad de tallos y un espigado de gramíneas.

El elevado contenido de PB del pasto de otoño se manifestó en con contenido de urea en leche de 350 mg/kg en las vacas que salieron al pastoreo, mientras decaía a 200 mg/kg en las que continuaban con ensilado, considerando normal un contenido medio de 275 mg/kg de urea en leche.

**Figura 2.** Evolución de la producción diaria media de leche su contenido de urea (a y b) y su calidad (c) en dos grupos con el mismo concentrado uno pastando (P) y el otro en establo con ensilado (S)



#### 4) Incidencia del tipo de fuente de carbohidratos no estructurales en el contenido de urea en leche

En otro ensayo se estudió el efecto de los carbohidratos en la ración sobre el nivel de urea en leche. En 1999 se establecieron 3 grupos de vacas en lactación:

**Tabla 2.** Contenido de urea (mg/Kg) y producción de leche (l/vaca/día) para 3 raciones en pastoreo con diferentes niveles de carbohidratos en la ración

Grupo	gr PB/Mcal	Base	Contenido de urea en leche		Producción de leche	
			media	sd	media	Sd
A	145	Maíz	410	101	25.1	5.7
B	145	Cebada	450	122	23.0	6.1
C	100	Mezcla	359	108	22.2	5.7

La tabla 2 muestra los tratamientos y resultados para urea en leche con diferencias significativas entre los tres grupos, pero no para producción de leche. Estos datos parecen mostrar la importancia de la relación entre la proteína bruta de la ración y la energía de la misma, así como la fuente de energía. En particular, parece que una fuente de carbohidratos de degradación más lenta como el maíz es más eficaz en la utilización del nitrógeno que la dieta de la cebada. La mezcla tenía un nivel de PB inferior a los componentes individuales.



### 5) Efecto del nivel de producción de las vacas y dos niveles de degradabilidad de la proteína de la ración en la urea de la leche de las vacas

En el siguiente año se realizó un ensayo para ver si el nivel de degradabilidad de la proteína (PB) y carbohidratos no estructurales (NSC) tenían relación con la producción de las vacas y como eran afectados los niveles de urea. Se realizaron 4 tratamientos con distinta composición de las raciones:

**Tabla 3.** Tratamientos de 4 rebaños en pastoreo con dos niveles de producción de leche y dos niveles de degradabilidad de la proteína de la ración

	Producción	Kg Leche	Degradabilidad PB	NSC
1 – A35	Alta	30	70	35
2 – A30	Alta	30	65	30
3 – B35	Baja	25	72	35
4 – B30	Baja	25	67	30

**Tabla 4.** Calidad y contenido de urea en leche en pastoreo de vacas de dos niveles de producción y dos niveles de degradabilidad de la proteína de la ración

Grupo	grasa		proteína		urea		Leche	
	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd
1	3,67	1,19	2,97	0,23	235	94	32.3	4.0
2	3,73	0,79	2,98	0,19	195	89	33.0	4.5
3	3,66	0,75	2,96	0,22	196	88	28.1	4.4
4	3,75	0,80	3,00	0,19	213	76	27.5	3.3

Los dos niveles de degradabilidad del concentrado suplementado, como muestra la tabla 4, parece que no afectan significativamente el contenido de urea en leche, en ninguno de los dos niveles de producción de leche, ni a su calidad.

## DISCUSIÓN

El contenido de urea en leche refleja el cociente entre la proteína y los carbohidratos aportados en la ración. Cualquier incremento o descenso de este parámetro dentro de unos márgenes debe hacernos sospechar de una ración desequilibrada

Una urea en leche muy alta supone un mal uso del nitrógeno en la vaca, que será excretado, incrementando los problemas medioambientales.

La vaca utiliza no solo la proteína del alimento que no fue degradada en el rumen, sino que además usa la proteína sintetizada por los microorganismos residentes en el rumen. Los carbohidratos no estructurales (NSC) son la principal fuente de energía para la vaca. De ellos estacamos el almidón, la glucosa y las pectinas que provienen principalmente de los cereales.

La urea en leche depende del nivel de proteína bruta de la ración y parece bueno no pasarse de un 17% PB, con un valor paralelamente alto de carbohidratos. El nivel de urea ha mostrado ser un buen diagnosticador del equilibrio proteína-carbohidratos

Rebaños con más de 2 toneladas de concentrado por vaca y alta producción, mas de 7000 litros (0.35 Kg concentrado por kg de leche), dieron altos niveles de urea en leche, superiores a 350 mg/kg.

Cuando se producen variaciones en la dieta de las vacas, como el generado cuando se bajó el nivel de energía en un grupo en pastoreo o con un 40% de exceso de proteína en la ración, aparece en otoño un pico de urea de 560 mg/kg,

La urea en leche depende del nivel y de la fuente de carbohidratos de la ración. Los carbohidratos de degradación más lenta como el maíz son más eficaces en la utilización del nitrógeno de la dieta que los de la cebada.

En pastoreo se obtuvieron niveles de urea adecuados, 250 mg/kg, a pesar de que la proteína de la pradera es de alta degradabilidad. Con ensilado como forraje se llegó a los 420 mg/kg en primavera, que puede señalar un déficit de energía en la ración que, aunque no afectó a la producción, provocó un descenso del contenido de proteína en leche.

Se han definido los niveles adecuados del contenido de urea de leche en Galicia con el seguimiento durante varios años de los niveles de urea en vacas frisonas de explotaciones comerciales según el análisis de las respectivas alimentaciones. (Vázquez y González, 2006).

**Tabla 5.** Niveles de urea en leche recomendados, motivos y modo de actuar con la ración

Nivel de urea (mg/kg)	BAJO Menor de 150	ACONSEJABLE 150 a 300	ALTO Mayor de 300
Motivo	Excesiva Energía Falta de proteína Proteína muy indegradable	Ración equilibrada	Falta Energía. Faltan carbohidratos. Exceso de proteína. Proteína muy degradable
Modo de actuar	Revisar la ración Reducir el uso de cereales Usar hierba verde o ensilada Reducir el silo de maíz o hierba seca. Se pueden usar alimentos con proteína degradable como Gluten feed o Torta de soja	Ración equilibrada	Revisar la ración Aumentar el uso de cereales Usar silo de maíz Reducir el contenido de proteína en la ración Bajar el uso de alimentos con proteína muy degradable

## CONCLUSIONES

Dada la importancia que tiene la alimentación en las explotaciones de leche, es importante tener un medio que nos permita identificar y corregir rápidamente errores en la dieta de los animales. El test de urea en leche se hace fácilmente de forma rutinaria y se pueden presentar los resultados de modo inmediato en los boletines de calidad de los laboratorios interprofesionales de análisis de leche.

El nivel de urea en leche ha mostrado ser, a la vista de numerosos ensayos, un buen indicador del manejo y del equilibrio la proteína y la energía en la alimentación de las vacas tanto en pastoreo como con ensilado. Sería deseable generalizar su uso como herramienta de diagnóstico para mejorar la formulación de las raciones

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se financió gracias a un convenio CIAM-LIGAL y con el proyecto INIA (SC00-086).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBEYTO NISTAL, F., LÓPEZ GARRIDO, C.; 2007. Resultados do programa de xestión de vacún de leite en Galicia entre 1998 e 2005. Cooperación Galega. Revista de AGACA nº 86. Dic. 2007 Cadernillo de Divulgación técnica.
- GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A.; SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, L, VÁZQUEZ YÁÑEZ, O. 2001. El equilibrio de la ración según la urea en leche de vacas en pastoreo y con ensilado. "Biodiversidad en Pastos" XLI Reunión Científica SEEP. Ed. CIBIO. Alicante. 359-365.
- GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A.; VAZQUEZ YAÑEZ, O. 2002. Effect of energy and nitrogen supply at pasture on milk production and urea content in the humid Spain. In " Multi-function grassland. Quality forages, animal products and landscapes" Ed. J.L. Durand, J.C: Emile, C. Huyghe, G. Lemaire. Poitiers, France: 566-567
- VÁZQUEZ YÁÑEZ Y O.P GONZÁLEZ RODRÍGUEZ A. 2006. Análise do contido de urea en leite e o seu uso na alimentación do Gando leiteiro. Revista AFRIGA. AnoXII. Nº65.

## USE OF MILK UREA TEST AS INDICATOR OF FEEDING DAIRY COWS. A REVIEW

### SUMMARY

The main results of different trials are presented; these were made during several years at the experimental farm of CIAM in Mabegondo with an agreement with the milk quality laboratory, LIGAL. The specific objective was to find the response of the milk urea test as diagnosis of the nutrition of the dairy herd during all lactation under grazing and ensilage feeding conditions.

They were distributed in 5 groups: 1 ) increasing the dose of crude protein (CP) in the ration, 2 ) CP excess in high concentrate level, 3 ) grazing versus ensilage as forage feeding, 4 ) distinct non soluble carbohydrates source, corn or barley and 5 ) different levels of milk production and protein degradability.

The test of urea results a good indicator of the ration of Frisian cows, and we can adopt the normal levels of 150 to 350 mg/kg of milk urea also for farms in Galicia. The rapidity of the laboratory of quality of milk to put the analyses of urea available to farmers is key factor for a quick alert to correct possible deficiencies of the programmed ration.

**Keywords:** milk quality grazing, silage, concentrate use.



## EFFECTO DEL NÚMERO DE PARTO Y DEL TIEMPO DE PASTOREO SOBRE EL CONTENIDO EN ÁCIDOS GRASOS DE LA LECHE DE VACA

E. MORALES-ALMARÁZ, F. VICENTE, A. SOLDADO, A. GONZÁLEZ,  
A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ Y B. DE LA ROZA-DELGADO

**Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA).  
Área de Nutrición Animal, Pastos y Forrajes. Apdo. 13. E-33300 Villaviciosa, (Asturias)  
fvicente@serida.org**

### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la influencia del número de parto sobre la calidad de la leche de vacas alimentadas con una ración completa mezclada (TMR) y sometidas a tiempos variables de pastoreo complementario. Se utilizaron 15 vacas, nueve multíparas y seis primíparas, asignadas a tres grupos de cinco animales formados por 2 primíparas y 3 multíparas respectivamente. Los sistemas de alimentación contemplaron una TMR común para todos los animales proporcionada durante la estabulación, más la asignación de diferentes tiempos de pastoreo: 12 h de pastoreo (TMR12), 6 h pastoreo (TMR06) y alimentación exclusiva con TMR sin pastoreo (TMR00).

En los resultados preliminares se observa que suplementar con 6 horas de pastoreo la TMR no repercute en un descenso en la producción de leche, si bien disminuye la proporción de grasa en la leche de hembras de primer parto. Las vacas multíparas tienen un mayor consumo de TMR (16,93 vs 14,51 kg MS d<sup>-1</sup>) y una mayor producción de leche (36,27 vs 29,07 kg d<sup>-1</sup>) que las vacas primíparas, con una mayor proporción de grasa (40,1 vs 34,3 g kg<sup>-1</sup>). Ahora bien, las vacas primíparas presentaron un mayor rendimiento en el nivel de C18:1 e inferior en ácidos grasos de cadena corta.

La composición de la dieta puede contribuir significativamente a la calidad de la leche, sin embargo otros factores como el número de lactación y la variabilidad individual pueden influir en la misma

**Palabras clave:** ración completa mezclada (TMR), pasto, ácido linoléico conjugado (CLA), calidad de la leche.

### INTRODUCCIÓN

La leche es una fuente muy importante en energía, proteína de alta calidad, minerales y vitaminas, siendo la grasa la que más contribuye a su contenido energético. Ahora bien, la grasa de la leche se ha criticado al representar el 25-60% de los lípidos saturados ingeridos en la dieta de los europeos, aunque, alrededor del 2% de sus ácidos grasos son poliinsaturados. En los últimos años la idea negativa del consumidor hacia la grasa de origen animal ha cambiado después de descubrirse que algunos ácidos grasos no son necesariamente negativos para la salud humana. El ácido linoléico conjugado (CLA), especialmente su isómero C18:2 c9 t11, presenta efectos beneficiosos. Personas con sobrepeso consumiendo leche enriquecida con C18:2 c9 t11 han reducido un

3% su grasa corporal (Thom *et al.*, 2001). Estos efectos positivos han llevado al interés de intentar modificar el perfil de ácidos grasos de la leche de vaca mediante la manipulación de la dieta. Vacas alimentadas exclusivamente con pasto tienen una mayor concentración de CLA en leche (Khanal *et al.*, 2005). Ahora bien, animales de alta producción alimentados sólo con pasto presentan una menor producción de leche en comparación con vacas alimentadas con TMR exclusivamente (Kolver y Muller, 1998), ya que la alimentación sólo con pasto no puede cubrir las necesidades energéticas (Bargo *et al.*, 2003). En este sentido, la combinación de pasto con TMR podría incrementar la producción de leche sin repercutir en la calidad de la grasa de la leche proporcionada por el pasto.

El objetivo de este trabajo ha sido estudiar la influencia del número de parto y el efecto del tiempo de pastoreo como suplemento a una ración completa mezclada en la calidad de la leche y su perfil de ácidos grasos.

## MATERIAL MÉTODOS

Quince vacas y novillas Holstein, nueve multíparas ( $641 \pm 33$  kg PV) y seis primíparas ( $562 \pm 20$  kg PV) se agruparon en tres grupos homogéneos de 5 animales (2 primíparas y 3 multíparas) según los días de lactación y el nivel de producción. Se ensayaron tres tratamientos: sin pastoreo (TMR00), con 6 horas (TMR06) o 12 horas de pastoreo (TMR12) que suplementaba a una ración completa mezclada (TMR) ofertada *ad libitum* en un diseño factorial 3x2. La TMR fue formulada para cubrir los requerimientos nutricionales de vacas con una producción de 30 L de leche al día según los criterios establecidos por el NRC (2001), estando constituida, en kilogramos de materia fresca por: Ensilado de maíz (15,4 kg), Ensilado de haba forrajera (8,0 kg), Paja de cereal (2,4 kg) y mezcla de concentrados (9,5 kg). La TMR se preparó diariamente en carro mezclador y los animales tenían libre acceso a la misma cuando se encontraban en la estabulación. Las vacas con una producción superior a 30 L d<sup>-1</sup>, para cubrir sus necesidades extras, se les proporcionó una suplementación adicional de dos concentrados en función de su producción. El pastoreo se realizó en praderas polifitas de larga duración, establecidas en la finca experimental del Serida.

Cada periodo experimental constaba de 21 días, 14 de adaptación al manejo y a la dieta seguidos de siete días de toma de muestras y control de ingestión de la TMR.

Se realizaron dos ordeños diarios (07:30 y 19:30h). Después del ordeño de mañana el grupo TMR00 permaneció en la estabulación, mientras que el grupo TMR06 salía al pasto entre las 13:30 y las 19:30 h y el grupo TMR12 de 08:00 a 19:30h. El resto del día permanecían en la estabulación. Durante el período de muestreo se registró diariamente la producción de leche, tomándose muestras individuales en ambos ordeños, y se registraron los consumos de concentrado y TMR mediante un sistema de registro de consumo y comportamiento alimenticio computarizado. El área de pastoreo se diseñó para una carga ganadera de 2 vacas/ha. El pasto fue muestreado, según la metodología descrita por Martínez (1995), el día anterior a su aprovechamiento y el último día de pastoreo de cada parcela, realizándose un control de producción de forraje así como una toma de muestras para su análisis químico. Se muestreó diariamente las ofertas y rechazos de la ración TMR. El concentrado suplementario fue muestreado una vez en cada periodo. La composición química de los alimentos fue analizada mediante NIRS (FOSS NIRSystem 5000, Silver Spring, MD, USA) y el fraccionamiento de la fibra según Van Soest, (1991).

Con las muestras de leche tomadas de cada animal en los dos ordeños se realizó un *pool* de una única muestra diaria tomando alícuotas proporcionales de ambos ordeños. La composición en proteína, grasa, lactosa y urea de las muestras de leche se determinó en el Laboratorio Interprofesional Lácteo y Agroalimentario de Asturias (LILA) mediante MilkoScan FT6000. Los ácidos grasos de la leche fueron extraídos y analizados tras su metilación según la metodología descrita por Sukhija y Palmquist (1988) mediante cromatografía de gases-masas (Varian Star 3400 CX).

El tratamiento de los datos se llevó a cabo mediante análisis de varianza tomando como factores principales el número de parto y el tiempo de pastoreo con la ayuda del SAS (1999).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición de la ración TMR, los concentrados de suplementación y la composición media de las praderas pastadas se detalla en la tabla 1.

**Tabla 1.** Composición química (en porcentaje de materia seca) de la ración TMR, los concentrados de suplementación y de las praderas pastadas

	TMR	Concentrados		Forraje
		A	B	
MS (%)	50,9	88,7	88,5	16,3
MO	90,8	92,4	91,3	89,4
PB	15,2	22,2	18,1	19,8
ELN	50,2	62,5	61,7	45,9
CNF	28,9	51,9	50,6	26,9
FND	40,1	14,5	18,7	38,8
FAD	24,4	5,5	9,2	19,8
EE	4,5	4,4	4,5	—
Ca	0,8	0,5	0,5	0,9
P	0,3	1,5	0,8	0,4
ENL (Mcal kg <sup>-1</sup> MS)	1,92	1,94	1,91	1,71

MS: Materia Seca; MO: Materia Orgánica; PB: Proteína Bruta; ELN: Extractos Libres de Nitrógeno; CNF: Carbohidratos No Fibrosos; FND: Fibra Neutra Detergente; FAD: Fibra Ácido Detergente; EE: Extracto Etéreo; Ca: Calcio; P: Fósforo; ENL: Energía Neta de Lactación.

En la tabla 2 se muestran los consumos de TMR y concentrados registrados. Como era previsible, la oferta de pasto redujo el consumo de TMR por un efecto de sustitución, disminuyendo su consumo conforme se incrementa el número de horas de oferta. Estas diferencias fueron más acusadas en el grupo de primíparas, donde los animales de los tratamientos TMR06 y TMR12 redujeron el consumo de TMR en un 33 y 53%, respectivamente, mientras que en las múltiparas la reducción fue del 14 y 35%. El consumo de concentrado suplementario fue significativamente inferior en las hembras primíparas (2,27 vs 3,65 kg d<sup>-1</sup> para primíparas y múltiparas respectivamente,  $P < 0,001$ ) en consonancia a su inferior producción de leche. Asumiendo que la tasa de sustitución para henos y silos de hierba o maíz (Muller *et al.*, 1998) y para la TMR (Argamentaría *et al.*, 2006) es 1:1 para el pasto, se estima que las novillas de primer parto en los tratamientos TMR06 y TMR12 consumieron 6,7 y 10,7 kg MS de hierba al día respectivamente, mientras que las múltiparas consumieron 2,8 y 7,0 kg MS de hierba al día. Soriano *et al.* (2001) estimaron que entre el 65,8 y el 76,3% de la MS total ingerida proviene de la TMR cuando los animales tienen acceso a ella durante 12 horas y el resto del día permanecen en el pasto.

**Tabla 2.** Valores de consumo de TMR y Concentrado (kgMS d<sup>-1</sup>) de animales sometidos a diferentes tiempos de pastoreo

	Primíparas			Múltiparas			e.e.	Significación		
	TMRO0	TMR06	TMR12	TMRO0	TMR06	TMR12		Parto	Pasto	Parto*Pasto
TMR	20,3	13,6	9,6	20,2	17,4	13,2	0,25	***	***	**
Concentrado	2,2	2,3	2,3	3,7	3,7	3,7	0,04	***	NS	NS
TOTAL	22,5	15,9	12,0	23,9	21,0	16,9	0,24	***	***	**

\*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001; NS: No significativo (P>0,05)

En la tabla 3 se muestran los resultados de producción y composición de la leche. Como era de esperar, la producción de las hembras primíparas fue significativamente inferior que en las múltiparas (29,07 vs 36,27 kg d<sup>-1</sup>, P<0,001). Así mismo, la producción de leche con el tratamiento TMR12 fue inferior en ambos grupos de edad, apreciándose diferencias significativas con los otros dos tratamientos en las hembras primíparas. En el grupo de vacas múltiparas sólo se apreciaron diferencias entre los tratamientos TMR12 y TMR06. Las diferencias en la producción de leche pueden estar relacionadas con los distintos requerimientos de energía para mantenimiento en relación con la actividad para desplazarse al pasto (Bargo *et al.*, 2002). A pesar de producir menos leche, la proporción de grasa es más baja en las primíparas que en las múltiparas (34,3 vs 40,1 g kg<sup>-1</sup> respectivamente, P<0,001), ahora bien la depresión grasa de las primíparas se produce, fundamentalmente, con los tratamientos TMR06 y TMR12. Este menor porcentaje de grasa puede estar relacionado con un alto contenido en fibra muy digestible en los pastos de buena calidad (NRC, 2001). La proporción de proteína en leche no se vio afectada por los tratamientos estudiados, aunque si lo fue por el tipo de parto, con un valor de proteína mayor en las primíparas (30,7 g kg<sup>-1</sup>) que en las múltiparas (30,2 g kg<sup>-1</sup>; P<0,01). Esta diferencia viene motivada por la interacción observada en este parámetro, ya que el tratamiento TMR06 induce a una mayor proporción de proteína en las hembras primíparas mientras que en las múltiparas evoluciona en sentido contrario respecto al resto de tratamientos. Las vacas primíparas excretaron una inferior cantidad de urea en leche que las múltiparas (242 vs 275 mg kg<sup>-1</sup> P<0,001).

**Tabla 3.** Producción láctea (kg d<sup>-1</sup>) y componentes de la leche de vacas (g kg<sup>-1</sup>) sometidas a diferentes tiempos de pastoreo

	Primíparas			Múltiparas			e.e.	Significación		
	TMRO0	TMR06	TMR12	TMRO0	TMR06	TMR12		Parto	Pasto	Parto*Pasto
Producción	29,7	29,8	27,7	36,1	37,4	35,3	0,28	***	*	NS
Componentes										
Grasa	36,7	33,0	33,2	39,3	42,7	38,3	0,30	***	**	***
Proteína	30,3	31,3	30,5	30,1	29,8	30,7	0,10	**	NS	**
Lactosa	51,1	48,5	50,1	50,6	50,2	50,6	0,20	NS	*	*
Urea (mg kg <sup>-1</sup> )	236	260	229	266	285	275	15,7	***	***	*

\* p<0,05; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001; NS: No significativo (P>0,05)

En la tabla 4 se muestran los perfiles de la grasa de la leche de los animales según su tratamiento experimental y número de parto. La grasa de la leche de las primíparas presenta un contenido significativamente inferior de ácidos grasos de cadena corta (<C14:0) que las hembras múltiparas (5,37 vs 13,30 g 100g<sup>-1</sup> AG, respectivamente, P<0,05). No se encontraron diferencias debidas al



número de parto en los ácidos grasos de cadena media, aunque se observa un acusado descenso de éstos en las multíparas en el tratamiento TMR12, hecho que no se observa en las primíparas. Éstas presentaron una proporción de C18:1 significativamente superior que las hembras multíparas, no estando este ácido graso influenciado por el tratamiento experimental. El contenido en C18:2c9t11 no se ve afectado ni por el tratamiento experimental ni por el número de parto, aunque tiende a incrementarse en las primíparas conforme se incrementa el tiempo de pastoreo mientras que en las multíparas evoluciona en sentido contrario. El ácido graso predominante en el forraje verde es el C18:3 (Elgersma *et al.*, 2006), cuando no se consume pasto resulta en una reducción en su ingestión, lo que explicaría la baja concentración de C18:1 en las primíparas sin pastoreo, intermedio en la biohidrogenación ruminal de C18:2 y C18:3 (Bauman *et al.*, 2001). Stanton *et al.* (1997) observaron que la disminución en el consumo de pasto conlleva a una depresión de CLA en la grasa de la leche. Ahora bien, Moate *et al.* (2007) revisando 29 publicaciones que comparan dietas TMR versus sistemas basados en el pastoreo observaron que la media del contenido de C18:2 c9t11 disminuye en vacas alimentadas con pasto mientras que el total de isómeros del CLA aumenta, aunque en ningún caso observan diferencias significativas.

**Table 4.** Concentración de ácidos grasos (g 100g<sup>-1</sup> AG) en grasa de leche

	Primíparas			Multíparas			e.e.	Significación		
	TMR00	TMR06	TMR12	TMR00	TMR06	TMR12		Parto	Pasto	Parto*Pasto
Cadena corta	6,07	5,88	4,16	15,38	12,91	11,62	1,148	*	NS	NS
Cadena media	42,6	41,07	41,54	54,67	45,39	30,94	1,178	NS	*	*
C18:0	12,28	12,17	10,87	14,20	12,68	13,59	0,869	NS	NS	NS
C18:1	6,92	9,35	9,01	3,49	2,16	2,82	0,245	***	NS	*
C18:2cis9trans11	11,37	1,42	1,71	1,92	1,58	0,83	0,042	NS	NS	*
Cadena larga	33,58	33,03	31,86	45,75	26,59	42,17	1,403	NS	NS	NS

\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $P < 0,001$ ; NS: No significativo ( $P > 0,05$ )

## CONCLUSIONES

El suplemento de hasta 6 horas de pastoreo no repercute en un descenso en la producción de leche. El consumo de pasto por hembras de primer parto disminuye la proporción de grasa de la leche, aunque se observa una mayor concentración de C18:1 y una tendencia a incrementar el C18:2 c9t11 CLA. Las vacas primíparas presentan una concentración de ácidos de cadena corta inferior a las multíparas independientemente del consumo de .pasto. La composición de la dieta puede contribuir significativamente a la calidad de la leche, sin embargo otros factores como el número de lactación y la variabilidad individual pueden influir en la misma.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado gracias a la financiación de los proyectos FICYT PC06-006 e INIA RTA 2007-0058-C02. La estancia y estudios de doctorado de Ernesto Morales-Almaráz están financiados por CONACYT-México. Los autores agradecen al personal del Laboratorio de Nutrición Animal y de la Unidad de Leche por su colaboración.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARGAMENTERÍA, A.; VICENTE, F.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; CUETO, M.A.; DE LA ROZA DELGADO, B. 2006. Influence of partial Total Mixed Rations amount on the grass voluntary intake by dairy cows. *Grassland Science in Europe*. 11: 161-163.
- BARGO, F.; MULLER L, D.; DELAHOY J. E.; CASSIDY, T.W. 2002. Performance of High Producing Dairy Cows with Three Different Feeding Systems Combining Pasture and Total Mixed Rations. *Journal of Dairy Science*. 85: 2948-2963.
- BARGO, F.; MULLER L, D.; KOLVER, E. S.; DELAHOY J. E. 2003. Invited Review: Production and digestión of supplemented dairy cows on pasture. *Journal of Dairy Science*. 86: 1-42.
- BAUMAN, D.E.; CORL B, A.; BAUMGARD, L.H.; GRIINARI, J.M. 2001. Conjugated linoleic acid (CLA) and the dietary cow. En: *Recent Advances in Animal Nutrition*. 221-250. Ed: P.C. GARNSWORTHY, J. WISEMAN. Nottingham University Press. Nottingham (UK).
- ELGERSMA, A.; ELLEN, G.; VAN DER HORST, H.; BOER, H.; DEKKER, P. R.; TAMMINGA, S. 2006. Quick changes in milk fat composition from cows after transition from fresh grass to a silage diet. *Animal Feed Science and Technology*, 1117: 13-23.
- KHANAL, R.C.; DHIMAN, T.R.; URE, A.L.; BRENNAND, C.P.; BOMAN, R.L.; MACMAHON, D.J. 2005. Consumer acceptability of conjugated linoleic acid-enriched milk and cheddar cheese from cows grazing on pasture. *Journal of Dairy Science*. 88: 1837-1847.
- KOLVER, E. S.; MULLER, L.D. 1998. Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*. 81: 1403-1411.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A. 1995. Determinaciones analíticas para el conocimiento del valor nutritivo de un alimento. Importancia de la preparación de la muestra para su análisis. Nuevas tendencias. En: *Pastos y productos ganaderos*, 37-59. Ed: E.A. CHINEA; E. BARQUÍN. Universidad de La Laguna. Tenerife (España).
- MOATE, P.J.; CHALUPA, W.; BOSTON, R.C.; LEAN, I.J. 2007. Milk fatty acids. I. Variation in the concentration of individual fatty acids in bovine milk. *Journal of Dairy Science*. 90: 4730-4739.
- MULLER, L.D.; HOFFMAN, K.; HOLDEN, L.A.; CHASE, L.E.; FOX, D.G. 1998. Nutrition of grazing dairy cattle. En: *Grazing in the northeast* 51-74. Ed. NARES- 113. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Cooperative Extension, Ithaca, NY (USA).
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Seventh Revised Edition, National Academic Press, Washington, DC, (USA).
- SAS (1999). SAS (Statistical Analysis System) Institute, SAS/STAT<sup>TM</sup>. user's guide., SAS Institute, Inc. 10. Carry, NC.
- STANTON, C.; LAWLESS, F.; KJELLMER, G.; HARRINGTON, D.; DEVERY, R.; CONNOLLY, J.F.; MURPHY, J. 1997. Dietary influences on bovine milk cis-9, trans-11 Conjugated Linoleic, Acid content. *Journal of Food Science* 62: 1083-1086.
- SORIANO, F.D.; POLAN, C. E.; MILLER C. N. 2001. Supplementing Pasture to Lactating Holsteins Fed a Total Mixed Ration Diet. *Journal of Dairy Science*. 84: 2460-2468.
- SUKHIJA, P.S.; PALMQUIST, D.L. 1988. Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. *Journal Agricultural Food Chemistry* 36: 1202-1206.

- THOM, E.; WADSTEIN, J.; GUDMUNDSEN, O. 2001. Conjugated Linoleic Acid Reduces Body Fat in Healthy Exercising Humans. *Journal of International Medical Research*, 29:392-396.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. 1991. Methods of dietary neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3597.

## EFFECT OF CALVING NUMBER ON MILK FATTY ACID COMPOSITION

### SUMMARY

The purpose of this paper was to evaluate the influence of calving number on quality of milk from dairy cows receiving a total mixed ration (TMR) without grazing (TMRO0) or combined with access to grazing for 6 hours (TMR06) or 12 hours (TMR12) after morning milking. Trials were conducted on three experimental periods of twenty-one days each one, with fifteen cows, nine multiparous and six primiparous, divided on three groups of five animals consisting of 2 primiparous and 3 multiparous respectively.

In the preliminary results can be seen that with 6 hours of grazing not reduce the milk production, although reduce the fat milk content in primiparous cows. The multiparous cows have a higher TMR intake (16.93 vs. 14.51 kg DM d<sup>-1</sup>) and milk production (36.27 vs. 29.07 kg d<sup>-1</sup>) that primiparous cows with a higher fat milk content (40.1 vs. 34.3 g kg<sup>-1</sup>). However, primiparous cows showed a higher level of C18:1 and lower short-chain fatty acids.

The diet composition can contribute to milk quality significantly, but other factors such as lactation number and individual variability could have influence.

**Key words:** total mixed ration (TMR), grass, CLA, milk quality



## EFFECTO DE LA CARGA GANADERA Y DE LA SUPLEMENTACIÓN EN PASTOREO SOBRE LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE LECHE

A.I. ROCA FERNANDEZ, A. GONZALEZ RODRIGUEZ Y O.P. VAZQUEZ YAÑEZ

**Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). INGACAL. Xunta de Galicia. Dpto. Producción Animal. Apdo. 10 – 15080 A Coruña. [anairf@ciam.es](mailto:anairf@ciam.es)**

### RESUMEN

Se estudió el efecto de la carga ganadera sobre la producción de leche en cuatro rebaños durante el pastoreo de primavera: dos con partos de primavera (A1 y A2) y otros dos con partos de otoño (B1 y B2). Uno a baja carga (1) y otro a alta carga ganadera (2).

Se determinó la producción y calidad de la leche de todas las vacas junto con la producción, calidad y utilización de las praderas en pastoreo independiente.

Se realizó un manejo del pasto con una elevada oferta por animal para conseguir altas tasas de ingestión por vaca y una buena utilización que mejore la calidad del pasto.

La alta presión de pastoreo en primavera hizo descender el consumo de pasto por vaca e incrementar el porcentaje de utilización de la pradera. Esta menor ingestión, fue compensada por una mayor calidad del pasto, con un consumo final de materia seca y de nutrientes por vaca suficiente para mantener alta producción de leche.

Se recomienda el incremento de la presión de pastoreo cuando suplementamos con concentrado en primavera para lograr un uso restrictivo, teniendo en cuenta que se mejora la calidad del pasto ingerido y se pueden disminuir los efectos sustitutivos del concentrado.

**Palabras clave:** curva de lactación, manejo del pasto, silo, concentrado, rotación.

### INTRODUCCIÓN

El manejo de sistemas sostenibles de producción de leche debe basarse en un uso racional de los recursos existentes en la propia explotación. Los pastos en Galicia representan el 12% de su superficie total y el 44% de su superficie agraria útil y, de ellos, sólo el 37% son praderas. El uso mayoritario al que se las destina es ensilado, con importantes pérdidas físicas y de calidad (González *et al.*, 2007). El pastoreo logra una eficiente utilización de la biomasa fresca, consiguiendo altas producciones de leche con un aporte mínimo de concentrado en momentos críticos de la lactación (De Bonis y González, 2001). Estos sistemas aportan gran competitividad y ayudan a conservar el paisaje rural (Peyraud y González, 2000).

El conocimiento de la composición nutritiva del pasto es un parámetro de gran relevancia para determinar la respuesta productiva en pastoreo (Vázquez *et al.*, 2004).

La ingestión de nutrientes en pastoreo está determinada por varios factores: unos asociados a las características de los animales (peso vivo, producción de leche y condición corporal) y otros

definidos por el nivel y tipo de suplementación, la disponibilidad y calidad del pasto. Al mismo tiempo, el manejo del pastoreo implica un efecto sobre el pasto en oferta debido a que su desarrollo depende de factores tales como el nivel de defoliación, pisoteo del ganado, distribución de las deyecciones y selección del pasto (Vázquez y Smith, 2000).

Una alta oferta de pasto por vaca y superficie, aumenta la ingestión, pero origina una infrutilización de la biomasa y una consiguiente pérdida de calidad. El uso racional del concentrado es muy útil durante la época de pastoreo y la relación pasto-animal tiene una importancia muy superior a la producción de MS total de la biomasa (González *et al.*, 2002).

La suplementación en pastoreo tiene como principal objetivo aumentar la producción de leche a través de un incremento de la cabaña ganadera, mantener e incluso mejorar el estado corporal de los animales en épocas de limitado crecimiento del pasto, aumentar la persistencia de la lactación y aumentar el contenido de proteína en leche (Salcedo, 2000).

El comportamiento al incremento de concentrado es distinto según la producción de la vaca. Si la biomasa disponible es de buena calidad, capaz de aportar los nutrientes necesarios, el efecto del concentrado es pequeño o nulo, la vaca lo ingiere en sustitución de la biomasa, sin mejorar ninguno de los parámetros de respuesta en leche (Peyraud y González, 2000).

La carga ganadera, como factor importante del manejo, va a determinar la evolución de la composición botánica a través de los parámetros de intensidad y tiempo de reposo de las parcelas (Frame, 1990). La capacidad de selección del animal afectará a estas relaciones ya que cuanto menor sea la intensidad de pastoreo, mayor será la capacidad de selección del pasto que tendrá el animal (Bartholomew *et al.*, 1981; Frame y Newbould, 1984).

Es crítico el establecimiento de una carga ganadera que permita una alta utilización del pasto y mantener un pasto de calidad, que cubra la mayor parte de las necesidades nutritivas en cantidad y duración de la lactación, aún recurriendo al pastoreo con otro ganado o corte de los rechazos (González *et al.*, 2002; González Rodríguez, 2003; Vázquez Yáñez *et al.*, 2006).

El objetivo de este trabajo consistió en estudiar la respuesta en producción, calidad e ingestión del pasto y composición química de la leche en cuatro rebaños de vacas frisonas, con dos épocas de partos a dos presiones de pastoreo diferentes. Se trata de detectar los posibles beneficios que puede acarrear el aumento de la carga ganadera durante el pastoreo de primavera de vacas en distintos picos de lactación y con dosis mínimas de concentrado.

## MATERIAL Y METODOS

Durante la primavera-verano del 2007 se realizó un ensayo con 72 vacas Holstein Friesian, agrupadas en cuatro rebaños diferentes: 44 con partos de primavera, mitad febrero 2007, en dos grupos (A1 y A2), y 28 con partos de otoño, finales octubre 2006, en otros dos grupos (B1 y B2). Cada fecha de partos tenía dos cargas ganaderas: baja (1) y alta (2).

Los niveles de suplementación se adaptaron a su diferente curva de lactación: los partos de primavera con 3,2 kg/vaca de concentrado y 1,1 kg/vaca de MS de silo, para las dos cargas, mientras que los partos de otoño recibieron 1,3 y 1,7 kg MS/vaca, respectivamente.

La fecha media de partos y la producción de las dos semanas previas, fueron los criterios establecidos para formar los grupos (Roca *et al.*, 2008). El ensayo se inició a mediados de marzo imponiendo las cargas ganaderas medias descritas en la tabla 1. Las superficies de pastoreo están adaptadas al número de animales en cada grupo para que los cuatro grupos pasten un nuevo bloque casi al mismo tiempo (pastoreo en bandas).

**Tabla 1.** Manejo de los rebaños en pastoreo rotacional: partos primavera 2007 (A1, baja carga y A2, alta carga) y partos otoño 2006 (B1, baja carga y B2, alta carga)

TRATAMIENTOS	A1	A2	B1	B2
Carga ganadera (vacas/ha)	4,3	5,7	3,6	4,2
Número de rotaciones	4	5	4	5
Longitud de rotación (días)	32	26	31	28
Alturas pre-pastoreo (cm)	17	15	16	14
Producción inicial leche (kg/vaca)	29,4	31	27,2	26,5

**Determinaciones:** Cada grupo pastoreó áreas independientes de praderas de raigrás inglés y trébol blanco. Se trató de maximizar la ingestión de MS, intentando alcanzar altos niveles en oferta en cada rotación, para conseguir buenas respuestas individuales por animal.

El manejo en pastoreo fue similar según las mediciones de altura de hierba en oferta, 15 cm en pre-, y 5 cm en post-pastoreo, siendo algo superiores, no significativamente, en la baja carga que en la alta. La ingestión de pasto se determinó por diferencia en corte directo de 5 cuadrados de 0,33 m de lado a 4 cm del suelo, de muestras pre- y post-pastoreo. Se determinó la materia seca y se realizó la separación botánica de las principales especies (gramíneas, leguminosas y otras), así como del material senescente de las muestras pre-pastoreo. La calidad del pasto en oferta se determinó por análisis mediante NIRS.

Se registraron además las producciones diarias de leche de los rebaños de vacas en ensayo y se analizó su calidad (grasa, proteína y urea) en muestras recogidas semanalmente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Producción y calidad de la leche:** Las producciones medias de leche por vaca durante la primavera-verano del 2007 fueron similares para los grupos de partos de primavera (A1 y A2 con 24,6 y 25,5 kg/vaca) y en los partos de otoño fue algo mayor en la baja carga (B1) que en la alta (B2), con 20 y 18,6 kg/vaca, respectivamente, sin que esta diferencia fuera significativa. Estas diferencias obtenidas vendrían motivadas por la diferente ingestión de pasto sobre todo en los grupos de otoño, dado que los consumos de silo y de concentrado resultaron iguales para las dos cargas dentro de cada época de partos.

Un uso racional del concentrado puede resultar útil durante la época de pastoreo de primavera-verano para elevar la producción de leche por vaca y mantener unos altos niveles de producción en la explotación. En ocasiones el uso del concentrado en pastoreo puede llegar a provocar un efecto sustitutivo del pasto, si éste es suficiente y de calidad.

Considerando la producción por unidad de superficie, con un aumento de carga del 23% en las vacas de primavera se incrementó su producción por ha en un 7% para el período ensayado lo que supone entregar unos 4900 L más de leche al mercado. Sin embargo, en los grupos con partos de otoño el aumento de carga del 14% tiene como resultado un aumento en la producción de tan sólo 310 L/ha, un 1% más de leche, también para la carga alta, al ser penalizadas las ingestiones de pasto en la carga baja.

Las respuestas mejoran cuando incrementamos la carga ganadera, por restringir la oferta de pasto, o cuando hacemos descender la altura del pasto al entrar las vacas a pastar, en estos casos la tasa de sustitución es baja, y supone un uso positivo del concentrado (Wilkins *et al.* 1995; Peyraud y González, 2000; González Rodríguez, 2003).

Los niveles de urea en leche fueron normales, al mantenerse dentro de los límites de 150 a 300 mg/kg, en todos los grupos, detectándose algunos déficit que gracias a un reajuste del equilibrio energía-proteína de la ración, han podido ser corregidos (Roca *et al.*, 2008).

El contenido medio de grasa en leche también se encontró dentro de los márgenes normales en los diferentes grupos en ensayo, alrededor del 3,8%. Sin embargo, el contenido medio de proteína en leche resultó ser superior en los grupos de partos de otoño (3,1%), al producir éstos menos leche, que en los grupos de primavera (2,9%) y tener ambos una buena alimentación en base al aprovechamiento efectivo del pasto disponible.

**Producción, ingestión y calidad del pasto:** Las producciones medias de pasto de las diferentes áreas de pastoreo fueron similares para los cuatro rebaños observándose una cierta tendencia a una mayor producción en las praderas pastadas por los rebaños de primavera que por los de otoño. Los grupos de baja carga parecen tener mayores residuos de pasto que los de alta carga por el efecto de la presión de pastoreo. La producción de pasto experimentó una disminución sustancial a medida que avanzábamos hacia el período de sequía.

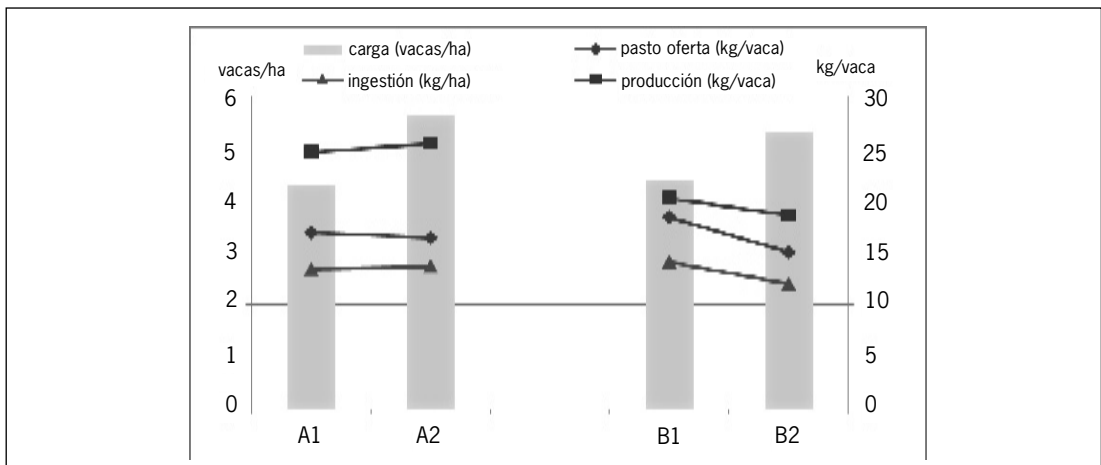
Los porcentajes de utilización del pasto en oferta fueron altos (de un 82% en la carga alta y de un 78% en la baja, sin diferencias significativas entre ambas).

Un nivel alto de utilización de la pradera trajo consigo un incremento de las especies deseadas (raigrás inglés y trébol blanco) y una reducción de las invasoras (principalmente plantagos) y de la materia muerta existente. Los altos contenidos en leguminosas y la baja presencia de material senescente están relacionados con el aumento en la calidad del pasto puesto que ambos parámetros influyen positivamente en la producción del ganado lechero.

En un trabajo anterior, Vázquez Yáñez *et al.* (2006) encontraron que el aumento de la superficie diaria en oferta tenía como consecuencia una mayor disponibilidad de forraje y, por consiguiente, más consumo de pasto. Es importante señalar que, como vuelve a suceder en el presente trabajo, al incrementar la carga aumentó la utilización del pasto, paralelamente a su disponibilidad, y disminuyó la utilización del pasto al incrementar la dosis de concentrado.

En la figura 1 se muestra la posibilidad de aumentar la presión de pastoreo, mejorando la calidad del forraje producido, sin con ello penalizar la producción de leche por vaca. El porcentaje de materia seca del pasto presentó una importante variación desde marzo con un 15% a julio con un 24%, con un valor medio del 20% durante toda la primavera.

**Figura 1.** Carga ganadera (vacas/ha), pasto en oferta e ingestión (kg/vaca) y producción de leche (kg/vaca): partos primavera (A) y otoño (B) a dos cargas, 1: baja y 2: alta





En la tabla 2 se puede observar que la calidad del pasto en oferta para los cuatro rebaños resultó ser muy similar. Los contenidos en M.O. de las parcelas pastadas fueron del orden del 90%. Los contenidos en proteína fueron más elevados en las muestras de pasto ofertadas a los grupos con alta carga que en los de baja carga al contrario de lo que sucede con el contenido en fibras no resultando estas diferencias significativas. La proteína del pasto se encuentra dentro de los márgenes normales y acorde con las necesidades nutricionales de los cuatro rebaños, debido a los requerimientos de N que tienen los microorganismos del rumen. Según Peyraud y González (2000) cuando el contenido medio en proteína baja del 13%, por cada unidad de porcentaje menos, la ingestión desciende hasta 0,3 kg M.O. de pasto. Los azúcares oscilaron en un estrecho margen de valores (14,2% del B2 a 16,8% del A2). La digestibilidad de la materia orgánica in vivo e in vitro fue más elevada, sin ser significativa a un nivel de confianza del 95%, en los grupos con alta carga que en los de baja.

**Tabla 2.** Calidad del pasto en oferta (medida NIRS): partos primavera 2007 (A1, baja carga y A2, alta carga) y partos otoño 2006 (B1, baja carga y B2, alta carga)

CALIDAD PASTO (%)	M.O.	P.B.	A.D.F.	N.D.F.	C.S.A.	O.M.D.	I.V.O.M.D.
A1	90,8	12,7	30,9	53,7	15,6	71,7	75,7
A2	90,6	13,9	29,1	51,8	16,8	73,5	78,7
B1	90,6	13,8	30,1	53,8	15,2	72,6	76,6
B2	90,2	15,4	29,6	52,8	14,2	72,9	76,7

M.O.= Materia orgánica; P.B.= Proteína bruta; A.D.F.= Fibra ácido detergente; N.D.F.= Fibra neutro detergente; C.S.A.= Carbohidratos solubles en agua; O.M.D.= Digestibilidad de la materia orgánica in vivo; I.V.O.M.D.= Digestibilidad de la materia orgánica in vitro.

## CONCLUSIONES

El incremento de la carga ganadera, con vacas de partos de primavera y de otoño, consiguió unos altos niveles de utilización del pasto y alcanzó una mayor calidad del pasto en oferta. La mayor presión de pastoreo en primavera en los grupos con alta carga provocó un menor consumo de pasto por vaca. Sin embargo, esta menor ingestión fue compensada por una mayor calidad del mismo y a pesar del menor consumo total de materia seca se logró mantener una alta producción individual de leche durante todo el período ensayado.

Un uso del concentrado en pastoreo de primavera puede resultar útil no sólo para mantener unos altos niveles de producción de leche sino para la posibilidad de incrementar la cabaña ganadera. Esto ayudaría a disminuir el efecto sustitutivo del pasto por el concentrado que se suele suministrar en esa época. Es posible y recomendable aumentar la carga ganadera de las explotaciones lecheras gallegas para conseguir una mejor utilización del pasto y una mayor calidad de la biomasa producida, sin penalizar la producción por vaca. Se recomienda esta práctica muy adecuada para aplicar en los sistemas sostenibles de producción de leche.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se llevó a cabo en el marco del proyecto de investigación RTA2005-00204-00-00 financiado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agroalimentarias (INIA).

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BARTHOLOMEW, P.W.; MCLAUCHLAN, W.; CHESTNUTT, D.M.B., 1981. An assessment of the influence on net herbage accumulation, herbage consumption and individual animal performance of two lengths of grazing rotation and three herbage allowances for grazing beef cattle. *J. Agr. Sci.*, 96: 363-373.
- DE BONIS FERNANDEZ, E.; GONZALEZ RODRIGUEZ, A., 2001. Importancia y caracterización del forraje en un sistema de producción de leche en pastoreo en Galicia. *Actas XLI Reunión S.E.E.P.* Alicante, 215-220.
- FRAME, J.; NEWBOULD, P., 1984. Herbage production from grass/white clover swards. *Occ. Symp. Brit. Grassld. Soc.*, 16: 15-35.
- FRAME, J., 1990. Exploiting grass/white clover swards. *I. Agronomy*. Training course at Koldkaergard. Landboskle, Arhus, Denmark, 1-25.
- GONZALEZ RODRIGUEZ, A., 2002. Manejo del rebaño para la producción de leche en pastoreo. En: "Producción de pastos, forrajes y céspedes". Ed. C. Chocarro, F. Santiveri, R. Fanlo, I. Bovet, J. Lloveras. Universidad de Lleida. España, 527-532.
- GONZALEZ RODRIGUEZ, A., 2003. Low input grazing system for dairy production in northwest Spain. In: Kirilov, A.; Todorov, N.; Katerov, I. (Eds.). "Optimal forage systems for animal production and the environment". *Grassland Science in Europe*, 8: 491-494.
- GONZALEZ RODRIGUEZ, A.; VAZQUEZ YAÑEZ, O.P.; LOPEZ DIAZ, J., 2007. Presión de pastoreo y concentrado en la producción eficiente de leche en zonas húmedas. *Actas XLVI Reunión Científica de la S.E.E.P.* Vitoria, 445-451.
- PEYRAUD, J.L.; GONZALEZ RODRIGUEZ, A., 2000. Relations between grass production, supplementation and intake in grazing dairy cows. In: Soegaard, K.; Ohlson, C.; Sehested, J.; Hutchings, N. J.; Kristensen, T. (Eds.). "Grassland Farming. Balancing environmental and economic demands" *Grassland Science in Europe*, 5: 269-282.
- ROCA FERNANDEZ A.I.; GONZALEZ RODRIGUEZ A.; VAZQUEZ YAÑEZ O.P., 2008 Detección de la urea en leche como parámetro indicador de la ración de vacas en pastoreo y con ensilado. *Actas XLVII Reunión S.E.E.P.* Córdoba. (en esta misma Reunión).
- SALCEDO DIAZ, G., 2000. El pasto en la alimentación de vacas lecheras. *Congreso Internacional de Medicina Bovina*. Santiago de Compostela, 92-109.
- VAZQUEZ, O.P.; SMITH, T.R., 2000. Factors Affecting Pasture Intake and Total Dry Matter Intake in Grazing Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 83: 2301-2309.
- VAZQUEZ YAÑEZ, O.P.; GONZALEZ RODRIGUEZ, A.; LOPEZ DIAZ, J., 2004. Efectos del pastoreo rotacional con vacas lecheras sobre la variación de la composición nutritiva del pasto entre rotaciones. *Actas XLIV Reunión Científica de la S.E.E.P.* Salamanca, 249-253.
- VAZQUEZ YAÑEZ, O.P.; GONZALEZ RODRIGUEZ, A.; LOPEZ DIAZ, J., 2006. Concentrate supplementation effects on dairy cows grazing pastures during spring. In: Lloveras, J.; González Rodríguez, A.; Vázquez Yáñez, O.P.; Piñeiro, J.; Santamaría, O.; Olea, L. y Poblaciones, M.J. "Sustainable grassland productivity" *Grassland Science in Europe*, 11: 194-196.
- WILKINS, R.J.; GIBB, M.J.; HUCKLE, C.A., 1995. Lactation performance of spring-calving dairy cows grazing mixed perennial ryegrass/white clover swards of differing composition and height. *Grass and Forage Science*, 50: 199-208.

---

## EFFECT OF GRAZING PRESSURE AND SUPPLEMENTATION FOR A SUSTAINABLE MILK PRODUCTION IN DAIRY COWS

### SUMMARY

Two systems of milk production were studied (high and low grazing pressure), based on the use of farm resources, in four herds of cows with different lactation state: two with spring-calving (A1 and A2) and two with autumn-calving (B1 and B2).

Milk yield and quality was analyzed together with pasture production, quality and percentage of use for each group. Special care was taken in grazing management to get high intake per animal and high use of grass, trying to improve grass quality.

An increase in grazing pressure during spring in two groups (A2 and B2) causes a decrease grass intake per cow and an increase in the percentage of use grass. This lower intake was compensated with a higher grass quality, with a total dry matter intake of nutrients enough to maintain high milk production per cow.

Increasing the grazing pressure is recommended when a restrictive use of concentrate is made under grazing conditions in dairy cows. Management is very important to maximise the grass intake and for improving the quality of grass, in order to reduce the substitutive effects of concentrate and maintain a high milk production in the grazing systems.

**Key words:** lactation curve, pasture management, silage, concentrate, rotation.



## EFFECTO DEL ACABADO Y DEL PESO AL SACRIFICIO EN LA CARNE DE TERNEROS ALIMENTADOS CON DE ENSILADO DE PRADERA

J. ZEA SALGUEIRO Y M<sup>a</sup> D. DÍAZ DÍAZ

**Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. Apartado Correos 10. 15008 A Coruña. Correo-e: [jaimе.zea.salgueiro@xunta.es](mailto:jaimе.zea.salgueiro@xunta.es), [dolores.diaz.diaz@xunta.es](mailto:dolores.diaz.diaz@xunta.es)**

### RESUMEN

Se comparan los efectos de distintos acabados (45 o 90 días con 5 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.

Únicamente se observan variaciones en el veteado y en el contenido en grasa, que aumentan con el acabado con pienso a voluntad y con el peso de sacrificio. Los ácidos grasos saturados (SFA) y los omega-6 aumentan mientras que los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) y los omega-3 disminuyen con los acabados, tanto con 5 kg de pienso como con pienso a voluntad y con acabados de 45 o 90 días (en el caso de los omega-6, sólo significativamente si el acabado se hace con pienso a voluntad. El peso de sacrificio no los modifica.

**Palabras clave:** ácidos grasos, índices nutricionales.

### INTRODUCCIÓN

En los animales alimentados a base de forrajes se recomiendan acabados con pienso para mejorar la conformación y el engrasamiento. Por otra parte, un mayor peso al sacrificio mejora igualmente la conformación y el engrasamiento. Por ello, a veces el efecto del acabado se confunde el peso al sacrificio. Al aumentar la grasa, tanto con los acabados como con el aumento del peso de sacrificio, las características de la carne se pueden ver afectadas.

Para dilucidar qué efectos se deben a los acabados y cuáles al aumento del peso de sacrificio, se realizaron tres experimentos: dos de acabado, con más o menos pienso, sacrificando al mismo peso. Otro de aumento del peso de sacrificio, en animales alimentados con ensilado de pradera y cantidades limitadas de pienso.

### 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 5 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 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 (Tabla

1). Los terneros recibieron ensilado a voluntad (9,39 MJ de EM/kg MS y 11,46% de PB en los experimentos 1 y 2 y 8,84 MJ de EM/kg MS y 11,07% de PB en el 3) y 1,5 kg de pienso hasta que alcanzaron 270 kg de peso, luego, hasta el sacrificio o hasta el inicio del acabado, 2 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 (10 Rubio Gallego, 10 Holstein-Friesian y 10 cruzados de ambos).

**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 5 kg de pienso	45 días con pienso a voluntad	410 kg peso vivo
90 días con 5 kg de pienso	90 días con pienso a voluntad	450 kg peso vivo

(1): siguen con ensilado y 2 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 craneocaudal para obtener las muestras y determinar la capacidad de retención de agua mediante las pérdidas por goteo (en carne cruda), o drip-loss (Offer y Knight, 1988), por cocción (Hamm, 1977) y por presión (método de Wismer-Pedersen (1994) variante de Grau y Hamm (1953) modificado por Sierra (1973)). En las muestras (1x1x5 cm) utilizadas en el cálculo 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 un 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.

En el análisis de los ácidos grasos (FA en mg/100 g de carne) se siguió la norma ISO 5508. La extracción de la grasa se realizó por el método de Blight y Dier (1959) y la mutilación 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) como 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); ácidos grasos poliinsaturados de la serie w-3, suma de los ácidos: C18:3(n-3), C20:3(n-3), C20:5(n-3) y C22:6(n-3); y ácidos grasos poliinsaturados de la serie w-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). Asimismo se determinaron las relaciones PUFA/SFA y w-6/w-3.

Cada experimento se analizó independientemente con el PROC ANOVA del paquete estadístico SAS (SAS Institute, 1985).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ni los acabados ni el aumento del peso de sacrificio afectaron a los índices cromáticos de la carne, pero sí al índice  $b^*$ , de amarillo de la grasa, que aumentó ligeramente cuando lo hizo el peso de sacrificio (Tabla 2). La naturaleza de la alimentación influye poco en los índices cromáticos de la carne (Albertí *et al.*, 1988). Dado el estrecho intervalo de pesos de sacrificio, éstos no deben influir en el color (Cabrero, 1991). Las pérdidas de agua no se vieron afectadas ni por el peso de sacrificio ni por los acabados (Tabla 3). Lo primero se explica por la proximidad de los pesos de sacrificio y lo segundo coincide con los resultados de Albertí *et al.* (1988), que no encontraron diferencias en las pérdidas de agua al alimentar con más o menos concentrado.

El veteado en el *L. thoraci* no varió con el acabado con 5 kg de pienso, pero aumentó con el de pienso a voluntad. El efecto del peso de sacrificio en el veteado es algo mayor que el del acabado. La terneza, la consistencia o el pH no variaron con los acabados o con el peso de sacrificio. Albertí *et al.* (1988) no observaron efectos de la dieta en la terneza o el pH. El que el peso de sacrificio no influya en el pH, es porque el pH sigue una tendencia sigmoideal (Journe y Teisser, 1982) y en la terneza porque en el intervalo considerado es estable (Sañudo, 1993).

El aumento del peso de sacrificio no afectó al nivel de ninguno de los SFA, mientras que el acabado con 5 kg de pienso aumentó el nivel del C20:0 (araquídico) y con concentrado a voluntad el de C14:0 (mirístico), C16:0 (palmítico) y C20:0 (araquídico). De los MUFA, el acabado únicamente modificó el C14:1 (miristoleico). El peso de sacrificio no los modificó.

**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>						
Índice luminosidad L*:						
Acabado con 5 kg de pienso	37,3	37,5	38,0	0,439	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	37,3	37,5	38,3	0,434	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	36,5	36,6	36,3	0,347	NS	No
Índice de rojo a*:						
Acabado con 5 kg de pienso	15,9	15,0	15,0	0,239	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	15,9	15,1	15,1	0,243	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	15,5	15,4	15,7	0,221	NS	No
Índice de amarillo b*:						
Acabado con 5 kg de pienso	8,7	8,6	8,7	0,172	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	8,7	8,6	8,5	0,169	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	7,9	7,9	7,9	0,191	NS	No
<b>Grasa</b>						
Índice luminosidad L*:						
Acabado con 5 kg de pienso	66,7	66,3	66,2	0,541	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	66,7	66,2	66,6	0,530	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	68,8	68,1	67,5	0,652	NS	No

	A <sup>(1)</sup>	B <sup>(2)</sup>	C <sup>(3)</sup>	et	Sign.	Efecto
Índice de rojo a*:						
Acabado con 5 kg de pienso	6,7	6,6	6,4	0,295	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	6,7	6,7	6,5	0,284	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	6,3	6,2	6,6	0,261	NS	No
Índice de amarillo b*:						
Acabado con 5 kg de pienso	12,8	12,5	12,6	0,392	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	12,8	12,4	12,2	0,386	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	11,2 <sup>a</sup>	11,5 <sup>b</sup>	12,3 <sup>b</sup>	0,338	**	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; N.S.: no significativo. En la misma columna cifras con distinto superíndice (letras) son significativamente diferentes.

**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
Pérdidas de agua por goteo:						
Acabado con 5 kg de pienso	1,5	1,5	1,6	0,061	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	1,5	1,7	1,6	0,059	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	1,5	1,6	1,6	0,072	NS	No
Pérdidas de agua por presión:						
Acabado con 5 kg de pienso	23,8	24,2	24,6	0,401	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	23,8	24,4	24,0	0,394	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	24,4	24,5	25,0	0,390	NS	No
Pérdidas de agua por cocción:						
Acabado con 5 kg de pienso	29,5	29,6	29,7	0,562	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	29,5	30,4	30,0	0,552	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	31,1	30,9	31,0	0,999	*	No
Veteado (de 1 a 5)						
Acabado con 5 kg de pienso	1,1	1,1	1,1	0,69	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	1,1 <sup>a</sup>	1,3 <sup>b</sup>	1,4 <sup>b</sup>	0,062	***	Si
Incremento del peso de sacrificio	1,1 <sup>a</sup>	1,3 <sup>ab</sup>	1,4 <sup>b</sup>	0,059	*	Si
Consistencia (de 1 a 3)						
Acabado con 5 kg de pienso	1,2	1,2	1,2	0,053	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	1,2	1,2	1,1	0,051	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	1,1	1,1	1,0	0,039	NS	No



	A <sup>(1)</sup>	B <sup>(2)</sup>	C <sup>(3)</sup>	et	Sign.	Efecto
Terneza (kg/cm <sup>2</sup> )						
Acabado con 5 kg de pienso	6,5	6,5	6,6	0,343	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	6,5	7,0	7,0	0,335	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	7,4	7,3	7,3	0,279	NS	No
pH						
Acabado con 5 kg de pienso	5,5	5,5	5,5	0,020	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	5,5	5,5	5,5	0,018	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	5,5	5,5	5,5	0,018	NS	No
Proteína (%):						
Acabado con 5 kg de pienso	21,7	21,8	21,9	0,117	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	21,7	21,7	21,6	0,114	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	21,7	21,7	21,7	0,079	NS	No
Grasa (%):						
Acabado con 5 kg de pienso	0,8	0,7	0,8	0,072	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	0,8 <sup>a</sup>	0,9 <sup>b</sup>	1,0 <sup>b</sup>	0,067	***	Si
Incremento del peso de sacrificio	0,8 <sup>a</sup>	1,0 <sup>ab</sup>	1,1 <sup>b</sup>	0,082	*	Si
Cenizas (%):						
Acabado con 5 kg de pienso	1,2	1,2	1,2	0,006	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	1,2	1,2	1,2	0,005	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	1,2	1,2	1,2	0,004	NS	No
Humedad (%):						
Acabado con 5 kg de pienso	76,3	76,3	76,3	0,131	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	76,3	76,2	76,2	0,123	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	76,2	76,1	76,1	0,101	NS	No

\* Ver pie de la Tabla 2.

El aumento del peso de sacrificio no afectó a ninguno de los PUFA w-6, mientras que los acabados aumentaron el nivel del C18:2(n-6t) (linoleaidico), del C18:2(n-6c) (linoleico) y del C18:3(n-6) (g-linolenico). Los PUFA w-3: C18:3(n-3) (a-linoleico), C20:3(n-3) (eicosatrienoico), C22:6(n-3) (docosahexaenoico) y C20:5(ω-3) (eicosapentaenoico) disminuyeron con los acabados. El peso de sacrificio no afectó ningún PUFA ω-3.

El incremento del peso de sacrificio no afectó significativamente al total de los SFA, MUFA o PUFA, ni a la relación PUFA/SFA. Sin embargo, los acabados aumentaron el nivel deSFA y disminuyeron el de PUFA y la relación PUFA/SFA. Los PUFA w-6 aumentaron con el acabado con pienso a voluntad y no se modificaron con el aumento del peso de sacrificio o con el acabado con 5 kg de pienso. Los PUFA w-3 disminuyeron con los acabados y no se modificaron con el incremento del peso de sacrificio. Lo mismo ocurrió con la relación w-6/w-3 (Tabla 4).

**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
Ácidos grasos saturados (SFA):						
Acabado con 5 kg de pienso	898 <sup>a</sup>	951 <sup>ab</sup>	985 <sup>b</sup>	25,134	***	Sí
Acabado con pienso a voluntad	898 <sup>a</sup>	1010 <sup>b</sup>	1073 <sup>c</sup>	25,155	***	Sí
Incremento del peso de sacrificio	1015	952	988	83,921	NS	No
Ácidos grasos monoinsaturados (MUFA):						
Acabado con 5 kg de pienso	1148	1170	1110	47,638	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	1148	1141	1169	47,442	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	1280	1174	1332	106,32	NS	No
Ácidos grasos poliinsaturados (PUFA):						
Acabado con 5 kg de pienso	151 <sup>a</sup>	139 <sup>ab</sup>	136 <sup>b</sup>	5,603	*	Sí
Acabado con pienso a voluntad	151 <sup>a</sup>	138 <sup>ab</sup>	133 <sup>b</sup>	5,329	*	Sí
Incremento del peso de sacrificio	150	136	142	133,22	NS	No
Relación PUFA/SFA:						
Acabado con 5 kg de pienso	0,17 <sup>a</sup>	0,15 <sup>b</sup>	0,14 <sup>b</sup>	0,007	***	Sí
Acabado con pienso a voluntad	0,17 <sup>a</sup>	0,14 <sup>ab</sup>	0,13 <sup>b</sup>	0,007	***	Sí
Incremento del peso de sacrificio	0,16	0,16	0,16	0,024	NS	No
PUFA de la serie $\omega$ -6:						
Acabado con 5 kg de pienso	70,4	71,5	75,2	3,841	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	70,4 <sup>a</sup>	78,5 <sup>ab</sup>	85,8 <sup>b</sup>	3,651	***	Si
Incremento del peso de sacrificio	84,7	74,3	77,0	10,011	NS	No
PUFA de la serie $\omega$ -3:						
Acabado con 5 kg de pienso	79,8 <sup>a</sup>	67,7 <sup>b</sup>	60,4 <sup>b</sup>	3,002	***	Si
Acabado con pienso a voluntad	79,8 <sup>a</sup>	59,6 <sup>b</sup>	47,4 <sup>c</sup>	2,994	***	Si
Incremento del peso de sacrificio	65,3	61,8	65,9	3,855	+	No
Relación $\omega$ -6/ $\omega$ -3:						
Acabado con 5 kg de pienso	0,90 <sup>a</sup>	1,06 <sup>ab</sup>	1,27 <sup>b</sup>	0,095	***	Si
Acabado con pienso a voluntad	0,90 <sup>a</sup>	1,36 <sup>b</sup>	1,91 <sup>c</sup>	0,088	***	Si
Incremento del peso de sacrificio	1,36	1,26	1,24	0,188	NS	No

\* Ver pie de la Tabla 2.

Estos resultados coinciden con los de Calvo (2001) o Varela (2002) por lo que se refiere al peso de sacrificio y con los de Moloney *et al.* (2001) o Moreno (2004), por lo que se refiere al nivel de concentrados en la dieta (acabados).

## CONCLUSIONES

El peso de sacrificio no afecta negativamente a la terneza o al color de la carne o grasa, factores muy valorados por los consumidores, que por otra parte tampoco mejoran con los acabados.

Desde el punto de vista dietético, para mejorar la calidad de las canales de los animales alimentados a base de ensilados de pradera es preferible aumentar el peso de sacrificio, dentro del intervalo considerado, que someter a los animales a acabados con pienso.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ALBERTÍ, P.; SAÑUDO, C.; LAHOZ, F.; JAIME, J.; TENA, T., 1988. Características de la canal y de la calidad de la carne de los terneros acabados con dietas forrajeras y suplementados con distintas cantidades de pienso. *ITEA*, 76, 3-4.
- 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.
- CALVO, C., 2001. Estudio del crecimiento y de las características de la canal y de la carne del terneros Rubio Gallego acogible a las primas de la P.A.C. en rebaños de vacas nodrizas. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. No publicada.
- GRAU, R.; HAMM, R., 1953. *Muscle as Food*. Ed. P. J. Bechtel. Food Science and Technology. A series of Monograph, 1985. Academic Press. New York.
- HAMM, R., 1977. Citado por Pla (2001)
- JOURNE, H. E.; TEISSIER, J. H., 1982. Caractéristiques et qualité de la viande de bovine. *Techn. Agric.* 1, 3392-3411.
- MOLONEY, A. P.; MOONEY, M. T.; KERRY, J. P.; TROY, D. J., 2001. Producing tender and flavourso-me beef with enhanced nutritional characteristics. *Proc. Nutr. Soc.*, 6, 221-229.
- MORENO, M<sup>a</sup>. T., 2004. Efecto de la extensificación en la calidad de la carne y de la grasa de animales acogibles a la I.G.P. "Terneza Gallega". Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
- 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. Co 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. No publicada.

WISMER-PEDERSEN, J., 1994. Química de los tejidos animales. En *Ciencia de la carne y los productos cárnicos*, 125-149. Ed. J.F. Price, B. S. Schweigert. Acribia. Zaragoza. España.

## EFFECT OF FINISHING AND SLAUGHTERD WEIGHT INCREASE ON YONG BULL MEAT, FED WITH GRASS SILAGE.

### SUMMARY

The effects of different finishing (45 or 90 days with 5 kg of concentrate or with concentrate *ad libitum*) with those from the increase of slaughtered weight (375, 410 and 450 kg) in determined characteristics of meat were compared: colour, drip loss, pressing loss, cooking loss, marbling, texture, pH, chemical composition and nutritional index.

Only variations on marbling and on fat content, were observed. These increased with finishing with concentrate *ad libitum* and when the slaughtered weight increases. The saturated fatty acids (SFA) and the omega-6 increase, whereas poliinsaturated fatty acids (PUFA) and the omega-3 decrease with the finishings. The slaughtered weight does not modify them.

**Key words:** fatty acids, nutritional index.

## EFFECTO DEL ACABADO Y DEL AUMENTO DEL PESO DE SACRIFICIO EN LA CANAL DE TERNEROS ALIMENTADOS CON ENSILADO DE PRADERA

J. ZEA SALGUEIRO Y M<sup>a</sup> D. DÍAZ DÍAZ

**Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. Apartado Correos 10. 15008 A Coruña. Correo-e: [jaimze.salgueiro@xunta.es](mailto:jaimze.salgueiro@xunta.es), [dolores.diaz.diaz@xunta.es](mailto:dolores.diaz.diaz@xunta.es)**

### RESUMEN

En terneros alimentados con ensilado de pradera se realizaron acabados con 4 kg de pienso o con pienso a voluntad durante 45 o 90 días y sacrificio a 400 kg. Los efectos se compararon con los del incremento del peso de sacrificio (375, 410 y 450 kg).

Las mejoras logradas en las canales con los acabados o con el aumento del peso de sacrificio resultaron muy parecidas. En ambos casos mejoró el rendimiento, la conformación, el engrasamiento y la grasa de riñonada. La composición de las canales, por tejidos o por calidades comerciales de carne, no se modificó ni con los acabados ni con el aumento del peso de sacrificio, con la excepción de la grasa, que aumenta con el nivel de concentrado en el acabado y con el aumento del peso de sacrificio. Al aumentar el peso de sacrificio lo hace el área del *L. thoracis*.

**Palabras clave:** calidad canal, composición canal.

### INTRODUCCIÓN

Las canales de los animales alimentados a base de forrajes y sacrificados a pesos ligeros no suelen alcanzar las condiciones de mercado. Por ello se recomiendan acabados con pienso. El acabado clásico, que implica incremento del peso de sacrificio, mejora, en general, la conformación y aumenta el porcentaje de grasa y disminuye el de carne y hueso, mejorando en conjunto la calidad de la canal. Los mismos efectos se producen al aumentar el peso de sacrificio. Por ello, los posibles efectos de los acabados y del aumento del peso de sacrificio suelen estar confundidos. Parece oportuno, entonces, estudiar los efectos del acabado, sacrificando todos los animales al mismo peso, y compararlos con los que produce el aumento del peso de sacrificio.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Para comparar los efectos en la canal de los acabados y los del aumento del peso de sacrificio se realizaron tres experimentos. En el primero se estudiaron acabados con 5 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 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. Al comienzo, y hasta los 270 kg todos los animales consumieron ensilado a voluntad y 1,5 kg de pienso. Luego, hasta el sacrificio o hasta el inicio del acabado, 2 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. La pradera de raigrás inglés, trébol blanco y dácilo se ensiló por corte directo (con 3 l de ácido fórmico/t de materia verde) con una cosechadora picadora de doble corte (9,39 MJ de EM/kg MS y 11,46% de PB en los experimentos de acabado y de 8,84 MJ de EM/kg MS y 11,07% 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; esto es, 90 terneros en cada experimento (Tabla 1).

**Tabla 1.** Diseños experimentales

Acabados		Peso de sacrificio
Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
Sin acabado (1)	Sin acabado (1)	375 kg peso vivo
45 días con 5 kg de pienso	45 días con pienso a voluntad	410 kg peso vivo
90 días con 5 kg de pienso	90 días con pienso a voluntad	450 kg peso vivo

(1): siguen con ensilado y 2 kg de pienso.

Las canales se clasificaron según las normas UE (Reglamentos CEE nº 1208/81 y 2930/81 y 2237/1.991). Las categorías para la conformación fueron: 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 (Tabla 2).

La clasificación para el engrasamiento se basó en la cantidad y distribución de la grasa de cobertura. La escala fue: No graso (1), Poco cubierto (2), Cubierto (3), Graso (4), Muy graso (5), completándose con un grado intermedio entre ellas, resultando una escala de 9 puntos (Tabla 3).

**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

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 trasero 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 cartilagos, periostio y tejidos conectivos. Al retirarse la grasa renal se determinó el porcentaje respecto a la canal (grasa de riñonada).

**Tabla 3.** Grados de engrasamiento de la canal

Magra		Poco cubierta		Cubierta		Grasa		Muy grasa
•	+/-	•	+/-	•	+/-	•	+/-	•
1	2	3	4	5	6	7	8	9

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
Peso inicial						
Acabado con 5 kg de pienso	201,5	199,7	198,1	5,521	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	201,5	202,4	198,0	3,638	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	200,6	201,1	205,8	5,521	NS	No
Peso inicio acabado						
Acabado con 5 kg de pienso	-	343,2 <sup>a</sup>	278,0 <sup>b</sup>	3,906	***	Sí
Acabado con pienso a voluntad	-	328,8 <sup>a</sup>	257,0 <sup>b</sup>	4,021	***	Sí
Incremento del peso de sacrificio	-	-	-	-	-	-
Peso final						
Acabado con 5 kg de pienso	403,3	403,2	402,2	3,707	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	403,3	402,1	401,8	3,664	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	369,7 <sup>a</sup>	409,2 <sup>b</sup>	450,9 <sup>c</sup>	2,062	***	Sí
Ganancia peso vivo en el preacabado						
Acabado con 5 kg de pienso	1044	1035	1028	15,387	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	1044	1009	1008	16,257	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	-	-	-	-	-	-
Ganancia peso vivo en el acabado						
Acabado con 5 kg de pienso	-	1354	1374	28,125	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	-	1641	1609	25,234	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	-	-	-	-	-	-
Ganancia peso vivo (todo el ciclo)						
Acabado con 5 kg de pienso	1044 <sup>a</sup>	1113 <sup>b</sup>	1213 <sup>c</sup>	16,615	***	Sí
Acabado con pienso a voluntad	1044 <sup>a</sup>	1178 <sup>b</sup>	1381 <sup>c</sup>	16,223	***	Sí
Incremento del peso de sacrificio	998 <sup>a</sup>	1062 <sup>b</sup>	1125 <sup>c</sup>	21,302	***	Sí
Ganancia peso canal (todo el ciclo)						
Acabado con 5 kg de pienso	553 <sup>a</sup>	609 <sup>b</sup>	687 <sup>c</sup>	11,128	***	Sí
Acabado con pienso a voluntad	553 <sup>a</sup>	645 <sup>b</sup>	771 <sup>c</sup>	10,823	***	Sí
Incremento del peso de sacrificio	535 <sup>a</sup>	575 <sup>a</sup>	615 <sup>b</sup>	16,392	***	Sí

(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.

Tanto el incremento del peso vivo de sacrificio como los acabados produjeron mejoras similares en el rendimiento, la conformación, el engrasamiento y la grasa de riñonada (Tabla 5). La grasa de riñonada aumentó con los acabados y con el incremento del peso de sacrificio, resultando el aumento más acusado cuando el acabado se realizó con concentrado a voluntad. Cuando el acabado se hizo con 5 kg de pienso, el aumento de la grasa de riñonada resultó prácticamente igual al que produjo el incremento del peso de sacrificio.

Los acabados, en ninguna de sus dos versiones de nivel de concentrados en la dieta, afectaron a las áreas del *L. thoracis*, determinadas a la altura de la 10ª y 6ª costillas; sin embargo, aumentaron cuando el peso de sacrificio pasó de 375 a 450 kg (Tabla 5). Las proporciones de delantero, trasero o pistola no se alteraron significativamente con los acabados o con el aumento del peso de sacrificio (Tabla 5).

**Tabla 5.** 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
Peso inicial						
Acabado con 5 kg de pienso	201,5	199,7	198,1	5,521	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	201,5	202,4	198,0	3,638	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	200,6	201,1	205,8	5,521	NS	No
Peso inicio acabado						
Acabado con 5 kg de pienso	-	343,2 <sup>a</sup>	278,0 <sup>b</sup>	3,906	***	Sí
Acabado con pienso a voluntad	-	328,8 <sup>a</sup>	257,0 <sup>b</sup>	4,021	***	Sí
Incremento del peso de sacrificio	-	-	-	-	-	-
Peso final						
Acabado con 5 kg de pienso	403,3	403,2	402,2	3,707	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	403,3	402,1	401,8	3,664	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	369,7 <sup>a</sup>	409,2 <sup>b</sup>	450,9 <sup>c</sup>	2,062	***	Sí
Ganancia peso vivo en el preacabado						
Acabado con 5 kg de pienso	1044	1035	1028	15,387	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	1044	1009	1008	16,257	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	-	-	-	-	-	-
Ganancia peso vivo en el acabado						
Acabado con 5 kg de pienso	-	1354	1374	28,125	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	-	1641	1609	25,234	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	-	-	-	-	-	-
Ganancia peso vivo (todo el ciclo)						
Acabado con 5 kg de pienso	1044 <sup>a</sup>	1113 <sup>b</sup>	1213 <sup>c</sup>	16,615	***	Sí
Acabado con pienso a voluntad	1044 <sup>a</sup>	1178 <sup>b</sup>	1381 <sup>c</sup>	16,223	***	Sí
Incremento del peso de sacrificio	998 <sup>a</sup>	1062 <sup>b</sup>	1125 <sup>c</sup>	21,302	***	Sí



	A <sup>(1)</sup>	B <sup>(2)</sup>	C <sup>(3)</sup>	et	Sign.	Efecto
Ganancia peso canal (todo el ciclo)						
Acabado con 5 kg de pienso	553a	609b	687c	11,128	***	Sí
Acabado con pienso a voluntad	553a	645b	771c	10,823	***	Sí
Incremento del peso de sacrificio	535a	575a	615b	16,392	***	Sí

(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.

Ni la proporción de carne, ni la de hueso, ni las proporciones de los distintos cortes comerciales de carne (extra -solomillo más lomo- 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> o 3<sup>a</sup>) en la canal se modificaron significativamente con los acabados, en sus distintas modalidades de pienso o duración, o con el incremento del peso de sacrificio de 375 a 450 kg (Tabla 6). El único componente afectado de modo significativo en la composición tisular de la canal, por el acabado o el incremento del peso de sacrificio, fue la grasa. El aumento máximo de grasa se produjo con el acabado de 90 días y pienso a voluntad (Tabla 6).

Andersen *et al.* (1984) ya habían observado que el nivel energético influye directamente en la conformación y el engrasamiento. La escasa mejora producida por los acabados se explica porque el efecto del nivel energético de la dieta (en definitiva el acabado lo que hace es subir el nivel energético de la dieta) es mucho más evidente en razas precoces (Cabrero, 1991). En animales de razas tardías y de gran formato, que son los animales a los que nos estamos refiriendo, los tejidos evolucionan todos de forma similar y no se modifica sustancialmente la composición (Geay *et al.*, 1976). Sin embargo, es sabido que el aumento de energía incrementa considerablemente los depósitos adiposos y disminuye el músculo y el hueso en las canales de razas precoces de una misma edad, efecto que en los animales de razas más tardías no es tan marcado (Cabrero, 1991). También se sabe que el efecto del nivel energético de la dieta se acentúa con el aumento del peso canal; y no hay que olvidar que las canales a las que nos estamos refiriendo son bastante ligeras (Keane y Drenan, 1980).

**Tabla 6.** Rendimiento (%), conformación, engrasamiento, grasa de riñonada (%) y áreas del L thoracis (cm<sup>2</sup>)

	A <sup>(1)</sup>	B <sup>(2)</sup>	C <sup>(3)</sup>	et	Sign.	Efecto
Rendimiento						
Acabado con 5 kg de pienso	51,8 <sup>a</sup>	52,8 <sup>b</sup>	53,4 <sup>c</sup>	0,229	***	Sí
Acabado con pienso a voluntad	51,8 <sup>a</sup>	52,7 <sup>b</sup>	53,4 <sup>c</sup>	0,326	***	Sí
Incremento del peso de sacrificio	51,9 <sup>a</sup>	52,5 <sup>ab</sup>	53,1 <sup>b</sup>	0,389	**	Sí
Conformación						
Acabado con 5 kg de pienso	6,3 <sup>a</sup>	6,9 <sup>a</sup>	7,2 <sup>b</sup>	0,080	***	Sí
Acabado con pienso a voluntad	6,3 <sup>a</sup>	7,2 <sup>b</sup>	7,4 <sup>b</sup>	0,244	***	Sí
Incremento del peso de sacrificio	5,9 <sup>a</sup>	6,3 <sup>ab</sup>	6,9 <sup>b</sup>	0,317	***	Sí
Engrasamiento						
Acabado con 5 kg de pienso	3,8 <sup>a</sup>	4,1 <sup>ab</sup>	4,4 <sup>b</sup>	0,104	**	Sí
Acabado con pienso a voluntad	3,8 <sup>a</sup>	4,3 <sup>b</sup>	4,5 <sup>b</sup>	0,161	**	Sí
Incremento del peso de sacrificio	4,4 <sup>a</sup>	4,9 <sup>ab</sup>	5,2 <sup>b</sup>	0,171	***	Sí

	A <sup>(1)</sup>	B <sup>(2)</sup>	C <sup>(3)</sup>	et	Sign.	Efecto
Grasa de riñonada						
Acabado con 5 kg de pienso	1,2 <sup>a</sup>	1,3 <sup>ab</sup>	1,3 <sup>b</sup>	0,054	**	Sí
Acabado con pienso a voluntad	1,2 <sup>a</sup>	1,4 <sup>b</sup>	1,5 <sup>b</sup>	0,059	**	Sí
Incremento del peso de sacrificio	1,1	1,2	1,3	0,068	+	No
Área L. thoracis en 10 <sup>a</sup> costilla						
Acabado con 5 kg de pienso	64,9	65,5	65,7	1,147	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	64,9	65,3	65,8	1,417	NS	No
Incremento del peso de sacrificio	62,6 <sup>a</sup>	65,0 <sup>ab</sup>	67,5 <sup>b</sup>	1,409	***	Sí
Área L. thoracis en 6 <sup>a</sup> costilla						
Acabado con 5 kg de pienso	29,8	30,2	30,6	0,901	NS	No
Acabado con pienso a voluntad	29,8	30,4	30,3	0,877	+	No
Incremento del peso de sacrificio	28,7 <sup>a</sup>	29,8 <sup>a</sup>	32,7 <sup>b</sup>	0,822	***	Sí

(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.

La mejora de la conformación, con el aumento del peso de sacrificio, se explica por el incremento de los espesores musculares y acúmulos adiposos frente al aumento de la longitud de los huesos (Cabrero, 1991), lo que conduce a la mejora de la conformación (Bass et al., 1981).

Puede sorprender que el incremento del peso de sacrificio no produzca, como ha sido establecido, una disminución en las proporciones de músculo y hueso. Esto se explica porque en la fase de adolescencia, previa a la pubertad, en la que se encuentran los animales aquí estudiados, el desarrollo se caracteriza por un notable aumento de todos los tejidos, sin prácticamente cambios relativos entre ellos (Cabrero, 1991).

## CONCLUSIONES

Con los acabados y con el aumento de peso de sacrificio se mejoró el rendimiento, la conformación, el engrasamiento de cobertura y la grasa de riñonada. La composición de las canales, por tejidos o por calidades comerciales de carne, no se modifica ni con los acabados ni aumentando el peso de sacrificio de 375 a 450 kg, con la excepción de la grasa, que en ambos casos aumenta. Es importante considerar que el aumento del peso de sacrificio conlleva incrementos en las áreas del lomo.

En resumen, se puede decir que incrementando el peso de sacrificio de animales alimentados a base de ensilado de pradera se pueden conseguir mejoras de la calidad de la canal similares o superiores a las obtenidas con los acabados.

## 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.

BASS, J. J.; JOHNSON, D. L.; COLOMER-ROCHER, F.; BINKS, G., 1981. Prediction of carcass composition from carcass conformation in cattle. *J. Agric. Res. Camb.*, 93, 37-48.

- 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 de 1981.
- CEE. 1981. Reglamento nº 2930/1981 de La Comisión Europea de 21 de Octubre de 1981.
- CEE. 1991. Reglamento nº 2237/1991 de La Comisión Europea de 27 de Julio de 1991.
- GEAY, Y.; ROBELIN, J.; BERENGER, C., 1976. Influence du niveau alimentaire sur le gain de poids vif et la composition de la carcasse de taurillons de diferentes races. *Ann. Zootch.*, 25, 287-302.
- 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: Stistic basic. 5 ed.* SAS Institute Inc., Cary, N. C.

## EFFECT OF FINISHING AND SLAUGHTERED WEIGHT INCREASE ON YONG BULL CARCASS, FED WITH GRASS SILAGE

### SUMMARY

Finishing with 4 kg of concentrate or with concentrate *ad libitum* during 45 or 90 days in young bulls fed with with grass silage and slaughtered to 400 kg were made. The effects were compared with those of the slaughtered weight increase (375, 410 and 450 kg). The improvements obtained in the carcass with finishings or with the slaughtered weight increase were very similar. In both cases the dressing percentage, the conformation, the fattening and the kidney fat improved. The tissues or commercial meats cuts carcass composition were neither with finishing nor with the increase slaughtered weight modified, with exception of the fat, which increases with concentrate level in the finishing diet and the slaughtered weight increase. When slaughtered weight increases, the eye muscle increases too.

**Key words:** carcass quality, carcass composition.



## EMPLEO DE LA SAL COMO HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN GANADERA EN PASTOS DE MONTAÑA

P. ELICEITS Y N. MANDALUNIZ

**NEIKER. Departamento de Sanidad y Producción Animal. Apartado 46. 01080 Vitoria-Gasteiz (España). nmandaluniz@neiker.net.**

### RESUMEN

La falta de uniformidad en la utilización ganadera de los pastos de montaña puede dar lugar a la utilización preferente de unas determinadas zonas y el abandono de otras, con el embastecimiento de su cubierta vegetal. El mantenimiento y reproducción de este proceso desembocaría en la existencia, en áreas donde la vegetación climática es de tipo boscoso, de zonas abandonadas con un incremento importante de la biomasa e invasión por especies arbustivas.

El desarrollo de sistemas que permitan una utilización adecuada de los recursos pastables evitando estas situaciones no deseadas precisa de metodologías no invasivas, fáciles de realizar y poco costosas en dinero y tiempo. Entre ellas, la bibliografía cita como posibles herramientas: la fertilización con N, el aporte de semillas de leguminosas, la aplicación de sal, etc.

En objetivo del presente trabajo fue atraer a los animales a brezales-tojales atlánticos que normalmente son rechazados en los circuitos de pastoreo. Para ello se emplearon 2 concentraciones de sal común y un control, aplicadas la primera quincena de septiembre en 3 subzonas. En el trabajo se discute el efecto que tiene esta aplicación sobre la utilización animal, estimada mediante la determinación de la densidad de heces.

**Palabras clave:** pastoreo en libertad, sal común.

### INTRODUCCIÓN

El pastoreo de ganado contribuye a la formación y mantenimiento de comunidades vegetales estables si las cargas y especies ganaderas usuarias son igualmente estables en el tiempo. En el caso de pastos localizados en áreas en las que la vegetación climática es de tipo boscosa, estudios realizados en distintas zonas de montaña han puesto de manifiesto que el pastoreo controla la invasión por especies arbustivas, estableciendo un mosaico de distintos tipos de vegetación que contribuye a mantener o incrementar (García-González *et al.*, 1997; Hartnett *et al.*, 1996; Hickman *et al.*, 2004) la diversidad florística. Todo esto se debe, además del efecto directo del pastoreo, a los procesos mecánicos que realizan los animales como el pisoteo o a la acumulación de deyecciones, que contribuyen a la dispersión de semillas y aportan fertilidad a los pastos.

Pero, cuando el ganado pasta en libertad, estos beneficios no se ven de forma homogénea debido a la falta de uniformidad en la utilización ganadera de los pastos. Esta falta de uniformidad da lugar a la utilización preferente de unas determinadas zonas y el abandono de otras, con el embastecimiento de la cubierta vegetal de estas últimas. El desarrollo de sistemas que permitan una utilización adecuada de los recursos pastables, evitando estas situaciones no deseadas, precisa de

metodologías no invasivas, fáciles de realizar y poco costosas en dinero y tiempo. En esta línea, la literatura cita como herramientas la fertilización con nitrógeno (Gillingham *et al.*, 2003), el aporte de semillas de leguminosas (Hepp *et al.*, 20003), o la aplicación de sal (Aspinall *et al.*, 2004; Pfister y Manners, 1991). El efecto de este último se basaría en la necesidad de la sal (NaCl) para un adecuado funcionamiento de las actividades fisiológicas de los animales (Edmeades y O'Connor, 2003; Hawke *et al.*, 2002), y las carencias de este elemento en los pastos de montaña, debida al lavado que experimentan favorecida por la elevada pluviometría existente en estas zonas. Ello se traduce en algunas zonas en prácticas de aporte periódico de sal a los animales que utilizan pastos de montaña, a lo largo del período de pastoreo.

El objetivo del presente trabajo fue atraer a los animales a brezales-tojales atlánticos que normalmente son rechazados en los circuitos de pastoreo. Para ello se emplearon 2 concentraciones de sal común y un control, aplicadas la primera quincena de septiembre en 3 subzonas. En el trabajo se discute el efecto que tiene esta aplicación sobre la utilización animal, estimada mediante la determinación de la densidad de heces.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la vertiente atlántica del Parque Natural de Gorbeia (País Vasco), durante el periodo de pastoreo de 2007. La zona de estudio se asienta sobre una estructura silíceo, situada entre 700-800 m.s.n.m., pendientes de 20-30% y con orientación NE. En este área predomina el pasto herbáceo silíceo y en un 80% de la superficie hay presencia de especies arbustivas como *Erica vagans*, *E. cinerea*, *E. ciliaris*, *Calluna vulgaris* y *Ulex europaeus*, así como de helecho (*Pteridium aquilinum*).

Las concentraciones de sal empleadas en el estudio fueron de 0 kg/ha (control), 50 kg/ha y 100 kg/ha. Estas aplicaciones se realizaron en 3 subzonas de la zona de estudio y la sal se aplicó la primera quincena de septiembre, en parcelas de 20x100m de largo. Se midieron parámetros en suelo (pH, N, P, K, etc.), en la masa vegetal (altura de hierba, composición botánica y calidad nutritiva) y de utilización ganadera. Debido a la limitación en la extensión de la comunicación, en este trabajo sólo se presentan los resultados de la parte de utilización animal.

La estimación de la utilización animal se realizó por acumulación de heces. Este es un método que consiste en la determinación de la densidad de heces en un espacio determinado, asociándola al uso del mismo. Para el recuento de heces en una superficie se empleó la metodología descrita por Lange and Willcocks (1978).

En el caso del ganado mayor, vacuno y equino, la determinación de la acumulación de heces se realizó mediante conteo de heces del total de cada parcela. En lo que respecta a los pequeños rumiantes, ovino y caprino, la estimación se realizó mediante recogida del total de heces de 1/3 de cada parcela y no del total de la parcela debido a la gran acumulación fecal de algunas de ellas. Estas heces se pesaron tras secar en laboratorio (40°C/48h). A diferencia del ganado mayor en el que se pudieron diferenciar las heces de vacuno y equino, en los pequeños rumiantes el conteo se realizó en su conjunto para el ovino y caprino, debido a la dificultad para su diferenciación.

Las estimas se realizaron los días -1 (antes de la aplicación de la sal) y días 10, 20 y 30 tras la aplicación de la misma. Todos los datos se extrapolaron a una hectárea, siendo para el ganado mayor número de heces por ha (nº heces/ha) y en el caso de los pequeños rumiantes gramos de materia seca por ha (g MS heces/ha).

Los datos se analizaron mediante el modelo lineal generalizado del S.A.S. (2001) considerando como efectos fijos la subzona (S) (n=3), el momento de muestreo (M) (día -1, 10, 20 y 30 tras la aplicación de la sal), el tratamiento de sal (T) (0 kg/ha, 50 kg/ha y 100 kg/ha de sal) y todas sus posibles interacciones. Además se consideró como covariable para cada momento, la acumulación de heces de cada especie animal determinada en el momento anterior.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En lo que respecta a la presión ganadera, medida como acumulación de heces, la zona de estudio presentó una acumulación de heces de  $0,97 \pm 1,5$  kg MS heces/ha de pequeños rumiantes;  $12 \pm 17$  heces de vacuno/ha y  $59 \pm 61$  heces de equino/ha (datos previos a la administración de la sal). En lo que respecta a los pequeños rumiantes, y debido a la baja presión caprina de la zona de estudio, se considera que las heces recogidas corresponden principalmente a ganado ovino, aunque, durante el periodo de estudio se observaron tanto ovejas como cabras. En el caso del ganado mayor, y de acuerdo al conteo de heces, en la zona de estudio principalmente pastaban yeguas, y la presencia del ganado vacuno era menor.

Como se puede apreciar en la Tabla 1 la subzona, el momento y su interacción presentaron diferencias estadísticamente significativas para las 3 especies animales, pero no el tratamiento, la covariable y el resto de las interacciones.

**Tabla 1.** Análisis estadístico de los distintos factores y sus interacciones

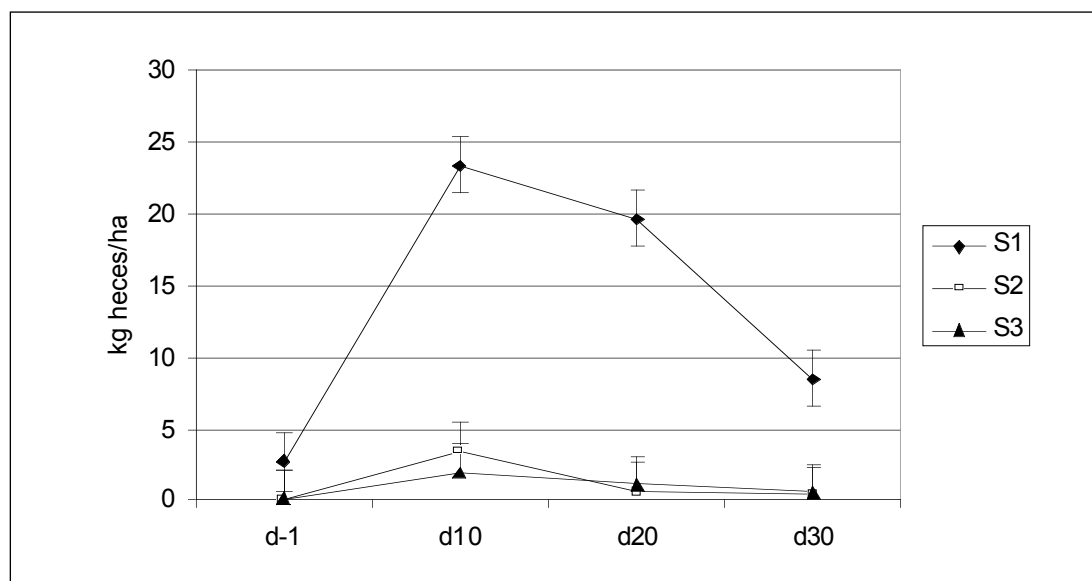
Especie animal	cov	S	M	T	SxM	SxT	MxT
Peq. Rum.	ns	*	**	ns	*	ns	ns
Vacuno	ns	*	**	ns	*	ns	ns
Equino	ns	*	***	ns	ns	ns	ns

Donde Cov: covariable; S: subzona; M: momento, y, T: tratamiento

\*:  $P > 0.05$ ; \*\*:  $P > 0.001$  y \*\*\*:  $P > 0.0001$

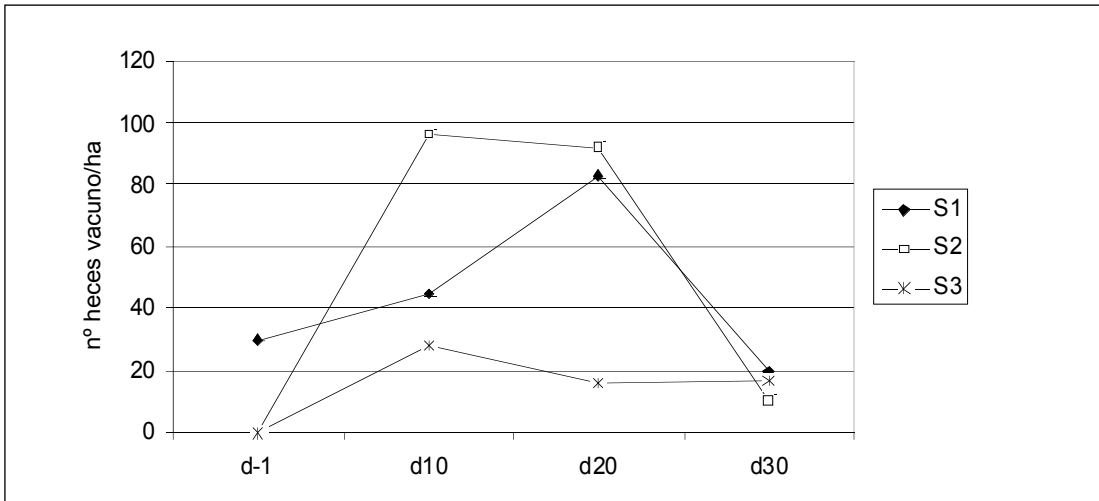
En el caso de los pequeños rumiantes se dio un incremento significativo de acumulación de heces desde antes de la aplicación de la sal (d-1) hasta día 10 tras la aplicación y una posterior reducción de la misma. Esta reducción fue más rápida (d20) en las subzonas con menor presencia de heces de ovino, S2 y S3, mientras que fue significativhasta el final del estudio (d30) en la S1 (Figura 1).

**Figura 1.** Evolución de la acumulación de heces de pequeños rumiantes (kg/ha) en las distintas subzonas 10, 20 y 30 días después de la aplicación de sal común



En el caso del ganado vacuno, al igual que en el ovino, la tendencia general fue a un incremento en la acumulación de heces tras la aplicación de la sal, y una posterior reducción de la misma, pero con distinta tendencia en cada una de las subzonas; así, en la S2 y S3 se dio el máximo de acumulación fecal el d10, mientras que en la S1 se dio un incremento significativo y paulatino de heces hasta el d20. En lo que respecta a la dilución de la aplicación de la sal, en la S1 la acumulación de heces volvió a valores iniciales el d30, en la S3 no se vieron diferencias significativas después del d10 y en la S2 no hubo diferencias desde el d10 en adelante (Figura 2).

**Figura 2.** Evolución de la acumulación de heces de vacuno (nº heces/ha) en las distintas subzonas 10, 20 y 30 días después de la aplicación de sal común.



Finalmente, en el ganado equino, los efectos de la subzona y el momento presentaron un efecto significativo sobre la acumulación de heces, pero no su interacción (Tabla 1). Así, se dio una mayor acumulación de heces de equino en la S1 ( $197 \pm 14$  heces/ha vs.  $83 \pm 14$  heces/ha y  $89 \pm 14$  kg/ha en las S2 y S3, respectivamente) y una mayor acumulación de heces los d10 y d20 tras la aplicación (205 y 192 heces/ha, respectivamente), significativamente distinta a los d-1 y d30 (48 y 47 heces/ha, respectivamente).

Aunque el tratamiento no presentó diferencias estadísticamente significativas, en el caso de los pequeños rumiantes y el ganado equino presenta una cierta tendencia ( $P=0,07$ ) a una mayor acumulación de heces en las zonas con sal que en la zona control (Tabla 2).

**Tabla 2.** Efecto tratamiento (0, 50 y 100 kg sal/ha) sobre la acumulación de heces de pequeños rumiantes (kg MS heces/ha), vacuno (nº heces/ha) y equino (nº heces/ha)

Especie animal	control	50 kg/ha	100 kg/ha
Pequeños rum.	34a	5,4ab	6,8b
Vacuno	30a	28a	45a
Equino	91a	150b	129b

Las cifras seguidas de distinta letra dentro de cada columna son significativamente diferentes a nivel del 5%.

Como resumen de los resultados, las diferencias en acumulación de heces de las distintas subzonas pudieron ser debidas a la distinta composición vegetal de las mismas. En este sentido, la zona con mayor acumulación de heces (S1), presentaba una cobertura arbustiva inferior (37%) y



no había helecho, mientras que la S2 y S3 presentaban una cobertura arbustiva y de helecho del 74% y 65%, respectivamente. En cualquier caso, e independientemente de los distintos escenarios, la aplicación de la sal presentó una clara atracción de animales los primeros días tras su aplicación, tendencia que coincide con lo citado en trabajos previos (Mandaluniz *et al.*, 2005; Phillips *et al.*, 2000).

Esta acumulación de heces exponencial en periodos de tiempo tan cortos, es un efecto que hay que considerar al realizar este tipo de manejos. Desde un punto de vista positivo los animales podrían favorecer el control de la expansión arbustiva y la mejora del pasto herbáceo de estas comunidades mixtas, debido a las distintas acciones que realizan durante la actividad de pastoreo: ingestión, pisoteo y/o abonado. Pero desde el punto de vista negativo, la presencia excesiva de animales podría favorecer situaciones no deseadas de erosión o de apelmazamiento del suelo por exceso de pisoteo, alteración de la calidad del agua de la zona, etc., hechos que hay que tener en cuenta al realizar este tipo de manejos.

Finalmente, la concentración de sal aplicada no presentó un efecto significativo sobre la acumulación de heces, aunque se vio una tendencia clara a una mayor densidad fecal en las zonas con sal que en las zonas control (Tabla 2). Como en los distintos controles se pudo observar la atracción de los animales por la sal, la ausencia de diferencias significativas pudo ser debida a que los controles se situaron contiguos a las aplicaciones de sal y los animales los emplearon como zonas de paso, con la consiguiente acumulación de heces.

Como próximo objetivo nos planteamos seguir estudiando la utilización de la sal a medio-largo plazo como herramienta de control de la expansión arbustiva y posible mejora la calidad del pasto herbáceo de estas zonas. En este sentido, se tratará de contestar a preguntas como: cuando es el mejor momento para la aplicación de la sal; cual es la cantidad adecuada y donde colocar los controles; si la sal llega al suelo, cuanto y por cuanto tiempo llegara a las plantas; o, que deficiencia de sal necesitan los animales, o el pasto, para que se de esta atracción.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, independientemente de la cobertura arbustiva inicial (entre 40 y 70%), la aplicación de la sal presenta un efecto claro sobre la acumulación de heces de pequeños rumiantes, vacuno y equino, a corto plazo.

Aunque las concentraciones de sal aplicadas en el estudio no presentan diferencias significativas en la acumulación de heces, se considera que 50 kg/ha sería suficiente para conseguir el efecto deseado de atracción del ganado.

## AGRADECIMIENTOS

La presente comunicación se ha realizado en el marco del proyecto "RTA-05-284-C2" financiado por el INIA. Durante el estudio P. Eliceits ha disfrutado de una beca Leonardo Da Vinci concedida por el Resseau Universitaire Toulouse Midi-Pyrenees.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ASPINALL, R.J.; MANDALUNIZ, N.; HITHT, L.J.; LUCAS, R.J., 2004. Sodium deficiency in Canterbury and Central Otago sheep pastures. *Proc. NZ Grassland Assoc.*, 66, 227-232.
- EDMEADES, D.C.; O'CONNOR, M.B., 2003. Sodium requirements for temperate pastures in New Zealand: a review. *NZ J. Agric. Res.* 46, 37-47.

- GARCÍA-GONZÁLEZ R.; GÓMEZ D.; ALDEZÁBAL A., 1997. Resultados de 6 años de exclusión del pastoreo sobre la estructura de comunidades del *Bromion erecti* y *Nardion strictae* en el P.N. de Ordesa y Monte Perdido. *XXXVII Reunión Científica de la S.E.E.P*, 55-59.
- GILLINGHAM, A.G.; SHEATH, G.W.; GRAY, M.H.; WEBBY, R.W., 2003. Management and nitrogen fertiliser options for increased pasture productivity in dryland hill systems. *Proc. NZ Grassland Assoc.*, 65, 43-49.
- HARTNETT D. C.; HICKMAN K. R.; FISCHER WALTER L. E., 1996. Effects of bison grazing, fire and topography on floristic diversity in tallgrass prairie. *J. Range Manage.* 49, 413-420.
- HAWKE, M.F.; O'CONNOR, M.B.; WALLER, J.; MACDONALD, K.A.; HOBSON, B.; COULTER, S., 2002. Salt use in NZ pasoral agriculture-a summary of recent trial results. *Proc. NZ Grassland Assoc.* 64, 181-189.
- HEPP, C.; VALENTINE, I.; HODGSON, J.; GILLINGHAM, A.G.; KEMP, P.D., 2003. Effects of grass suppression on legume abundance during two contrasting seasons on a summer-dry hill country site. *Proc. NZ Grassland Assoc.*, 65, 123-129.
- HICKMAN K. R.; HARTNETT D. C.; COCHRAN R. C.; OWENSBY C. E., 2004. Grazing management effects on plant species diversity in tallgrass prairie. *J. Range Manage.* 57, 58-65.
- LANGE, R.T.; WILLCOCKS, M.C., 1978. The relation between sheep-time spent and egesta accumulated within an arid zone paddock. *Australian J Exp. Agric. Anim. Husb* 18, 764-767.
- MANDALUNIZ, N.; RUIZ, J.C.; LUCAS, R.J., 2005. Lactating ewes were strongly attracted to salt when spread on sodium deficient hill pasture. *XX International Grassland Congress: Offered papers*, 546.
- PFISTER, J.A.; MANNERS G.D., 1991. Mineral Salt Supplementation of Cattle Grazing Tall Larkspur-Infested Rangeland During Drought. *J. Range Manage.* 44, 105-111.
- PHILLIPS, C.J.C.; CHIU, P.C.; ARNEY, D.R.; KART, O., 2000. Effects of sodium fertilizers and supplements on milk production and mammary gland health. *J. Dairy Res.* 67, 1-12.

## THE USE OF SALT AS A MANAGEMENT TOOL FOR LIVESTOCK GRAZING IN MOUNTAIN PASTURES

### SUMMARY

The non-uniform utilization of mountain pastures by livestock gives rise to some preferred areas and the abandonment of others, with the increase of woody species in the last ones. The maintenance of this process in the areas where the climax vegetation is the forest would lead to a significant increase of the biomass and the invasion of woody species in abandoned areas.

The development of systems that allow the uniform utilization of the mountain resources requires easy to handle, low cost and low time consuming non invasive methodologies. In this sense, the literature suggests as possible tools: nitrogen fertilization, use of legume seeds, salt application, etc.

The aim of the current work was to attract livestock to Atlantic heather-gorse communities that are usually refused in grazing circuits. The study monitored 2 salt concentrations, plus a control, which were applied the second part of September 2007 in 3 subareas. The paper discusses the effect of the application of the salt on animal use, estimated by faecal density.

**Key words:** unguarded grazing, livestock management.

## PROYECTO “TIPIFICACIÓN, CARTOGRAFÍA Y EVALUACIÓN DE LOS PASTOS ESPAÑOLES”. BASE DE DATOS DEL ÁREA DE DINÁMICA PRODUCTIVA Y VALORACIÓN NUTRITIVA DE PASTOS

A. GÓMEZ CABRERA<sup>1</sup>, F. MAROTO MOLINA<sup>2</sup>, J.E. GUERRERO GINEL<sup>1</sup>, A. GARRIDO VARO<sup>1</sup> Y GRUPOS DE TRABAJO DEL ÁREA\*

<sup>1</sup> Dpto. Producción Animal y <sup>2</sup> Servicio de Información sobre Alimentos (SCAI) Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales. Ctra. Nacional IV, Km 396 14014 Córdoba (España)

### RESUMEN

Se ha utilizado el programa CALIFA, del Servicio de Información sobre Alimentos (SIA) de la Universidad de Córdoba, previa actualización, para crear una base de datos con toda la información recogida por los grupos de investigación que participaron en el área de dinámica productiva y valoración nutritiva de pastos, del proyecto “Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles”, patrocinado por la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP).

En el presente trabajo se presentan las características de la base de datos conjunta, así como las condiciones establecidas para la homogeneización de los datos y la funcionalidad del programa de gestión. La información analizada hasta este momento corresponde a la obtenida por los grupos de Andalucía (oriental), Aragón, Asturias, Baleares, Canarias, Cantabria, Castilla La Mancha, Castilla León (oriental), La Rioja y Madrid, estando aún pendientes las del País Vasco, Andalucía (occidental) y Extremadura. Se han incorporado a la base de datos un total de 7381 muestras, que incluyen más de 1400 materias primas diferenciadas y hasta 121 parámetros distintos, de cada uno de los cuales se podrán obtener sus correspondientes estadísticos descriptivos.

La información, una vez completada y depurada, estará disponible en la SEEP ([www.seepastos.es](http://www.seepastos.es)) y el SIA ([www.uco.es/servicios/nirs/cia.htm](http://www.uco.es/servicios/nirs/cia.htm)).

**Palabras clave:** composición química, valor nutritivo, producción.

\* Andalucía (occidental): G. Gómez Castro, V. Domenech García.  
Andalucía (oriental): A. B. Robles Cruz, F. García Barroso, J.L. González Rebollar.  
Aragón: M. Maestro Martínez, F. Muños Pérez, C. Ferrer Bennimelli.  
Asturias: A. Martínez Fernández, B. de la Roza Delgado, A. Argamentería Gutiérrez.  
Baleares: M. Joy Torrens.  
Canarias: P. Méndez Pérez, P. Flores Mengual, M. Rodríguez Ventura.  
Cantabria: G. Salcedo Díaz, PB. Fernández Rodríguez- Arango.  
Castilla La Mancha: J. Treviño Muñoz, R. Caballero García de Arévalo.  
Castilla y León (oriental): B. Asenjo Martín, C. de Casas García, J. Ciria Ciria  
Extremadura: F. J. Viguera Rubio.  
La Rioja: Leonor Torrano Echávarri.  
Madrid: C. Alzqueta Lusarreta.  
País Vasco: L. Oregi Lizarralde.

## INTRODUCCIÓN

La Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP), promovió el proyecto de transferencia de resultados de investigación “*Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles*” (Ferrer y San Miguel, 2000) denominado en adelante proyecto “*T.C.E. Pastos Españoles*”, con el fin de sintetizar y sistematizar la información y los resultados de la investigación sobre los pastos españoles, dispersa en más de 2000 publicaciones científicas desde el inicio de la Sociedad. Un total de 155 investigadores españoles se organizaron en 19 grupos de trabajo territoriales, de acuerdo a cinco áreas temáticas, entre las cuales, la dedicada a la dinámica productiva y valoración nutritiva de pastos, se encargó de recoger la información disponible sobre la producción y la calidad de todos los tipos de pastos españoles evaluados en ese tiempo.

Por otra parte, en el Servicio de Información sobre Alimentos de la Universidad de Córdoba, se ha venido trabajando para la creación de un Banco Nacional de Datos sobre la composición y el valor nutritivo de los alimentos para los animales utilizados en España y, en particular, sobre los pastos españoles. En el trabajo presentado a al XLII Reunión Científica de la SEEP, Gómez Cabrera *et al.*, (2003) describían las características del programa CALIFA, diseñado para la gestión de la información asociada a las muestras, integrado por tres subprogramas: el particular de cada uno de los laboratorios implicados; el de gestión de la base de datos conjunta y el de consultas de la base de datos a través de internet.

Los programas de gestión estaban realizados en lenguaje Access de Microsoft, lo que suponía la necesidad de actualizar sus contenidos para adecuarlos a cada una de las actualizaciones del paquete Office, ya que, a pesar de lo que pudiera creerse a priori, las actualizaciones no eran estrictamente compatibles. Por otra parte, en el intento por automatizar las consultas al máximo, se utilizaban códigos numéricos para la identificación de las muestras. Ello suponía, además de una dificultad añadida al registro de la información, la necesidad de establecer algo que no se había podido alcanzar a nivel internacional, la construcción de un sistema de codificación aceptable por todos los usuarios.

Para resolver ambos problemas y otros, como los derivados del trasvase automático de información a partir de otras las bases de datos, se han llevado a cabo diversas modificaciones. A continuación se describen las principales características del programa informático, así como el estado actual del proceso de incorporación de los datos del proyecto “*T.C.E. Pastos Españoles*”.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Características actuales del programa CALIFA

Dispone de un programa de gestión propio, en Visual Basic, por lo que es independiente de la versión que posea el usuario del paquete de Microsoft Office.

Se elimina el código numérico empleado en las versiones anteriores, **utilizándose como sistema de identificación de la muestra únicamente el nombre**, que mantiene la estructura secuencial ya tradicional (INFI y UE): “**producto**”, “**parte**” del mismo, “**proceso**” utilizado para su obtención. En su caso, a estos conceptos se les pueden añadir otros como el número de corte, el estado vegetativo, las condiciones de procesado y/o la calidad comercial.

Aunque el ideal sería el utilizar un conjunto de palabras idénticas para la denominación de un mismo producto, es posible mantener la funcionalidad del programa sobre la base de datos generada, utilizando términos que se consideren equivalentes, aunque es imprescindible mantener la ordenación de conceptos establecida. Así, el clásico **heno de alfalfa** pasaría a ser **alfalfa forraje henificado** ó **alfalfa henificada** ó **alfalfa heno**, al considerarse que la parte sometida al proceso de henificación es la parte aérea segada, el forraje, de acuerdo con el nomenclator de la

SEEP. Esta denominación puede verse acompañada de otros conceptos, como 1<sup>er</sup> corte, floración, buen tiempo, etc.

El programa presenta tres módulos: **Registro de muestras, estadísticas y accesorios auxiliares.**

El primer módulo (**Registro de muestras**) supone el acceso a los datos de todas las muestras introducidas en el programa. Se recogen, entre otros, el número y nombre de la muestra, los análisis realizados, el nombre del analista, y en su caso las referencias bibliográficas o metodológicas, el peso de muestra conservado y las fechas de recogida y de análisis.

En la pantalla de registro de muestras se pueden realizar directamente cambios sobre todos los datos recogidos, lo que facilita enormemente el uso del programa. Además, desde esta misma pantalla se puede realizar la introducción de nuevas muestras y análisis y la eliminación de las ya existentes. Existen diversos mecanismos para facilitar la introducción de nuevas muestras. Así, si la muestra es similar a la introducida anteriormente, se mantiene activa toda la información cambiando únicamente el nombre de la muestra. Si la muestra es distinta el programa dispone de un menú despegable donde se puede elegir de entre todos los nombres introducidos anteriormente. En el caso de que el nombre que se busca no exista en la base de datos se pueden añadir nuevos nombres desde otra de las pantallas del programa, como se indica posteriormente.

El segundo de los módulos (**Estadísticas**) permite obtener la media, el máximo y mínimo y la desviación típica de los valores de los análisis de cada tipo de muestras. La selección de muestras se realiza por nombre (común o latino), pudiendo obtenerse los resultados de uno o varios tipos de muestras simultáneamente. Estos resultados se pueden imprimir directamente desde Califa.

El tercero y último de los módulos (**Auxiliares**) permite la gestión de todas las listas que se utilizan para el funcionamiento del programa (nombre de la muestra, determinaciones, unidades,...). Desde las diversas opciones que se ofrecen al desplegarse la ventana, se pueden añadir nuevos elementos al programa, que quedarán codificados con dos cifras; la primera se refiere al laboratorio de origen de los datos y la segunda es un código autonómico. El conjunto de ambas cifras evita las duplicidades una vez que los datos se incorporen al programa conjunto, donde los gestores del Banco de Datos llevarán a cabo los procesos de homogeneización que sean necesarios.

Para terminar con este módulo se describen dos herramientas que dan al programa una gran versatilidad. La primera de ellas es la de **Importación de datos**; con esta herramienta se pueden incorporar directamente a Califa datos que ya estén introducidos en una hoja de Excel, asignando cada columna a un campo determinado del programa. La segunda herramienta (**Búsquedas y modificaciones múltiples**) permite llevar a cabo búsquedas en función de múltiples conceptos (nombre de la muestra, análisis, unidad, fecha de recogida, etc.). Una vez realizada la búsqueda, Califa permite la realización de cambios masivos sobre la misma y la exportación de los datos a un formato de Excel para trabajar con ellos.

### **Proceso de incorporación de datos del proyecto “T.C.E. Pastos Españoles”**

El proceso de incorporación de los datos del proyecto “T.C.E. Pastos Españoles” a Califa se basa fundamentalmente en la importación de tablas de Excel a través del módulo correspondiente del programa. Para ello hay que establecer la correspondencia entre los campos existentes en la tabla y los correspondientes de Califa, previo ajuste de los contenidos de aquella. En algunos casos los datos proporcionados se encontraban en formatos distintos (Word y SPSS), por lo que ha sido necesaria una transformación previa antes de su introducción en Califa.

Uno de los mayores problemas a resolver es la **denominación de las muestras**. El objetivo es que, siguiendo la sistemática que se indicó anteriormente, el nombre de cada materia prima incluya la máxima información posible, para poder discriminar entre muestras. Sin embargo, en la

mayoría de las tablas proporcionadas por los grupos de investigación los componentes del nombre de la muestra (producto, parte, procesado y otros) se recogen en distintas columnas, por lo que antes de realizar la importación todos los datos se deben incorporar en el mismo campo de Excel. A pesar de la existencia del Nomenclátor aprobado por la SEEP (Ferrer *et al.*, 2001) no siempre hemos encontrado respuesta en el mismo a alguna de las dudas planteadas. Las decisiones tomadas suponen, en todo caso, una propuesta para ser debatida en el seno de la Sociedad.

En el caso de nombres genéricos, como prado o pastizal (crecimiento natural), pradera (cultivada) etc, se les ha considerado como el producto, indicando hierba o forraje como la parte. En este caso, hierba hace referencia a los alimentos que son consumidos a diente, mientras que forraje se refiere a los alimentos segados. En los pastos arbustivos y arbóreos se establecen las analogías hierba por ramoneo y forraje por ramón. Nótese que esto hace imposibles combinaciones como “Prado hierba ensilada”, ya que el tratamiento de ensilado requiere la siega previa del forraje.

En el caso de mezclas simples, como la asociación veza-avena, el nombre del producto se antecede de Mezcla, por ejemplo, “Mezcla avena veza forraje”.

En los pastos de arbustos o montes mayoritariamente arbustivos el término general utilizado es el de “Pasto arbustivo”. Si se trata del aprovechamiento de los arbustos a diente la muestra se denominará como “Pasto arbustivo ramoneo”; si fuera el conjunto de la hierba y el ramoneo de una zona de monte, se usará solamente el término “Pasto arbustivo”.

Todos los pastos de zonas secas que suelen agostarse en verano se incluirán como pastizal, incluyendo las denominaciones dehesa, majadal y similares como características secundarias de la muestra.

En la tabla 1 se recogen los principales términos utilizados en la descripción de las muestras incorporadas en Califa hasta el momento.

El mismo problema de dispersión de datos se ha dado en las fechas de recogida de las muestras. En la mayoría de los casos los grupos de investigación indican el mes y el año de recogida en distintas columnas, por lo que de nuevo se deben anar todos los datos en el mismo campo y ajustarlo al formato día, mes, año (00-00-0000) que utiliza el programa.

**Tabla 1.** Términos utilizados en la formación del nombre de las muestras

Producto	Parte		Proceso	Características secundarias
Nombre individual	Hierba	Tallos	Henificado	Estado vegetativo
Mezcla X Y	Forraje	Harina	Deshidratado	Maduración
Prado	Ramoneo	Fruto	Ensilado	Año del ciclo productivo
Pradera	Ramón	Raíz	Melazado	Nº de corte
Pastizal	Paja	Bagazo	Granulado	Tratamientos químicos
Pasto de puerto	Grano	Vainas	Decorticado	Planta entera
	Salvado	Cascarilla	Extrusionado	Sin semillas
	Rastrojo	Semilla	Prensado	Dehesa
	Melaza	Peladuras	Extractado	Majadal
	Pulpa	Espigas		Variedad
	Corteza	Germen		Estación de corte
	Hojas	Glutenfeed		Rechazos

En los valores numéricos no siempre aparece la coma para la separación de los decimales. En algunos casos, se han detectado tablas que incorporan, para un mismo análisis, resultados expresados en distintas unidades e, incluso, resultados que no incluyen la unidad de medida, ofreciendo dudas sobre su valor real. Todos estos datos deben ser homogeneizados antes de su incorporación al programa, a la vez que depurados de errores cometidos en su transcripción, lo cual no siempre es posible.

Por otra parte, Califa dispone de un campo de texto donde se pueden incorporar todo tipo de datos secundarios relacionados con la muestra. Sin embargo, hay que tener en cuenta la forma de expresión de estas observaciones en el documento de Excel antes de su importación, por ejemplo, si nuestra tabla dispone de una columna titulada “zona de origen”, en la que consignamos el nombre de cada localidad individualmente (ej: Córdoba), la importación directa a Califa haría que apareciera en el campo de observaciones la palabra “Córdoba”, que por si sola no supone una información adecuada. Por ello, hay que incorporar el encabezamiento del campo en cada una de las casillas, para que apareciera el texto “Zona de origen: Córdoba”.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A fecha de redacción de este artículo se encuentran incorporadas un total de 7381 muestras y 49224 análisis de pastos de las comunidades autónomas de Andalucía (Oriental), Aragón, Asturias, Baleares, Canarias, Cantabria, Castilla La Mancha, Castilla León (Oriental), La Rioja y Madrid. Entre estos datos se incluyen unas 1400 materias primas diferenciadas y 121 análisis distintos. Además, en estos momentos se está trabajando en la incorporación de las tablas proporcionadas por los grupos de Castilla León (Occidental) y Galicia, País Vasco, Andalucía (occidental) y Extremadura.

Las materias primas introducidas se pueden clasificar en los siguientes grupos:

**Prados, praderas, pastizales y pastos de puerto**, que en general se refieren a comunidades vegetales complejas que suelen aprovecharse en pastoreo, aunque también sea posible el segarlas y aprovechar el forraje. En algunos casos estas muestras disponen de datos sobre su composición botánica, que se incorporan en el campo de observaciones. En total, se dispone de algo más de 1400 muestras.

**Forrajes y otros productos de leguminosas y gramíneas cultivadas**, entre las que destacan por su gran número y variabilidad de partes, procesos y calidades las muestras de alfalfa y raigrás. Alrededor de 4400 muestras.

**Ramones de plantas arbustivas y arbóreas**, predominando las muestras de los géneros *Quercus* y *Olea*. También se encuentran una gran cantidad de datos de diversos arbustos autóctonos de las Islas Canarias. Algo más de 300 muestras.

**Plantas herbáceas no cultivadas**. En este grupo es donde la variabilidad es máxima, con gran cantidad de muestras distintas, aunque con pocas repeticiones. Gran parte de estas muestras no disponen de nombre común, por lo que se describen solamente con su denominación en latín. Unas 500 muestras.

**Otros: pulpas, raíces**, etc que, como alimentos para el ganado, se incluyen en el concepto de “Pasto” según el Nomenclátor de la SEEP. Alrededor de 700 muestras.

En la tabla 2 se pueden observar algunos de los valores correspondientes al conjunto de los forrajes de alfalfa desecados.

**Tabla 2.** Estadísticos descriptivos de los valores del forraje de alfalfa desecada

Análisis	Unidades	Nº	Media	Mínimo	Máximo	Dv. Típica
Cenizas	%ms	148	10,92	7,85	16,82	1,62
Extracto etéreo	%ms	121	3,31	2,03	4,35	0,48
Proteína bruta	%ms	155	20,46	10,90	27,90	2,65
Fibra bruta	%ms	129	24,86	17,59	38,20	2,89
Fibra neutro detergente	%ms	22	46,80	39,40	54,50	3,82
Fibra ácido detergente	%ms	22	36,26	30,20	43,40	3,34
Lignina ácido detergente	%ms	5	6,72	5,48	7,91	0,95
Lisina	%ms	16	1,00	0,68	1,30	0,21
Metionina	%ms	12	0,20	0,10	0,39	0,08
Calcio	%ms	123	2,06	1,18	2,87	0,29
Fósforo	%ms	123	0,26	0,16	0,45	0,04
Digest. vivo ms rumiantes	%	1	52,90	52,90	52,90	
Carotenos totales	ppm	119	289,50	158,00	486,00	59,17
Xantofilas totales	ppm	119	607,18	330,00	1 154,00	131,85
Producción anual	Kg ms/ha	5	7 960,00	7 600,00	8 500,00	350,71

## CONCLUSIONES

La creación de esta base de datos culmina la puesta en valor del esfuerzo investigador que se ha llevado a cabo en España desde el año 1960, en el área de valoración de pastos, rescatado a través del proyecto “*Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles*” (INIA-CCAA Nº OT00-037.C17).

## AGRADECIMIENTOS

El trabajo se ha llevado a cabo en el marco del programa de apoyo de personal técnico a los Servicios Centralizados, por parte del Ministerio de Educación y Ciencia, en el que se inscribe el contrato de F. Maroto y del proyecto financiado por el INIA.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FERRER BENIMELLI, C. Y SAN MIGUEL AYANZ, A., Coordinadores 2000-2004. *Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles*. Proyecto INIA-CCAA Nº OT00-037.C17 Madrid (España)

FERRER, C.; SAN MIGUEL, A.; OLEA, L. 2001 Nomenclator básico de pastos en España. *Pastos*, XXXI (1): 7-44

GÓMEZ CABRERA, A.; FERNÁNDEZ, V.; GUERRERO, J.E. y GARRIDO, A. 2003. Armonización y gestión conjunta en España de la información sobre el valor nutritivo de los pastos: Programa Califa. En *Pastos, desarrollo y conservación.*, 319-325 Co. A.B. ROBLES, M.E. RAMOS, M.C. MORALES, E. SIMÓN DE, J.L. GONZÁLEZ, J. BOZA. Consejería Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla (España)



---

## PROJECT “CHARACTERIZATION, CARTOGRAPHY AND EVALUATION OF SPANISH PASTURES”. DATABASE IN THE AREA OF PRODUCTIVITY AND NUTRITIVE EVALUATION OF PASTURES

### SUMMARY

The program CALIFA, from the Feed Information Service (SIA) at the University of Cordoba has been used, previous updating, to create a database with all the information gathered by the research groups that participated in the area of productivity and nutritive evaluation of grasslands, in the project “*Characterization, Cartography And Evaluation of Spanish Pastures*”, sponsored by the Spanish Society for the Study of Pastures (SEEP).

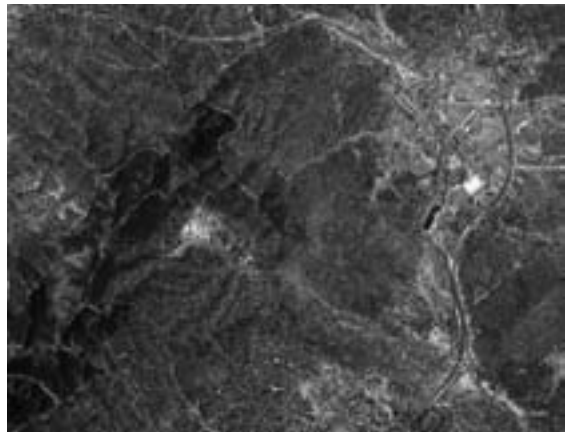
Joint database characteristics, data homogenization conditions and management programme functionality are described in this paper. The information analysed was obtained by the groups of Eastern Andalusia, Aragón, Asturias, Baleares, the Canary Islands, Cantabria, Castilla La Mancha, Eastern Castilla León, La Rioja y Madrid. A total of 7381 samples have been entered in the database, which include more than 1400 different raw materials and up to 121 different parameters, from each of which the corresponding statistical descriptive information may be obtained.

These information, once completed and purified, will be available in the SEEP ([www.seepastos.es](http://www.seepastos.es)) and in the SIA ([www.uco.es/services/nirs/cia.htm](http://www.uco.es/services/nirs/cia.htm)).

**Key words:** chemical composition, nutritional value, production



## SISTEMAS AGROSILVOPASTORALES



Cuarta Parte



## PRODUCCIÓN ANIMAL Y PAISAJE CULTURAL

JUAN GASTÓ

**Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal  
Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago**

### INTRODUCCIÓN

“El hombre modela a la naturaleza de manera que la transforma gradualmente en su paisaje cultural.”

Cataldi, S. XVI

La capacidad actual del hombre de alterar la naturaleza dominándola y domesticándola, incluso hasta destruirla completamente haciendo uso de la tecnología, de los sistemas de información y de los combustibles fósiles es tan grande que si no se actúa con prudencia la totalidad del territorio puede llegar a transformarse en un *agri deserti*. En otros extremos se tiene la pretensión de conservar la naturaleza en su estado prístino original o bien la pretensión de ordenar el territorio transformándolo completamente hasta alcanzar la máxima organización compatible con la vida humana.

El uso ganadero que se haga de la naturaleza en general y el grado de intervención que se lleve a cabo en el territorio depende en gran medida de la visión que la sociedad tenga y de las actuaciones que se lleven a cabo. El desarrollo de la ganadería y del escenario donde ésta se lleva a cabo, genera como resultante paisajes culturales diferentes en función de las limitantes y potencialidades del territorio, de la racionalidad de los actores sociales y de la articulación entre éstos y la tecnología. La ganadería y el escenario pascícola donde ésta se desarrolla es claramente uno de los componentes dinámicos más destacados del “Paisaje Cultural”, el cual, en los albores del siglo veintiuno requiere para su desarrollo de nuevos paradigmas de ordenación territorial.

### PAISAJE CULTURAL

La naturaleza se define como el conjunto, orden y disposición de todas las entidades y fuerzas que componen el Universo. Desde una perspectiva antrópica, es el mundo natural, tal como existe sin la civilización del hombre y sin su injerencia y actuaciones (Real Academia Española, 1984).

Con anterioridad a la presencia del hombre desarrollado no existían territorios antropizados, sino escenarios naturales con procesos de sucesión ecológica, evolución natural de las especies y procesos sistemogénicos. En ellos, las sucesiones ecológicas, conjuntamente con la evolución geomorfológica, conducen hacia estados sucesivos y de mayor organización, desarrollo y complejidad que pueden expresarse en diversos estados dinámicos de equilibrio.

La familia Hominidae, a la cual el hombre pertenece, aparece sobre el planeta hace alrededor de siete millones de años, pero tiene además un largo período de coevolución con su entorno natural. En un comienzo sus relaciones con la naturaleza son las propias de un organismo vivo, dadas por sus condicionantes biológicas e instintos. Con el tiempo se incorpora la tecnología como un mecanismo articulador entre la naturaleza y la sociedad, lo cual incrementa su capacidad de actuación generando impactos mutuos de la sociedad sobre la naturaleza y de ésta sobre la sociedad. Es el proceso de hominización de la naturaleza, el cual se presenta en los diversos lugares y paisajes en estados transitivos de desarrollo, los cuales a su vez afectan a la sociedad y a su articulador tecnológico.

El paisaje cultural surge gradualmente como una expresión de las actuaciones de la sociedad humana articulada con su tecnología sobre la naturaleza (González, 1981; Van Mansvelt y Stobelaar, 1995), representada en una primera etapa como paisaje primitivo. Las primeras tecnologías se asocian al desarrollo del hombre recolector y cazador y están dadas por la gestión del fuego y la utilización de palos y piedras. La agricultura *sensu lato* surge hace aproximadamente 10.000 años como un mecanismo generalizado de actuación que articula la relación entre el hombre y la naturaleza permitiendo transformar la naturaleza como paisaje primitivo en paisaje cultural. El hombre se lanza a la utilización de hábitats y nichos ecológicos que previamente no utilizaba, y con ello se inicia la apertura de la Silva para transformarla en Ager (González, 1981). Cada sociedad opta por diferentes modalidades de transformación y ordenación del territorio acorde a su historia, su tecnología, su entorno y su período evolutivo. Por ejemplo, la dehesa es una expresión tradicional del paisaje cultural de la Península Ibérica. El *rangeland* es una expresión moderna y contemporánea del paisaje cultural de los Estados Unidos. En otros lugares del mundo se han generado paisajes culturales pascícolas diferentes, todos los cuales se encuentran actualmente en procesos intensos de transformación.

El hombre primitivo, siendo aún nómada, estaba acoplado a las condiciones de su entorno natural, actuando desde una perspectiva monista en la que la sociedad y naturaleza eran una sola unidad. Posteriormente, el dualismo se expresa, en una primera etapa, como “naturaleza contra la sociedad”, cuando el hombre primitivo pasa a ser sedentario y se siente permanentemente amenazado por su entorno natural, ya que no lo entiende ni lo domina.

Con el desarrollo de la tecnología, el hombre aumenta el control sobre los procesos naturales y en consecuencia aumenta el grado de artificialización del paisaje bajo una visión “sociedad contra naturaleza”. Estas tecnologías pueden ser sutiles o más agresivas, como la mecanización agrícola, la domesticación de animales salvajes, el alambrado de potreros, la siembra de pastos, el riego y la manipulación genética de las especies. Actualmente los desequilibrios territoriales hacen necesaria la evolución hacia una visión monista, en la que sociedad y naturaleza se complementan estableciendo una relación simbiótica y co-evolutiva (acoplamiento estructural). Surge así un nuevo paradigma, en el cual predomina una visión holística del territorio, expresado como un sistema complejo adaptativo (Gell-Mann, 1995).

El paisaje se define como el entorno que un individuo utiliza y percibe o como la interfaz entre un organismo y su entorno (Maturana y Varela, 1992). El hombre actúa en base a su percepción particular del paisaje. Esto implica una connotación subjetiva, es decir, existen tantos paisajes como individuos. El paisaje también es resultante de procesos evolutivos naturales por lo que además implica una connotación objetiva.

En la génesis del paisaje cultural pueden existir tres tipos complementarios de tendencias o determinantes de orden, donde predomine la producción de bienes y/o servicios: (Paisaje cultural económico), donde predominen las condiciones para el asentamiento y desarrollo de la vida humana, (Paisaje cultural social), o donde predomina la naturaleza salvaje (Paisaje cultural ecológico).

Los tres tipos de paisajes culturales pueden generar desequilibrios cuando el sustento de éste no ocurre en la adecuada ponderación social, económica y/o ecológica. En el paisaje cultural equilibrado las tres dimensiones coexisten. Las condiciones locales de un ecosistema pueden acotar la capacidad de actuación del hombre y por lo tanto no siempre en cada lugar existe la posibilidad de lograr simultáneamente una sostenibilidad ecológica, social y económica. Sin embargo, a escalas espaciales más extensas debe existir un balance adecuado de estas tres dimensiones, para que éste sea sostenible como un todo. De esta forma, algunos paisajes pueden desarrollarse con el predominio de uno o de otro tipo de paisaje, pero el todo debe ser armónico.

La agricultura “*sensu lato*” involucra a todos los cultivos anuales, perennes, forestales, pastizales y ganadería, cinegética, fauna silvestre y los complementos tecnológicos que ello incluye, siendo la piscicultura y la producción animal unos de los más relevantes. Puede definirse como el proceso de artificialización de la naturaleza (Lawes 1847; Gastó, Armijo y Nava 1984). Al abrir la Silva, se convierte al territorio natural en territorio rural (Ager). Simplifica la organización natural de un ecosistema para ordenar sus componentes según las necesidades, funciones y/o caprichos humanos.

En consecuencia, en el territorio rural la agricultura genera un paisaje cultural resultante de la actuación del hombre con o sin una intención definida, generando en cada caso un paisaje diseñado o residual respectivamente. En este sentido hacer agricultura no es solo producir bienes y servicios en el territorio rural, sino que también es generar un paisaje cultural, ecológicamente sostenible y socialmente aceptable, donde sea posible generar una buena calidad de vida para el hombre, como actor social.

La agricultura es la actividad tradicional más extensa y generalizada en el mundo rural. Existen además otras actividades que se insertaron en el territorio, las cuales afectan en diversas magnitudes y modalidades tales como: minería, vías de comunicación, obras públicas y centrales generadoras eléctricas. El paisaje puede ser definido como lo que queda después de haber actuado sobre el territorio (de Bolos *et al.* 1985) por lo cual tanto la apertura de tierras como las inserciones representan los mecanismos más trascendentes de generación del paisaje cultural.

Las actuaciones de la especie humana en un territorio obedecen a una cultura, siendo ésta la forma de relacionarse con el mundo, lo cual ocurre a través de su organización social, tecnológica, económica y política. Como resultante de ello se generan cinco tipos de atributos de paisajes culturales (Magel, 2001; Van Mansvelt y Stobbelaar, 1995):

- Paisaje armónico: se genera donde existe coherencia entre la sociedad, su cultura y las condiciones naturales.
- Paisaje estresado: ocurre donde la intensidad de uso del territorio es mayor a su capacidad receptiva. Esta presión constante deteriora el paisaje.
- Paisaje agonizante: ocurre donde está en un estado de avanzado deterioro, continúa deteriorándose y no tiene una capacidad endógena de recuperación.
- Paisaje cimarrón: es un paisaje que originalmente fue artificializado y después de su abandono tiende a regresar a su estado natural.
- Paisaje relictual: es el paisaje que conserva el ecosistema original y se inserta dentro de un entorno de paisaje cultural.

Estos tipos de paisajes culturales pueden generarse en base a actuaciones sin una intención determinada en relación al paisaje en sí, como sucede comúnmente, o bien puede surgir en base a un diseño de políticas orientadas a generar un paisaje determinado por las necesidades de sus actores sociales y por sus restricciones del dominio cultural y natural.

## PAISAJES CULTURALES PASCÍCOLAS

Existe una amplia casuística de paisajes culturales relacionados con los territorios pascícolas, de entre toda ella se han elegido dos casos que se consideran relevantes y diferentes en cuanto a sus dimensiones, actuaciones y evolución del territorio.

### Range management

Es el arte y ciencia de planificar y dirigir el uso de los pastizales (range), y de las tierras de pastoreo (rangelands) organizadas en ranchos para obtener una óptima producción animal sostenida consistentemente con la conservación del recurso natural y del medio ambiente (Holechek, Pieper y Herbel, 1989; Valentine, 1989).

Las tierras praterenses del lejano oeste de los Estados Unidos fueron ocupadas y utilizadas por colonos provenientes del este del país y de diversos países templados húmedos de Europa (Homesstead, 1862), los cuales carecían del conocimiento necesario para su ordenación, gestión y administración. Es por ello que se produjo inicialmente un fracaso generalizado que condujo a una degradación del tapiz vegetal y del suelo lo cual concluyó en la descolonización de amplios sectores. El Estado, paulatinamente, fue tomando parte en el asunto y conciencia del problema creando Parques Nacionales (1873), Bosques Nacionales (1890), Reservas Indígenas, Refugios de Fauna y Land Grant College (1862). La gestión de las tierras públicas se formalizó con la creación del Forest Service (1905) del Bureau of Land Management (BLM) en 1935 y del Soil Conservation Service (1935), todos ellos gestionados por funcionarios públicos calificados en la gestión de los pastos y de las tierras de pastoreo. Las tierras privadas se estructuran en extensos ranchos ganaderos que fueron ordenados, gestionados y administrados por rancheros y vaqueros cabalgantes. Desde la segunda mitad del siglo diecinueve, los campos fueron apotrerrados y alambrados para llevar a cabo una mejor gestión del rebaño y del tapiz vegetal. Frecuentemente los rancheros contaban con permisos de utilización de pastos en las tierras públicas, condicionados eso sí por las regulaciones de los Servicios Públicos.

Los gestores del territorio fueron gradualmente concluyendo que la gestión ganadera de esas tierras era diferente a cualquier situación anteriormente conocida, por lo cual se requería desarrollar una disciplina científica basada en principios diferentes que los de la agronomía. De esta forma se crea, en los años cuarenta del siglo XX, la American Society of Range Management y se comienza a ofrecer en las universidades del oeste programas de enseñanza universitaria y posgrados en Range Management.

Las bases teóricas de esta disciplina se centran en la ecología y el ecosistema, esto último de reciente formulación y desarrollo, lo cual se complementa con las sucesiones ecológicas que permiten analizar y resolver los problemas relativos a la dinámica pascícola. La taxonomía vegetal es además un importante complemento ecológico necesario para la descripción de la biodiversidad y del territorio, conjuntamente con el desarrollo del concepto de *sitio* como un descriptor del ámbito edáfico. Se incorpora el rebaño como el elemento cosechador del tapiz vegetal, analizándose su composición y conducta como un elemento utilizador y gestor del ecosistema. Los principios básicos de la gestión se centran en la determinación de la óptima intensidad, frecuencia y época de utilización. En segundo lugar se tiene la determinación y ajuste de la carga animal en relación a la capacidad sustentadora del pastizal. En lo territorial se tiene la determinación de la distribución del ganado en el espacio. Finalmente se busca determinar la mejor combinación de especies animales para la utilización de los pastos. Se desarrolla el concepto de condición del pastizal además de numerosas modalidades de reconocimiento, medición y evaluación de la pradera.

Durante las últimas décadas, a partir de los años sesenta, se han introducido importantes cambios, especialmente a partir de la incorporación del concepto y ley de uso múltiple (1960) que combina la protección, producción y utilización. Se introduce el concepto de gestión integrada de



la fauna silvestre, gestión de cuencas, cosecha de agua, gestión forestal y muy especialmente la recreación al aire libre. La dimensión prioritaria original de gestión funcional se complementa además por sus dimensiones estética, ambiental y de vida y ocio.

Uno de los aspectos más importantes que caracterizan la dinámica del “range” es la continua incorporación de conceptos, tecnologías y normas, en un intento de adecuarse a las nuevas demandas de la sociedad. Un ejemplo son las normas que se incorporan en la década de los años 70: especies en peligro (1973), agua limpia (1977), comunidades tranquilas (1978), conservación y recuperación de recursos (1976), políticas federales de manejo de la tierra (1976), control y restauración de minas superficiales (1977).

## Dehesa

La dehesa es un ecosistema propio de los ambientes mediterráneos de la Península Ibérica, que se caracteriza por presentar una estrata arbórea rala en especies esclerófitas y una estrata inferior de terófitas, gestionado con propósitos silvopastorales y originado en la actividad humana de transformación del bosque esclerófito original.

La dehesa es de origen antrópico y desarrollado por la cultura popular, siendo el resultado de la transformación del bosque esclerófito denso natural, el cual es sometido a un proceso de raleo y poda que permite la formación de árboles aislados productores de cargadores frutales que permiten la formación de abundantes bellotas. En el sotobosque se forma una estrata de terófitas que se desarrollan, crecen y producen alimento durante los meses más fríos.

Es un sistema complejo adaptativo que genera dos nichos ganaderos principales: uno el del cerdo consumidor de las bellotas que caen al suelo y el otro de la ganadería de rumiantes que consumen, principalmente, el estrato herbáceo. Es un sistema de larga coevolución entre el arbolado productor de bellotas y el cerdo consumidor y entre el tapiz vegetal productor de pasto tierno para los rumiantes.

La dehesa es un sistema elegante y sostenible que produce productos de alto valor: el cerdo ibérico de reconocida calidad organoléptica, el cual está adaptado y ajustado a este ámbito y que además produce un producto de reconocida unicidad, lo cual se expresa en su valor comercial. La oveja productora de lana merina de la más alta calidad, la cual originalmente era valorada por el mercado consumidor, además del cordero de alta calidad culinaria. El paisaje de la dehesa se mantiene esmeradamente cuidado generando territorios bellamente desarrollados, con una cobertura mixta de árboles siempre verdes y de un tapiz vegetal invernal muy hermoso. El ecosistema es sostenible en el tiempo, lo cual se comprueba por su larga trayectoria evolutiva y de uso. Tradicionalmente el ganado se gestionaba por pastores que lo cuidan de a pié, en territorios no alambrados.

La primera información que se tiene sobre el sistema data del año 929. Se sabe que ya en el año 1100 era un sistema bien desarrollado, para luego alcanzar su consolidación en 1253, en la época de Alfonso X el Sabio. Durante un largo período se mantuvo como la matriz básica de la Mesta, gestionada por grandes ganaderos y por el clero, todo lo cual hizo que el negocio se centrara en torno al alto precio y calidad de la lana. Los pequeños campesinos labraban predios aldeaños donde cultivaban diversos productos requeridos para su alimentación, por lo cual se generaban frecuentes conflictos por el uso de la tierra, lo que llevó a la intervención de las Cortes en 1470. La escasez de alimentos durante la guerra civil incentivó el cultivo de cereales y el descampado, lo cual dio origen a cambios intensos en el paisaje. El proceso continuó durante la postguerra, especialmente a través del desmonte de las arboledas que se encontraban en las mejores tierras.

La trashumancia del ganado, con toda la complejidad y complicaciones que ello involucra, desde las veranadas de la Cornisa Cantábrica hacia las internadas meridionales fue un componente esencial que permitió darle sostenibilidad y buen uso al sistema. Con el tiempo el sistema fue

evolucionando hasta que finalmente las cañadas fueron desvaneciéndose y la trashumancia dejó de existir. La mayor presión poblacional estimuló la labranza de la tierra para el cultivo con lo cual su fertilidad disminuyó y la invasión de malezas leñosas se incrementó notablemente.

En la actualidad, las demandas económicas y el coste de la mano de obra son cada vez mayores por lo cual la sostenibilidad del sistema se dificulta. Los limitantes hídricos precipitacionales, conjuntamente el desgaste de los suelos y las mayores exigencias económicas, ha obligado a la suplementación de la alimentación animal, con el aporte de piensos provenientes de ecosistemas agrícolas intensivos, y a la fertilización de las tierras, todo lo cual genera como resultante requerimientos cada vez mayores de subvenciones externas. Recientemente, la PAC y los importantes cambios tecnológicos y de mercado han doncucido a la generación del paisaje cultural contemporáneo de la Dehesa.

Se considera a la dehesa como un sistema holístico mantenido en un estado disclimácico de uso múltiple donde los productos principales son el cerdo, las bellotas, el ramón, la leña, la lana, la carne, el carbón, caza, cereales, corcho, miel y abonos naturales. Es un paisaje cultural que requiere de una alta intervención antrópica, de elevados costes de operación y de insumos alimenticios, de construcción de cercas de alambre, de productividad moderada a baja debido a sus limitantes ambientales, especialmente de naturaleza climática, geomorfológica y de superficies relativamente pequeñas de terreno. En el contexto actual, su sostenibilidad se hace cada vez más difícil. Una alta proporción de ellas conforman paisajes culturales agonizantes y cimarrones. Las presiones del entorno y las limitantes y potencialidades han estimulado el desarrollo de numerosos neopaisajes culturales de dehesa entre los que se destacan: (a) cereal-ovino, (b) vacuno-altas infraestructuras-bajo insumo, (c) productivista familiar de vacuno-porcino, (d) ovejería marginal, deforestada y con degradación de suelos y (e) dehesa promedio con (70% de finca), tamaño medio y con ovinos, bovinos y caprinos.

### **Espacio de solución**

Planteadas las bases del paisaje cultural y analizados dos casos relevantes de paisajes relacionados con territorios pascícolas, es importante aportar algunas reflexiones para poder formular soluciones a la problemática de la transformación de la naturaleza y sus implicaciones territoriales.

El problema de la determinación del espacio de solución entre producción animal y paisaje cultural debe localizarse en la relación secuencial que debe existir entre las tres dimensiones fundamentales del problema:

1. Localizar jerárquicamente cada una de las variables relevantes al modelo ganadero de acuerdo a la universal legalidad del componente.
2. Determinar el punto focal de las dimensiones y actuaciones que deban llevarse a cabo para determinar la solución del problema.
3. Valorar la resultante de sostenibilidad de la solución.

### **Jerarquía y universal legalidad**

La teoría jerárquica es una expresión dialéctica de la Teoría General de Sistemas (Von Bertalanfy, 1975) que surge, en parte, como un movimiento hacia una ciencia general de la complejidad (Bohm y Peat, 1987; Capra, 1996) y que se aplica en todos niveles de organización y escalas de trabajo. Sus operaciones lógicas básicas son la definición, la clasificación y la jerarquización (Gorski y Tavants, 1968), su énfasis está altamente centralizado en la observación del sistema y sus raíces se encuentran en los trabajos del químico Prigogine, el psicólogo Piaget y el economista Herbert Simon. La jerarquía es un sistema interconectado en varios grados de comportamiento,

donde las relaciones hacia arriba son asimétricas con las relaciones hacia abajo (Allen y Star, 1982; Haber, 1990). Los niveles superiores controlan (organizan) a los inferiores en función de las constantes de tiempo y espacio, presentando menos frecuencia de comportamiento (ritmos con ciclos más extensos) y más estabilidad, por lo que sirven de contexto y determinan el propósito de los niveles inferiores actuando como supersistemas (Naveh, 2000; Naveh, 2001; Wu y David, 2002; Gastó et al. 2005). Ferrater (1979) indica que existen cuatro tipos de jerarquía: del poder, lógica, ontológica y axiológica. Es en estas dos últimas jerarquías donde se centra la sostenibilidad del sistema (Mesarovic, Macko y Takahara, 1971).

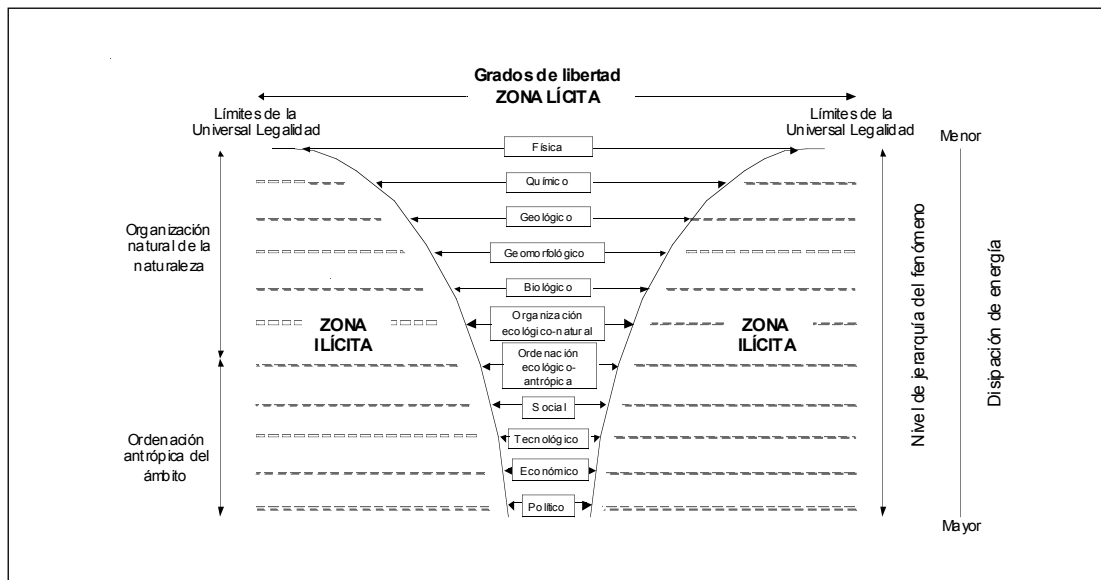
La creación y evolución de los sistemas, ecosistemas y organismos se plantea como una estructura disipativa de la jerarquía de la organización natural (Gell-Mann, 1995; D'Angelo, 2002). Las actuaciones antrópicas que transforman y ordenan al sistema con propósitos económicos, sociales o naturales, conducen necesariamente a estados diferentes a los previos donde la disipación energética se expresa como una constante. Energía es el combustible que torna operativo al ecosistema, pero la tasa de ocurrencia de operación del proceso está controlada por la disponibilidad de nutrientes. El ecosistema opera de manera de gastar la energía disponible necesaria para minimizar las constricciones de tiempo y espacio emanadas por las limitantes de agua y de nutrientes (Reichle, O'Neill y Harris, 1975). En esta transformación, el estado que se logre puede ser sustentable o no, lo cual implica el estímulo o *input* que logre mantenerlo evitando que se alcancen estados disipativos diferentes al pretendido por la organización antrópica.

La jerarquía ocurre en sistemas físicos, químicos, biológicos, ecológicos, sociales, tecnológicos, económicos, y político, por lo cual se hace necesario contar con una teoría jerárquica que permita interactuar en sistemas multidimensionales de comportamientos y de estructuras complejas. En la naturaleza ocurren simultáneamente diversos procesos de organización, que se expresan en escalas de tiempo y espacio diferentes. En las jerarquías mayores se tienen los procesos físicos que conducen a la organización de la materia en átomos. Bajo ésta se tiene a la organización química en moléculas de diversos compuestos, lo cual está necesariamente subordinado a las leyes de la organización física y, además, de la química, por lo cual se expresa en menores grados de libertad. El proceso geológico permite su organización en rocas, minerales y sus derivados, y el geomorfológico en geoformas determinadas por las jerarquías superiores además de las condicionantes propias de la geomorfología. La generación de la vida en el planeta ocurre sólo cuando los hábitats y nichos permiten su generación. Al igual que en las jerarquías superiores, se rige por todos esos niveles además de los propios de la biología. La integración de lo inerte con lo biológico permite un nuevo nivel de organización: el ecológico, dado por los ecosistemas a través del proceso de sistemogénesis, el cual, al ser de mayor organización, es a la vez más disipativo (Gastó, 1980). Al estar subordinado a todas las jerarquías superiores, además de las propias de la ecología, sus grados de libertad son menores (Brady, 1994; Wy y Qi, 2000).

La generación de la naturaleza es a la vez la generación del escenario de la especie humana, sin lo cual sería impensable su existencia. Haber (1990) relaciona la artificialización de los ecosistemas a los tipos de uso del territorio en bioecosistemas, ecosistemas casi naturales, ecosistemas seminaturales, ecosistemas antropogénicos y en tecnoecosistemas. Al igual que en el caso anterior se tiene como una jerarquía superior la organización social, que conduce al desarrollo de una cultura que se inserta en un contexto ecológico superior, el cual le permite adaptarse y a su vez modifica. Surge así la tecnología como un producto de la interacción de la naturaleza y la sociedad, lo cual corresponde a un nuevo orden de la materia, energía e información en otras dimensiones espacio-temporales. La tecnología a su vez permite interactuar con la organización de la naturaleza y con la ordenación de los niveles antrópicos superiores. La economía regula y restringe las transacciones que ocurren en los niveles jerárquicos superiores. La política, conjuntamente con la economía, son los niveles más restrictivos de la jerarquía: es donde se toman las decisiones de la sociedad organizada, por lo cual deben estar subordinadas a todos los niveles superiores. Su accionar está centrado en los límites de la universal legalidad de cada uno de los niveles jerárquicos. A

manera de ejemplo, podría darse el caso que los legisladores de una nación decidieran que el agua, que se congela a nivel del mar a cero grados y ebulle a cien, lo hiciera a veinte grados y a doscientos respectivamente. Sería esto una decisión ilícita pues las leyes de la física no están subordinadas a las leyes políticas ni a las económicas. Algo similar ocurre cuando se toman decisiones de políticas económicas, tecnológicas o sociales que transgreden los límites de la universal legalidad de la ecología, tal como cuando se sobrepasa la capacidad de uso de los suelos o con la cosecha indiscriminada de los bosques, del mar o la expansión de las ciudades más allá de las funciones de transferencia que sobrepasan los umbrales de equilibrio. Ejemplos de este tipo de transgresiones no son exclusivas de la identidad cultural cristiano-occidental ni de nuestros tiempos, siendo dignos de mencionar los casos del colapso ambiental de Isla de Pascua (*Rapa Nui*), la degradación de la Araucanía (Montalba, 2004; Montalba y Vera, 2006) y la extinción de los fueguinos (Erlwein, 2001). El problema de fondo de la sustentabilidad está dado por no respetar los niveles jerárquicos superiores, al traspasar los límites de la universal legalidad de cada uno. Una buena decisión debe ser lícita en todos y cada uno de los niveles jerárquicos.

**FIGURA 1.** Esquema generalizado de los diversos niveles jerárquicos y de sus grados de libertad dados por la universal legalidad del fenómeno. El traspaso de estos límites de la universal legalidad es el fundamento de la no sustentabilidad



## DIMENSIONES Y ACTUACIONES

Son escasas las temáticas que pueden competir con el creciente reconocimiento de la dependencia e impactos humanos medioambientales sobre la biosfera, lo que se expresará como el componente clave de nuestra época y espíritu cuando se escriba la historia del período actual (Nisbet, 1982; Rosa, 2000), todo lo cual está estrechamente ligado con sustentabilidad (Turner, 1973).

La sustentabilidad puede ser una herramienta analítica para insertar los impactos humanos en el ambiente, los cuales son inseparables de las diversas dimensiones jerárquicas del fenómeno, a saber: (a) antropocéntrica, que plantea al hombre como eje central del problema, (b) ecocéntrica, la cual establece que el eje central del fenómeno es el escenario del hombre, es decir, su entorno, (c) local, que localiza el problema en su escala directa de actuación y (d) global, donde las conexiones se establecen en escala de la totalidad de la ecósfera.

En la cultura occidental, que se presenta como estrechamente relacionada con la tradición judeocristiana, se establece el origen del hombre como una creación divina, el cual a su vez recibe el mandato de crecer y multiplicarse, simultáneamente con dominar la tierra y las aves del cielo y los peces del mar. La naturaleza existe para servir al hombre, quien recibe el mandato de utilizarla y dominarla, con la sola restricción de no utilizar el árbol del fruto prohibido. No es posible en la actualidad actuar independientemente y aislando los sistemas ecológicos de los sociales, ya que está en riesgo la estabilidad ecológica que permite la vida plena del hombre (Low et al., 1999; Redman et al., 2000; Jentoft, 2007).

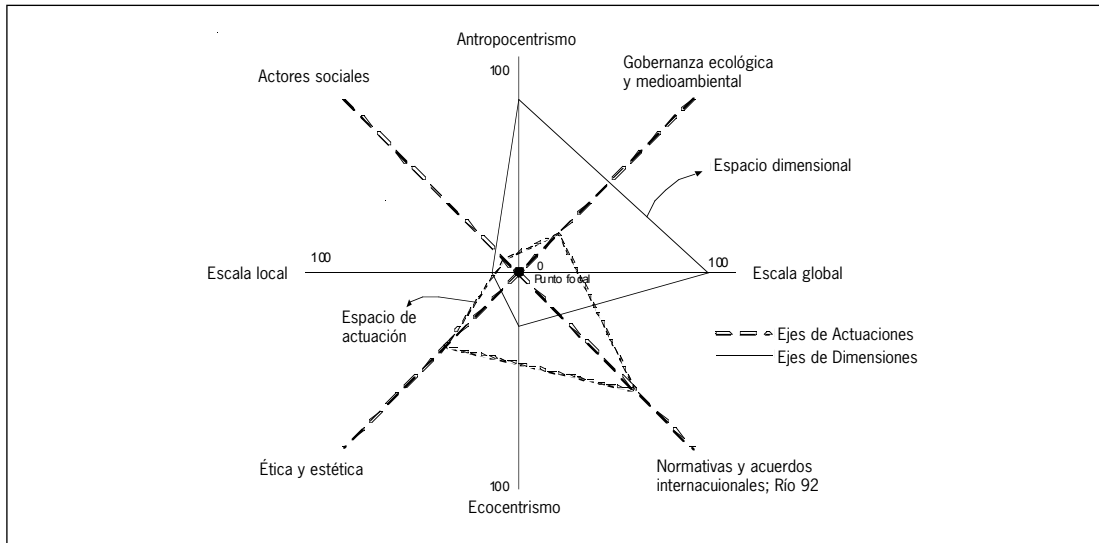
Los cambios demográficos y el uso descontrolado de los recursos, que se alcanza al finalizar el siglo XX, sobrepasa la capacidad de carga del planeta, lo cual conduce a afectar su sustentabilidad articulando ambos fenómenos entre sí. Se logra en esta forma relacionar los pares contiguos de las cuatro dimensiones jerárquicas fundamentales con cuatro ejes de actuación (Figura 2). Entre lo local y lo antropocéntrico se tienen los actores sociales o sociedad civil que operan directamente dirigiendo el fenómeno (Magel, 2000; Queron, 2002). Entre lo antropocéntrico y lo global emerge la gobernanza del territorio, la cual establece las propiedades y demandas del sistema gobernado (natural y antrópico) y las provisiones que debe tener el sistema gobernante (antrópico); así como las funciones generales que deben considerarse, tales como: el mantenimiento de zonas destinadas al control de gases de efecto invernadero, la regulación y purificación de las aguas y la conservación de la cultura (Costanza et al., 1997; Jentoft, 2007). La existencia y aplicación de acuerdos globales internacionales se localiza en la articulación entre el eje ecocéntrico y la globalización de las actuaciones (Naess, 1993a). Cualquiera que sea la naturaleza de las actuaciones debe estar condicionada por restricciones de naturaleza ética y estética, que se localizan entre el eje local y ecocéntrico, las cuales al no cumplirse deterioran la sustentabilidad del sistema (Van Mansvelt, 1997).

La articulación que se genera entre las cuatro dimensiones del fenómeno y las del paradigma de actuación está dada por dos virtudes: *techné* y *phronesis*. La primera es la tecnología que puede ser un utensilio o artefacto correspondiente a un medio para alcanzar un fin, siendo la otra la prudencia (Vial, 1981). Ambas se deterioran en la medida que los requerimientos y las tasas de extracción de elementos del ecosistema son cada vez mayores y transgreden la universal legalidad. A raíz de este fenómeno surgen corrientes de pensamiento centradas en la ecología natural conocida como “ecocentrismo” o “ecología profunda”, con fuertes raíces en la ecofilosofía y ecofilosofía (Naess, 1993a, 1993b).

La escala espacial local plantea que el desarrollo debe ser en escala humana, integrándose tanto el corto y el largo plazo, como los espacios inmediatos de acoplamiento; tal como ha ocurrido y ocurre con numerosas culturas originarias (Gómez, 1981). El cambio global está dado por ligamientos cada vez más fuertes entre espacios distantes, lo cual a su vez privilegia el presente y el futuro. En este contexto, la presencia humana constituye una parte integral de todos los ecosistemas, siendo sus actuaciones relevantes en el impacto global (McDonnell y Pickett, 1993; Vitousek et al., 1997; Lubchenco, 1998).

El punto focal es el centro de divergencia desde donde se establece la posición de confluencia de los diversos ejes jerárquicos que intervienen en las actuaciones y en la toma de decisiones del actor social. Se presenta, a manera de ejemplo, dos espacios: uno que expresa las dimensiones de la focalización del problema y el otro las actuaciones que se ejercen sobre el sistema. Debiera existir una relación entre las dimensiones del problema y las actuaciones. De esta forma se integran las restricciones genéricas naturales y culturales como, así mismo, las restricciones territoriales. Se generan por lo tanto nuevos espacios ilícitos, por cuanto la solución puede estar contenida al interior del espacio lícito de uno de los sistemas pero fuera de otros.

**Figura 2.** Punto focal de las cuatro dimensiones y actuaciones jerárquicas fundamentales que describen la sostenibilidad fenomenológica



Las acciones que se llevan a cabo en el fenómeno afectan el grado de sostenibilidad del sistema. Su naturaleza e intensidad derivan, según Rosa (2000), del marco teórico-práctico aceptado por la comunidad de acuerdo al espíritu de época (*zeitgeist*) y de lugar de los actores sociales (*volksgeist*), dado por la localización en sus cuatro ejes y jerarquías establecidas. La resultante de todo esto afecta necesariamente a la sostenibilidad y a la agricultura en general. En el contexto ambiental las actuaciones en el sistema son siempre relevantes en relación a su sostenibilidad, lo cual ha sido planteado desde hace un largo tiempo (Lawes, 1847; Röling, 2000).

Aunque con el riesgo de que sea una simplificación excesiva, en este esquema el paisaje cultural relacionado con el “*range*” podríamos decir que en sus dimensiones tienen una fuerte componente ecocéntrica y global y en sus actuaciones está muy dirigido por las normativas y acuerdos y por la gobernanza del territorio, con teselas especializadas en cosecha de agua, secuestro de carbono, etc. En el caso de la Dehesa, tiene una fuerte raíz antropocéntrica y local y en sus actuaciones está condicionada por la ética y estética y, de una forma especial, por los actores sociales.

## SOSTENIBILIDAD

El modelo de crecimiento económico ilimitado comienza a cuestionarse en el estudio del MIT (Meadows *et al.*, 1972) sobre los límites del crecimiento que plantea las restricciones físicas del planeta en relación a la población humana, el crecimiento económico ilimitado, la producción de alimentos, la industrialización, los recursos no renovables y la contaminación. Ello se complementa con el trabajo “Food Production and Energy Crisis” (Pimentel *et al.*, 1973) como respuesta a la primera crisis energética y con una serie de importantes trabajos como el de Mesarovic y Pestel (1975) y el equipo dirigido por Barney (1982), los cuales destacan en el proceso de construcción del denominado “Desarrollo Sostenible” (Alonso y Sevilla, 1995). Como resultante de lo anterior la Comisión Mundial para el Medioambiente y el Desarrollo (CMMD, 1992), conocida como Comisión Bruntland, en 1987 define formalmente el desarrollo sostenible como aquel que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades; lo cual implica que existen tanto necesidades de la población como limitantes ambientales para satisfacerlas. La transformación de la economía y de la sociedad puede generar un aumento de la productividad y de la igualdad de oportunidades para todos (CMMD, 1992). Es en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre medio ambiente y

desarrollo de Río '92 donde se afianza y se acuerda llevar a la práctica las conclusiones de la Comisión Bruntland. Ningún país puede desarrollarse distanciándose de los demás, por lo cual se requiere una nueva orientación de las relaciones internacionales (Alonso y Sevilla, 1995).

La sostenibilidad, por lo tanto, se diferencia de la conservación de recursos naturales en que además incorpora y da mayor especificidad a algunas de las siguientes dimensiones: (a) conservación de las funciones y capacidad productiva ecosistémica (b) conservación de la producción de beneficios económicos, (c) conservación del ciclo hidrológico, (d) conservación del suelo, (e) conservación y desarrollo de la biodiversidad, (f) conservación y desarrollo de la calidad del paisaje, (g) conservación y desarrollo del balance de carbono, (h) diversificación de productos, (i) satisfacción de necesidades humanas, (j) desarrollo en armonía con comunidades locales, (k) distribución justa y equitativa de los beneficios entre los actores y entre las naciones, y finalmente (l) derechos de los pueblos originarios (Lele, 1991; Lawrence, 1997; Altieri, 1999; Altieri y Rojas, 1999; Montalba, 2005; Erlwein *et al.*, 2007).

## REFLEXIONES FINALES

La ganadería (*sensu lato*), en el contexto del paisaje cultural, no es una actividad o sector que pueda ser analizada independientemente del territorio, el cual puede corresponder a áreas naturales en donde el sistema no ha sido intervenido, a espacios rurales donde el actor social ha ejercido su dominio, transformándolo y adecuándolo para la ganadería y otras actividades afines, y a espacios urbanos, donde predominan los asentamientos humanos. Además, se tienen los territorios abandonados donde, luego de un período de intervención, ha cesado el dominio de los actores humanos. En todos los territorios se pueden dar las más diversas combinaciones de espacios naturales, urbanos, rurales y abandonados.

La ganadería es un componente esencial del territorio, por lo cual lo que se ordena es el territorio con la ganadería como parte de él. En cada una de las clases territoriales existe un determinado tipo de ganadería: en los espacios naturales está la fauna silvestre, en los espacios rurales se tiene la ganadería doméstica y en las áreas urbanas está la ganadería de mascotas. En los espacios abandonados se da, especialmente, la ganadería cimarrona.

El predio es una unidad básica administrativa del territorio, pudiendo corresponder a la más variada gama de opciones desde la hacienda hasta el solar y el erial. Por tener los predios rurales una naturaleza heterogénea, donde pueden combinarse dentro de sus lindes las cuatro categorías territoriales, es posible organizarlos de manera que coexistan varios tipos, tal como ganadería doméstica y la fauna silvestre en espacios naturales y su integración con las ganaderías tradicionales. Es importante resaltar la cada vez más importante "ganadería de mascotas" en espacios urbanos.

La ordenación ganadera del territorio es una expresión de la cultura, por lo cual no es neutra. Se lleva a cabo para lograr algún fin de organización, lo cual requiere de aplicar tecnologías específicas y valoradas de acuerdo a un juicio que, necesariamente, debe ser referido a un conjunto tridimensional de variables dado por la sostenibilidad del sistema, la equidad en relación a los actores y el territorio y la productividad del sistema.

La ordenación ganadera del territorio debe ser planteada en un espacio de múltiples escalas, en el cual se organice el sistema desde muy pequeño hasta las grandes extensiones, y en relación a las escalas de ocupación de los actores sociales. De igual forma se tiene el tiempo, que abarca desde ciertas actividades momentáneas hasta otras que se prolongan en escalas retardadas.

Las acciones antrópicas que transforman y ordenan a los sistemas pascícolas en niveles jerárquicos, con propósitos económicos, sociales o naturales, conducen, necesariamente, a paisajes culturales diferentes o a los previos, donde la disipación de energía se expresa como una constante. Las dimensiones del paisaje cultural que se consideran en el análisis de los problemas pascícolas

van desde lo local a lo global, y desde lo centrado en el hombre (antropocéntrico) a la ecología profunda (ecocéntrico). En cuanto a las actuaciones, debe centrarse el problema en cuatro ejes: lo ético y estético, la gobernanza del territorio, los actores sociales y los acuerdos nacionales e internacionales. La resultante de todo ello debe permitir generar modelos sostenibles que compatibilicen el espíritu del lugar con el de la época.

## BIBLIOGRAFÍA

- Allen, T.F.H. y T.B.Star.1982. *Hierarchy: perspectives for ecological complexity*. University of Chicago Press. Chicago.
- Alonso, A. y E. Sevilla, 1995. El discurso ecotecnocrático de la sostenibilidad. En: *Agricultura y desarrollo sostenible*. A. Cadenas (ed.). MAPA, Madrid. Pp. 93-119.
- Altieri, M., 1999. *Agroecología, bases científicas para una agricultura sustentable*. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo. Uruguay. 338 pág.
- Barney. G.O., 1982. El mundo en el año 2000. En *los albores del Siglo XXI*. Informe técnico. Tecnos. Madrid, España.
- Bohm, D. y F. Peat. 1987. *Science, order and creativity. A dramatic look at the roots of science and life*. Bantam Books. New York, U.S.A.
- Brady, R.H. 1994. Pattern description, process explanation, and history of morphological sciences: 7-31. En: Grand, L. Y O. Rieppel. *Interpreting the hierarchy of nature: transsystemic patterns to evolutionary process theories*. Academic Press. San Diego. California, USA.
- Capra, F. 1996. *The web of life. A new synthesis of mind and matter*. Harper Collins. London, U.K.
- CMMD (Comisión Mundial Para el Medioambiente y el Desarrollo), 1992. *Nuestro Futuro Común* Alianza Editorial. Madrid, España.
- Costanza, R., H. Daly y H. A. Bartholomew. 1991. Goals, Agenda, and Policy Recommendations for Ecological Economics. p. 1-20. In: Costanza, R. (Ed.). *Ecological Economics. The Science and Management of Sustainability*. Columbia University Press. New York, U.S.A.
- D'Angelo, C. 2002. Marco conceptual para la ordenación de predios rurales. p. 205-223. En: Gastó, J., P. Rodrigo y I. Aránguiz (Ed.). *Ordenación Territorial, desarrollo de predios y comunas rurales*. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. LOM Ediciones. Santiago, Chile.
- De Bolos, M. et al. 1992. *Manual de Ciencia del Paisaje. Teoría, Métodos y Aplicaciones*. Editorial Masson. Barcelona, España.
- Erlwein, A. 2001. The extinction of the fuegians, an example of the western crisis of perception. *Essay Master of Science in Holistic Sciences*. Schumacher College, U.K. 15 pp.
- Erlwein, A., Lara, A. Y A. Pradenas M. 2007. *Industria de celulosa en Chile. Un modelo de desarrollo no sustentable (En proceso, Argentina)*.
- Ferrater, J. 1979. *Diccionario de filosofía*. Ariel. Barcelona, España.
- Gastó J. 1980. *Ecología. El hombre y la transformación de la naturaleza*. Universitaria. Santiago, Chile.
- Gastó J., R. Armijo y R. Nava. 1984. *Bases heurísticas del diseño predial. Sistemas en Agricultura*. IISA 8407. Departamento de Zootecnia. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.



- Gastó, J., M. Pino, V. Fuentes, S. Donoso, S. Gallardo, N. Ahumada, C. Gálvez, C. Gatica, M. Retamal, C. Pérez y L. Vera. 2005. Metodologías para la Planificación Territorial. Ministerio de Cooperación y Planificación. Santiago, Chile. 144 pp.
- Gell-Mann, M. 1995. El quark y el jaguar. Aventuras en lo simple y en lo complejo. Tusquets Editores S.A. Barcelona, España.
- Gómez, J. (Ed.) 1981. El tiempo en las ciencias. Problemas fundamentales del hombre. Enfoque interdisciplinario. Editorial Univesitaria. Santiago de Chile. 216 pp.
- González, F. 1981. Ecología y paisaje. H. Blume ediciones. Barcelona, España.
- Haber, W. 1990. Using landscape ecology in planning and management. p. 217-232. In: Zonneveldt, I. and R. Forman. Changing Landscapes: An Ecological Perspective. Springer-Verlag. New York, U.S.A.
- Holechek, J. L., R. D. Pieper y C. H. Herbel. 1989. Range management, Principles and practices. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Jentoft, S. 2007. Limits of governability: Institutional implications for fisheries and coastal governance. *Marine Policy* 31: 360-370.
- Lawes J. 1847. On agricultural chemistry. *J. Roy. Agric. Soc. England*. 8 (1847) 226–260.
- Lawrence, D. 1997. Integrating sustainability and environmental impact assesment. *Environmental Management* 21: 23-42.
- Lele, S. 1991. Sustainable development: a critical review. *World Development* 19: 607-621.
- Low, B., Costanza, E. Ostrom, J. Wilson y C. Simon. 1999. Human ecosystems interaction: a dynamic integrated model. *Ecological economics* 31: 227-242.
- Lubchenco J. 1998. Entering the Century of the Environment: A New Social Contract for Science. *Science* 279: 491– 496.
- Magel, H. 2000. Conference resume and presentation of the Potsdam Declaration Rural 21. p. 63-77. In: Conference Volume Rural 21. International Conference on Future and Development of Rural Areas. EXPO 2000. Hanover, Germany.
- Maturana, H. y F. Varela. 1992. The Tree of Knowledge, the Biological Roots of Human Understanding. Shambala Publications. Boston, U.S.A.
- McDonnell, M.J. y S. Pickett (Eds.) 1993. Humans as componentes of ecosystems: the ecology of subtle effects and populated areas. Springer-Verlag. New York. U.S.A.
- Meadows, D.H., Meadows, D.I., L. Randors y W.W. Behrens. 1972. The limits of growth: a report for the Club of Rome's project in the predicament of mankind. Universe Books. New York. U.S.A.
- Mesarovic, M. y E. Pastel. 1975. La humanidad en la encrucijada. Fondo de Cultura Económica. México.
- Mesarovic, M., Macko, M. y T. Takahara. 1971. Theory of hierarchical multilevel systems. Academia Press. New York. U.S.A.
- Montalba, R. 2005. Agroecología como desarrollo rural sostenible en contextos indígenas, una aproximación crítica a partir de la realidad e historia de los mapuche de Chile. Tesis para optar al grado de Doctor en Agroecología y Desarrollo Rural sostenible. Universidad de Córdoba. Córdoba, España. 450 pp.

- Montalba, R. y L. Vera. 2007. ¿Desarrollo sostenible o ecoetnocidio? Análisis agroecológico al proceso de expansión de monocultivos forestales desde la perspectiva de las poblaciones mapuche de Lumaco. En: Actas I Congreso de la Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. Colombia.
- Naess, A. 1993a. Arne Naess:65-111. En: Reed, P. y D. Rothenberg (Ed.) *Wisdom in the open air*. University Minnesota Pres. Minneapolis, U.S.A.
- Naess, A. 1993b. Sigmund Kvaløy. p. 113-152. En: Reed, P. y D. Rothenberg (Ed.) *Wisdom in the open air*. University Minnesota Pres. Minneapolis, U.S.A.
- Naveh, Z. 2000. What is holistic landscape ecology? A conceptual introduction. *Landscape and Urban Planning* 50: 7-26.
- Naveh, Z. 2001. Ten major premises for a holistic conception of multifunctional landscapes. *Landscape and Urban Planning* 57: 269-284.
- Nisbet, R. 1982. *Prejudices. A philosophical dictionary*. Harvard University Press. Cambridge, MA, U.S.A.
- Pimentel, D., L.E. Hurd, A.C. Bellotti, I. Oka, O.D. Sholes, R.J. Whitman. 1973. Food production and energy crisis. *Science* 182: 443-449.
- Queron, C. 2002. Relaciones entre actores sociales y territorio rural. El caso de la comuna de Santo Domingo. p. 717-751. En: Gastó, J., P. Rodrigo e I. Aránguiz. *Ordenación Territorial: desarrollo de predios y comunas rurales*. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. LOM Ediciones. Santiago, Chile.
- Redman, C.L., M.J. Grove y L.H. Kuby. 2000. Toward a unified understanding of human ecosystems: interpreting social sciences in long-term ecological research. *Unified Theory of Human Ecosystems*.
- Reichle, D.E., R.V. O'Neill y W.F. Harris. 1975. Principles of energy and material exchange in ecosystems. p 27-43. En: W.H. van Dobben y R.H. Lowe-McConnell (Eds.). *Unifying concepts in ecology*. Report of the plenary sessions of the First International Congress of Ecology. The Hague, Holanda.
- Röling N. 2000. Gateway to the Global Garden: Beta/Gamma Science for dealing with Ecological Rationality. Eight Annual Hopper Lecture. University of Guelph, Canada.
- Rosa, E. 2000. Modern theories of society and the environment: the risk society. p. 73-101. En: Spaargaren, G., A. Mol y F. Buttel. *Environment and global modernity*. SAGE. International Sociological Association. SAGE Publication. London, U.K..
- Turner, T. 1973. *Landscape planning: a linguistic and historical annalysis*
- Valentine, J. 1989. *Range development and improvement*. Academic Press Inc. New York, U.S.A.
- Van Mansvelt, J. 1997. An interdisciplinary approach to integrate a range of agro-landscape values as proposed by representatives of various disciplines. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 63: 233-250.
- Vial, J. 1981. El tiempo, cuestión de la filosofía. En: Gómez, J. *El tiempo en las ciencias. Problemas fundamentales del hombre*. Enfoque interdisciplinario. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.

- Vitousek P., H. Mooney, J. Lubchenco y J. Melillo. 1997. Human domination on Earth's systems. *Science* 277: 494-499.
- Von Bertalanffy, L. 1975. *Perspectives of general system theory*. Springer Verlag; New York, U.S.A. 253 pp.
- Wu, J. y J. David. 2002. A spatially explicit hierarchical approach to modeling complex ecological systems: theory and applications. *Ecological Modeling* 153: 7-26.
- Wy, J. y Y. Qi. 2000. Dealing with scale in landscape analysis: an overview. *Geographic Information Systems*. 6:1-5.



## SELECCIÓN DE DIETA DEL CIERVO (*CERVUS ELAPHUS* L.) SOBRE ESPECIES LEÑOSAS Y SU EFECTO EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA EN LOS MONTES DE TOLEDO (ESPAÑA)

R. PEREA GARCÍA-CALVO<sup>1</sup> \*, S. ROIG GÓMEZ<sup>1,2</sup> Y A. SAN MIGUEL AYANZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dpto. Silvopascicultura. ETSI. Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Av. Ramiro de Maeztu s/n. Ciudad Universitaria. 28040.- Madrid (España). <sup>2</sup> Dpto. de Sistemas y Recursos Forestales. CIFOR-INIA. Ctra. de la Coruña, km. 7,5 28040 - Madrid (España)  
\*ramonpereagc@gmail.com

### RESUMEN

En las últimas décadas, gran parte de los sistemas agroforestales mediterráneos de la zona central de la Península han dirigido su gestión hacia la producción cinegética, especialmente del ciervo. La nueva gestión de estas fincas ha provocado la generalización de las vallas perimetrales y el aumento de las poblaciones de ciervo (con frecuencia más de 50 ind/km<sup>2</sup>), lo que puede causar severos problemas en la sostenibilidad de los aprovechamientos e incluso en la persistencia de los mismos sistemas. Este trabajo analiza la selección que realiza el ciervo sobre especies leñosas presentes en diez fincas de caza mayor valladas en el sector oriental de los Montes de Toledo. Se define un índice de selección para cada especie y se analiza su estado de conservación mediante un análisis comparativo de las especies presentes dentro y fuera del vallado. El índice de similitud de Jaccard entre las dos comunidades fue de 0,51. La diversidad específica obtenida es un 8,6% mayor en las zonas no ramoneadas. La especie más afectada fue *Phillyrea angustifolia*.

**Palabras clave:** vallado, índice de similitud, monte mediterráneo, caza mayor, ramoneo.

### INTRODUCCIÓN

Durante los últimos cincuenta años, la actividad cinegética sobre el ciervo (*Cervus elaphus* L.) se ha incrementado de manera considerable y, sin embargo, precisamente por ello, sus poblaciones han crecido de forma similar. A principios del siglo XX esta especie escaseaba en la península Ibérica: sus densidades eran inferiores a 1 ind/km<sup>2</sup> (Fernández-Olalla et al., 2006). Sin embargo, hoy día la caza del ciervo se ha convertido en una importante fuente de ingresos para muchos sistemas agrosilvopastorales. Las fincas aptas para este tipo de actividad incluyen mosaicos de zonas boscosas, matorrales, cultivos herbáceos y pastos naturales. Estos terrenos se dedican cada vez más al aprovechamiento de la caza mayor (en especial del ciervo) lo que ha llevado a sus gestores a favorecer las poblaciones de estos fitófagos y a establecer vallados perimetrales para controlar y mantener dichas poblaciones. Los terrenos así establecidos alcanzan con cierta frecuencia densidades de más de 50 ind/km<sup>2</sup> generando problemas de sostenibilidad (San Miguel et al., 1999). Uno de los principales escollos que se plantean es la falta de regeneración natural y la degradación que sufre la vegetación leñosa por sobrepastoreo (San Miguel et al., 1999; Fernández-Olalla et al., 2006).

Por todo ello, este trabajo pretende estudiar las especies leñosas más sensibles al ramoneo del ciervo, cuantificando su grado de degradación, así como las variaciones existentes en la composición florística de zonas sometidas y no sometidas a ese ramoneo: las ubicadas a ambos lados de la valla perimetral.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

El trabajo de campo se ha llevado a cabo en el sector oriental de los Montes de Toledo, entre las provincias de Toledo y Ciudad Real, en el centro de la Península Ibérica. El termotipo es mesomediterráneo con una prolongada sequía estival (más de tres meses) y una pluviometría anual en torno a los 600 mm. Los materiales geológicos son de naturaleza silíceo, principalmente cuarcitas y pizarras. Los suelos son pobres en nutrientes, con alta pedregosidad y carácter ácido. Las máximas alturas rondan los 1300m y las mínimas 700m. Las laderas se encuentran cubiertas de vegetación, mientras que en las zonas llanas suelen alternar dehesas de encinas y quejigos con manchas de matorral y cultivo. La vegetación potencial pertenece a la serie de los encinares y melojares luso-extremadurenses. Predomina la serie de la encina: *Pyro bourgaeanae-Quercus rotundifoliae* sigmetum. Los arbustos y matorrales que sustituyen a estas formaciones se pueden dividir en dos grupos según su grado de evolución: la más evolucionada corresponde a la alianza *Ericion arborea*; la menos evolucionada se compone de especies arbustivas heliófilas pertenecientes a la clase *Cisto-Lavanduletea*. El principal fitófago es el ciervo, con densidades medias de 35-50 ind/Km<sup>2</sup>, existiendo en algunas fincas ganado bovino, caprino y ovino y especies cinegéticas introducidas, como el gamo (*Dama dama*) y el muflón (*Ovis ammon*).

### Métodos

Se llevaron a cabo muestreos en 20 puntos correspondientes a diez fincas del sector oriental de los Montes de Toledo. En cada finca se realizaron dos muestreos, uno a cada lado (cinco m de distancia) de su malla perimetral. Los puntos exteriores a la malla se seleccionaron con los siguientes criterios: 1) No existir carga ganadera de ningún tipo 2) Anchura mínima de 10 m: cinco de margen más cinco de radio de muestreo 3) Zonas no alteradas por otros factores de origen antrópico. Los puntos interiores se tomaron a una distancia de 15 metros con respecto a los exteriores (en dirección perpendicular al vallado y hacia el interior de la finca) evitando posibles lugares de concentración de los animales (abrevaderos, comederos, gateras, etc.). Todas las parcelas de muestreo fueron diseñadas con una forma circular y un radio de cinco metros. En las parcelas interiores (con carga cinegética) se tomaron los siguientes datos: 1) Índice de abundancia-dominancia de Braun-Blanquet (1951) para cada una de las especies leñosas y 2) Grado de ramoneo de cada especie leñosa (rango de cero a cinco), según Etienne *et al.* (1995) y Aldezábal y Garín (2000).

A partir de los datos obtenidos se procedió a calcular el índice de selección de cada especie, o *Forage Ratio*, comparando la utilización (ramoneo) de cada especie con su disponibilidad (Krebs, 1999). La expresión más simplificada de este índice es la siguiente (Fernández-Olalla *et al.*, 2006).

$$w_{ij} = \frac{o_{ij} \cdot \sum_{i=1}^n p_{ij}}{\sum_{i=1}^n o_{ij} \cdot p_{ij}}$$

donde  $w_{ij}$  es el índice de selección o *Forage Ratio* de la especie  $i$  en la parcela  $j$ ;  $o_{ij}$  es el grado de ramoneo (rango de 0-5) de la especie  $i$  en la parcela  $j$ ;  $p_{ij}$  porcentaje de cobertura media, obtenido a partir del índice de Braun-Blanquet de la especie  $i$  en la parcela  $j$ ;  $n$  número de especies presentes en la parcela  $j$ . El índice de selección final para cada una de las especies se calcula como la media aritmética de los  $w_{ij}$  de todas las parcelas de muestreo en las que aparece la especie.

Para analizar la variación en la composición florística a ambos lados de la malla cinegética se diferenciaron dos comunidades: a) zonas sometidas a ramoneo de ciervo (parcelas interiores) y b) parcelas exentas de ramoneo (exteriores). Las variaciones en su composición florística se evalúan mediante los índices de diversidad  $\beta$  por ser éstos los que expresan el grado de reemplazo en la composición de las dos comunidades diferenciadas (Escolástico *et al.*, 2006). En concreto, se utilizaron los índices de riqueza específica (Moreno, 2000). Así se calculó la riqueza específica promedio ( $\bar{S}$ ) para ambas comunidades como la media aritmética de las riquezas específicas puntuales de las 10 parcelas correspondientes.

$$\bar{S}_{\text{int}} = \sum_{j=1}^{10} s_{\text{int}j} \quad \text{y} \quad \bar{S}_{\text{ext}} = \sum_{j=1}^{10} s_{\text{ext}j}$$

siendo,  $\bar{S}_{\text{int}}$  y  $\bar{S}_{\text{ext}}$  las riquezas específicas promedio para el conjunto de parcelas interiores y exteriores respectivamente y  $s_{\text{int}j}$  y  $s_{\text{ext}j}$  la riqueza específica puntual de la parcela  $j$  interior y exterior respectivamente. Igualmente, para cada muestreo, se calculó el índice de Shannon-Weiner ( $H'$ ), a partir de los porcentajes de cobertura  $p_i$  por medio de la siguiente expresión:

$$H' = - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \ln p_i$$

Para estudiar el grado de cambio entre las distintas comunidades se emplearon los *índices de similitud/disimilitud o distancia*, medida inversa de la diversidad  $\beta$  (Escolástico, 2006). Así se emplearon dos índices cualitativos: el coeficiente de similitud de Sørensen ( $I_s$ ) y el coeficiente de similitud de Jaccard ( $I_j$ ) (Krebs, 1999). Asimismo, se calculó el índice de reemplazo de Whittaker, mediante la siguiente expresión (Moreno, 2000):

$$\beta_w = \frac{\gamma}{\bar{\alpha} - 1}$$

donde  $\bar{\alpha}$  es el número de especies en el total de las muestras  $\gamma$  es el número promedio de especies en las muestras. Finalmente se obtuvo el grado de complementariedad entre las dos comunidades ( $C_{\text{int}}^{\text{ext}}$ ) tomando la expresión de Colwell y Coddington (1994).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de especies leñosas encontradas en los muestreos fue de 31. Los resultados de selección (Tabla 1) reflejan un índice de preferencia elevado (por encima de 1,80) para 6 especies, *Arbutus unedo*, *Erica scoparia*, *Lonicera implexa*, *Phillyrea angustifolia* y *Quercus ilex* subsp. *ballota*, lo que permite calificarlas de muy preferidas (Fernández-Olalla *et al.*, 2006). El máximo valor se alcanza para la especie *Phillyrea angustifolia* con un valor medio de  $w_i = 4,72$  presentando un grado medio de ramoneo de 3,50, lo que significa una presión no sustentable, con un consumo superior al 50% de la biomasa y modificación sensible de la morfología de la planta.

**Tabla 1.** Cuadro-resumen de los resultados obtenidos en la inventariación de especies leñosas

Especie	Nº Parcelas		Grado cobertura medio (%)		Grado ramoneo	Forage ratio (w <sub>i</sub> )	
	Con herbivoría	Sin herbivoría	Con herbivoría	Sin herbivoría	Mediana	Media	Sd
<i>Adenocarpus complicatus</i>	0	3	0	2,5	–	–	–
<i>Arbutus unedo</i>	2	2	2,5	2,5	4,25	2,12	0,19
<i>Cistus albidus</i>	1	1	2,5	2,5	0	0,00	–
<i>Cistus ladanifer</i>	9	9	25,25	24,17	0	0,33	0,45
<i>Cistus salviifolius</i>	0	1	0	2,5	–	–	–
<i>Crataegus monogyna</i>	1	0	2,5	0	0	0,28	–
<i>Cytisus striatus</i>	1	2	5	2,5	0	0,00	–
<i>Daphne gnidium</i>	8	4	2,5	2,5	0	0,00	–
<i>Erica arborea</i>	1	2	5	10	0	0,00	–
<i>Erica scoparia</i>	2	1	2,5	2,5	2	1,92	1,33
<i>Genista hirsuta</i>	2	1	32,5	7,5	0	0,00	–
<i>Halimium umbellatum</i>	1	1	2,5	2,5	0	0,00	–
<i>Helichrysum stoechas</i>	1	3	2,5	4,17	0	0,00	–
<i>Jasminum fruticans</i>	0	1	0	2,5	–	–	–
<i>Lavandula pedunculata</i>	5	2	4,58	2,5	0	0,00	–
<i>Lonicera etrusca</i>	1	2	2,5	10	4	1,16	–
<i>Lonicera implexa</i>	1	2	2,5	7,5	1	2,87	–
<i>Olea europea var. sylvestris</i>	0	1	0	2,5	–	–	–
<i>Osyris alba</i>	0	1	0	2,5	–	–	–
<i>Phillyrea angustifolia</i>	9	9	21,94	27,22	3,50	4,72	2,87
<i>Phlomis lychnitis</i>	2	0	2,5	0	0	0,00	–
<i>Pistacia terebinthus</i>	2	1	2,5	2,5	0	0,00	–
<i>Quercus faginea ssp. broteroi</i>	6	5	8,32	18,75	2,25	1,76	1,57
<i>Quercus ilex ssp. ballota</i>	9	8	34,17	18,75	2	1,96	1,19
<i>Retama sphaerocarpa</i>	0	1	0	2,5	–	–	–
<i>Rosa sp.</i>	1	0	2,5	0	0	1,12	–
<i>Rosmarinus officinalis</i>	7	9	12,81	5,83	0	0,00	–
<i>Ruscus aculeatus</i>	2	0	2,5	0	1,5	0,42	0,59
<i>Thymelaea villosa</i>	0	1	0	2,5	–	–	–
<i>Thymus mastichina</i>	4	3	5	4,17	0	0,00	–



En cuanto a la variación en la composición específica, los resultados obtenidos en la Tabla 2 reflejan un índice de similitud de Jaccard ( $I_j$ ) de 0,51 lo que significa que las comunidades sometidas a herbivoría y las no sometidas comparten sólo un 51% de especies leñosas. Existe un total de 23 especies compartidas, siete exclusivas de las zonas sin herbivoría y tres de las zonas con presencia de ciervos (Tabla 1). Teniendo en cuenta que la riqueza específica promedio de una y otra comunidad apenas varía ( $\bar{S}_{int} = 8,1$ ;  $\bar{S}_{ext} = 8,3$ ) la variación del 51% indica que una media de 4 especies son remplazadas entre ambas comunidades. Sin embargo, el coeficiente de similitud de Sørensen es de 66%. Los índices  $\alpha$  de Shannon para ambas comunidades reflejan un 8,6% más de diversidad de especies en la comunidad con ausencia de ciervos. El índice  $\beta_w$  de Whittaker entre las dos comunidades fue de 4,31. Para las parcelas interiores fue de 3,38 y para las parcelas exteriores de 3,84. Esto demuestra que, al menos en las condiciones de este estudio, la presencia/ausencia del ciervo parece tener mayor influencia en la variación de la composición florística leñosa que la correspondiente a la heterogeneidad ecológica entre los 10 puntos. Por último, el grado de complementariedad entre ambas comunidades fue  $C_{int}^{ext} = 0,49$ , lo que indica que existe un 49% de especies complementarias.

**Tabla 2.** Valores de los índices empleados para comparar las dos comunidades

Tipo de índice	Valor medio	Desviación típica	
Riqueza específica promedio	$S_{int}$	8,1	$\pm 2,23$
	$S_{ext}$	8,3	$\pm 2,26$
$\alpha$ Shannon-Weinner	$H'_{int}$	3,67	$\pm 0,11$
	$H'_{ext}$	3,99	$\pm 0,10$
Similitud/Disimilitud	$I_j$	0,51	$\pm 0,13$
	$I_s$	0,66	$\pm 0,12$
	$C_{int}^{ext}$	0,49	$\pm 0,13$
Reemplazo	$\beta_w$	4,31	$\pm 0,06$

Los sufijos int y ext hacen referencia a las parcelas interiores y exteriores.

$I_j$  =Índice de Jaccard;  $I_s$  =Índice de Sørensen;  $C_{int}^{ext}$  =Grado de complementariedad

## CONCLUSIONES

Las altas densidades de ciervo en algunas fincas cercadas de Montes de Toledo están generando problemas de degradación en el medio. Las especies leñosas más palatables muestran graves dificultades de regeneración y, con frecuencia, claros síntomas de sobrepastoreo. Asimismo, se han observado cambios significativos en la composición florística de las comunidades leñosas, que reducen su riqueza específica como consecuencia de la desaparición de las especies más sensibles al ramoneo. Una gestión sostenible de la caza mayor pasa por establecer una carga adecuada que permita la regeneración de, al menos las especies leñosas principales y provoque un impacto admisible en la diversidad florística.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDEAZÁBAL, A.; GARÍN I., 2000. Browsing impact of feral goats (*Capra hircus* L.) in a Mediterranean mountain scrubland. *Journal of arid Environments* 44, 133-142.
- BRAUN-BLANQUET, J., 1951. *Pflanzensoziologie*. Springer, Vienne.
- COLDWELL, R.; CODDINGTON, J., 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.* 345: 110-118

- ESCOLÁSTICO, C.; CABILDO, M.P.; CLARAMUNT, R.M.; CLARAMUNT, T., 2006. Ecología II: Comunidades y Ecosistemas. UNED.
- ETIENNE, M.; DERZKO, M.; RIGOLOT, E., 1995. Impact du pâturage sur les arbustes dans des aménagements sylvopastoraux à l'objectif de prévention des incendies. *Options Méditerranéennes* 12, 217-220
- FERNÁNDEZ-OLALLA, M.; MUÑOZ-IGUALADA, J.; MARTÍNEZ-JAUREGUI, M.; RODRIGUEZ-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. *Invest Agrar: Sist Recur For* 15(3), 329-338
- KOLEFF, P.; GASTON, K.J.; LENNON, J.J., 2003. Measuring beta diversity for resence absence data. *Journal of Animal Ecology*. 72, 367-382.
- KREBS, C. J., 1999. *Ecological methodology*. Addison Wesley Longman. London.
- MORENO, C. E., 2000. *Manual de métodos para medir la biodiversidad*. UV. México
- SAN MIGUEL, A.; PÉREZ-CARRAL, C.; ROIG, S., 1999. Deer and traditional agrosilvopastoral systems of Mediterranean Spain. A new problem of sustainability for a new concept of land use. *Options Méditerranéennes* 39, 261-264.

## DIET SELECTION BY RED DEER (*CERVUS ELAPHUS* L.) ON WOODY SPECIES AND ITS EFFECT ON SPECIES COMPOSITION AT THE MONTES DE TOLEDO RANGE (SPAIN)

### SUMMARY

During the last decades, many Mediterranean agroforestry systems in Central part of Iberian peninsula have been managed for big game proposes, especially for red deer. The new management has resulted in the establishment of perimetral fences and also in the red deer population increase (usually over 50 ind/Km<sup>2</sup>), which may cause severe problems of sustainability. This paper focus on the selection of woody species by red deer in ten fenced hunting estates in the eastern part of the Montes de Toledo range. A selection index (forage ratio) was used for each species. The effect of red deer browsing is studied by comparing woody plant communities inside and outside the hunting estates to obtain the variation in species composition in samples with and without browsing. The Jaccard's index between the two communities was 0,51. Species diversity was 8,6% higher in samples without browsing. *Phillyrea angustifolia* was the most heavily browsed species.

**Key words:** fencing, similarity index, Mediterranean shrublands, big game, browsing.

## RELACIÓN ENTRE LA ALIMENTACIÓN SUPLEMENTARIA DE LOS CIERVOS Y EL IMPACTO DE LA HERBIVORÍA EN UN ÁREA MEDITERRÁNEA

P. ACEVEDO<sup>1</sup>, J. CARRASCO<sup>1</sup>, J. VICENTE<sup>1</sup>, I. G. FERNÁNDEZ DE MERA<sup>1</sup>, S. ROIG<sup>2</sup>, Y. FIERRO<sup>3</sup> Y C. GORTAZAR<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> Unidad de Selvicultura Dpto. Sistemas y Recursos Forestales, Centro de Investigación Forestal (CIFOR) – INIA. <sup>3</sup> Yolfi Properties S.L., Abenojar (Ciudad Real)

### RESUMEN

Gran parte de las poblaciones de ciervo (*Cervus elaphus* L.) situadas en la mitad sur peninsular se encuentran bajo manejos intensivos, siendo la alimentación suplementaria una herramienta a la que frecuentemente se recurre. Este trabajo evalúa la relación entre la alimentación suplementaria y el efecto que elevadas densidades de ciervo pueden ejercer sobre la composición y estructura de la cubierta vegetal típicamente mediterránea mediante una aproximación pseudo-experimental. Durante el estudio (2004-2006) se ha aprovisionado de alimentación artificial a los animales de una parcela experimental. Por el contrario, en otra parcela (ambas con densidad similar y alta <1,5 ind/ha) los animales han dependido exclusivamente de los recursos vegetales naturales. Los resultados obtenidos indican que la disponibilidad de algunas de las especies consideradas en el estudio, ha sido modificada por efecto de los herbívoros. Por otro lado se ha visto que la alimentación suplementaria podría haber mitigado el efecto de la herbivoría sobre determinadas especies. A pesar de ello, el grado de deterioro de la cubierta vegetal fue elevado incluso en la parcela con suplementación de alimento.

**Palabras clave:** ramoneo, sobreabundancia, alimentación artificial, vegetación mediterránea.

### INTRODUCCIÓN

Ciertas estrategias de manejo cinegético intensivo, junto a la desaparición de grandes depredadores y al manejo y transformación del territorio, han propiciado un aumento generalizado de las poblaciones de ungulados. Gran parte de las poblaciones de ciervo (*Cervus elaphus* L.) situadas en la mitad sur peninsular se encuentran sujetas a manejos intensivos, recurriéndose al aprovisionamiento artificial de alimento para soportar situaciones de sobreabundancia poblacional (Côté *et al.*, 2004; Gortázar *et al.*, 2006), y amortiguar la estacionalidad productiva típica de los ambientes mediterráneos. La alimentación suplementaria, desde un punto de vista cualitativo, también se plantea en los manejos que priorizan la calidad, realizándose aportes específicos de ciertos elementos nutritivos.

Los ungulados silvestres modulan tanto la composición como la funcionalidad de la comunidad biológica, y el ambiente abiótico debido a acciones como el pastoreo, el pisoteado del suelo, el ramoneo, la contribución al suelo de los componentes de los excrementos y orina, la dispersión de

semillas, etc. (Jefferies *et al.*, 1994; Hobbs, 1996; Agustine y McNaughton, 1998; Bakker, 1998; Austrheim y Erikson, 2001; Myrsterud, 2006). Así, la herbivoría por ungulados puede ocasionar graves daños sobre especies vegetales con altos contenidos en nutrientes y bajas defensas químicas (Hanley, 1997). La consecuente alteración de la composición y estructura de la cubierta vegetal (Coomes *et al.*, 2003) puede poner en peligro incluso la viabilidad de determinadas especies vegetales (Myrsterud y Østbye, 2004). La situación se agrava con la aparición de procesos erosivos, producidos al disminuir la cubierta vegetal, la invasión de plantas resistentes al pastoreo (Valone *et al.*, 2002) y la extinción local del banco de semillas y alteraciones en los procesos básicos del ecosistema (Coomes *et al.*, 2003). El consumo preferente de determinados recursos vegetales por parte de los herbívoros hace que plantas singulares puedan responder aumentando o disminuyendo su éxito reproductor bajo severas presiones de pastoreo (Vesk y Westoby, 2004). Esta respuesta depende, entre otros factores, de la composición vegetal, del grado de palatabilidad y resistencia al pastoreo de cada especie.

En este contexto, se ha evaluado la influencia de la alimentación suplementaria en el efecto que las elevadas densidades de ciervo pueden ejercer sobre la composición y estatus de la cubierta vegetal en ambientes mediterráneos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se ha planteado un diseño pseudo-experimental (sin réplica) que consta de tres parcelas valladas perimetralmente (3 tratamientos diferentes). Las parcelas se localizan en una finca cinegética del término municipal de Abenobar, provincia de Ciudad Real. Desde finales de los años 80 las parcelas de estudio no habían albergado ungulados (en su caso fue ganado) ya que quedaron excluidas del resto de la finca mediante vallado cinegético. Dos de las parcelas, las parcelas “tratamiento”, son de igual superficie (10 ha), en una de las cuales hay 15 y en otra 17 ciervas. Este diseño se asemeja a situaciones de elevada densidad presentes en nuestro contexto (densidades de 1,5-1,7 ind/ha; ver Vicente *et al.*, 2007). La tercera parcela es de 5 ha, y no tiene ciervos, y se usa como parcela control. Las tres parcelas son contiguas y presentan la misma disponibilidad inicial en cuanto a la superficie de los hábitats principales (matorral y dehesa) y en lo referente a las especies vegetales al inicio del experimento.

Gabatas (<1 año) y primaras (1<primara<2) fueron introducidas en las dos parcelas “tratamiento” en 2004. Durante el estudio (entre agosto de 2004 y agosto de 2006) se ha aprovisionado de alimentación artificial a los animales de una de estas parcelas (parcela D). Este tratamiento ha consistido en un pienso para ciervos de elevada calidad proteica (aprox. 20%) que se administraba *ad limitum*. Por el contrario, en la otra parcela (parcela F) los animales han dependido exclusivamente de los recursos vegetales naturales.

En cada una de las tres parcelas se ha realizado un muestreo de vegetación al término del estudio. En cada una de las parcelas se distribuyeron puntos de muestreo (n=23 en total; 8 en parcela sin alimentación, 8 en parcela control y 7 en parcela con alimentación). Cada uno de los puntos de muestreo fue caracterizado en cuanto a la vegetación presente en una superficie de 10 m de radio (314 m<sup>2</sup>) (Morellet *et al.*, 2001). Así, se ha registrado tanto el número de pies disponibles de cada especie, como el número de ellos que mostraban claras muestras de ramoneo. Se ha considerado que un pie estaba consumido si > 5% de las ramas mostraban signos evidentes de ramoneo (Morellet *et al.*, 2001). De esta manera, para cada punto de muestreo y especie vegetal se dispone de un valor de disponibilidad y de un valor de consumo.

Mediante ANOVA se han analizado las diferencias en términos de disponibilidad y consumo de cada especie entre las dos situaciones de estudio, con y sin alimentación suplementaria. Por otro lado, se han realizado análisis composicionales (Aebischer *et al.*, 1993) para evaluar la preferencia del ciervo por cada tipo de recurso vegetal en cada una de las situaciones con el fin de

evaluar cambios en la selección y en el orden de preferencia entre las dos situaciones. Brevemente, con los análisis composicionales se analizan las relaciones entre lo que supone un determinado recurso en cuanto a disponibilidad respecto a lo que supone en cuanto al consumo. De este manera se puede obtener un nivel de preferencia (tanto más preferido cuanto mayor sea el porcentaje de consumo respecto a la disponibilidad).

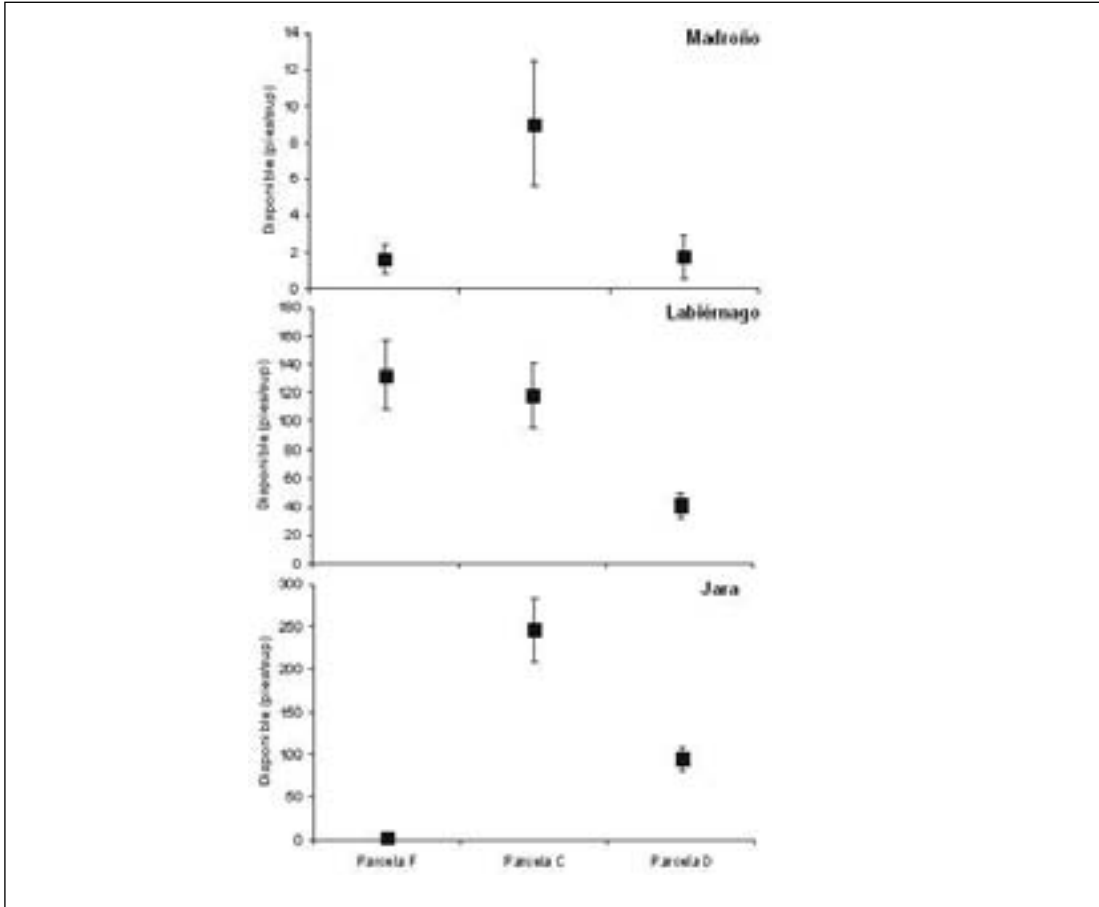
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los ANOVAs, mediante los que se han analizado tanto las diferencias en la disponibilidad de cada una de las especies entre las tres parcelas de estudio, como las diferencias en el consumo entre las dos parcelas con ciervos, son mostrados en la Tabla 1. Éstos indican que la disponibilidad de algunas de las especies consideradas, sirvan como ejemplo la jara (*Cistus ladanifer*) y el madroño (*Arbutus unedo*), puede haber sido modificada por el efecto de los ciervos (Figura 1). Los herbívoros modifican la estructura y composición del monte, entre otras vías posibles potenciando a las especies menos palatables en ambientes donde la presión de consumo es elevada (Augustine y McNaughton, 1998). En el presente estudio la alimentación suplementaria podría haber mitigado el efecto de la elevada presión de herbivoría, ya que se ha podido comprobar como en la parcela en donde se ha suplementado la reducción de la disponibilidad de las especies fue menor. Para el caso del labiérnago (*Phyllirea angustifolia*) la situación fue distinta, mostrándose una reducción en la disponibilidad sólo para la situación en la que se aplica alimentación suplementaria, y no siendo las diferencias entre la parcela control y la parcela sin alimentación estadísticamente significativas (Figura 1). Especulamos que la situación descrita para el labiérnago podría estar relacionada con la calidad nutritiva del alimento con el que se ha suplementado y la de la propia especie.

**Tabla 1.** Muestra los resultados de los ANOVAs realizados con la disponibilidad y el consumo en las parcelas experimentales de estudio

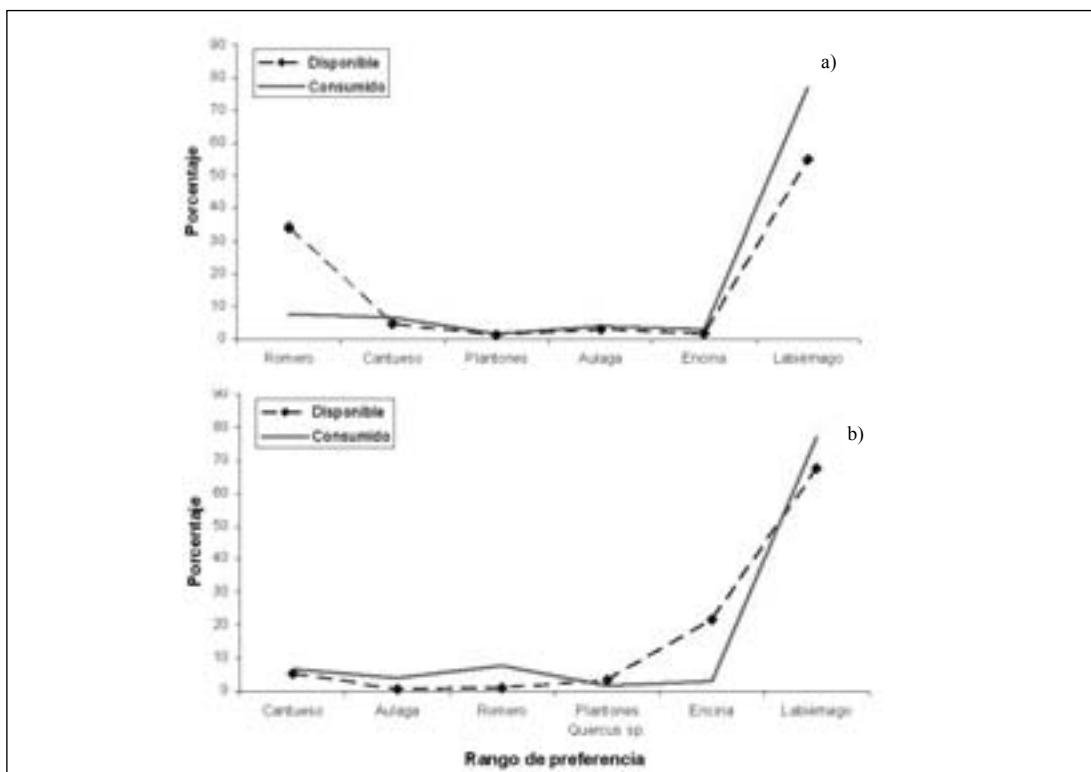
Especies	Disponibilidad		Consumo	
	F	Sig	F	Sig
Aulaga	0,391	0,681	11,361	<0,010
Brezo	1,210	0,319	0,600	0,495
Cantueso	0,426	0,659	7,755	0,021
Encina	0,605	0,556	3,268	0,098
Jara	29,235	<0,01	12,026	<0,010
Labiérnago	5,461	0,010	6,558	0,040
Madroño	3,715	0,038	–	–
Romero	4,031	0,082	2,042	0,187

**Figura 1.** Muestra la disponibilidad de cada especie en las tres situaciones de estudio; parcela F con elevada densidad y sin alimentación suplementaria, parcela C sin ciervos, y parcela D con elevada densidad y empleo de alimentación suplementaria



En ambas parcelas experimentales con presencia de ciervos, el consumo de las especies vegetales no se realiza al azar ( $Chi^2=16,066$ ,  $p<0,01$  en la parcela experimental sin alimentación, y  $Chi^2=13,523$ ,  $p<0,05$  en la parcela con alimentación). Los análisis realizados a este respecto muestran el orden de preferencia de las especies para cada una de las dos situaciones, parcela sin alimentación suplementaria (Figura 2a) y parcela con alimentación suplementaria (Figura 2b).

**Figura 2.** Se muestra la relación entre la disponibilidad y el porcentaje de consumo de cada especie considerada en la parcela sin alimentación a) y en la parcela con suplemento de alimento b). Las especies aparecidas en el eje X están ordenadas en función del orden de preferencia obtenido mediante análisis composicional, siendo el labiérnago la especie más seleccionada y el cantueso la menos seleccionada



Respecto al consumo, la Tabla 1 indica que en caso de aplicar alimentación suplementaria se ve reducido sobre algunas de las especies vegetales consideradas. El patrón observado respecto al consumo era el esperado, es decir, la alimentación suplementaria reduce el consumo. Este patrón ha sido el obtenido para todas las especies consideradas, aunque se han observado diferencias en función de la especie. Para algunas de las especies en las que las diferencias entre tratamientos fueron significativas (Tabla 1), por ejemplo aulaga (*Genista scorpius*), cantueso (*Lavandula stoechas*) o jara, la diferencia de consumo fue muy acusada (la alimentación redujo el consumo al menos a la mitad). Sin embargo esta respuesta no fue tan marcada para el caso del labiérnago. Posiblemente, la alimentación suplementaria haya producido algún desequilibrio en la alimentación y los ciervos necesiten ingerir ciertos componentes del labiérnago para compensar su dieta. Para futuros estudios se plantea la necesidad de conocer el aporte real al ciervo de cada una de las especies vegetales para relacionarlo con la composición del alimento con el que se suplementa.

## CONCLUSIONES

La alimentación suplementaria disminuye el consumo sobre la cubierta vegetal por parte de los ciervos, aunque su efecto amortiguador no es uniforme para todas las especies, y el grado de deterioro de la cubierta vegetal fue elevado incluso en la parcela con suplementación de alimento en comparación con la parcela control. Concluimos que es clave un estudio de los efectos de la sobreadundancia del ciervo a la hora de valorar la sostenibilidad de los sistemas de manejo cinegético en el centro y sur de España, cada vez más intensivos. Para ello habrá que valorar situaciones reales de campo con variación en densidades de ciervo, cobertura vegetal y manejos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEBISCHER, N.J.; ROBERTSON, P.A.; KENWARD, R.E., 1993. Compositional analysis of habitat use from animal radio-tracking data. *Ecology*, 75, 1313-1325.
- AUGUSTINE, D.J.; MCNAUGHTON, S.J., 1998. Ungulate effects on the functional species composition of plant communities: Herbivore selectivity and plant tolerance. *Journal of Wildlife Management*, 62(4), 1165-1183.
- AUSTRHEIM, G.; ERIKSSON, O., 2001. Plant species diversity and grazing in the Scandinavian mountains - patterns and processes at different spatial scales. *Ecography*, 24, 683-695.
- BAKKER, J.P.; LONDO, G.E.R., 1998. Grazing for conservation management in historical perspective. *Conservation Biology Series*, 11, 23-54.
- COOMES, D.A.; ALLEN, R.B.; FORSYTH, D.M.; LEE, W.G., 2003. Factors Preventing the Recovery of New Zealand Forests Following Control of Invasive Deer. *Conservation Biology*, 17, 450-459.
- CÔTÉ, S.D., ROONEY, T.P., TREMBLAY, J.P., DUSSAULT, C., WALLER, D.M., 2004. Ecological impacts of deer overabundance. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 113-147.
- GORTÁZAR, C.; ACEVEDO, P.; RUIZ-FONS, F., VICENTE, J., 2006. Disease risks and overabundance of game species. *European Journal of Wildlife Research*, 52, 81-87.
- HANLEY, T.A., 1997. A nutritional view of understanding and complexity in the problem for diet selection by deer (Cervidae). *Oikos*, 79, 209-218.
- HOBBS, N.T., 1996. Modification of Ecosystems by Ungulates. *Journal of Wildlife Management*, 60(4), 695-713.
- JEFFERIES, R.L.; KLEIN, D.R.; SHAVER, GR., 1994. Vertebrate Herbivores and Northern Plant Communities: Reciprocal Influences and Responses. *Oikos*, 71(2), 193-206
- MORELLET, N.; CHAMPELY, S.; GAILLARD, J.M.; BALLON, P.; BOSCARDIN, Y. 2001. The browsing index: new tool uses browsing pressure to monitor deer populations. *Wildlife Society Bulletin*, 129, 1243-1252.
- MYSTERUD, A.; ØSTBYE, E., 2004. Roe deer (*Capreolus capreolus*) browsing pressure affect yew (*Taxus baccata*) recruitment within nature reserves in Norway. *Biological Conservation*, 120, 545-548.
- MYSTERUD, A., 2006. The concept of overgrazing and its role in management of large herbivores. *Wildlife Biology*, 12, 129-141.
- VALONE, T.J.; MEYER, M; BROWN J.H.; CHEW, R.M., 2002. Timescale of perennial grass recovery in desertified arid grasslands following livestock removal. *Conservation Biology*, 16, 995-1002.
- VESK, P.; WESTOBY, M., 2004. Sprouting ability across diverse disturbances and vegetation types worldwide. *Journal of Ecology*, 92(2), 310-320.
- VICENTE, J.; HOFLE, U.; FERNANDEZ-DE-MERA, I.G.; GORTAZAR, C., 2007. The importance of parasite life history and host density in predicting the impact of infections in red deer. *Oecologia* DOI 10.1007/s00442-007-0690-6.



---

## RELATIONSHIPS BETWEEN SUPPLEMENTAL FEEDING IN RED DEER AND THE EFFECTS OF HERBIVORY ON MEDITERRANEAN SCRUBLAND

### SUMMARY

Supplemental feeding is a commonly used strategy to manage red deer (*Cervus elaphus* L.) from South Central Iberian Peninsula, and this mainly concurs with high population densities. In this study we assess, by means of a pseudo-experimental design, the relationships between supplemental feeding and red deer effects' on the structure and composition of the Mediterranean scrubland in a high population density situation. We applied supplemental feeding (from 2004 to 2006) to one experimental group, whereas the other one was not supplied. Our results suggested that scrubland-species availability is constrained by herbivory and the supplementary feeding could mitigate in part this detrimental effect. Nevertheless, where supplementary feeding was applied, the browsing rate was high even to species with reduced palatability.

**Key words:** browsing, overabundance, food supply, Mediterranean area.



## ESTIMACION MEDIANTE CERCADOS DEL IMPACTO DE USO POR LOS HERBÍVOROS EN PASTOS DE PUERTO

T. MARTÍNEZ

**Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural Agrario (IMIDRA). El Encín, Apdo 127. Alcalá de Henares, Madrid. E-mail: teodora.martinez@madrid.org**

### RESUMEN

Se analiza la utilización o el impacto de uso gradual que se produce en los pastos de puerto por parte de los herbívoros a lo largo del tiempo, a partir de cercados de exclusión. El impacto del uso o utilización del pasto se identificó como la diferencia entre la biomasa obtenida dentro y fuera de los cercados. El trabajo se desarrolló en la vertiente norte de la sierra de Gredos. Se analiza el estudio en función de las comunidades y especies herbáceas que han sido más utilizadas y del efecto de los herbívoros silvestres o domésticos sobre ellas. En los cervunales, desde julio a últimos de septiembre, se observó un impacto bastante considerable a consecuencia del pastoreo del ganado vacuno y, en menor medida, del caballo. En los pastos psicroxerófilos y de piornal degradado, el mayor grado de utilización se observó a finales de septiembre. En este tipo de pastos, a lo largo de todos los periodos de estudio, la mayor utilización habría sido por parte de la cabra montés.

**Palabras clave:** utilización del pasto, cercados de exclusión, ganado doméstico, cabra montés

### INTRODUCCIÓN

Las zonas de alta montaña están ocupadas por amplias superficies de pastos de puerto que utilizan los herbívoros silvestres a lo largo del año y los domésticos en largos periodos de tiempo estivales. Consecuentemente, las comunidades vegetales se van a ver afectadas por el impacto de uso o utilización por parte de los herbívoros. Este impacto de uso es difícil de evaluar dado que la vegetación, aparte del impacto directo de consumo, sufre otro tipo de impactos como es el pisoteo, el deterioro de partes de la planta, no se evalúa el crecimiento general de la vegetación.

Los estudios sobre dieta (evaluada por distintos métodos citados en la literatura al uso) u observaciones directas de pastoreo o consumo de distintas especies de plantas, aportan suficiente información sobre las especies más consumidas, seleccionadas o rechazadas. Sin embargo, aportan menos datos sobre la utilización (en conjunto) de las comunidades herbáceas que forman los distintos tipos de pastos. Así pues, el objetivo de este estudio fue estimar el impacto de uso gradual por parte de los herbívoros, que se produce sobre determinadas comunidades de los pastos de puerto, así como sobre diferentes especies de plantas que los componen. Se estimó mediante cercados de exclusión, a lo largo de cuatro periodos de tiempo. El impacto de uso estimado sobre las especies más representativas del área de estudio, nos permitirá discutir y comparar con los resultados de consumo obtenidos en otros trabajos (Martínez, 2001, 2006, 2007).

El impacto de uso o utilización de la vegetación se identificó como la diferencia entre la biomasa obtenida dentro y fuera de los cercados. Expresándose los resultados como porcentaje de uso. El trabajo se desarrolló en las comunidades de los pastos de puerto más representativas de la vertiente norte de la Sierra de Gredos. Gran parte de estas comunidades tienen un gran interés para la cabra montés y el ganado doméstico (vacuno especialmente, caballo y cabra doméstica) que durante el verano aprovecha dichos pastos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica en la vertiente norte del Macizo Central de la Sierra de Gredos (provincia de Avila) entre 1.500 y 2.400 m de altura; su descripción se encuentra en Martínez (2001). Se establecieron 6 cercados en los pastos de Puerto más representativos del área de estudio, tres en los cervunales (A) y tres en los pastos psicroxerófilos de las cumbres o/y de piornal degradado (B), (en adelante, en el texto, denominados pastos psicroxerófilos). La instalación de los cercados requirió un gran esfuerzo debido a la dificultad del relieve y a la altura en que se ubica el área de estudio. En los pastos psicroxerófilos, a lo largo del periodo de muestreo y al analizar los resultados, se observó que las comunidades herbáceas donde se había instalado uno de los tres cercados tenía unas características diferentes a los otros dos (escasa biomasa, suelo muy erosionado), optándose por analizarlo independientemente y denominarlo (C). En este último caso, dado que los datos proceden de un solo cercado y no ha existido tratamiento estadístico, los resultados serían indicativos

Las dimensiones de los cercados fueron de 1 m x 1 m y x 1 m, cubiertos en la parte superior por la misma malla metálica (luz 2,5 cm) empleada para hacer el cercado. En los pastos tipo A) cervunales, predomina *Nardus stricta* y en los pastos de tipo B) psicroxerófilos, dominan generalmente *Festuca indigesta* y en menor cantidad *Deschampsia flexuosa*, estos pastos son más xerófilos que los cervunales, con suelos pedregosos y poco profundo; dentro de ellos se diferenció el tipo C), que como ya se ha comentado anteriormente, las especies herbáceas ocupaban escasa cobertura debido a que los suelos eran muy rocosos, y a procesos de erosión o de otra índole.

La instalación de los cercados y el primer corte de la vegetación se realizó en mayo (los resultados de biomasa de este corte se consideraron como testigos y se utilizaron como resultado del primer periodo de muestreo (mayo) tanto dentro como fuera de los cercados). Los sucesivos cortes del pasto se realizaron en la última quincena de los meses de junio, julio y septiembre. En cada uno de los periodos de muestreo se cortó una superficie de 0,1 m<sup>2</sup> (10 cm x 100 cm) dentro y fuera del cercado correspondiente. Las muestras de corte en los distintos meses de muestreo, se hicieron con una superficie de separación de 10 cm x 100 cm, tanto dentro como fuera de los cercados. Es decir, se efectuaba un corte de 0,1 m<sup>2</sup> y en el siguiente muestreo se dejaba sin cortar otro 0,1 m<sup>2</sup> y se cortaba el 0,1 m<sup>2</sup> siguiente. Así sucesivamente hasta el último periodo de muestreo. Las muestras de vegetación una vez cortadas se guardaron en bolsas de poliuretano, para seguidamente realizar una separación manual de las distintas especies. Se obtuvo el peso fresco y posteriormente se secaron en una estufa a 85° C hasta peso constante, obteniéndose el peso seco de cada una de las especies constituyentes de las muestras correspondientes.

La utilización o uso de la vegetación herbácea por parte del conjunto de los grandes herbívoros que pastan en la zona, se estimó a partir de la diferencia entre la biomasa de dentro y fuera de los cercados. La estima del impacto de uso se expresó en porcentajes para el conjunto de la vegetación herbácea y para cada una de las especies evaluadas en los pastos analizados. Los datos de biomasa obtenidos dentro y fuera de los cercados en los distintos periodos de muestreo definidos se sometieron a análisis de varianza (ANOVA) y posteriormente la significación de las medias se probó por el test LSD. El análisis de varianza se realizó independientemente para los cervunales (tres parcelas) por un lado, y para los pastos psicroxerófilos tipo B (dos parcelas) por otro.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La biomasa media de los pastos evaluados en los distintos meses de muestreo dentro y fuera de los cercados se observa en la tabla 1. La producción máxima de biomasa de los pastos de puerto analizados, tanto dentro como fuera de los cercados, se obtuvo en el mes de junio (Tabla 1). Solo en el pasto de tipo C, desarrollado en suelos con escasa cobertura vegetal, la mayor cantidad de biomasa se obtuvo en el primer corte (mayo). En los muestreos de julio y septiembre la biomasa fue decreciendo gradualmente tanto en los cervunales como en los pastos psicroxerófilos, siendo la disminución mayor fuera de los cercados, especialmente en los cervunales (Tabla 1).

**Tabla 1.** Biomasa media gMS/m<sup>2</sup> dentro y fuera de los cercados de los pastos de puerto analizados en los distintos periodos de muestreo (mayo, junio, julio y septiembre). A=Cervunales, B y C=Pastos psicroxerófilos

	Fuera Cercado A	Dentro Cercado A	Fuera Cercado B	Dentro Cercado B	Fuera Cercado C	Dentro Cercado C
Mayo	257,1±69,0	257,1±69,0	272,95±10,1	272,95±10,1	101,4	101,4
Junio	432,3±103,4	358,6±92,3	520,25±18,3	450,5±28,5	73,5	29,0
Julio	371±88,8	194±44,4	431,5±68,5	315,5±38,5	39,4	17,1
Septiembre	287,8±43,8	78,6±8,4	329,5±67,1	192,3±27,6	7,0	5,3

El análisis de varianza, considerando los efectos del cercado y el periodo de muestreo, para los cervunales mostró diferencias significativas de la biomasa del pasto fuera y dentro del cercado en el tiempo ( $F=4,86$ ;  $P<0.004$ ). También se observaron diferencias significativas en los pastos psicroxerófilos de tipo B ( $F=7,51$ ;  $P<0.005$ ). El grado de significación de la comparación de las medias de biomasa, se muestra en la tabla 2 para los dos tipos de pastos independientemente.

**Tabla 2.** Comparación de medias (Test LSD) resultante del análisis de varianza en los cervunales y en los pastos psicroxerófilos independientemente. Se muestra el grado de significación de las medias de las muestras al considerar los efectos cercado y tiempo. Se ha marcado la no significación (NS) en los casos que interesa resaltar

Cervunales	1	2	3	4	5	6	7	8	Pastos Psicroxerófilos	1	2	3	4	5	6	7	8
DCMayo	1								DCMayo	1							
DCJunio	2	*							DCJunio	2	**						
DCJulio	3								DCJulio	3	*						
DCSeptiembre	4								DCSeptiembre	4	**						
FCMayo	5		*						FCMayo	5		**	*				
FCJunio	6		NS						FCJunio	6	*	NS				*	
FCJulio	7		**	*			*		FCJulio			**	NS				*
FCSeptiembre	8	*	***	***	***	*	**		FCSeptiembre	8	**	**	*		**		

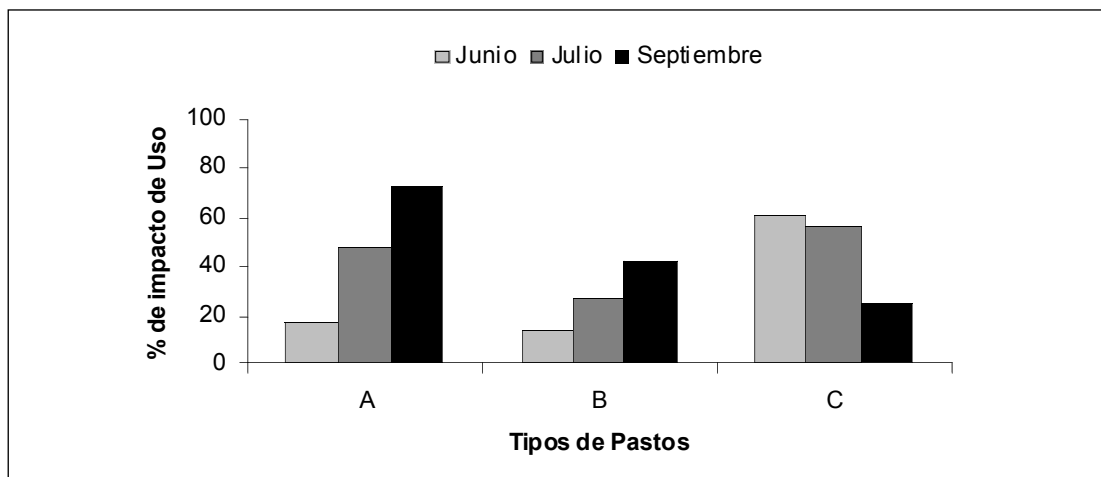
En la tabla los huecos en blanco no difieren significativamente aplicando el test LSD (\*= $P<0.05$ , \*\*= $P<0.01$ ; \*\*\*= $P<0.001$ )

Conviene mencionar que en los cervunales no se observó diferencia significativa en el mes de junio entre dentro y fuera del cercado, mientras que si se observó en los periodos de Julio y septiembre (Tabla 2). En los pastos psicroxerófilos de tipo B, no se observó diferencia significativa ni en el

mes de junio ni en el de julio dentro y fuera del cercado, observándose solamente en el periodo de septiembre (Tabla 2), datos interesantes que manifiestan que en los pastos más xéricos y de las cumbres, el impacto sobre la vegetación se refleja al final del periodo de pastoreo y cuando la biomasa vegetal ha ido decreciendo.

El porcentaje de uso o utilización de la vegetación por parte de los herbívoros en los diferentes periodos de muestreo se observa en la figura 2. En el mes de junio, el impacto sobre la vegetación es todavía leve sobre la mayoría de los pastos, fluctuó entre el 17% de los cervunales y el 13,4% de los pastos psicroxerófilos tipo B. En el pasto de tipo C, donde la biomasa fue muy escasa en relación al resto de pastos analizados, el grado de uso fue muy elevado en junio 60,5%. Sin embargo, fue menor en julio y bastante más bajo en septiembre (Figura 1), periodo en el que la biomasa vegetal fue casi inexistente (Tabla 1). En el mes de julio se observó el incremento de uso con respecto a junio en prácticamente el conjunto de los pastos de puerto, pero fue especialmente destacable en los cervunales (Figura 1), donde se observó un 47,3 % de utilización. En los pastos de tipo B, psicroxerófilos, el impacto de utilización fue menor, 26,9. A finales de septiembre, la utilización de los cervunales fue bastante elevada (72,7 %) en los pastos psicroxerófilos de tipo B, el impacto de uso también incrementó, pero de una forma menos elevada (Figura 1).

**Figura 1.** Porcentaje de impacto de uso en los cervunales (A) y en los pastos psicroxerófilos (B y C) en la vertiente norte de la Sierra de Gredos a finales de junio, julio y septiembre



La utilización de las comunidades herbáceas se incrementó a lo largo del período de pastoreo del ganado doméstico especialmente en los cervunales, donde pasta abundante ganado vacuno y sobre los que consiguientemente produce una gran incidencia. En los pastos de las cumbres (tipo B) se observó un pequeño aumento del grado de uso por parte del ganado doméstico a lo largo del tiempo, pero la mayor utilización sería llevada a cabo por la cabra montés. Esto se ha visto reflejado en la composición de su dieta (Martínez, 2001); dichos pastos se desarrollan en los principales hábitats de distribución de la cabra montés. Por otra parte, la abundante disponibilidad de pasto en los cervunales influiría en que el ganado vacuno utilice escasamente los pastos psicroxerófilos, como se refleja en la composición de su dieta (Martínez, 2006, 2007).

La biomasa media de las especies de plantas evaluadas dentro y fuera de los cercados en los cervunales y en los pastos psicroxerófilos se refleja en la tabla 3. También se muestra el impacto de uso en porcentaje de dichas especies de plantas. En los cervunales el uso de *Nardus stricta*, la especie más representativa de ellos, varió a lo largo de los periodos de muestreo, fue poco utilizada en primavera (principios de junio), incrementándose considerablemente su uso a lo largo de

julio y septiembre (Tabla 3). A ello habría contribuido el alto consumo de la especie por parte de la vaca y el caballo (Martínez, 2006). Otras especies bastante utilizadas de los cervunales fueron *Festuca iberica*, *Poa legionensis*, *Carex nigra*, *Carex* sp. y *Juncus squarrosus*, estas especies habrían sido utilizadas tanto por la cabra montés, como por el conjunto de herbívoros domésticos (vaca, caballo y cabra doméstica) dado que, en mayor o menor medida, todas ellas forman parte de sus dietas (Martínez, 2001; 2006). En los pastos psicroxerófilos de tipo B, las especies más abundantes como *Festuca indigesta*, *Deschampsia flexuosa*, *Agrostis truncatula*, *A. rupestris*, fueron incrementando el grado de uso desde junio hasta septiembre. Se debería en parte a la influencia del ganado doméstico y especialmente a la cabra montés que desde la llegada del ganado se alimenta más en estas áreas. En primavera (finales de mayo y junio) utiliza también especies de los cervunales como *Nardus stricta*, *Festuca iberica*, *Poa legionensis*, que se encontraron en su dieta en cantidades relativamente importantes (Martínez, 2001).

**Tabla 3.** Biomasa media (gMS/m<sup>2</sup>) de las distintas especies herbáceas dentro del cercado (DC) y fuera del cercado (FC) en los cervunales (A) y en los pastos psicroxerófilos (B y C) en los cuatro periodos de muestreo (mayo, junio, julio y septiembre). Se muestra también el porcentaje de utilización (U) de las diferentes especies en los respectivos pastos de puerto

CERVUNALES	DC	FC	% U	PASTOS PSICROXEROFILOS	DC	FC	% U	DC	FC	% U
	A	B	A		B	B	B	C	C	D
<b>MAYO</b>			<b>MAYO</b>							
<i>Nardus stricta</i>		238,3		<i>Festuca indigesta</i>		186				25,0
<i>Juncus squarrosus</i>		6,7		<i>Deschampsia flexuosa</i>		60				
<i>Ranunculus bulbosus</i>		4,7		<i>Arrhenatherum elatius</i>		20,5				
<i>Narcissus bulbocodium</i>		5,7		<i>Agrostis rupestris</i>						
<i>Poa legionensis</i>		1,3		<i>Agrostis truncatula</i>		6,45				30,0
<i>Merendera gredensis</i>		0,2		<i>Merendera gredensis</i>						21,9
<i>Crocus carpetanus</i>		0,2		<i>Nardus stricta</i>						19,5
<b>JUNIO</b>				<i>Poa</i> sp.						5,0
<i>Nardus stricta</i>	374,3	328,3	12,5	<b>JUNIO</b>						
<i>Juncus squarrosus</i>	12,3	2,3	81,1	<i>Festuca indigesta</i>	323,0	293,0	9,3	20,0	5,0	75,0
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	4,0	2,5	37,5	<i>Deschampsia flexuosa</i>	83,0	77,0	7,2			
<i>Festuca iberica</i>	4,0	1,7	58,3	<i>Arrhenatherum elatius</i>	76,3	67,5	11,5			
<i>Narcissus bulbocodium</i>	15,7	10,4	32,3	<i>Agrostis rupestris</i>	10,0	5,0	50,0			
<i>Ranunculus bulbosus</i>	10,8	8,4	22,2	<i>Agrostis truncatula</i>	18,0	3,0	83,3	26,5	18,0	32,1
<i>Potentilla recta</i>	3,3	0,1	96,0	<i>Rumex acetosella</i>	10,0	5,0	50,0			
<i>Carex</i> sp.	1,0	0,5	50,0	<i>Merendera gredensis</i>				17,0	4,5	73,5
<i>Poa alpina</i>	3,3	3,1	7,0	<i>Poa</i> sp.				10,0	1,5	85,0
<i>Galium</i> sp.	0,4	0,3	16,7	<b>JULIO</b>						
<i>Jasione laevis</i>	2,0	0,1	93,3	<i>Festuca indigesta</i>	266,5	200,0	25,0	8,5	4,2	50,6
<i>Cerastium</i> sp.	0,7	0,5	25,0	<i>Deschampsia flexuosa</i>	82,5	52,5	36,4			
<i>Crocus carpetanus</i>	0,4	0,3	33,3	<i>Arrhenatherum elatius</i>	66,0	50,0	24,2			

CERVUNALES	DC	FC	% U	PASTOS PSICROXEROFILOS	DC	FC	% U	DC	FC	% U
	A	B	A		B	B	B	C	C	D
<b>JULIO</b>				<i>Agrostis rupestris</i>	10,0	4,5	55,0			
<i>Nardus stricta</i>	329,8	172,7	47,7	<i>Agrostis truncatula</i>	3,5	7,0		26,0	8,0	69,2
<i>Juncus squarrosus</i>	24,3	15,0	38,4	<i>Rumex acetosella</i>	3,0	1,5	50,0			
<i>Carex</i> sp.	6,7	1,0	85,0	<i>Merendera gredensis</i>				3,5	3,5	0,0
<i>Ranunculus bulbosus</i>	7,2	3,3	53,5	<i>Poa</i> sp.				1,4	1,4	0,0
<i>Poa legionensis</i>	2,7	2,0	75,0	<b>SEPTIEMBRE</b>						
<i>Jasione laevis</i>	0,3	0,0	100,0	<i>Festuca indigesta</i>	187,0	125,3	33,0	5,6	5,0	10,7
<b>SEPTIEMBRE</b>				<i>Deschampsia flexuosa</i>	48,3	26,0	46,2			
<i>Nardus stricta</i>	269,7	71,6	73,5	<i>Arrhenatherum elatius</i>	83,0	34,0	59,1			
<i>Poa legionensis</i>	9,7	3,7	62,0	<i>Agrostis truncatula</i>	11,2	7,1	37,1			
<i>Carex nigra</i>	8,3	3,3	60,0	<i>Poa</i> sp.				1,4	0,3	78,6

## CONCLUSIONES

En junio fue el período en que se estimó mayor cantidad de biomasa tanto dentro como fuera de los cercados y no se observó un gran impacto de uso sobre el conjunto de las comunidades herbáceas.

En los cervunales, a mitad de julio y a últimos de septiembre se observó un impacto bastante considerable (47,3% y 72,7% respectivamente de reducción de biomasa), ello fue debido al pastoreo del ganado vacuno principalmente, y del caballo.

En los pastos de las cumbres, psicroxerófilos, se observó el mayor grado de uso a finales de septiembre. Los pastos psicroxerófilos y de piornal degradado habrían sido moderadamente utilizados por el ganado doméstico en junio y julio, incrementando algo su uso en septiembre. Su mayor utilización habría sido por parte de la cabra montés.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- MARTÍNEZ, T. 2001. The feeding strategy of Spanish ibex (*Capra pyrenaica*) in the northern Sierra de Gredos (central Spain). *Folia Zoologica*, 50(4): 257-270.
- MARTÍNEZ, T. 2006. Diet and trophic relationships of domestic herbivores in Central Spain. *Grassland Science in Europe*, 11, 276-278.
- MARTÍNEZ, T. (2007). Summer feeding strategy of Spanish ibex and sympatric domestic herbivores in central Spain. Actas del II Congreso Internacional del Género *Capra* en Europa. Granada, Noviembre del 2007.



---

## ESTIMATION OF HERBACEOUS VEGETATION USAGE BY HERBIVORES USING ENCLOSURES IN UPLAND PASTURES

### SUMMARY

The gradual use or impact over time on grasslands by herbivores was studied using enclosures. Vegetation usage was identified as the difference between the biomass obtained inside and outside the enclosures. This study was conducted on the north side of Sierra de Gredos. The data were analysed according to the most heavily used herbaceous communities and species and the effect of wild herbivores on them. In *Nardus* communities fields, considerable impact was found from July to late September, primarily due to cattle but also horse grazing. In psicroxerophilous pastures, the heaviest degree of usage was detected in late september. In this pasture class, the heaviest usage came from Spanish ibex throughout all the study period.

**Key words:** grasslands use, enclosures, domestic herbivores, Spanish ibex.



## APROXIMACIÓN AL INTERÉS DE LA TASA DE CONSUMO COMO INDICADOR DE PRESIÓN DE PASTOREO EN LAS ISLAS CANARIAS

J. MATA, L. A. BERMEJO, A. CAMACHO, F. HARDISSON Y L. DE NASCIMENTO

**Departamento de Ingeniería, Producción y Economía Agraria. Universidad de La Laguna, Carretera de Geneto nº2, La Laguna. 38201, Santa Cruz de Tenerife, Spain**

### RESUMEN

La Tasa de Consumo (TC) es un indicador basado en asignar, de acuerdo con un sencillo protocolo de estimación visual, una valoración numérica al porcentaje de planta consumida por el ganado en un determinado lugar. La estimación se hace sobre cinco diferentes especies arbustivas. Los resultados que se exponen en esta comunicación corresponden a tres años de muestreo en diferentes Espacios Naturales Protegidos de Canarias, pastoreados por pequeños rumiantes. El trabajo se centra en el estudio de los factores de variación que inciden sobre el indicador así como en las correlaciones existentes entre la TC y otros parámetros estudiados, tales como la carga ganadera, la cobertura vegetal y la composición botánica de las zonas pastoreadas. La discusión se aborda tratando de evaluar el interés y las limitaciones de la TC como indicador útil para la gestión del pastoreo.

**Palabras clave:** gestión ganadera territorio, pequeños rumiantes.

### INTRODUCCIÓN

El equipo involucrado en la presente comunicación lleva desde el año 1997 trabajando en la gestión de la ganadería extensiva de pequeños rumiantes, en los espacios protegidos de Canarias, en el marco de proyectos financiados por las administraciones locales encargadas de la gestión de los diferentes Espacios. Actualmente los trabajos abarcan 14 espacios, en tres islas, con un total aproximado de 40.000 ha. La necesidad de gestionar implica desarrollar estrategias y herramientas sencillas pero fiables, para lo cual se necesita de un soporte previo de investigación científica. Con este ánimo se han ido estudiando distintos indicadores, índices y parámetros que permitan evaluar, con la máxima facilidad y rapidez, el impacto del pastoreo sobre la calidad y sustentabilidad de los ecosistemas afectados, buscando optimizar el trabajo de campo y el procesamiento de los datos.

Actualmente la metodología de rutina (Bermejo, 2003) pasa por la realización sistemática y periódica de transectos fijos de cien puntos georreferenciados de los cuales se obtienen básicamente la composición botánica, la cobertura vegetal y una estimación de biomasa. Cada transecto lleva vinculados una serie de datos de interés tales como año, unidad agroecológica, carga ganadera, capacidad de carga ganadera, tipo de pastoreo, distancia a las explotaciones, altitud, etc.

En los últimos tres años se ha incorporado también la TC. En el presente trabajo se estudia como se interrelaciona este indicador sencillo con los otros, buscando evaluar su posible utilidad como estimador rápido y preliminar de presión de pastoreo.

## METODOLOGÍA

A partir de la metodología propuesta por Etienne *et al.* (1996), para la evaluación de impacto del pastoreo en arbustos se realizaron algunas modificaciones en la descripción del ramoneo para facilitar el trabajo de campo (Tabla 1).

**Tabla 1.** Calificación numérica de la Tasa de Consumo de acuerdo con los porcentajes de planta consumidos

Calificación	nivel utilización	media	descripción ramoneo
0	0 %	0 %	Sin ramoneo
1	1 – 10 %	5 %	< 30% de los brotes comidos
2	11 – 30 %	20 %	30-90% de los brotes comidos
3	31- 50 %	40 %	> 90% de los brotes comidos y < 50% de la materia verde de la planta comida
4	51 – 70 %	60 %	> 90% de los brotes comidos y 50-90% de la materia verde de la planta comida
5	71 – 90 %	80 %	> 90% de materia verde en la planta
6	100 %	100 %	Toda la materia verde ramoneada

De acuerdo con los criterios expuestos en la tabla 1 se muestrearon, mediante estimación visual, 25 individuos de las distintas especies arbustivas que se encontraban alrededor de la ubicación del transecto permanente. Los transectos tenían una longitud de treinta metros, y se realizaron de acuerdo con la metodología de Daget y Poissonet (1971). Para la estimación de la tasa de consumo no se hizo una selección previa de las especies a muestrear, estableciéndose como criterio de partida el que se tratara de plantas que presentaran alguna evidencia de haber sido consumidas por el ganado. La palatabilidad de las especies muestreadas se determinó de acuerdo con los datos obtenidos de trabajos de campo previamente realizados con los ganaderos.

Los datos de tasa de consumo obtenidos se procesaron estadísticamente con el programa SPSS para obtener los estadísticos descriptivos de la variable. Por otro lado se realizaron distintos test ANOVA univariantes introduciendo como variable independiente distintos rangos de TC y como dependientes los parámetros de calidad del ecosistema que pueden verse afectados por la presión de pastoreo y que se obtuvieron de los transectos (cobertura vegetal, número de especies e Índice de Shannon). También se estudió la TC como variable continua dependiente introduciendo como factores de variación factores ambientales y de manejo (año, espacio protegido, unidad agroecológica y carga ganadera). Por último se estudiaron las correlaciones entre la TC y la cobertura vegetal y el número de especies.

## RESULTADOS

Se registraron en total 4064 individuos de 45 especies asociados a 88 transectos, destacar que hay doce especies que representan el 78% (3165) de los individuos muestreados y una, la *Bituminaria bituminosa* que representa el 17% del total, estos últimos datos sugieren la profundización en el estudio de esta especie no solo en cuanto a sus aspectos agronómicos y de calidad nutritiva (Méndez, 1992; Rodríguez, 1997) si no también de su importancia clave como especie forrajera silvestre en Canarias. Analizando la tabla 2 se observa como las especies más consumidas son las palatables y abundantes, no obstante aparecen de forma significativa especies consideradas como no palatables, algunas con altas tasas de consumo, lo cual incide en la ya conocida capacidad de los pequeños rumiantes para adaptarse y completar su dieta con plantas a priori poco

apetecibles (Perevolotsky, 1996) e incluso tóxicas como las del género *Euphorbia* (Olson *et al*, 1996), así como pone de relieve el importante papel que estas especies no valoradas pueden llegar a tener, en momentos y zonas con pocos recursos.

**Tabla 2.** Medias de las tasas de consumo obtenidas a partir de las especies vegetales muestreados

ESPECIE	N	TASA CONSUMO	PALATABLE
<i>Bituminaria bituminosa</i>	702	1,87	S
<i>Rumex lunaria</i>	480	2,29	S
<i>Rubia fruticosa</i>	436	2,08	S
<i>Periploca laevigata</i>	388	2,47	S
<i>Echium aculeatum</i>	257	1,39	N
<i>Ditrichia viscosa</i>	228	3,4	N
<i>Cistus pompiliensis</i>	178	0,4	N
<i>Teline canariensis</i>	151	2,01	S
<i>Phagnalon saxatile</i>	131	2,12	?
<i>Artemisia thuscula</i>	114	2,54	N
<i>Klenia neriifolia</i>	100	2,38	N
<i>Chamaecytisus proliferus</i>	91	3,02	S

Respecto a los tratamientos estadísticos realizados se ha encontrado que cuando la TC se consideró como variable independiente y se enfrentó a variables cualitativas del ecosistema, solamente afectó a la cobertura vegetal, dando la máxima significación ( $p=0,018$ ;  $R^2=0,115$ ) cuando se establecieron tres categorías de TC: baja de 0 a 1, media de 1 a 3 y alta de 3 a 6. También hubo una correlación bilateral significativa ( $p=0,05$ ;  $R^2=-0,212$ ), entre los valores continuos de ambas variables lo cual es un hecho a tener en cuenta ya que los porcentajes de suelo desnudo y su distribución espacial son aspectos de gran interés a la hora de evaluar los riesgos de erosión (Tongway y Hindley, 1995). Por otro lado cuando la TC se estudió como variable continua dependiente de los factores ambientales y de manejo, tan sólo resultó significativo el año ( $p=0,000$ ;  $R^2=0,312$ ). La carga ganadera no parece afectar significativamente a la tasa de consumo, así como tampoco el sitio. Esto puede obedecer a que en general los ganaderos ajustan la carga ganadera de forma más o menos adecuada, a los recursos pastables que disponen (Mata *et al.*, 2003), dentro de unos márgenes razonables. Es el efecto año y su repercusión directa sobre la productividad herbácea el que hace que cargas ganaderas similares ejerzan presiones distintas sobre el territorio, lo cual se traduce a su vez en valores distintos de TC que pueden ser fácilmente determinados en campo.

## CONCLUSIONES

Aunque el trabajo realizado abarque tan sólo dos años de muestreo y necesite completarse con datos de al menos dos años más, los resultados obtenidos apuntan hacia un indudable interés aplicado de la tasa de consumo como indicador preliminar de presión de pastoreo, aunque limitado a zonas donde haya suficiente presencia de especies arbustivas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. España. 47-93.
- DAGET, P.H. ; POISSONET, J., 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Critres d'application, *Ann. Agron.* 22 (1), 5-41.
- ETIENNE, M., DERZKO, M. AND RIGOLOT, E. (1996). Browse impact in silvopastoral systems participating in fire prevention in the French Mediterranean region. En: Etienne, M. (1996) Western European Silvopastoral Systems. INRA Editions. FAO – CIHEAM. Francia. 93 – 102.
- MATA J., BERMEJO L.A., MATA P., BETHENCOURT L. AND CAMACHO A. (2003). Sistemas de pastoreo y presión sobre el territorio en espacios protegidos de Canarias. Pastos desarrollo y conservación. Edit. Junta de Andalucía. 475-479.
- MENDEZ P. (1992). Evaluación agronómica de forrajeras endémicas de Canarias. XXXII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. 231-234.
- OLSON B.E., WALLANDER R.T., THOMAS V.M. AND KOTT R.W. (1996). Effect of previous experience on sheep grazing leafy spurge. *Applied Animal Behaviour Science*. Vol. 50. Issue 2. 161-176.
- PEREVOLOTSKY, A. (1996) Factors affecting diet preferences of goats grazing on dry Mediterranean scrubland in Israel. En: Etienne, M. (1996). Western European Silvopastoral Systems. INRA Editions. FAO – CIHEAM. España. 103 – 110.
- RODRÍGUEZ M. (1997). Valor nutritivo de arbustos forrajeros canarios. Tesis doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 105 pp.
- TONGWAY D. AND HINDLEY N. (1995). Assessment of soil condition of tropical grassland. Edit. CSIRO. Australia. 58 pp.

## AN APPROACH TO THE INTEREST OF UTILISATION RATE AS A GRAZING PRESSURE INDICATOR IN CANARY ISLANDS

### SUMMARY

As defined by INRA researchers, Utilisation Rate is an indicator based on assign, according to an easy protocol, numeric scores to the consumption percentage that livestock does on five different perennial botanic species. Obtained results, during the last three years, in different protected areas of Canary Island, are exposed. The research is focused on the variation factors and on the correlation among the Utilisation Rate (UR) and other studied parameters as stocking rate, bare ground or botanic composition. The found applied interest and boundaries of the indicator on grazing management are discussed.

**Key words:** livestock management, small ruminants

## PASTOREO Y REGENERACIÓN: CONDICIONANTES A LA GESTIÓN FORESTAL. CASO DEL MONTE CABEZA DE HIERRO (RASCAFRIA, MADRID)

A. BRAVO FERNÁNDEZ<sup>1</sup>, S. ROIG GÓMEZ<sup>2</sup>, P. AROCA FERNÁNDEZ<sup>2</sup>,  
A. GASTÓN GONZÁLEZ<sup>3</sup> Y R. SERRADA HIERRO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Economía y Gestión Forestal.* <sup>2</sup> *Departamento de Silvopascicultura.*  
<sup>3</sup> *Departamento de Producción Vegetal, Botánica y Protección Vegetal. EUIT Forestal. Ciudad Universitaria s/n. 28040 Madrid.*

### RESUMEN

El ganado silvestre o doméstico es un elemento esencial en gran parte de los sistemas forestales españoles, que puede llegar a condicionar en gran medida el funcionamiento de éstos. Se presenta la situación al respecto del monte "Cabeza de Hierro" (Rascafría, Madrid). Con 2016,5 ha, se trata de una masa de pino silvestre de origen natural con abundante melojo, de elevado valor económico y ecológico, sobre la que se realizan aprovechamientos maderables desde hace mucho tiempo. De titularidad privada y con servidumbre de pastos, históricamente ha soportado cargas elevadas de ganado doméstico, nunca gestionadas de modo sostenible. En la actualidad hay ganado vacuno y, en menor medida, caballar. A partir de un muestreo estratificado con afijación proporcional y 745 parcelas circulares repartidas sistemáticamente por el monte, se ha estimado la cantidad y viabilidad de la regeneración del pino silvestre, encontrando elevados daños por pastoreo. Se presenta también un ejemplo positivo de la influencia del pastoreo en el monte: tras haber resalveado hace cinco años un tallar de melojo, la viabilidad del rebrote en suelo es mínima debido al control realizado sobre el mismo por el ganado.

**Palabras clave:** inventario forestal, *Quercus pyrenaica*, *Pinus sylvestris*, viabilidad, rebrote.

### INTRODUCCIÓN

En España la presencia de ganado doméstico en el monte ha sido y es muy habitual. Sus efectos sobre los pastos, estudiados en mayor o menor grado desde hace tiempo, a menudo condicionan la dinámica de los sistemas forestales. Entre los efectos positivos: contribuye al uso múltiple del monte; acelera el ciclo de nutrientes; mejora los pastos herbáceos, de acuerdo con la llamada *paradoja pastoral*; reduce el riesgo de incendios al controlar el desarrollo de la vegetación herbácea y arbustiva, y en general puede convertirse en una potente herramienta de gestión del medio (San Miguel, 2001; González Rebollar y Robles, 2003). En sentido contrario, una mala gestión del ganado puede provocar, además de problemas sanitarios y de escasa producción en los propios animales, efectos negativos sobre el medio. Uno de ellos, de indudable importancia, son los daños sobre la regeneración de las especies leñosas y, en concreto, arbóreas. Entenderemos por regeneración los individuos más pequeños, que podrán ser brinzales o chirpiales, y cuyos límites deberán definirse en cada caso. Nótese que no necesariamente la regeneración es la fracción más joven, aunque obviamente sí la incluye. Los daños por pastoreo se pueden provocar de forma

directa -por diente o pisoteo-, o indirecta -mediante la creación y mantenimiento de pastos herbáceos muy densos que impidan o dificulten la instalación de las leñosas, generando compactación o aparición de fenómenos erosivos en el suelo con la misma consecuencia, etc-. En los inventarios forestales de gestión ha sido muy poco frecuente cuantificar dichos efectos sobre la regeneración. Son varias las razones para ello: empleo de inventarios pie a pie, especialmente usados en el pasado, en los que obviamente no es posible cuantificar la regeneración; o realización de muestreos estadísticos, habituales en los últimos decenios, en los que con frecuencia tampoco se ha contado la regeneración, o se ha hecho sin estimar su viabilidad.

En el contexto indicado, y para el caso de un monte arbolado ordenado de gran valor económico, ecológico y social, y con uso pastoral prácticamente ininterrumpido desde hace siglos, los objetivos de este trabajo son los siguientes: presentar una metodología aplicada en inventarios forestales de gestión para estimar cantidad y calidad del regenerado de las especies arbóreas principales; y cuantificar el efecto del ganado sobre la regeneración de pino silvestre y de melojo, analizando sus consecuencias sobre la dinámica del monte.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Sitio de estudio: monte “Cabeza de Hierro”** (más detalles en Bravo y Serrada, 2007)

El monte está incluido en el T.M. de Rascafría (Madrid). Superficie total: 2016,5 ha (arbolada: 1886,4 ha). Presenta servidumbres de pastos a favor de los vecinos de los pueblos del antiguo Sexmo de Lozoya de la Comunidad de Ciudad y Tierra de Segovia, desde antes del s. XVII, sin limitación de especie, cargas ni superficies pastables. Cuenta con alrededor de 40 ha incluidas en el P.N. de la Cumbre, Circo y Lagunas de Peñalara, estando el resto de la superficie en la Zona Periférica de Protección de dicho Parque. Incluido íntegramente en la ZEPA del Alto Lozoya. Previsiblemente incluido en la Zona de Uso Moderado del futuro Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama. Es terreno de aprovechamiento cinegético común.

Situado en la cabecera del Valle de Lozoya, tiene una cota media de 1670 m (máx. de 2000 m, min. de 1260 m). Temperatura media anual: 7,5 °C; precipitación anual: 1115,8 mm. Los suelos son silíceo-arcillosos, profundos y fértiles en los fondos de valle y tanto más escasos y pedregosos cuanto más se asciende sobre las laderas. La vegetación actual tiene como formación principal al pinar de origen natural de pino silvestre (*Pinus sylvestris*), que forma masa pura en la mayor parte de la superficie y actualmente es la única especie objeto de aprovechamiento. Asociado al pino aparece el melojo (*Quercus pyrenaica*), especialmente en las zonas de menor altitud. Se encuentran bosquetes y pies dispersos de otras especies arbóreas (*Ilex aquifolium*, *Betula alba*, etc.). En las zonas desarboladas abundan retamas, piornos, cambroños, brezo, helecho, enebro y especies del género *Rosa*. Aparecen diferentes tipos de pastos herbáceos: alpinoideos, cervunales, berciales, vallicares, incluso majadales y prados de diente. Destaca la presencia de buitre negro (*Aegypius monachus*) con alrededor de 60 parejas nidificantes en el monte y una tendencia creciente; constituye el núcleo de expansión de la colonia de la ZEPA del Alto Lozoya, la octava en importancia en España y la primera de la Comunidad de Madrid (Cuevas y de la Puente, 2005).

El principal aprovechamiento del monte es la madera de pino silvestre, para sierra o chapa. Se genera un elevado número de puestos de trabajo permanentes (guardería forestal, serrería) y temporales (empresas forestales que se encargan de los aprovechamientos, de los inventarios...). Ha habido aprovechamientos madereros continuos desde adquisición del monte por sus actuales propietarios en 1840, y muy probablemente desde antes. El primer Proyecto de Ordenación se presentó en 1957; se acaba de elaborar la Tercera Revisión de la Ordenación (Bravo y Serrada, 2007). Un resumen de la evolución del monte y su ordenación se presenta en la Tabla 1. Los objetivos principales de la gestión aplicada son múltiples: producción de madera; regeneración de las áreas de corta y reconstrucción de la cubierta vegetal; protección de suelos y



regulación de regímenes hídricos; protección de especies animales y vegetales; conservación y fomento de la biodiversidad; producción de pastos; producción de hongos; producción de caza y pesca; uso recreativo; protección del paisaje; fijación de carbono.

**Tabla 1.** Evolución de la ordenación en el monte “Cabeza de Hierro”

Fecha	Doc.	Vigencia (años)	Nmen (pies)	Nmay (pies)	Ntot (pies)	V (m <sup>3</sup> )	IV (m <sup>3</sup> /año)	P (m <sup>3</sup> /año)	Vextr (m <sup>3</sup> )
1957	P.O.	1957-1966	171.096	433.997	605.093	299.582	...	3.750	33.335,0
1967	...	1967-1976	247.657	447.984	695.641	...	...	5.000	41.630,0
1976	P.O.	1977-1986	165.337	405.533	570.870	299.232	7.063,0	6.500	68.869,0
1986	1ª Rev	1987-1996	307.558	399.794	707.352	283.847	6.909,2	5.750	58.543,0
1997	2ª Rev	1997-2006	414.646	408.597	823.243	312.719	7.089,8	5.750	57.456,2
2005	3ª Rev	2007-2021	337.306	394.940	732.247	295.595	7.120,3	5.750	...

Fecha: fecha del inventario. Doc: documento de planificación al que corresponde el inventario. PO: proyecto de ordenación o revisión. Nmen: pies menores de pino silvestre (diámetro normal inferior a 20 cm e igual o superior a 10 cm). Nmay: pies mayores de pino silvestre (diámetro normal igual o superior a 20 cm). Ntot: número total. V: volumen de pino silvestre. IV: crecimiento anual en volumen para pino silvestre. P: posibilidad anual en volumen. Vextr: volumen de pino silvestre extraído en la vigencia del documento en cuestión.

El ganado doméstico presente en el monte actualmente es vacuno (negra avileña, charolés, limousine y cruces), con algunas yeguas; en el pasado, además, había ovino y caprino. El pastoreo es continuo. En el pasado los animales podían permanecer durante todo el año en el monte; actualmente la permanencia se limite al periodo comprendido entre el 15/IV y el 15/XI, con suplementación especialmente en los momentos críticos. Hay ganado prácticamente en todo el monte, de modo que las reses de cada ganadero presentan querencia por ciertas zonas. No se dispone de datos fiables respecto a las cargas.

### Muestreo realizado

Como parte imprescindible de la Tercera Revisión de la Ordenación del monte, en 2005 se procedió a realizar un muestreo sobre la superficie forestal arbolada, previamente definida sobre ortofotos recientes. Se hizo un muestreo estratificado, con afijación proporcional (malla cuadrada de lado 160 m); con tres parcelas circulares concéntricas. En la menor, de radio igual a 5 m, se estudió la regeneración. Se localizaron y midieron 745 parcelas.

Para la estimación de la cantidad y estado del regenerado, se contó el número de individuos viables y no viables de pino silvestre y de melojo presentes en cada una de las siguientes categorías:

- para pino silvestre: con altura inferior a 30 cm; con altura entre 30 cm y 1,30 m; con altura superior a 1,30 m y diámetro normal inferior a 5 cm; con altura superior a 1,30 m y diámetro normal superior a 5 cm e inferior a 10 cm (diámetro normal: el medido sobre el fuste a 1,30 m de altura sobre el suelo).
- para melojo: con altura inferior a 30 cm; con altura entre 30 cm y 1,30 m.

Además, en cada parcela se han apuntado la causa o causas de la no viabilidad observada para cada especie, así como la evidencia de pastoreo en la parcela y su entorno, evaluada a través de distintos indicios: presencia de animales o de sus deyecciones, daños sobre la vegetación o el suelo, marcas sobre el suelo, presencia de pastos herbáceos vinculados a cargas elevadas y muy recomendados...

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De entre los múltiples resultados obtenidos del muestreo realizado en la Tercera Revisión de la Ordenación del monte “Cabeza de Hierro”, ahora tan sólo destacaremos los relativos a la cuantía y viabilidad de la regeneración de pino silvestre en el conjunto del monte, y de melojo en el cantón B-8b, objeto este último de un resalveo en el pasado.

### Regeneración de pino silvestre en el conjunto del monte “Cabeza de Hierro”

En la Tabla 2 se muestran, para fijar órdenes de magnitud, los valores medios de regeneración correspondientes a todos los cuarteles, y a los cantones con menos y más regeneración estimada. En 130 parcelas –el 17,4 % del total– en la ejecución del muestreo se estimó que la regeneración no era viable en mayor o menor grado, y se apuntó que los daños por pastoreo eran la causa principal de la no viabilidad, o una de ellas. Por tanto el 17,4 % de la superficie del monte presenta regeneración no viable en mayor o menor medida debido al ganado como causa única o una de las causas principales (la equivalencia directa entre parcelas y superficie se justifica por el reparto sistemático con afijación proporcional). Por otro lado, esta cifra está claramente subestimada por las siguientes razones: (a) por errores en los equipos de muestreo hay un considerable número de parcelas que presentan regeneración no viable, pero en las que no se apuntó causa alguna de no viabilidad. Es de suponer que en parte de ellas dicha causa será el ganado; (b) en ocasiones sólo se apuntó la causa que el equipo de muestreo consideró como principal razón de la no viabilidad, dejando sin apuntar otras causas también presentes, a menudo los daños por pastoreo; (c) uno de los daños más graves ocasionados por el ganado es la eliminación por completo de la regeneración de muy pequeña talla y estado de desarrollo, acción que no deja constancia, y que por tanto no se puede anotar al realizar el muestreo. En apoyo de tal tesis se indica que el 61,2 % de las parcelas presentaba indicios claros de pastoreo.

**Tabla 2.** Regeneración media por cuarteles y en los cantones con valores extremos, estimada en la Tercera Revisión de la ordenación del monte “Cabeza de Hierro”

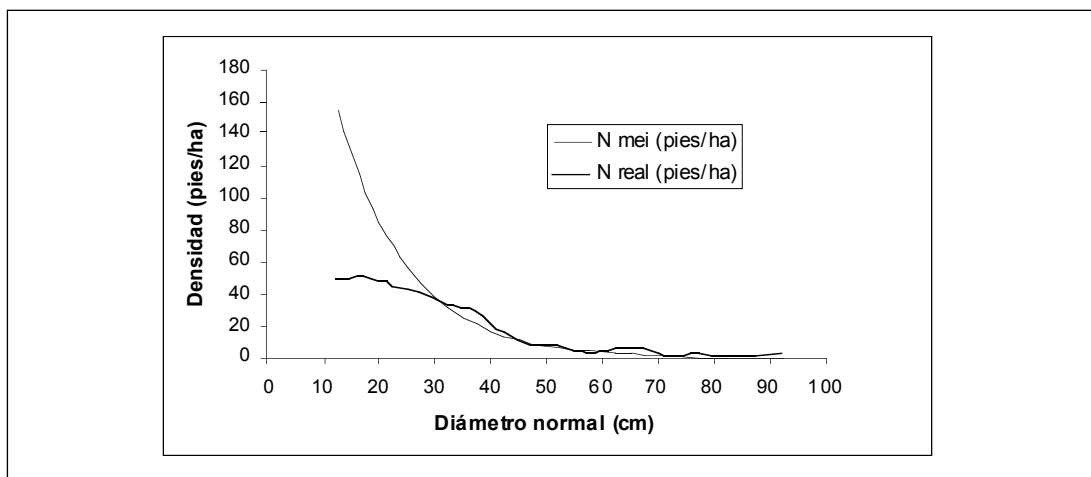
Cuartel (-cantón)	Sfa (ha)	Regeneración (pies/ha)				Total	%Viabiles	Total viables
		h<0,30 m	0,30<h <1,30 m	h>1,30 m dn<5 cm	h>1,30 m dn>5 cm			
A	400,4	2854,4	207,9	359,1	152,2	3573,7	50,2	2151,5
B	376,4	1.917,1	541,2	280,2	114,2	2.852,8	49,4	1.529,3
C	167,8	2.763,9	225,2	174,4	99,0	3.262,5	71,4	2.714,7
D	362,3	4796,9	791,9	980,6	353,4	6922,7	59,1	3816,6
E	374,9	1.314,2	556,2	413,0	180,0	2.463,4	54,6	1.326,6
F	204,7	680,7	306,6	232,3	72,2	1.291,8	47,4	723,0
F-21 *	22,3	0,0	0,0	42,4	14,1	56,6	50,0	28,3
D-57 **	29,6	28.879,3	1.064,9	763,9	150,5	30.858,6	47,7	14.719,6

Sfa (ha): superficie forestal arbolada; h: altura normal (m); dn: diámetro normal (cm). \* Regeneración total mínima \*\* Regeneración total máxima.

Dada la naturaleza de los daños y la comparativamente escasísima presencia de herbívoros silvestres, se considera responsable al ganado vacuno y caballar, a los que de hecho es muy frecuente ver mordisquear distintos tipos de vegetación leñosa en el monte en las épocas más desfavorables. Como muestra de la escasa densidad de pino en las clases inferiores, en parte debido al ganado, se presenta la Figura 1, en la que se compara la distribución diamétrica media de

pino silvestre en el monte con la correspondiente al “monte entresacado ideal”, que servirá como modelo de referencia para la gestión durante los próximos años (Bravo y Serrada, 2007). Desde este punto de vista resulta, por tanto, evidente el efecto muy negativo del ganado sobre la dinámica del monte. Por otro lado, la distribución de los daños por pastoreo –y del ganado- no es homogénea en el monte. En rodales por los que el ganado muestra especial querencia pueden ser abundantes los corros de regeneración con edades de aproximadamente 25-30 años o más, mostrando las pimpolladas más jóvenes severos daños por pastoreo, que en ocasiones han retrasado intensamente el crecimiento de las mismas en altura. Ya en la Primera Revisión de 1987 se menciona que las cargas en el monte aumentaron mucho desde 1977, tendencia que se ha visto reforzada por la política de subvenciones de la PAC y la carencia de ganaderos especializados en la zona. En cierta medida, estos efectos negativos del ganado se podrían remediar acotando las superficies en regeneración, pero esto sólo es posible, o económicamente asumible, en ciertos métodos de ordenación. Por otro lado, la entidad propietaria se ha mostrado hasta la fecha reacia a este tipo de acotados por temor a generar conflictos con los ganaderos. Otras medidas que contribuirían a disminuir los daños por pastoreo a la regeneración del pinar serían las de lograr un mejor ajuste de las fechas de entrada y salida de los animales en el monte con la fenología de los pastos herbáceos o la localización de los puntos de suplementación del ganado según una ordenación del uso silvopastoral del monte.

**Figura 1.** Distribuciones diamétricas medias del monte real y del monte entresacado ideal (mei), estimadas en la Tercera Revisión de la ordenación del monte “Cabeza de Hierro”



### Regeneración de melojo en el cantón B-8b del monte “Cabeza de Hierro”

Se muestran los resultados del cantón B-8b (Tabla 3). Con 33,0 ha presenta en gran parte de su superficie una masa mixta de pino silvestre con un subpiso de melojo en monte bajo. Con objeto de dinamizar la masa de melojo y mejorar su situación, en 2000 se procedió a realizar un resalveo de conversión (Bravo *et al.*, 2008). Se estima que antes de los resalveos había densidades incluso superiores a los 10.000 pies/ha de melojo con altura mayor de 1,30 m. En el presente estudio se ha estimado una densidad media de 321,4 pies/ha de melojo con altura mayor de 1,30 m (mayoría de chirpiales -pies procedentes de brotes de cepa o raíz-). Las cortas de resalveo realizadas han generado, como es habitual, un intenso rebrote. Sin embargo, tan sólo un 2 % de los brotes de menos de 30 cm de altura se consideraron viables; todos los que superan los 30 cm se anotaron como no viables. En todos los casos, la razón de la no viabilidad es el daño por pastoreo. A diferencia de lo que ocurría con la regeneración de pino, el efecto del ganado se considera ahora positivo para los objetivos del gestor, al controlar el desarrollo del rebrote de melojo.

**Tabla 3.** Regeneración media de melojo estimada en el cantón B-8b en la Tercera Revisión de la Ordenación del monte “Cabeza de Hierro”

	N (pies/ha)	% Viables	Nviables (pies/ha)
h < 0,30 m	13.415,3	1,9	254,9
0,30 < h < 1,30 m	451,4	0,0	0,0
Total	13.866,7	1,8	254,9

## CONCLUSIONES

Se ha cuantificado el efecto del ganado doméstico sobre la regeneración de las dos especies arbóreas más importantes del monte “Cabeza de Hierro”. En el caso del pino silvestre se ha constatado que alrededor de un 20% de la superficie presenta regeneración no viable por causa única o no del ganado, estando esta cifra probablemente muy subestimada. Por otro lado, ese mismo ganado actúa controlando el desarrollo de los brotes de melojo, que aparecen en gran número y con gran crecimiento inicial tras realizar resalveos en la parte aérea, lo que se traduce en un efecto positivo, conveniente para los objetivos del gestor. Por la importancia de los efectos del ganado sobre la regeneración, parece evidente la necesidad de incorporar muestreos que recojan una información similar a la aquí presentada en los inventarios de gestión.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAVO FERNÁNDEZ, J.A., SERRADA HIERRO, R., 2007. *Tercera Revisión del Proyecto de Ordenación del monte “Cabeza de Hierro”* (Rascafría, Madrid). Documento inédito.
- BRAVO, J.A., ROIG, S., SERRADA, R., 2008. Selvicultura del monte bajo. En: *Compendio de Selvicultura Aplicada en España*. G. MONTERO, R. SERRADA, J.A. REQUE (Eds.). INIA. Madrid. *En prensa*.
- CUEVAS, J.A., DE LA PUENTE, J., 2005. *Hábitat potencial del buitre negro (Aegypius monachus) en la Sierra de Guadarrama (Madrid)*. Centro de Investigaciones Ambientales de la Comunidad de Madrid Fernando González Bernáldez. Serie Documentos, nº 45. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.
- GONZÁLEZ REBOLLAR, J.L., ROBLES CRUZ, A.B., 2003. La ganadería en el uso múltiple de los agro-sistemas mediterráneos. En: *Fundamentos de agricultura ecológica: realidad y perspectivas*, 287-296. J. DE LAS HERAS, C. FABEIRO, R. MECO (Eds). Universidad Castilla La Mancha.
- SAN MIGUEL, A., 2001. *Pastos naturales españoles. Caracterización, aprovechamiento y posibilidades de mejora*. Fundación Conde del Valle de Salazar y Mundi-Prensa, 320 pp. Madrid. (España).

## FOREST REGENERATION AND GRAZING: MANAGEMENT IMPLICATIONS. CASE OF ‘CABEZA DE HIERRO’ STATE (RASCAFRIA, MADRID)

### SUMMARY

Wildlife or livestock grazing is a key factor in most of the silvopastoral and forest systems in Spain. We present the ‘Cabeza de Hierro’ state (Rascafría, Madrid) study case. The forest stand (2016,5 ha) is dominated by Scots pine from natural regeneration and melojo oak woodlands. The forest has a high ecological and economic value associated to historical timber harvesting. The private

state has also maintained high grazing stocking rates during many centuries. Nowadays, cattle and horses are the main livestock species at the forest. We used a 745 plots (variable radius) and a systematic sampling to estimate the quantity and viability of Scots pine regeneration. We found a numerous set of plots with severe grazing damages at the most frequented places by livestock. A positive effect of grazing five years after a silvicultural treatment (thinning on *melojo* woodlands) is also shown.

**Key words:** forest inventory, *Quercus pyrenaica*, *Pinus sylvestris*, viability, resprout.



## LAS ÁREAS PASTO-CORTAFUEGOS COMO EXPERIENCIA DE SELVICULTURA PREVENTIVA EN LOS ESPACIOS FORESTALES Y AGROFORESTALES MEDITERRÁNEOS: 2. LOS SEGUIMIENTOS LIGEROS

J. RUIZ-MIRAZO, A.B. ROBLES, F. DELGADO, R. JIMÉNEZ Y J.L.G. REBOLLAR

**Estación Experimental del Zaidín (CSIC). IFAPA, Cno. de Purchil s/n. 18008 Granada. jabier.ruiz@eez.csic.es**

### RESUMEN

El pastoreo en cortafuegos se ha establecido como una herramienta de prevención de incendios en buena parte de Andalucía. Para poder evaluar a esta escala los resultados obtenidos mediante el pastoreo, se diseñó un protocolo de seguimientos ligeros basados en tasas de consumo del estrato herbáceo y de especies arbustivas. Los resultados obtenidos en su primer año de aplicación muestran un consumo promedio del estrato herbáceo de 2,3 (rango: 0,3 a 4,0, sobre una escala de mínimo 0 y máximo 5) mientras que el estrato arbustivo promedió 1,7 (rango: 0,3 a 3,0, escala de 0 a 6). Analizando las especies arbustivas por separado, 18 taxones alcanzaron valores superiores a 2. Entre ellos, se seleccionaron *Rosa* sp., *Crataegus monogyna*, *Prunus ramburii* y *Quercus ilex* como especies indicadoras idóneas, por ser muy frecuentes y sensibles al pastoreo. Las tasas de consumo se reelaboraron para cada unidad de seguimiento, calculando dos indicadores del nivel de pastoreo que, con matices, ofrecieron resultados similares. En global, la presión de pastoreo registrada fue inferior a la deseable para una reducción efectiva del riesgo de incendios, si bien el 40% de las unidades de seguimiento alcanzaron una calificación Media o Alta de pastoreo.

**Palabras clave:** Andalucía, sistemas silvopastorales, tasas de consumo, indicadores.

### INTRODUCCIÓN

La presente comunicación da continuidad a contribuciones realizadas por nuestro grupo de investigación en la XXXIX y XLV Reuniones de la SEEP (González-Rebollar *et al.*, 1999, Ruiz-Mirazo *et al.*, 2005) sobre las áreas pasto-cortafuegos, un sistema silvopastoral para la prevención de incendios y el fomento de la biodiversidad.

Lo que inicialmente era un planteamiento teórico y, posteriormente, un proyecto de investigación limitado a una finca concreta, en la actualidad presenta una dimensión mucho mayor en Andalucía. La propuesta de fomentar el pastoreo en zonas cortafuegos ha desbordado completamente el ámbito académico, habiéndose establecido como una técnica de gestión incorporada a la prevención de incendios de los montes andaluces. En el marco de la Red de Áreas Pasto-Cortafuegos de Andalucía (RAPCA), en la primavera de 2007 la superficie de zonas cortafuegos bajo pastoreo controlado era de unas 800 ha, distribuidas en 16 montes de cuatro provincias (Ruiz-Mirazo *et al.*, 2007), si bien se encuentra en plena expansión y para 2008 se prevé, al menos, duplicar su extensión. La participación de los ganaderos se incentiva mediante una remuneración económica, proporcional al

esfuerzo realizado por la prestación del servicio de pastoreo y que en promedio, según las cantidades ofertadas en 2007, no supone siquiera una cuarta parte del coste anual de los desbroces evitados (Varela-Redondo *et al.*, 2007).

A pesar de la mayor escala de trabajo que marca la RAPCA, se ha considerado importante monitorizar los resultados obtenidos mediante el pastoreo, tanto para seguir evaluando la efectividad y las limitaciones de este sistema de gestión como para modificar la cuantía del pago a los ganaderos en función de la proporción de objetivos alcanzada. Tomando como referencia los trabajos realizados en el mediterráneo francés (Étienne y Rigolot, 2001), se ha diseñado un protocolo de seguimientos ligeros o técnicos a aplicar en la RAPCA. El objetivo de esta comunicación es mostrar la metodología de evaluación empleada, los resultados obtenidos en su primer año de aplicación y las propuestas de mejora para futuras campañas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los seguimientos ligeros se diseñaron para ser aplicados en la totalidad de la RAPCA en colaboración con personal de la empresa EGMASA que, durante el verano de 2007 y siguiendo el protocolo propuesto, tomaron los datos de campo que se presentan en esta comunicación. Previamente, y con el fin de que los datos obtenidos describieran adecuadamente la realidad, las zonas a evaluar fueron divididas en unidades de seguimiento homogéneas en términos de tipo de vegetación, tiempo desde el último desbroce, pendiente del terreno y distancia al aprisco. En caso de que la unidad resultante superara las 20 ha, se duplicaban los seguimientos.

La RAPCA se extiende, principalmente, por la Sierra de Los Alcornocales (Cádiz), Sierra Nevada (Granada/Almería), Sierra de las Nieves y Sierra Tejeda (Málaga), abarcando territorios con una enorme variabilidad climática y una gran diversidad de tipos de vegetación a pastorear, si bien predominan las comunidades de encinar y pinar de repoblación, tanto sobre sustratos ácidos como calizos. Para poder valorar equitativamente los resultados obtenidos y soslayar estas diferencias se optó por emplear las tasas de consumo observadas durante la época de máximo peligro de incendios como elemento principal para evaluar el pastoreo realizado.

### Tasas de consumo

El estrato herbáceo y las especies arbustivas se evaluaron de forma visual siguiendo una modificación de la metodología propuesta por Etienne y Rigolot (2001). Para el estrato herbáceo se tomaron quince puntos repartidos de manera homogénea en la unidad de seguimiento y anotando, en cada uno de ellos, el consumo observado según una escala de 0 (nulo) a 5 (muy alto). Promediando los valores recogidos, se obtuvo la tasa de consumo del estrato herbáceo para cada unidad (TCHU).

La tasa de consumo sobre especies arbustivas se estimó evaluando el ramoneo sobre las plantas, por comparación con otros arbustos no pastados y siguiendo una escala de 0 a 6. En cada unidad de seguimiento, el equipo científico había preseleccionado ocho especies de distinta palatabilidad entre las más abundantes en la zona. Para cada una de ellas se anotó la tasa de consumo de hasta 24 individuos. A partir de estos datos de arbustos, se calculó la tasa de consumo promedio de cada especie en la unidad (TCEU) así como la media observada para esa especie en toda la RAPCA (TCER). Los valores de TCEU de cada unidad se han empleado para el cálculo de dos promedios. Por un lado, se obtuvo la tasa de consumo media de las ocho especies arbustivas monitorizadas en cada unidad (TCAU); por el otro, se calculó la tasa de consumo media de las tres especies más consumidas (TC3U).



## Valoración global del pastoreo

Los ganaderos participantes en la RAPCA se comprometen al control efectivo del desarrollo de la vegetación en las áreas cortafuegos. No se establece con carácter general una carga ganadera o un período de pastoreo predeterminados, ya que existen los seguimientos ligeros descritos. Éstos se concentran al comienzo del verano, fomentando que se realice un pastoreo primaveral intenso para obtener los mejores resultados. La valoración global del pastoreo en cada unidad se efectuó mediante un índice sintético, con calificaciones de Alto, Medio, Bajo o Nulo. Para obtener este índice se ensayaron dos procedimientos de cálculo.

### Procedimiento A

La tasa de consumo global de la unidad se definió a partir de la TCHU y la TCAU como su media, ponderada según la importancia relativa de cada estrato en la comunidad evaluada. Así, para áreas cortafuegos donde domina el estrato herbáceo, los coeficientes eran de 2/3 y 1/3 para herbáceas y arbustivas, respectivamente. En matorrales, los coeficientes eran de 1/3 y 2/3, mientras que si la comunidad presentaba un pujante rebrote de leñosas altas, los pesos se alteraban hasta 1/4 (TCHU) y 3/4 (TCAU). Se establecieron los siguientes umbrales de división entre calificaciones:

$$\text{Nulo} < 1,75 < \text{Bajo} < 2,25 < \text{Medio} < 2,75 < \text{Alto}.$$

### Procedimiento B

Desde otra perspectiva, que no pretende obtener un número sintético y no compensa el resultado obtenido en un estrato con el otro, planteamos una calificación que depende del cumplimiento de una doble condicionalidad. Así, para las comunidades herbáceas, se estableció que la obtención de la calificación Alto requería un TCHU superior a 3,5 y un TC3U superior a 2,5. Para el Medio, los valores eran de 2,75 y 2,0 respectivamente, y para el Bajo, 2,0 y 1,5. De no alcanzar estos dos umbrales mínimos, la calificación sería Nulo.

En el caso de las comunidades predominantemente arbustivas (fueran pujantes o no) se consideró que el estrato herbáceo no era buen indicador, optándose por basar la valoración en las leñosas. Así, además del TC3U, se calculó otro indicador a partir de las TCER más robustas, las correspondientes a las 16 especies más frecuentemente monitorizadas en la RAPCA. En cada unidad, se comparaba el TCEU de esas especies con el valor de TCER, expresándolo en un porcentaje que toma valores positivos cuando  $\text{TCEU} > \text{TCER}$  y viceversa. Promediando los porcentajes obtenidos por aquellas de las 16 especies que se encontraban entre las ocho monitorizadas en cada unidad, se estimó en qué porcentaje las tasas de consumo de la unidad eran superiores a la media. Este indicador debía alcanzar el valor 30% para que la unidad recibiera la calificación Alto, 10 % para Medio, y -10% para Bajo. Simultáneamente, la TC3U debía alcanzar los valores de 3,5, 2,75 y 2 (Alto, Medio y Bajo, respectivamente) para completar la doble condicionalidad de este procedimiento. Caso de no alcanzar los dos valores mínimos, la calificación sería Nulo.

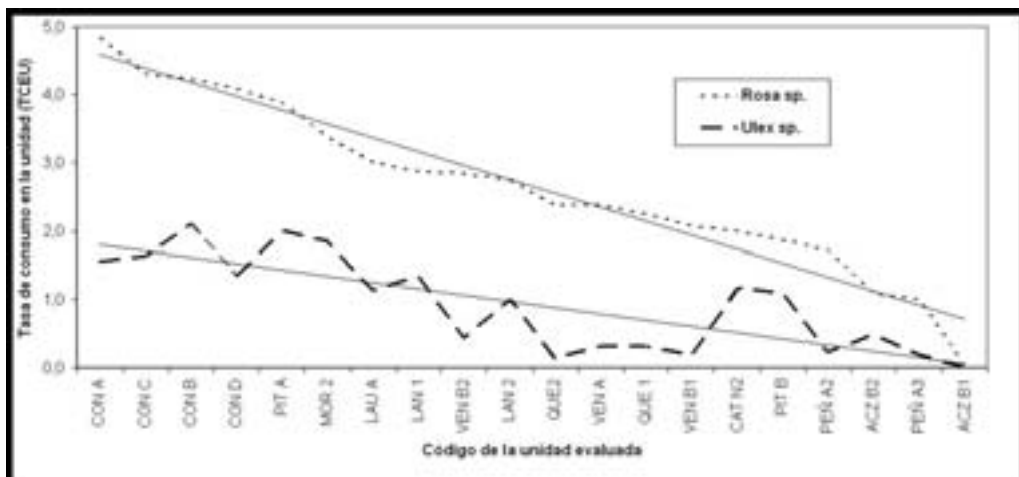
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las TCHU fluctuaron entre valores de 0,3 y 4,0 (en una escala de 0 a 5), siendo el promedio de todas las unidades evaluadas de 2,3, equivalente a un pastoreo bajo-medio. *A priori*, podría considerarse que el nivel de pastoreo realmente efectivo, de cara a la prevención de incendios, equivaldría aproximadamente al nivel 4 de esta tasa (pastoreo intenso). Sin embargo, sólo en una unidad se ha alcanzado ese valor, siendo frecuentes los casos en que, por la propia irregularidad espacial del pastoreo aplicado, unidades con una alta carga de ganado obtienen TCHU que apenas superan el 3. Dado el riesgo que supone la continuidad de combustibles en caso de incendio, deberá fomentarse un pastoreo más intenso y homogéneo, que evite la proliferación de puntos débiles en las áreas cortafuegos.

Las TCEU presentaron también un grado de variabilidad alto, con valores entre 0,0 y 4,9 (promedio 1,6). Aunque la tasa máxima de consumo es 6, es muy excepcional hallar una planta en ese estado, por lo que puede considerarse, en la práctica, que el máximo es 5. *A priori*, la contención del desarrollo arbustivo se obtendría con tasas superiores a 3, si bien habría que alcanzar valores comprendidos entre 4 y 5 para la disminución de su cobertura.

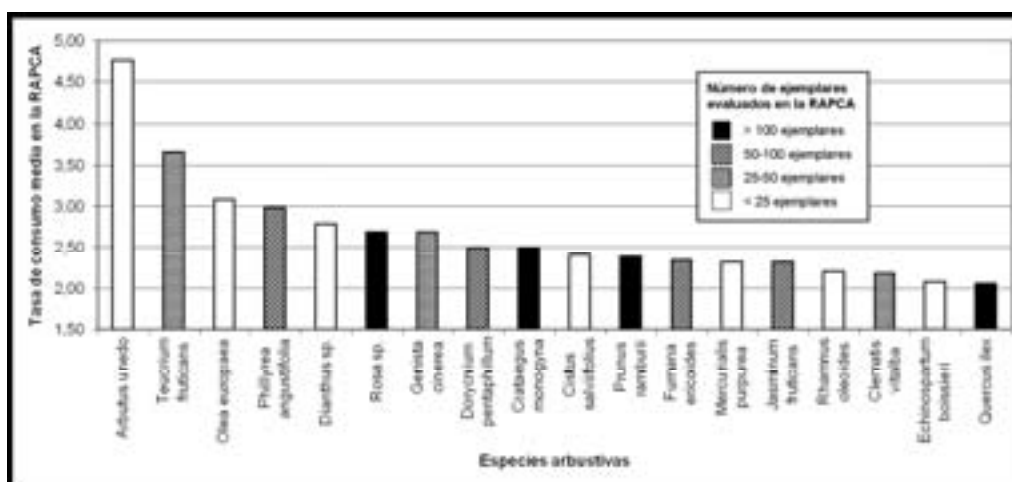
Las TCAU, promedio de las TCEU de una misma unidad, se situaron en el rango 0,3-3,0 (valor promedio 1,7). Limitándose a las tres especies de arbustos más consumidas en cada unidad (TC3U), el promedio resultante fue 2,3 (rango 0,4-4,1). Estos índices se ven afectados por la composición de especies y su palatabilidad, si bien el TC3U, al incluir únicamente las especies más apetecidas, permitiría discriminar mejor las diferentes presiones de pastoreo, al tener estas especies un rango de tasas de consumo más amplio. Además, se ha observado una correspondencia aceptable entre los valores obtenidos en *Rosa sp.* (especie sensible y fácilmente evaluable) y en *Ulex sp.* (menos apetecido por el ganado y cuya tasa de consumo es más difícil de apreciar) en el conjunto de las unidades evaluadas, como se puede apreciar al comparar las tendencias dibujadas en la Figura 1. Asumiendo que este comportamiento se extiende al conjunto de las especies, consideramos factible limitar el seguimiento de las especies arbustivas a las más palatables, ya que permitiría reducir el trabajo de campo, sin comprometer la calidad de la evaluación realizada.

**Figura 1.** Tasas de consumo de *Rosa sp.* y *Ulex sp.* en 20 unidades de seguimiento, ordenadas según decreciente tasa de consumo de *Rosa sp.*



Un total de 18 especies alcanzaron valores de TCEU superiores a 2, equivalente al consumo de casi todos los brotes del año, si bien su frecuencia en los montes estudiados es desigual. Para realizar comparaciones sólidas entre las distintas unidades, sería recomendable optar por monitorizar las especies que son frecuentes al tiempo que sensibles al pastoreo. A tenor de los resultados de 2007, *Rosa sp.*, *Crataegus monogyna*, *Prunus ramburii* y *Quercus ilex* son las mejores candidatas a ser empleadas como especies indicadoras de pastoreo, si bien hay otras alternativas posibles (Figura 2).

Figura 2. Tasa de consumo de los arbustos más ramoneados en la RAPCA



Con respecto a la valoración global del pastoreo, en el 60 % de los casos la calificación obtenida mediante los dos procedimientos aplicados fue coincidente, y no se detectó una tendencia general a sobrevalorar o infravalorar en ninguno de los métodos. En su conjunto, se observa que el nivel de pastoreo en la RAPCA ha sido bajo-medio (Tabla 1).

Tabla 1. Número de unidades calificadas en cada grupo; correspondencias según el procedimiento empleado

		Procedimiento A				TOTAL
		Alto	Medio	Bajo	Nulo	
Procedimiento B	Alto	3	0	0	0	3 (8%)
	Medio	3	4	5	0	12 (32%)
	Bajo	0	2	7	2	11 (30%)
	Nulo	1	1	1	8	11 (30%)
	TOTAL	7 (19%)	7 (19%)	13 (35%)	10 (27%)	37 (100%)

El método B establece un umbral más alto para la obtención de la máxima calificación, habiéndola alcanzado un 8% de las unidades frente al 19% del otro cálculo. En todo caso, la distribución del número de unidades en las distintas calificaciones es fruto de los umbrales previamente establecidos para cada procedimiento, que podrían modificarse ante un cambio de criterio en el nivel de pastoreo deseado por los gestores.

Cabe destacar los dos casos en los que las calificaciones difieren más de un nivel entre procedimientos, mostrando una discrepancia importante entre ellos. Estas excepciones se han producido en dos unidades dominadas por herbáceas, en las que las escasas leñosas presentes eran de una baja palatabilidad. En estos casos, la TC3U mantiene valores bajos, lo que impide alcanzar el umbral exigido por el procedimiento B, resultando la calificación Nulo para unidades que habían recibido la valoración Medio e incluso Alto según el procedimiento A. Esta situación indica que la doble condicionalidad del método B es muy exigente en condiciones similares a las descritas para estas unidades, si bien puede interpretarse también que el método A es excesivamente flexible al permitir compensar un deficiente consumo del estrato arbustivo cuando la TCH es suficientemente alta.

## CONCLUSIONES

Los seguimientos ligeros realizados en la RAPCA han permitido, en su primer año de aplicación, analizar el funcionamiento de una metodología de evaluación del impacto del pastoreo basada en tasas de consumo e identificar elementos a mejorar en próximas campañas. Entre otros, se propone la disminución de las especies arbustivas monitorizadas, optando por el seguimiento de especies indicadoras tales como *Rosa* sp., *Crataegus monogyna*, *Prunus ramburii* o *Quercus ilex*.

Los dos procedimientos aplicados para la valoración global del pastoreo coinciden en que el nivel alcanzado en promedio por el conjunto de las unidades ha sido Bajo-Medio, inferior al deseable para una reducción efectiva del riesgo de incendios. Las fortalezas y debilidades detectadas en cada uno de los procedimientos animan a continuar trabajando en su puesta a punto, con el objetivo de alcanzar un indicador que sea fiable y fácilmente aplicable en toda la extensión de la RAPCA.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÉTIENNE, M.; RIGOLOT, É., 2001. *Méthodes de suivi des coupures de combustible*. Éd. de la Cardère, 64 pp. Morières (Francia). <http://www.ofme.org/documents/textesdfci/rcc1.pdf>
- GONZÁLEZ-REBOLLAR, J.L.; ROBLES, A.B.; SIMÓN, E.D., 1999. *Las áreas pasto-cortafuego: entre las prácticas de gestión y protección de los espacios forestales mediterráneos (Propuestas de selvicultura preventiva)*. XXXIX Reunión Científica de la SEEP, Almería.
- RUIZ-MIRAZO, J.; ROBLES, A.B.; JIMÉNEZ, R.; MARTÍNEZ-MOYA, J.L.; LÓPEZ-QUINTANILLA, J.; GONZÁLEZ-REBOLLAR, J.L., 2007. *La prevención de incendios forestales mediante pastoreo controlado: el estado del arte en Andalucía*. Wildfire 2007, Sevilla. [http://www.wildfire07.es/html/es/Autor\\_R.html](http://www.wildfire07.es/html/es/Autor_R.html)
- RUIZ-MIRAZO, J.; ROBLES, A.B.; RAMOS, M.E.; GONZÁLEZ-REBOLLAR, J.L., 2005. Las áreas pasto-cortafuegos como experiencia de selvicultura preventiva en los espacios forestales y agroforestales mediterráneos: 1. Diseño. En: *Producciones agroganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural*, 337-343. Ed. ROZA, B.; ARGAMENTERÍA, A.; MARTÍNEZ, A.; OSORO, K. SERIDA. Gijón (Asturias). <http://www.serida.org/seep2005/trabajos/37.pdf>
- VARELA-REDONDO, E.; CALATRAVA-REQUENA, J.; RUIZ-MIRAZO, J.; JIMÉNEZ-PIANO, R.; GONZÁLEZ-REBOLLAR, J.L., 2007. *Valoración económica del pastoreo en términos de costes evitados en labores de prevención de incendios forestales*. Wildfire 2007, Sevilla. [http://www.wildfire07.es/html/es/Autor\\_V.html](http://www.wildfire07.es/html/es/Autor_V.html)

## GRAZED FUELBREAKS AS A FIRE PREVENTIVE MEASURE IN MEDITERRANEAN FOREST LAND: 2. LIGHT SURVEYS

### SUMMARY

Livestock grazing of fuelbreaks has become a fire preventive tool in many Andalusian forests. In order to evaluate the outcome of programmed grazing at this scale, a light survey protocol based on grass and shrub utilization rates was designed. The results obtained in the first survey campaign indicate that the average consumption of the herbaceous stratum was 2.3 (range: 0.3 to 4.0, in a scale from a minimum of 0 to a maximum of 5) while the shrub stratum averaged 1.7 (range: 0.3 to 3.0, scale from 0 to 6). When shrub species were analysed separately, 18 taxa reached values over 2.0. Among them, *Rosa* sp., *Crataegus monogyna*, *Prunus ramburii* and *Quercus ilex* were

selected as the best indicator species, as they were very frequent and sensitive to grazing. In each of the survey units, utilization rates were used to calculate two grazing level indicators, which attained fairly similar results. In general, the grazing pressure registered was lower than that desired for an effective reduction of fire risk. However, 40% of the survey units achieved Medium or High grazing qualifications.

**Key words:** Andalusia, silvopastoral systems, utilization rates, indicators.



## DETECCIÓN DE CAMBIOS EN LA COBERTURA DE ARBOLADO EN DEHESA MEDIANTE IMÁGENES LANDSAT-TM Y MODELOS LINEALES DE MEZCLAS ESPECTRALES

A. GARCÍA MORENO, C. CALZADO MARTÍNEZ, S. ESCUIN ROYO, J.E. GUERRERO GINEL, P. FERNÁNDEZ REBOLLO Y MP. GONZÁLEZ DUGO

**Departamento de Ingeniería Forestal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Universidad de Córdoba. Avd. Menéndez Pidal s/n. 14080 Córdoba (España)**

### RESUMEN

La dehesa es un ecosistema propio del SW de la Península Ibérica destacado por su alto valor económico y ambiental. Actualmente el arbolado de *Quercus*, uno de sus elementos característicos más importantes, se ve afectado por cambios de diversa índole cuyos efectos requieren ser evaluados de forma ágil sobre superficies extensas. En este trabajo se determinan los cambios en la cobertura de vegetación verde ocupada fundamentalmente por el arbolado, en una zona de dehesa situada al norte de la provincia de Córdoba, mediante un estudio temporal con dos imágenes de verano Landsat-TM (1995 y 2007) a las que se aplica un modelo lineal de mezclas espectrales (MLME). Los resultados a nivel de comarca y de finca parecen coincidir con los cambios de la cobertura del arbolado observados en las dehesas de la zona de estudio, validando así la utilización de los MLME como herramienta de seguimiento en la evolución del arbolado de este ecosistema.

**Palabras clave:** teledetección, cobertura arbórea, *Quercus*.

### INTRODUCCIÓN

La dehesa constituye el sistema agrosilvopastoral más característico y representativo del SW de España; destaca por su alto valor ecológico pero también por su fragilidad. Entre todos los elementos que caracterizan a la dehesa, el arbolado de *Quercus* se considera esencial, contribuyendo a la sostenibilidad económica de las explotaciones por la producción de bellota, pero también favoreciendo la diversidad y estabilidad de los pastos y el suelo. En la actualidad, los cambios en los modelos productivos tendentes a una intensificación ganadera, junto a los climáticos, parecen debilitar al arbolado de las dehesas y propiciar la incidencia de plagas y enfermedades, mermando las producciones de bellota y acelerando en algunos casos la pérdida de individuos. Identificar las situaciones en donde la disminución de vigor o la pérdida de arbolado pueden llegar a comprometer la conservación de la dehesa, requiere de observatorios ambientales que periódicamente tomen información pertinente, como la red para el seguimiento de los ecosistemas forestales en Europa (ICP Forest), o la red andaluza, resultado de una densificación de los puntos de muestreos de la red europea. Este esquema de evaluación puntual y periódica, debería complementarse con seguimientos periódicos más laxos pero que abarquen a todo el territorio, campo en donde la teledetección toma protagonismo. La extensión que ocupa en la península la dehesa, la disposición espacial del arbolado y las marcadas diferencias estivales en el comportamiento fotosintético entre el

pasto (seco en su mayoría) y el arbolado (con actividad fotosintética), son características que permiten la utilización de imágenes del sensor Landsat-TM para este fin (resolución espectral, espacial y temporal adecuada y reducido coste). Tradicionalmente en teledetección se ha trabajado con índices derivados de las bandas de las imágenes que evalúan el estado y la actividad fotosintética de la vegetación, pero las técnicas sub-píxel permiten estimar además la cobertura ocupada por la vegetación verde. En este sentido, este trabajo explora las posibilidades que ofrecen las imágenes Landsat-TM y los modelos lineales de mezclas espectrales (MLME) a la hora de evaluar la evolución de la cobertura del arbolado en zonas extensas ocupadas por dehesa.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se ha llevado a cabo en la comarca de los Pedroches, situada al norte de la provincia de Córdoba. Presenta un relieve bastante homogéneo, de llano a ondulado, con una altitud media moderada, alrededor de los 600 m. La precipitación media se sitúa en torno a 500-600 mm, aunque desigualmente distribuida a lo largo del año, con una acusada sequía estival, que junto a temperaturas medias anuales cercanas a los 17º y un marcado contraste entre verano e invierno, definen un clima mediterráneo con una clara influencia continental. Con el objeto de lograr una cierta homogeneidad en la zona de estudio que permitiese la aplicación de los modelos de mezclas espectrales de manera adecuada, se seleccionaron aquellas zonas de dehesa que presentan un mismo tipo de suelo. Para la delimitación de las zonas de dehesa se realizó una clasificación supervisada de una imagen Landsat-TM (González, 2002), y para el suelo se eligió el tipo dominante en la comarca, la unidad 38 del mapa de suelos de Andalucía, dominada principalmente por Cambisoles eutrícos. El resultado fue una zona de trabajo de 105,109 ha.

Se han usado dos imágenes de verano del sensor Landsat-TM, del 16 julio de 1995 y del 17 julio de 2007. La elección de las mismas se basa en la certeza de que, sin riego, la vegetación de la zona en esta época del año se caracteriza porque todas los pastos herbáceos y cultivos están secos, mientras que las especies leñosas, principalmente *Quercus* de porte arbóreo y/o arbustivo, se mantienen verdes y con actividad fotosintética, lo que facilita su diferenciación especialmente en la región infrarroja del espectro. Ambas imágenes Landsat-5 TM fueron sometidas a un pre-procesado en el que fueron corregidas geoméricamente mediante un polinomio de segundo grado, calibradas radiométricamente según los parámetros establecidos en Chander y Markham (2003) y corregidas atmosféricamente mediante la aplicación ACORN, basada en el modelo de transferencia de radiación en la atmósfera MODTRAN 4.

El MLME asume que la reflectividad de un determinado píxel es una combinación lineal de la reflectividad característica de los componentes presentes en el píxel, en proporción equivalente a la superficie que ocupan. Dada la homogeneidad de cubiertas en la zona de estudio, se han considerado cuatro componentes de interés: (1) vegetación verde, que implica actividad fotosintética que en la fecha de las imágenes (Julio) corresponde en su mayoría al arbolado de *Quercus* presente en la zona (la presencia de matorral y vegetación de ribera es escasa); (2) vegetación seca, fundamentalmente pasto herbáceo seco; (3) suelo y (4) sombra, componente que obedece a las variaciones en iluminación debidas a elementos como el arbolado o la topografía. El modelo permite estimar la presencia de cada componente en cada uno de los píxeles de la imagen, así como el error de dicha estimación por píxel.

Las reflectividades características de los componentes puros se han obtenido por distintos procedimientos. Para la imagen de 1995 se ha utilizado la respuesta espectral procedente de píxeles de la imagen. Dichos píxeles fueron seleccionados como píxeles puros y representativos de los distintos componentes por González (2002), utilizando el método de rotación de factores aplicando, a una muestra representativa de la imagen, el algoritmo IKSFA. En la imagen de 2007, la reflectividad de los componentes puros se ha caracterizado en campo mediante el espectrorradiómetro GER3700, que proporciona medidas en el intervalo 300 a 2500 nm, usándose como referencia



un panel (Spectralon, Labsphere). Para la sombra se ha considerado en ambas fechas un valor sintético constante de reflectividad igual a 0.01% en todas las bandas.

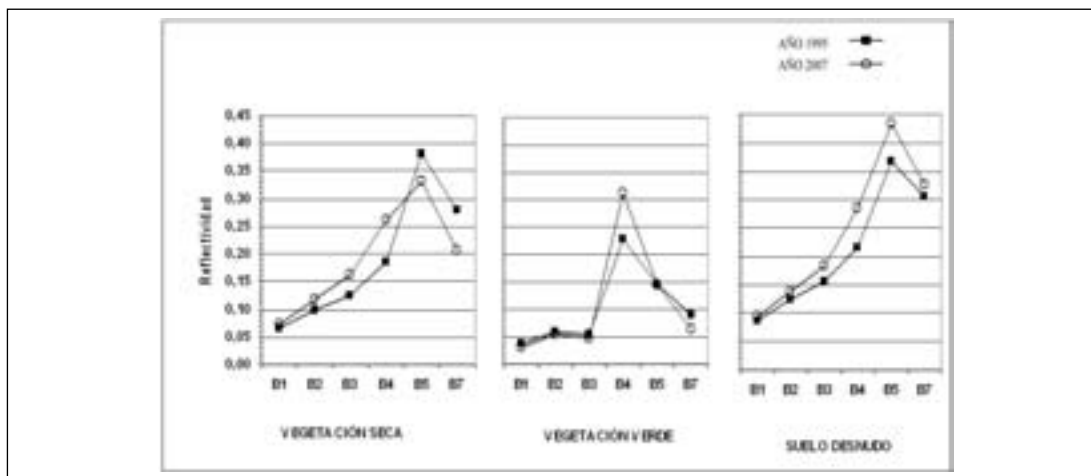
La bondad del modelo obtenido para cada fecha se ha evaluado a partir del error medio cuadrático medio, el error medio cuadrático máximo, el número de píxeles en donde el porcentaje asignado a cada componente oscila entre cero y uno y analizando visualmente la información espacial contenida en la imagen de error.

La variación de la cobertura ocupada por el arbolado entre los años 1995 y 2007 se ha estimado restando linealmente los valores de cobertura de vegetación verde obtenida mediante la aplicación del modelo en cada fecha. Estos resultados se han contrastado con los estudios realizados en cuatro explotaciones de la zona sobre la defoliación de copas (2000-2007) y la pérdida de arbolado (tras 1995).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 1 ilustra las reflectividades características para cada banda e imagen Landsat-TM de los componentes puros considerados. Puede apreciarse que los espectros resultantes, aún habiendo sido obtenidos con distintas metodologías, son bastante similares, especialmente en el caso de la vegetación verde cuya respuesta espectral presenta una menor variabilidad que la de la vegetación seca y el suelo. No obstante, se observa para el año 1995 una reflectividad más baja en la región del infrarrojo cercano (banda 4), probablemente debido al deficiente estado hídrico de la planta y al deterioro de la estructura celular de la hoja, consecuencia del intenso periodo de sequía iniciado en el año 1990 y que se extendió hasta el año 1995.

**Figura 1.** Respuesta espectral de los componentes puros utilizados para la implementación de los MLME para cada imagen Landsat-TM (1995 y 2007)



En verano del 1995 la vegetación se encontraba fuertemente estresada y, en general, el arbolado de la zona presentaba fuertes defoliaciones (Sillero, 1999) habiendo perdido muchos individuos todo el follaje de la copa y estando aparentemente muertos. A partir del otoño de ese año, las precipitaciones han sido en general de mayor cuantía y sin episodios de sequía extrema, lo que ha permitido una recuperación de la vegetación y por tanto una mayor reflectividad en el infrarrojo cercano.

En la Tabla 1 se presentan el error medio cuadrático medio y el error medio cuadrático máximo obtenidos por el modelo para las dos fechas a partir de la imagen de residuos. El error medio

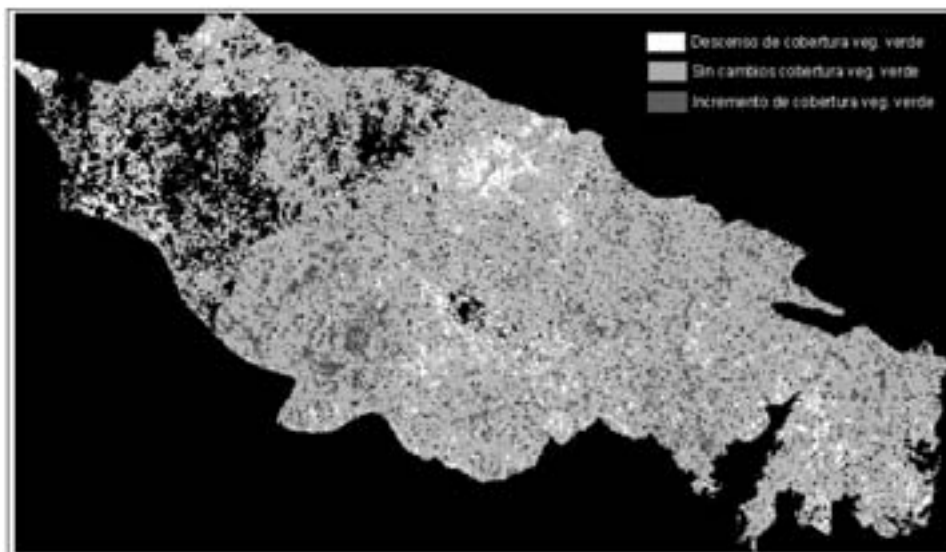
cuadrático medio es menor que el valor 0,0065 establecido como límite admisible por diversos autores (Roberts *et al.*, 1993), mientras que el error medio cuadrático máximo supera el valor 0,02 en el año 2007. Sin embargo, el porcentaje de píxeles cuyo error medio cuadrático supera el umbral considerado es muy bajo y se concentra en la zona noroeste de la imagen y en el entorno de las poblaciones. Asimismo, el análisis visual de la imagen de error no parece recoger demasiada información espacial, que debe por tanto haber sido reproducida adecuadamente por el modelo. El modelo generado a partir de la imagen Landsat-TM de 1995 ha dado como resultado una cobertura media de vegetación verde para la zona estudiada del 21,10% (error estándar 0.007), mientras que para el año 2007 el modelo arroja una cobertura media para la vegetación verde del 20,08% (error estándar 0,008). Estos resultados revelan una ligera reducción de la cobertura de la vegetación verde en la comarca, de alrededor del 1 %, que se puede asumir como pérdida de superficie ocupada por el arbolado.

**Tabla 1:** Error cuadrático medio y error cuadrático máximo obtenidos para los MLME realizados con las imágenes Landsat-TM 1995 y 2007. Porcentaje de píxeles que superan el error cuadrático máximo descrito en la bibliografía

Modelo	RMS medio	RMS max.	% píxeles RMS max. > 0,02
Año 1995	0,0036	0,0430	0,44 %
Año 2007	0,0064	0,2625	0,02 %

La figura 2 recoge la imagen de cambio en la cobertura de vegetación verde en las dehesas de la zona de estudio, considerando tres categorías: zonas en las que se ha producido una pérdida de cobertura de vegetación verde superior al 10%, zonas donde se ha producido un aumento de cobertura superior al 10% y zonas en las que no se ha producido un cambio importante (la cobertura de vegetación verde ha variado en menos de un 10%). La Tabla 2 presenta el porcentaje de superficie ocupado por cada clase. Se observa que predominan las zonas en las que no hay cambios importantes en la cobertura de vegetación verde (66,84% de la superficie). A continuación, y con una importancia bastante menor están las zonas en las que la cobertura de vegetación verde disminuye (de forma más acusada en el intervalo 10-20%) y que tienden a concentrarse en el noroeste de la zona de estudio y en el entorno de las poblaciones. Por el contrario, las zonas en las que se incrementa la cobertura de vegetación verde (15,66% de la superficie) están más distribuidas por la comarca, con bastante frecuencia en las inmediaciones de los cauces, y especialmente en la zona sur. Esto coincide con observaciones de campo y con resultados de distintos trabajos llevados a cabo en explotaciones de la zona, en los que se ha constatado en general una recuperación más rápida del arbolado en las dehesas del sur frente a las explotaciones situadas en el noroeste.

**Figura 2:** Imagen de cambio de la vegetación en el periodo 1995-2007, obtenida a partir de los resultados de los MLME

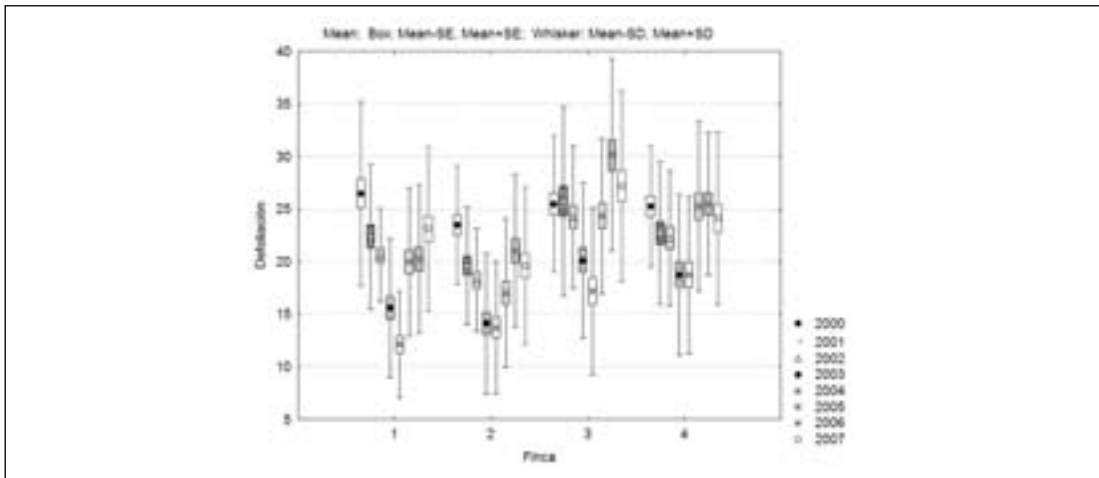


**Tabla 2:** Porcentaje de la superficie de estudio ocupada por cada clase en la imagen de cambio 1995-2007

	Superficie (%)	
Incremento > 30%	0,42	15,66
Incremento 20-30%	2,33	
Incremento 10-20%	12,91	
Sin cambios	66,84	
Descenso 10-20%	14,58	17,49
Descenso 20-30%	2,48	
Descenso > 30%	0,44	

Así en la figura 3 se presenta la evolución de la defoliación del arbolado para cuatro fincas, estando situada la 1 y 4 en la zona sur, la 3 en la zona noroeste y la 2 al noreste de la zona de estudio. La menor precipitación que se registra al noroeste (fitoclima IV<sub>3</sub>), junto a suelos arenosos y delgados con abundantes afloramientos rocosos, agravó la intensidad de la sequía vivida hasta 1995 dando lugar a mortandades mayores (Tabla 3).

**Figura 3:** Niveles de defoliación del arbolado obtenidos para las distintas fincas en el transcurso del periodo 2000-2007



La tabla 3 recoge las estimaciones de cobertura de vegetación verde obtenidas por el MLME para estas cuatro explotaciones y revela un aumento de la cobertura en tres de ellas, aquellas con menores pérdidas de cobertura por muerte o eliminación de pies (baja en dos de ellas), y con mayores índices de área foliar del resto de los árboles (Figura 3). En cambio en la finca 3, la elevada pérdida de arbolado junto a defoliaciones mayores puede explicar la reducción de cobertura de vegetación verde estimada por el modelo para el periodo de estudio.

**Tabla 3:** Caracterización de las distintas fincas estudiadas

Finca	Superficie (ha)	Diámetro de copa medio del arbolado (m)			Árboles perdidos 1995-2007	Red. Cob.*	Cobertura de vegetación verde MLME (%)		Cambio de cobertura de vegetación verde MLME
		Media	N	Std.Dv			1995	2007	
1	82	9,2	40	1,8	15	0,11	25,50	26,50	1
2	180	8,3	40	1,6	300	2,92	18,92	19,18	0,26
3	233	7,6	40	2,3	1250	13,21	20,10	12,20	-7,9
4	133	9,4	40	2,1	30	0,28	23,33	24,80	1,47

\* Reducción de la cobertura arbórea estimada en función de los árboles arrancados y del tamaño medio de la copa del arbolado de cada explotación

## CONCLUSIONES

Los cambios en la cobertura de vegetación verde para el periodo 1995-2007 obtenidos a partir del MLME e imágenes Landsat-TM, parecen coincidir, en dirección y magnitud, con los cambios de la cobertura del arbolado observados en las dehesas. Las imágenes Landsat-TM correspondientes a fechas de verano y los MLME, pueden utilizarse en programas de seguimiento del estado del arbolado en la dehesa, proporcionando resultados fiables a escala de comarca y de finca.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHANDER, G.; MARKHAM B.; 2003. Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(11), 2674-2677.
- FERNÁNDEZ, P.; CARBONERO, M.D.; GARCÍA, A.; 2007. *Aplicación y acogida de las medidas agroambientales en la dehesa. Desde el programa "Fomento y conservación de la dehesa en Andalucía (1993-1999)" hacia el programa "Actuaciones en sistemas adehesados (2000-2006)"* Informe Técnico Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, 95 pp. Córdoba (España)
- GONZALEZ, M.P.; 2002. *Tipificación y cartografía de vegetación en ecosistemas de dehesa mediante sensores remotos*. Tesis doctoral. Dpto. de Ingeniería Rural. Universidad de Córdoba, 181 pp. Córdoba (España).
- GUTIERREZ, J.M.; 2005. *Aplicación de las técnicas de análisis multitemporal de mezclas espectrales con imágenes Landsat 5-TM a la detección de cambios en la cobertura de arbolado en dehesa*. Trabajo Profesional Fin de Carrera. ETSIAM, Universidad de Córdoba, 111 pp. Córdoba (España).
- MUSTARD, F.F.; SUNSHINE, J.M.; 1999. Spectral Analysis for Earth Science: investigation using remote sensing data. En: *Remote Sensing for Earth Science: ASPRS Manual of Remote Sensing*, 251-306. Ed. A.N. RENZ. Wiley (N.Y)
- ROBERTS, D. A.; SMITH, M. O. & ADAMS, J. B.; 1993. Green vegetation, nonphotosynthetic vegetation, and soils in AVIRIS data. *Remote Sensing of Environment*, 44, 255-269.
- SILLERO, M.L.; 1999. *Estudio del decaimiento del encinar en el monte público "Dehesa de Pedoche" Córdoba*. Trabajo Profesional Fin de Carrera. ETSIAM, Universidad de Córdoba, 120 pp. Córdoba (España)

## DETECTION OF CHANGES IN "DEHESA" TREE CANOPY COVER THROUGH LANDSAT-TM IMAGES AND SPECTRAL MIXTURE ANALYSIS

### SUMMARY

The dehesa is a characteristic ecosystem in southwestern Iberian Peninsula, outstanding by a high economic and environmental value. Nowadays, the *Quercus*-tree canopy, a key element of this system, is affected by changes of diverse nature, whose effects require an agile evaluation over extensive surfaces. This work studies the changes in green vegetation cover, (*Quercus* canopy), in a typical area of dehesa in northern Córdoba, applying a linear Spectral Mixture Analysis (SMA) to two summer Landsat-TM images (1995, 2007). The predicted results of cover changes are similar to those observed in field, at region and local level. The remote data and the modelling using SMA have proved to be useful tools for change monitoring in this ecosystem.

**Key words:** remote sensing, tree canopy cover, *Quercus*



## LOS MÉTODOS DE AFORO DE LA PRODUCCIÓN DE BELLOTA EN ENCINA. UN ANÁLISIS COMPARATIVO

D. CARBONERO MUÑOZ, A. FERNANDEZ RANCHAL, A. BLÁZQUEZ CARRASCO, A. GARCÍA MORENO, C. CALZADO MARTINEZ Y P. FERNÁNDEZ REBOLLO

**Departamento de Ingeniería Forestal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Universidad de Córdoba. Avda Menéndez Pidal s/n. 14080 Córdoba (España)**

### RESUMEN

Los *Quercus* se caracterizan por tener producciones de bellota diferentes entre años, entre localidades geográficas e incluso entre pies cercanos. Preveer de manera ajustada la cosecha de bellota permite un mejor aprovechamiento de la misma y ayuda a programar actuaciones que favorezcan la regeneración del arbolado. La obtención de buenas estimaciones sólo es posible si se desarrollan métodos rápidos y económicos que permitan aforar un número suficiente de pies. Actualmente existen bastantes procedimientos de aforo, aunque los que más se ajustan a estas premisas son los basados en el conteo de frutos sobre la copa del árbol. A pesar de sus evidentes ventajas presentan algunos desajustes que son necesarios solventar, como la influencia del observador que realice los conteos, la necesidad de un periodo de entrenamiento, etc. Para tratar de profundizar más en sus limitaciones y calibrarlos de cara a su divulgación se comparó la producción de 50 encinas obtenida mediante un método de recogida física del fruto, con la estimada por dos operadores uno con experiencia y otro sin ella, a través de un método de aforo visual. Los resultados muestran que no existen diferencias si el aforo visual lo realiza el operador experimentado, por lo que el factor entrenamiento parece ser clave. Otros factores que tienen influencia son el momento de realización del muestreo, y el nivel de producción cometiéndose los mayores errores en pies con altas producciones a última hora del día.

**Palabras clave:** *Quercus*, semilla

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la bellota ha pasado a ser un aspecto productivo importante en las dehesas, debido en gran medida a la importancia económica que han adquirido los productos cárnicos derivados del cerdo ibérico. Su estimación permite valorar la capacidad de carga ganadera admisible en un área y en especial, el cebo del cerdo ibérico en montanera. Asimismo, la cosecha de bellota está relacionada con el vigor del arbolado (Carbonero *et al.*, 2004), por lo que suele ser un indicador que consideran las redes que evalúan el estado de salud de las masas forestales. Entre los métodos utilizados para estimar la producción se encuentran aquellos basados en la relación entre ésta y parámetros climáticos o biológicos (Vázquez, 1998). Así por ejemplo, Sharp *et al.* (1967) y Koenig *et al.* (1994) analizan en distintas especies de *Quercus* la relación entre cosecha de bellotas y variables climáticas y meteorológicas; o los trabajos de Sharp *et al.* (1967) y Sork *et al.* (1993) donde parece demostrarse una relación directa entre el incremento de plagas de predadores de flores y frutos y el incremento de la cosecha. Por otro lado, encontramos

métodos directos fundamentados en la recogida física del fruto, (Cañellas, 1994; Perry y Thill, 1999; Carbonero *et al.*, 2002), o aquellos basados en el conteo de bellotas sobre la copa (Koenig *et al.*, 1994; Vázquez *et al.*, 2001). A falta de métodos operativos que permitan estimar la producción de bellota en la dehesa a partir de parámetros meteorológicos, fisiológicos o biológicos, los técnicos que trabajan en este sector suelen utilizar métodos basados en el conteo de frutos en la copa del árbol por la rapidez y la capacidad de predicción, ya que las estimaciones pueden realizarse antes de la maduración de bellotas permitiendo una mejor organización del aprovechamiento de la montanera. Sin embargo, estos métodos cuentan con algunas limitaciones como su aplicación a masas muy cerradas, árboles muy altos o con copas de forma irregular, sesgo del evaluador y necesidad de un periodo de entrenamiento (Vázquez *et al.*, 2001). El objetivo de este trabajo ha sido comparar la producción de bellota estimada a través de un método de muestreo visual con la obtenida mediante la recogida física del fruto y evaluar cómo influye el nivel de producción del árbol, el entrenamiento y el cansancio del observador en la calidad de los conteos.

## MATERIAL Y METODOS

Para la realización de este trabajo se escogió una finca de dehesa en la comarca de Los Pedroches (Córdoba). En ella se eligieron un total de 50 encinas, que fueron caracterizadas mediante la medición de las siguientes variables: altura total (metros), longitud de copa viva (metros), diámetro medio de la copa (metros) y peso medio de las bellotas de cada árbol (gramos). Para evaluar la producción mediante un método de recogida física se colocaron cuatro contenedores circulares de plástico de 40 cm de diámetro y de alto colgados de cada árbol con orientación N-S: dos en posiciones exteriores de la copa y dos en posiciones interiores (Carbonero *et al.*, 2002). El fruto se recogió quincenalmente del 1 de Noviembre de 2003 al 15 de Enero de 2004. Para la obtención de la producción por árbol en peso fresco de bellotas sin cascabillo se realizó la media del peso obtenido en los cuatro contenedores de cada árbol y el resultado se extrapoló al total de la superficie de copa. En octubre se realizó un conteo de bellota en la copa de los árboles (Vázquez *et al.*, 2001), estimándose la producción a partir de estos conteos y la ecuación de Esparrago *et al.* (1992):  $E1 = 2,313 * R * M$  donde P es la producción en kilogramos por árbol; R el radio medio de la copa en metros y M el número medio de bellotas en un cuadrante de 20x20 cm. El coeficiente 2,313 se obtiene de considerar la copa del árbol como un cilindro, convertir la superficie del cuadrante de  $cm^2$  a  $m^2$ , tomar como longitud de copa viva un valor medio de 3,15 m y considerar 4,67 g el peso medio de la bellota (Vázquez *et al.*, 2001). Se han considerado además tres nuevas ecuaciones de predicción modificando dicho coeficiente en función de las características particulares del arbolado y la bellota de la finca: E2, en la que se incluyen el peso medio de bellota y la longitud de copa viva media del arbolado de la finca (3,36 g y 4,72 m); E3, que considera el peso medio de bellota de la finca y la longitud de copa viva de cada árbol; E4, que incorpora el peso medio de bellota y la longitud de copa viva de cada árbol. El conteo de bellotas fue realizado por dos evaluadores, uno con amplia experiencia y otro sin ella. Se consideró si el árbol era muestreado al principio de la jornada o al final de la misma. De acuerdo a la producción obtenida mediante recogida física, los árboles fueron catalogados en tres categorías (Healy *et al.*, 1999): producción alta (árboles cuya producción supera la media de la finca), media (árboles cuya producción se encuentra entre la media y el 60% de ésta) y baja.

La comparación entre producciones estimadas y entre evaluadores se realizó mediante regresión lineal, la prueba t de Student y el coeficiente de correlación de Pearson, tras los análisis paramétricos previos. La elección de la mejor ecuación de predicción se basó en el análisis de las diferencias observadas entre la producción obtenida mediante recogida física y aquella estimada por las distintas ecuaciones. Este análisis consideró el valor medio de los residuos, el valor medio de los residuos absolutos y la suma del cuadrado de los residuos, junto con la prueba de Shapiro-Wilk, la prueba t de Student, cuando la distribución de los residuos se ajusta a una normal y en caso contrario, el test no paramétrico de Wilcoxon. El efecto del nivel de producción del árbol y



del cansancio sobre la diferencia de los conteos realizados por los dos evaluadores (en valor absoluto) se ha estudiado mediante análisis de la varianza, utilizando para la formación de grupos homogéneos el test de Sheffé.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción media estimada mediante el método de recogida física fue de 27,5 kg por árbol, valor idéntico al que ofrecen las distintas ecuaciones de predicción a partir del conteo de bellota en la copa (Tabla 1). Estos valores presentan la particularidad de arrojar un error estándar menor y unos valores máximos inferiores a los que resultan de la recogida física, lo que puede indicar que el aforo visual presenta una capacidad limitada para detectar valores extremos de producción, en especial los altos, fruto quizá de los parámetros medios que incorporan las ecuaciones de estimación. A pesar de esta menor sensibilidad para la detección de picos extremos, existe una fuerte y consistente correlación entre ambos métodos.

**Tabla 1.** Producción de bellota (kg/árbol), estimada mediante recogida física y por aforos visuales (EE: error estándar). Coef. de Pearson y nivel de significación del test t de Student, entre la producción estimada mediante recogida física y por aforos visuales

Método	Ecuaciones de predicción	Media (kg)	E.E	Mínimo	Máximo	Coef. Correlación Pearson (%)	t-test (p)
Recogida física de bellota		27,0	3,2	0	108,8		
Conteo de bellotas en copa	E1	23,8	1,6	0	53,1	62,6**	0,217
	E2	25,1	1,8	0	63,1	62,6**	0,605
	E3	25,7	1,7	0	57,1	64,1**	0,727
	E4	26,1	2,0	0	57,6	52,9**	0,927

\*\*Correlaciones significativas  $p < 0,01$

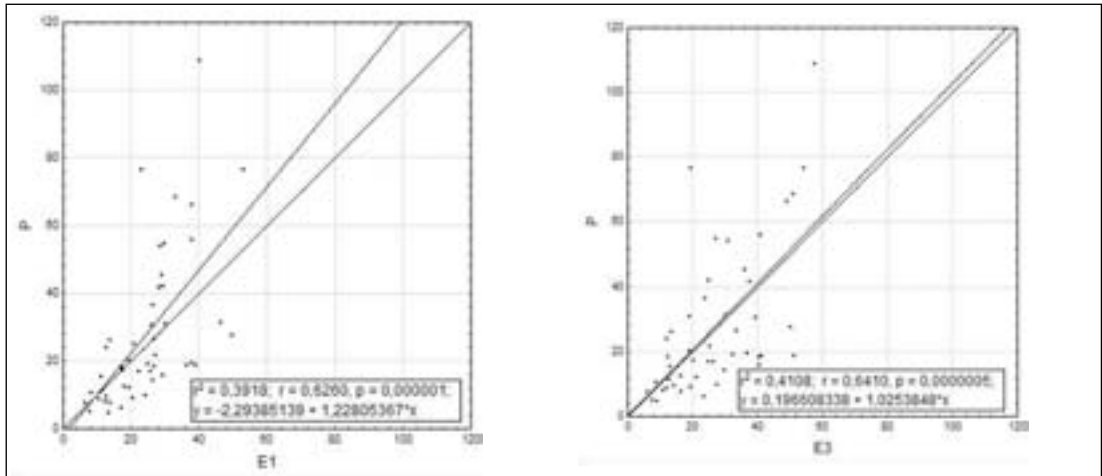
La ecuación con un valor medio de los residuos menor ( $r$ ) es aquella que considera el peso medio y la longitud de copa viva de cada árbol muestreado (Tabla 2). Sin embargo, ésta presenta los valores más altos para la media de los residuos absolutos ( $ar$ ) y la suma del cuadrado de los residuos ( $ssr$ ). La existencia de residuos positivos y negativos de mayor magnitud puede dar lugar a residuos medios de poca entidad pero elevados  $ar$  y  $ssr$ . Por tanto, ambos estadísticos presentan mayor utilidad a la hora de seleccionar la mejor ecuación.

**Tabla 2.** Análisis de los residuos entre la producción de bellota estimada mediante recogida física y por aforos visuales.  $r$ : media de los residuos,  $ar$ : media de los residuos absolutos,  $ssr$ : suma del cuadrado de los residuos

Ecuaciones de predicción	Resumen de estadísticos			Tests estadísticos		
	$r$	$ar$	$ssr$	Shapiro-Wilk test (W)	t-test (t)	Wilcoxon test (z)
E1	-3,14	12,11	15908,13	0,876	1,25	0,803
E2	-1,30	12,22	15311,71	0,893	0,52	0,698
E3	-0,86	12,39	14651,99	0,935	0,35	0,788
E4	-0,25	13,76	18291,59	0,939	0,09	0,591

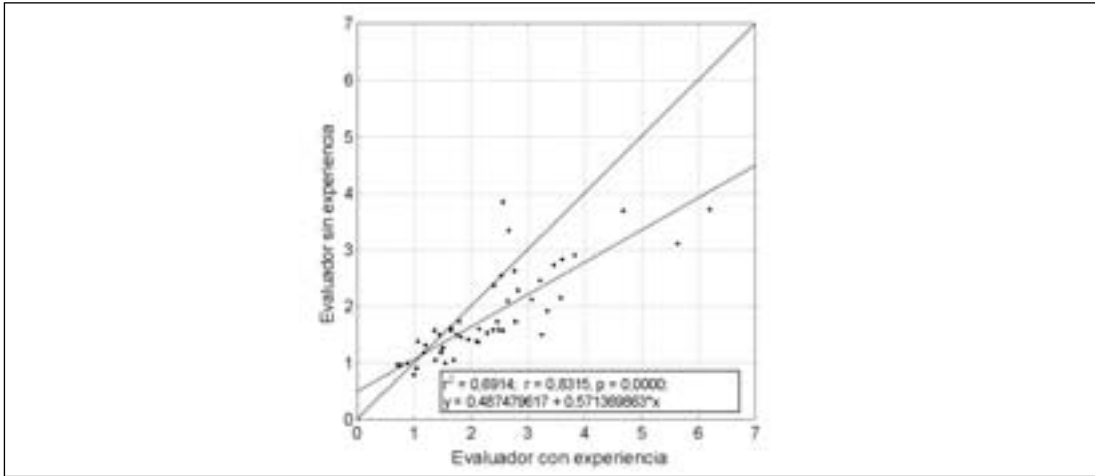
Así, atendiendo a la media de los residuos absolutos, la mejor ecuación sería E1 seguida de E2 y E3; y considerando la suma del cuadrado de los residuos tendría un comportamiento más adecuado E3 seguida de E2 y E1. El valor del coeficiente de Pearson (Figura 1 y Tabla 1), indica que la ecuación E3, que considera el peso medio de la bellota de la finca y la longitud de copa viva de cada árbol muestreado, proporciona menores desviaciones.

**Figura 1:** Regresión lineal entre la producción de bellota estimada mediante recogida física y por las ecuaciones de predicción E1 y E3 a partir del conteo de bellotas en copa



Cuando el árbol tiene una producción baja, la ecuación E3 la sobrevalora, mientras que subestima la producción en aquellos individuos con cosecha elevada. Esto podría deberse a que el conteo de bellotas no esté adecuadamente distribuido a lo largo de la copa del árbol y, en el caso de cosechas bajas, el evaluador tienda a concentrar los conteos en aquellas zonas donde existe fruto, sobreestimando así el número medio de bellotas. Por otro lado, las encinas con bajos niveles de producción no suelen tener una distribución homogénea de la bellota en la copa (Vázquez, 1998), sino que ésta se concentra en determinados ramillos, y esto dificulta las estimaciones que puedan realizarse tanto por de aforo visual, cómo por aquellos que recogen el fruto a partir de contenedores situados bajo la copa, debido a que pueden estar situados en una zona en la que no exista producción (Cañellas, 1994). Por otro lado, la subestimación en árboles con producción elevada puede deberse a la incapacidad del evaluador para contar todas las bellotas contenidas en el marco de muestreo, debido a que algunas de ellas pueden quedar ocultas por las hojas y por otros frutos (Vázquez et al., 2001). Además, aunque la mayor parte de la producción se concentra en la periferia de la copa, también existe fruto en el interior y en las partes altas del arbolado, y éste es difícil de ver (Vázquez, 1998; Vázquez et al., 2001). El test t de comparación de medias realizado entre los conteos de ambos evaluadores muestra que existen diferencias para un nivel de confianza del 95% ( $p=0,000$ ), lo que indica que cada evaluador obtiene un valor medio diferente (tabla 3), por lo que el error debido al evaluador puede ser elevado (Vázquez et al., 2001). A pesar de esto, los conteos realizados por ambos están altamente relacionados y de forma significativa (coeficiente de correlación de Pearson 83,2 significativo  $p<0,01$ ). No obstante, la regresión lineal muestra que de una manera consistente el evaluador con experiencia es capaz de ver más semillas que el otro (Figura 2).

**Figura 2:** Regresión lineal entre conteos de bellotas realizados por el evaluador con experiencia y sin experiencia

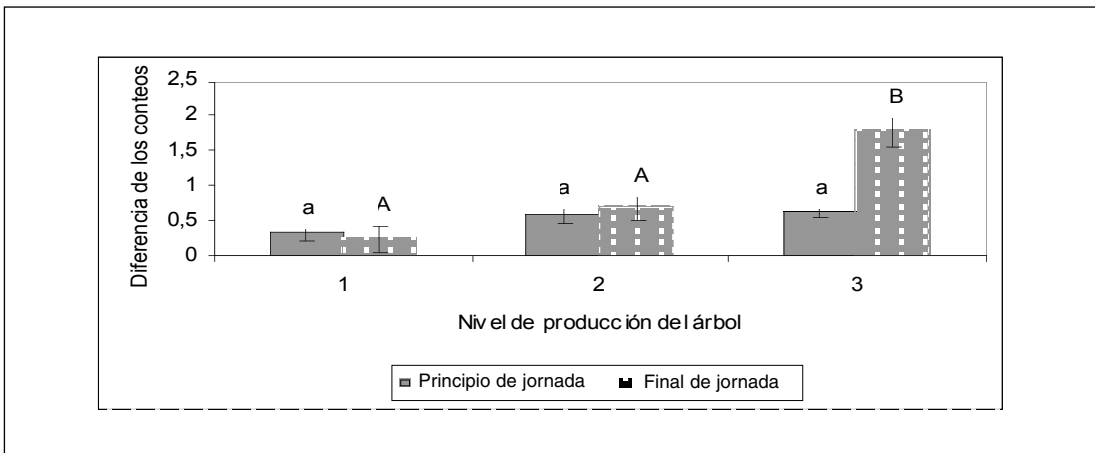


El momento de la jornada en el que se realizan los conteos y el nivel de producción de los árboles influyen en el valor absoluto de las diferencias en los conteos, así como la interacción de ambos factores (Tabla 3 y Figura 3). Así, al comienzo de la jornada de trabajo, las diferencias en los conteos de bellota entre evaluadores son independientes del nivel productivo del árbol aforado y a medida que avanza la jornada, las diferencias observadas son mayores y significativas aunque sólo si se evalúan árboles de cosecha abundante. Por lo tanto el cansancio aumenta la disparidad de los conteos en árboles de producción elevada.

**Tabla 3:** Valores medios de bellotas en un marco de 20 x 20 cm y error estándar de los conteos realizados por dos evaluadores según el momento y el nivel de producción

	principio de la jornada		final de la jornada	baja producción	media producción	alta producción
evaluador con experiencia	2,28 (0,17)	2,36 (0,17)	2,17 (0,34)	1,46 (0,18)	2,34 (0,24)	3,14 (0,31)
evaluador sin experiencia	1,79 (0,12)	1,93 (0,13)	1,57 (0,21)	1,28 (0,12)	1,95 (0,24)	2,21 (0,17)

**Figura 3:** Valor medio de la diferencia en valor absoluto de los conteos de bellotas en un marco de 20 cm x 20 cm realizados por los evaluadores con y sin experiencia según el momento a lo largo de la jornada de trabajo y el nivel de producción del árbol aforado. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).



## CONCLUSIONES

La producción media obtenida mediante distintos métodos y ecuaciones es idéntica, lo que demuestra su utilidad para estimar cosechas de manera rápida y fiable. Los análisis de los conteos entre observadores indican que ambos realizan sus estimaciones a la par, aunque el experimentado se aproxima más a las estimaciones que arroja el método de aforo por recogida física. Esto hace aconsejable un periodo de entrenamiento antes de aforar cosechas habitualmente. El momento de realización del muestreo es un factor que afecta a la disparidad de los conteos, ya que los aforos visuales requieren un alto nivel de concentración que se va perdiendo a lo largo de la jornada. La mayor diferencia entre observadores se detecta en pies con producciones altas aforados a última hora, debido a que confluye el cansancio acumulado y la mayor dificultad de visualización del fruto en pies con estas características.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAÑELLAS, I., 1994. Producción de bellotas en alcornoques. En: *Simposio mediterráneo sobre regeneración del monte alcornocal*, 223-226. Ed. IPROCOR, Badajoz (España).
- CARBONERO, M.D.; FERNÁNDEZ, P.; NAVARRO, R.M., 2002. Evaluación de la producción y del calibre de bellotas de *Quercus ilex* a lo largo de un ciclo de poda. Resultados de la campaña 2000-01. *Actas de la XLII Reunión de la S.E.E.P.*, 633-638, Lleida (España).
- CARBONERO, M. D.; BLÁZQUEZ, A.; FERNÁNDEZ, P., 2004. Producción de fruto y grado de defoliación como indicadores de vigor en *Quercus ilex* y *Quercus suber*. Influencia de diferentes condiciones edáficas en su evolución. En: *Actas de la XLIV Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 715-720, Salamanca (España)
- ESPARRAGO, F.; VÁZQUEZ, F.M.; PÉREZ, M.C., 1992. Métodos de aforo de la montanera de *Quercus Rotundifolia* Lam. En: *II Coloquio sobre el cerdo ibérico*, 55. Badajoz (España).
- HEALY, W.M.; LEWIS, A.M.; BOOSE, E.F., 1999. Variation of red oak acorn production. *For. Ecol. Manage.*, 116, 1-11.
- KOENIG, W.; KNOPS, J.; CARMEN, W.; STANBACK, M.; MUMME R., 1994. Estimating acorn productions using visual surveys. *Can. J. For. Res.*, 24, 2105-2112.
- PERRY, R.W.; THILL, R.E., 1999. Estimating mast production: an evaluation of visual surveys and comparison with seed traps using white oaks. *South. J. Ap. For.*, 20 (3), 164-169.
- SHARP, W.M.; SPRAGUE, V.G., 1967. Flowering and fruiting in white oaks. Pistillate flowering, acorns development, weather, and yields. *Ecology*, 48(2), 243-521
- 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.
- VÁZQUEZ, F.M., 1998. *Semillas de Quercus: biología, ecología y manejo*. Ed. Consejería de Agricultura y Comercio de la Junta de Extremadura, 234 pp. Mérida (España).
- VAZQUEZ, F.M.; RAMOS, S.; DONCEL, E.; CASASOLA, J.A.; BALBUENA, E.; BLANCO, J.; POZO, J., 2001. *Aforo de montaneras. Metodología*. Ed. Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, 19 pp. Mérida (España)

---

## COMPARISON BETWEEN ESTIMATING ACORN PRODUCTION METHODS IN HOLM OAK

### SUMMARY

Acorn production tends to exhibit high annual and spatial variability, so, knowing seed crop will let a better use by livestock. However predictions of acorn crop, demand a survey of a large number of trees, and it's only possible with economical and efficient sampling methods. Methods usually used in "dehezas" count seed number in tree canopy, but they own some problems as subjectivity (depending on worker) and canopy; because of this, they must be calibrated. This study compares production of 50 holm oak trees, using seed traps and visual surveys by two worker, one of them experienced and the other inexperienced. Results show there are not differences between both of them, although experienced worker points better results than inexperienced. Besides, tiredness has influence on sampling, so, highest mistakes are carried out with high producer trees at last time in a working day.

**Key words:** *Quercus*, seed.



## AFORO DE MONTANERAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MODELO DEHESA

C. HERNÁNDEZ DÍAZ-AMBRONA<sup>1\*</sup>, L. OLEA<sup>2</sup>, M.J. POBLACIONES Y J. MARTÍNEZ VALDERRAMA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Sistemas Agrarios/Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria s/n, E-28040 Madrid. Telf: +34 91 549 11 22 Fax: +34 91 544 99 83

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal. Escuela de Ingenierías Agrarias. Universidad de Extremadura, Badajoz. <sup>3</sup> CSIC, Estación Experimental de Zonas Áridas, Almería. \* carlosgregorio.hernandez@upm.es

### RESUMEN

El Real Decreto 1469/2007, de 2 de noviembre, por el que se aprueba la norma de calidad para la carne, el jamón, la paleta y la caña de lomo ibéricos, establece limitaciones a la carga ganadera de cerdo ibérico en las dehesas y obliga a las comunidades autónomas a realizar un programa de evaluación de cada montanera al inicio de cada campaña, que deberá basarse en criterios agronómicos, medioambientales y orográficos, identificando esas parcelas a través del SIGPAC. El Modelo Dehesa es un software para el cálculo diario de la biomasa de pasto y encinar, incluyendo las bellotas que se basa en las características del arbolado, el tipo de suelo y las condiciones meteorológicas del área modelada. El objetivo de este trabajo es comprobar la validez del modelo en la simulación en tiempo real del potencial productivo de monteras. El modelo ha sido validado con datos estimados de campo obtenidos en dehesas del sur de Extremadura. Se toma como estimador de montaneras el acumulado de la producción simulada de bellota a mediados de septiembre de cada año.

**Palabras Clave:** agroforestal, bellota, cerdo ibérico, pastoreo, *Quercus ilex*.

### INTRODUCCIÓN

Garantizar la calidad del cerdo ibérico alimentado con bellotas es un compromiso que obliga a productores, industriales y a la propia administración. Con tal motivo se aplican distintos métodos de control de calidad (Daza et al., 2005). El último de ellos es el recogido en el Real Decreto 1469/2007, de 2 de noviembre, por el que se aprueba la norma de calidad para la carne, el jamón, la paleta y la caña de lomo ibéricos. Este Real Decreto recoge en la exposición de motivos la necesidad de “preservar los recursos de la dehesa arbolada íntimamente ligada a la producción de cerdos «Ibéricos», regulando su aprovechamiento para adecuarlo a la nueva realidad de esta producción, con un modelo de desarrollo del sector que no ponga en peligro el delicado equilibrio entre la producción porcina y un ecosistema (dehesa) particularmente frágil”. Normas anteriores como la Ley 1/1986 de la Dehesa de Extremadura con una formulación más productiva que conservadora, apenas han tenido un efecto en la protección efectiva del arbolado de las dehesas (Hernández Díaz-Ambrona, 1990).

Aun siendo importantes los métodos analíticos para determinar la calidad de la carne del cerdo ibérico en relación a su engorde final con bellotas, éstos no son suficientes para la protección del ecosistemas de dehesas. Es necesario, por tanto ligar la calidad a la capacidad productiva del medio, y el aforo de montaneras, establecido de forma rutinaria en las explotaciones de cerdo ibérico con bellotas, es una buena alternativa. Sin embargo, los aforos de montanera no son nuevos. En los últimos años los métodos de aforo, todos manuales con medidas directas en campo, se han ido simplificando sin pérdida de precisión (Vázquez *et al.*, 2002). Pero, estos métodos llevan implícitos unos costes fijos que en algunos casos no pueden ser asumidos por pequeños productores. Se ha intentado también, aun con poco éxito, aplicar métodos estadísticos simples que comparan la producción de bellota con algún factor ambiental. Por otra parte, la información disponible sobre el ecosistema de dehesas y la capacidad de procesarla ha aumentado considerablemente. Así, por ejemplo, el tercer inventario forestal nacional (Villanueva Aranguren, 2007) ha establecido más clases en la caracterización de las dehesas; se está elaborando un inventario nacional de suelo, la disponibilidad de información meteorológica es en tiempo real y existen imágenes de satélites sobre el estado y densidad de los encinares. Son todas ellas referencias de gran valor de cara a formular un método analítico para el aforo de montaneras. El Modelo Dehesa simula la producción de bellota a partir de factores del medio como la radiación solar, la disponibilidad de agua, las características del encinar y la competencia por los recursos frente al pasto herbáceo (Hernández Díaz-Ambrona *et al.*, 2007). El objetivo de este trabajo es comprobar la validez del Modelo Dehesa para la estimación de la montanera en el mes de septiembre antes de la entrada de los cerdos en montanera.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Descripción del modelo

El Modelo Dehesa versión 1.0 (Hernández Díaz-Ambrona *et al.*, 2007) está formado por tres submodelos: agua del suelo; encinar; y pasto herbáceo. Los datos de partida necesarios son: para el suelo el espesor, la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente de tres horizontes; para la caracterización del encinar hay que introducir la densidad y tamaño medio de los árboles (altura del tronco hasta la cruz, diámetro del tronco y diámetro de la copa), ya que el modelo considera una distribución homogénea del árbol medio; y finalmente los datos meteorológicos diarios (temperaturas máxima y mínima, radiación solar y precipitación).

### Simulación de la producción de bellota

Se ha simulado la producción de bellota en siete comarcas de la provincia de Badajoz, entre los años 1999 y 2005. Asignando a cada zona (Tabla 1) una estación meteorológica, de la Red de Asesoramiento al Regante de Extremadura, y el suelo representativo de las dehesas según el catálogo de suelos de Extremadura (García Navarro, 2005). Se ha supuesto en todos los casos que el arbolado esta formado por encinas maduras con una densidad de 40 pies por hectárea, una altura del tronco de 1,9 metros hasta la cruz, un diámetro del tronco de 0,34 metros y un diámetro de la copa de 12 metros.



**Tabla 1.** Asignación de estación meteorológica y perfil de suelo a cada una de las Comarcas de Badajoz (España) seleccionadas para la simulación de la producción de bellota

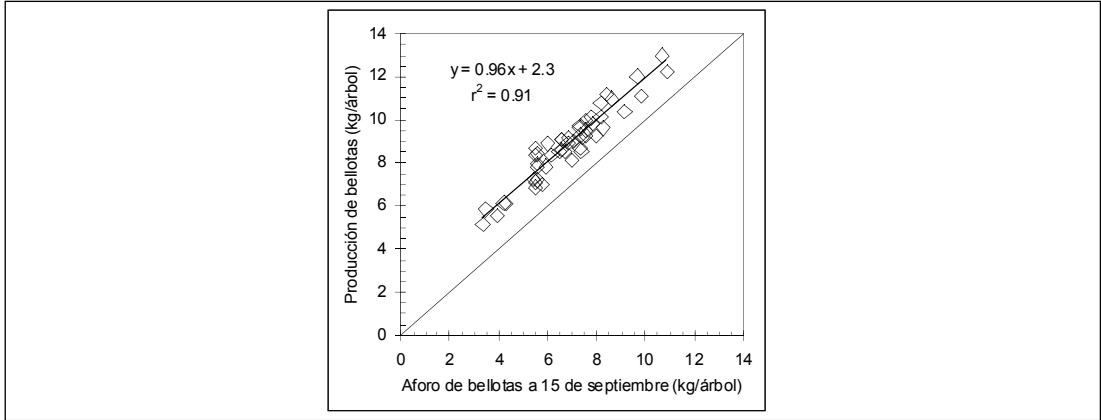
Comarca	Estación meteorológica (REDAREX , 2007)	Suelo (García Navarro, 2005)	
		Clase	Código
Almendralejo-Zafra	Villafranca de los Barros	Vertisol	501
Castuera	Monterrubio	Vertisol	471
Don Benito	Don Benito	Entisol	469
Jerez-Oliva	Jerez de los Caballeros	Ultisol	217
Mérida	Mérida	Alfisol	237
Olivenza	Olivenza	Entisol	375
Puebla de Alcocer	Madrigalejo	Inceptisol	353

De la aplicación del modelo a cada comarca se han tomado dos resultados (en kilogramos de bellota por árbol): (i) la producción acumulada de bellota al día quince de septiembre, que llamamos aforo de bellotas a 15 de septiembre, este valor resulta del crecimiento de la bellota acumulado desde el inicio de la floración hasta ese día, durante ese periodo el modelo aplica un coeficiente de reparto de la producción diaria de biomasa del encinar del 11,1% para bellotas; (ii) la producción final de bellotas. Para esas mismas comarcas y años, se han tomado como datos estimados en campo los recogidos en los aforos de montaneras (Vázquez *et al.*, 1999; 2000; 2002; García *et al.*, 2003; 2005).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La comparación entre la producción acumulada de bellota simulada a 15 de septiembre con la cantidad simulada total en montanera (Figura 1) muestra una alta y significativa correlación lineal ( $r^2 = 0,91$ ) con término independiente de 2,3 (kg bellota árbol<sup>-1</sup>). Esto quiere decir que la simulación de la producción de bellota al 15 de septiembre es un buen estimador de la producción simulada total o montanera. Sin embargo, la comparación entre la producción simulada de bellota acumulada a 15 de septiembre con la cantidad de bellota estimada en campo para las montaneras reduce la capacidad predictiva del modelo (Figura 2), obteniéndose un bajo coeficiente de correlación lineal ( $r^2 = 0,21$ ). El Modelo Dehesa (Hernández Díaz-Ambrona *et al.*, 2007) mostraba una buena capacidad de predicción de los valores medios de producción de bellota estimada en campo pero no cubre todo el rango de variación de la producción estimada en campo (con coeficientes de correlación entre la producción observada y simulada entorno a 0,6). Los valores de aforo de montanera realizados en campo muestran una gran variabilidad, por ejemplo la producción media en la provincia de Badajoz en la campaña 2004-2005 fue de 13,06 kg árbol<sup>-1</sup> con una desviación  $\pm 6.32$ ; pero igualmente estos datos de producción son estimaciones de campo que se realizan entre el 15 de julio y el 15 de agosto (García *et al.*, 2005). Los bajos coeficientes de correlación entre la producción simulada y la estimada en campo, están relacionados con la dificultad que tiene el modelo en reproducir tan altísima variabilidad, asincronía y vecería de las producciones de los *Quercus*. La actual versión del Modelo Dehesa no incorpora aspectos que pueden ser claves para determinar la capacidad productiva de la encina. Tales como la producción de flores, la época de floración, y por tanto el efecto que temperaturas extremas pueden tener sobre la pérdida de flores o posteriormente el aborto de frutos, como se identifica al inicio del verano, la incidencia de heladas o los ataques de plagas y enfermedades (Gea-Izquierdo *et al.*, 2006; Rodríguez-Estévez *et al.*, 2007).

**Figura 1.** Comparación entre la simulación del aforo de bellotas a 15 de septiembre y la simulación de producción final de bellotas en montanera entre 1999 y 2005 en la provincia de Badajoz para una dehesa tipo de 40 pies por hectárea

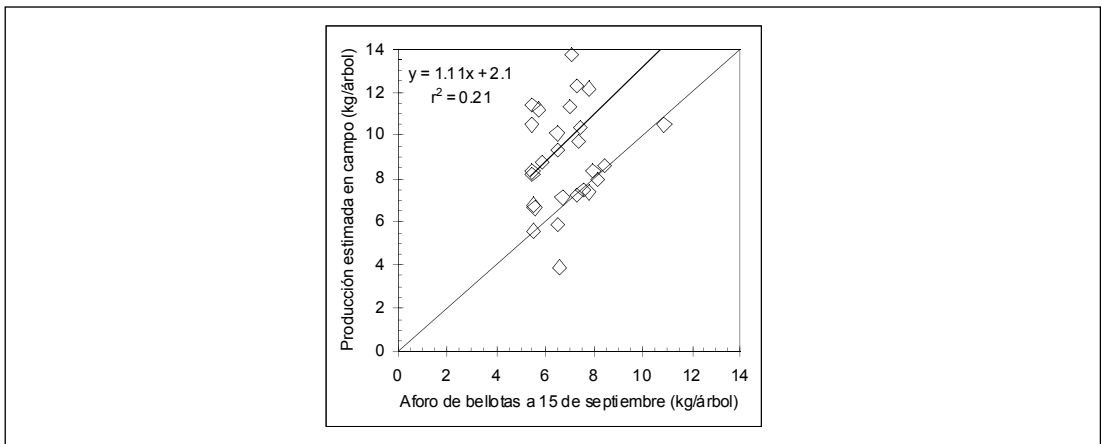


## CONCLUSIONES

El valor simulado de la producción acumulada de bellota a 15 de septiembre está fuertemente correlacionado con la producción final simulada de bellota en montanera por el Modelo Dehesa mostrando una alta capacidad estimativa del modelo para la simulación de la montanera. Sin embargo, la comparación de los valores de simulación de la producción de bellota acumulada a 15 de septiembre con los valores estimados por observaciones de campo mantuvo la capacidad de predicción del Modelo en una relación lineal pero con muy bajo coeficiente de correlación lineal ( $r^2 = 0,21$ ) mostrando una mayor dispersión los datos de campo que los simulados.

Consideramos que el Modelo Dehesa versión 1 debe mejorarse para estimar con mayor precisión la variabilidad de la producción observada en campo. La estimación de la producción de bellota a partir de la producción de flores y del crecimiento de la bellota se propone como nueva línea para mejorar el modelo, teniendo en cuenta también otros factores como la importancia de la genética en la capacidad productiva del individuo, la adaptación local de los individuos que reduce la influencia de las precipitaciones y el suelo en la producción de bellota, la incidencia de heladas o golpes de calor, y plagas y enfermedades.

**Figura 2.** Comparación entre la simulación del aforo de bellotas a 15 de septiembre y la producción estimada en campo de producción final de bellotas en montanera (Vázquez et al. 1999; 2000; 2002 y García et al., 2003 y 2004) entre 1999 y 2004 en la provincia de Badajoz para una dehesa tipo de 40 pies por hectárea



## AGRADECIMIENTOS

Trabajo realizado dentro del proyecto de investigación AGL2005-03665, titulado "Modelo Teórico Agro-Forestal para la Simulación de Sistemas Adehesados" financiado por el MEC.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DAZA A.; REY A.I.; RUIZ J.; LÓPEZ-BOTE C.J. 2005. Effects of feeding in free-range conditions or in confinement with different dietary MUFA/PUFA ratios and  $\alpha$ -tocopheryl acetate, on antioxidants accumulation and oxidative stability in Iberian pigs. *Meat Science* 69, 151-163.
- GARCÍA NAVARRO, A., 2005. *Catálogo de suelos de Extremadura*. Disponible en <http://www.unex.es/edafo/> verificado el 30/03/2007.
- GARCÍA, D.; RAMOS, S.; BARRANTES, J.J.; BLANCO, J.; DONCEL, E.; LUCAS, A.B.; VÁZQUEZ, F.M., 2003. Estimación de la producción de bellotas de los encinares extremeños en la campaña 2003-2004. *Solo Cerdo Ibérico*, 9, 55-62.
- GARCÍA, D.; RAMOS, S.; VÁZQUEZ, F.M.; BLANCO, J.; LUCAS, A.B.; BARRANTES, J.J., MARTINEZ, M., 2005. Estimación de la producción de bellotas de los encinares extremeños en la campaña 2004-2005. *Solo Cerdo Ibérico*, 12, 85-93.
- GEA-IZQUIERDO G.; CAÑELLAS, I.; MONTERO G., 2006. Acorn production in Spanish holm oak woodlands. *Invest Agrar: Sist Recur For* 15(3), 339-354.
- HERNÁNDEZ DÍAZ-AMBRONA, M.D. 1990. Notas sobre la Ley de la dehesa en Extremadura. *Revista jurídica de Castilla - La Mancha*, 10, 117-132.
- HERNÁNDEZ DÍAZ-AMBRONA, C.G.H.; ALMOGUERA, J., MARTÍNEZ-VALDERRAMA, J. 2007. Modelo Dehesa: Simulación de la producción herbácea y de bellota. En: *Los sistemas forrajeros: Entre la producción y el paisaje*. Pinto, M (ed). XLVI Reunión Científica de la SEEP. Vitoria 4-8 junio 2007, 508-514.
- LEY 1/1986 *De la Dehesa de Extremadura* de 2/5/86, DOE 40 de 15/05/1986 y BOE 174 de 22/07/1986.
- REAL DECRETO 1469/2007, de 2 de noviembre, *por el que se aprueba la norma de calidad para la carne, el jamón, la paleta y la caña de lomo ibéricos*. BOE 264 de 3/11/2007.
- REDAREX, 2007. *Red de Asesoramiento al Regante de Extremadura*. Disponible en <http://agra.lia.juntaex.es/REDAREX> verificado 30/03/2007.
- RODRÍGUEZ-ESTÉVEZ, V.; GARCÍA, A.; PEREA, J.; MATA, J.; GÓMEZ, A.G. 2007. Producción de bellota en la dehesa: factores influyentes. *Archivos de Zootecnia* 56 (R): 25-43
- VÁZQUEZ, F.M.; DONCEL, E.; MARTÍN, D.; RAMOS, S., 1999. Estimación de la producción de bellotas de los encinares de la provincia de Badajoz en 1999. *Solo Cerdo Ibérico*, 3, 67-75.
- VÁZQUEZ, F.M.; CASASOLA, J.A.; RAMOS, S.; POZO, J.; BALBUENA, E.; BLANCO, J.; DONCEL, E., 2000. Estimación de la producción de bellotas de los encinares de la provincia de Badajoz en la campaña 2000-2001. *Solo Cerdo Ibérico*, 5, 63-68.
- VÁZQUEZ, F.M.; DONCEL, E.; POZO, J.; RAMOS, S.; LUCAS, A.B.; MEDO, T., 2002. Estimación de la producción de bellotas de los encinares de la provincia de Badajoz en la campaña 2002-2003. *Solo Cerdo Ibérico*, 7, 95-101.
- VILLANUEVA ARANGUREN, J.A. (ed.) 2007. *Tercer Inventario Forestal Nacional: 1997-2007, Extremadura*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, España.

## DEHESA MODEL APPLICATION TO ACORN PRODUCTION

### SUMMARY

The Spanish law Real Decreto 1469/2007 about the regulations of quality of Iberian pig meat, establishes limitations to the carrying capacity of Iberian pig in the dehesa (open oak parkland) and forces to the regional governments to make a programs of evaluation of acorn production at the beginning of each campaign, that will have to be based on agronomical, environmental, and topographical criteria, identifying each paddocks through SIGPAC. The Model Dehesa is a software for the daily calculation of pasture and evergreen oak biomass, which is based on the characteristics of the forest, the type of soil and the meteorological factors of the modelled area. The objective of this paper is to verify the validity of the model for real time acorn production calculation. The model results have been compared with estimated field data in Dehesas of the south of Extremadura. The accumulated production of acorn at middle of September is taken like estimator of acorn final production.

**Key words:** agroforestry, acorn, Iberian pig, grazing, *Quercus ilex*.

## TERATOGENESIS EN VACUNO EN LOS PASTOS DE PUERTO DE ÁLIVA (PICOS DE EUROPA). ANÁLISIS DE ENCUESTAS A LOS GANADEROS

J. BUSQUÉ<sup>1</sup>, G. GONZÁLEZ<sup>2</sup>, L. AGOTE<sup>2</sup>, S. BENOIT<sup>2</sup>, J.M. GUTIÉRREZ<sup>3</sup>;  
M.J. MORA<sup>1</sup> Y J. BEDIA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigación y Formación Agrarias. C/Héroes 2 de Mayo, 27. 39600, Cantabria <sup>2</sup> Centro Sotama. Parque Nacional de los Picos de Europa. <sup>3</sup> Departamento de Matemática Aplicada y C.C. Universidad de Cantabria

### RESUMEN

La incidencia de partos de terneros con malformaciones es un problema histórico en vacas en el inicio de gestación durante su pastoreo estival en el puerto de Áliva (Cantabria). La naturaleza de las malformaciones -cegueras, ataxia - tiene importantes repercusiones económicas en las ganaderías afectadas.

Con el objetivo de obtener una primera estimación del grado de incidencia y de la naturaleza del problema -tipo de vacas afectadas, distribución espacial, relación con el estado del pasto, etc.- se realizaron 51 entrevistas a casi la totalidad de los ganaderos de vacuno usuarios de este puerto.

Un 69% de los ganaderos entrevistados ha tenido el problema en alguno de los últimos cinco años. En 2007 se contabilizaron 43 vacas afectadas, representando un 3% del total de vacas que suben a Áliva, y un 16% de las vacas consideradas de riesgo. El grado de incidencia fue heterogéneo según la zona de pastoreo dentro del puerto. La estimación por el ganadero del estado de pasto de su zona y la procedencia de la vaca (criada o no en Áliva) fueron las dos variables que discriminaron mejor la incidencia del problema. El análisis estadístico con redes probabilísticas ayudó a interpretar las relaciones entre las variables estudiadas.

**Palabras clave:** intoxicación, pastoreo, red probabilística

### INTRODUCCIÓN

El puerto de Áliva es un valle de montaña de origen glaciar que separa los macizos oriental y central de los Picos de Europa. Administrativamente es un puerto de aprovechamiento comunal, propiedad de los pueblos del municipio de Camaleño (Cantabria), estando también dentro del perímetro del Parque Nacional de los Picos de Europa. El área de interés pastoral ocupa una superficie de 1.200 hectáreas, en su mayor parte compuesto por vegetación herbácea (alianzas *Nardion*, *Mesobromion*, *Cynosurion* y *Armerion*), y también con buena representación de aulagares dominados por *Genista legionensis* (Pau) Lainz.

La utilización del puerto es fundamentalmente ganadera de animales de explotaciones del municipio de Camaleño. Predomina el vacuno de orientación cárnica, pero también existen censos altos de equino y ovino, y varios rebaños de caprino. La gestión ganadera del puerto es muy escasa,

aunque la aplicación de nuevas ordenanzas en 2004 ha permitido fijar la fecha de comienzo del pastoreo a inicios de junio.

La incidencia de teratogénesis en vacas recién gestantes durante su pastoreo en Áliva al inicio del verano, es un fenómeno local histórico que parece haberse agravado en las últimas décadas. Las malformaciones de los terneros recién nacidos varían en su naturaleza (patas posteriores mal desarrolladas, ataxia, ceguerras) y severidad, suponiendo importantes pérdidas económicas en las explotaciones ganaderas afectadas. En mayo de 2007 se puso en marcha un protocolo de investigación sobre el tema, consistiendo, inicialmente, en entrevistar a los ganaderos del municipio de Camaleño que subieran vacas al puerto de Áliva. El objetivo de este trabajo fue estudiar la posible existencia de relaciones entre la incidencia de la teratogénesis y aspectos relacionados con las vacas, las cabañas a las que pertenecen y el estado del puerto.

## MATERIAL Y MÉTODOS

En mayo de 2007 se realizaron 51 entrevistas a ganaderos individuales del municipio de Camaleño que subieron vacas al puerto de Áliva el verano anterior. Las encuestas recogieron información de 54 cabañas bovinas sobre un total de 64 que aprovecharon el puerto el año anterior, y contemplaron un 88,5% del total de animales adultos presentes en el puerto en 2006 (1.465 vacas y 20 toros).

Las preguntas realizadas en la encuesta permitieron analizar los siguientes aspectos:

- 1. Magnitud del problema.** Cuantificación de las vacas afectadas en los últimos años.
- 2. Distribución espacio-temporal del pastoreo de los rebaños.** Se utilizó una ortofoto del puerto para que los ganaderos delimitaran los alcances de sus cabañas a lo largo de la estación de pastoreo. Con esta información y la división del puerto en 27 unidades pastorales, se computó el porcentaje de vacas afectadas en 2006 sobre el porcentaje de vacas de riesgo (aquellas en estado inicial de gestación) por unidad pastoral y mes.
- 3. Características de los rebaños.** Se compararon rebaños con y sin incidencia de vacas afectadas en el último año para las siguientes variables (cuantitativas (ct), cualitativas ordinales (co) y cualitativas nominales (cn)): localización de la explotación en el valle (cn: *Concejos altos/bajos*); tamaño de los rebaños en pastoreo (ct); subiendo toro a Áliva (cn); Parda de montaña como raza pura predominante (cn); estado corporal de las vacas a la entrada y a la salida del puerto (co: *escala de 1 (muy malo) a 5 (muy bueno)*); días de permanencia en puerto (ct); patrón topográfico de pastoreo (co: *valores de 1 (sólo en vaguadas) a 5 (sólo en laderas)*); cambio de zona de pastoreo en los últimos años (cn); frecuencia de visitas al ganado (ct); suministro de sal (cn); vacunaciones (cn); carga ganadera estimada en su zona (co: *de 1 (muy baja) a 5 (muy alta)*); estado del pasto en su zona (co: *de 1 (muy malo) a 5 (muy bueno)*).
- 4. Características de vacas individuales.** Se compararon vacas individuales de riesgo en 2006, según si posteriormente resultaron afectadas o no por la teratogénesis, para las siguientes variables a nivel de individuo: raza (cn: *mestizas, pardas y otras*); edad (ct); años en Áliva (ct); método de cubrición (cn: *monta natural o inseminación artificial*); lugar de cubrición (cn: *Áliva, cuadra o en otros pastos*); estado fisiológico de la vaca en la cubrición (cn: *novilla, seca o en lactación*); origen (cn: *nacida o no dentro del rebaño*); criada en Áliva (cn); incidencias de partos previos problemáticos (cn); sexo de la cría (cn); actividad del animal en el puerto (co: *desde 1 (muy remolona), hasta 5 (muy escaladora)*).

Las variables de los aspectos 3 y 4 se analizaron según su naturaleza: las del tipo ct y co por pruebas *T* de Student y *U* de Mann-Whitney, y las del tipo cn mediante pruebas basadas en el estadístico Chi-cuadrado.

Por último, y con el objetivo de estudiar el comportamiento conjunto de las variables explicativas sobre la incidencia de la teratogénesis a nivel de individuo, se emplearon técnicas multivariantes basadas en la creación de redes probabilísticas (Gutiérrez *et al.*, 2004). Para ello se discretizaron las variables originales y se incorporaron secuencialmente aquéllas con capacidad de predecir la incidencia o no de la teratogénesis en términos probabilísticos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Magnitud del problema

De los 51 encuestados, un 43% tuvieron en el invierno de 2007 alguna vaca con parto de ternero anormal. Adicionalmente, 13 encuestados más no tuvieron el problema en 2007, pero sí en alguno o varios de los últimos cinco años. En síntesis, un 69% de los ganaderos encuestados han tenido problemas de partos de terneros anómalos en los últimos cinco años.

En 2007, según las encuestas, se contabilizaron 43 vacas que parieron terneros anormales, de un total de 1465 vacas que subieron a Áлива (2,94%). Obviando las encuestas con datos poco fiables sobre el número de vacas de riesgo y no afectadas (11 encuestas), se ha estimado que el porcentaje de vacas afectadas sobre vacas de riesgo fue de un 16%. Las vacas de riesgo supusieron un 21% de las vacas totales.

Estos datos muestran que la incidencia del problema es alta y afecta a un número elevado de ganaderías. En este tipo de sistema ganadero trastermitante de montaña, las cubriciones de primavera son tradicionalmente las más habituales, en buena parte debido a su mayor eficiencia en la utilización de los recursos forrajeros propios (Mandaluniz y Oregui, 2004). Los datos obtenidos en las encuestas parecen sugerir que muchos ganaderos han modificando este calendario reproductivo tradicional como forma de evitar el riesgo de teratogénesis, lo cual podría repercutir en otros aspectos de sus sistemas productivos.

### Distribución espacio-temporal de las vacas afectadas

Los mapas de la figura 1 representan la variabilidad espacial (según las unidades pastorales definidas) y temporal (por cada uno de los dos meses considerados de mayor riesgo) del porcentaje de vacas afectadas sobre las vacas de riesgo en 2006. Es destacable la presencia de una zona, franja nororiental de las figuras 1 (faldas de la sierra del pico Cortés), con incidencias muy bajas en junio y julio. Es necesario realizar un estudio que relacione estas diferencias espaciales con aspectos físicos y biológicos del puerto, tales como la existencia de afloramientos minerales o plantas con potenciales efectos teratogénicos.

**Figura 1.** Distribución espacial y temporal del porcentaje de vacas con teratogénesis sobre vacas de riesgo en el puerto de Áлива en 2006, según los datos de distribución de los rebaños aportados por los ganaderos



### Análisis comparativo entre rebaños con o sin vacas afectadas

De las 40 encuestas fiables en cuanto al número de vacas de riesgo, se compararon 19 rebaños con vacas afectadas frente a 17 rebaños sin ellas. Cuatro rebaños adicionales no tuvieron ninguna vaca en estado de riesgo. De las 17 variables analizadas a este nivel, la única que ofreció valores significativamente diferentes en los dos tipos de rebaños fue la referente a la apreciación del estado del pasto en su zona de pastoreo al inicio del pastoreo (junio), con valores ligeramente superiores en los ganaderos sin vacas afectadas (4,3 sobre 5), que en los que sí tuvieron animales afectados (3,7 sobre 5) (prueba *T* de Student con  $p=0,002$ ).

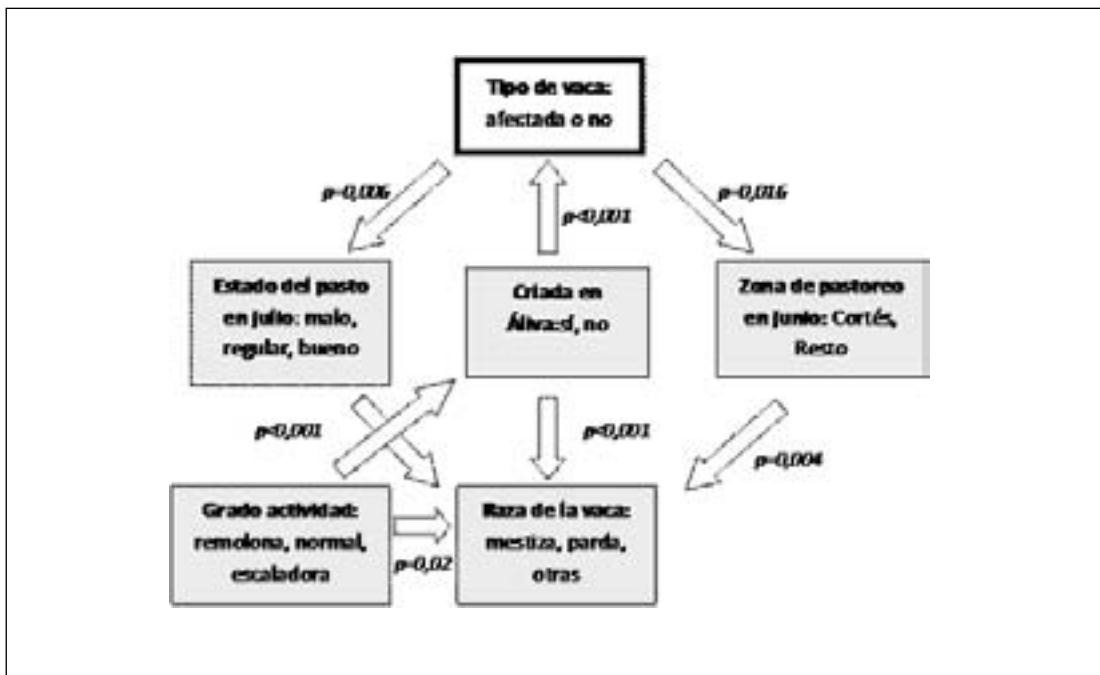
### Análisis comparativo univariante entre vacas de riesgo afectadas y no afectadas

Se compararon las observaciones recogidas de vacas afectadas (76) y de vacas de riesgo no afectadas (109). De las 11 variables analizadas, la única que fue significativamente diferente (prueba  $\chi^2$ ;  $p<0,001$ ) entre las dos poblaciones fue la crianza en Áliva, con un porcentaje de vacas no criadas afectadas superior (61%) al de vacas criadas afectadas (21%).

### Análisis probabilístico multivariante de la incidencia individual de teratogénesis

La figura 2 y la tabla 1 representan las relaciones y los efectos de las variables explicativas del modelo sobre la incidencia de la teratogénesis. Tres variables estuvieron relacionadas directamente con la incidencia de teratogénesis: la crianza en Áliva, la zona de pastoreo (faldas del Pico Cortés vs. resto del puerto) y el estado percibido del pasto en julio. Las probabilidades altas de teratogénesis (>60%) se produjeron casi exclusivamente en vacas no criadas en Áliva y que pastorearon fuera de la zona de Cortés. El pastoreo en zonas con buen pasto en julio, época en la que en la mayoría de años hay baja disponibilidad forrajera en casi todo el puerto, también estuvo relacionado con la incidencia de teratogénesis, incluso para las vacas criadas en Áliva.

**Figura 2.** Representación del modelo de red probabilística de variables relacionadas con la incidencia de teratogénesis en vacas pastoreando en Áliva





**Tabla 1.** Probabilidades de las relaciones entre las variables directamente relacionadas y la incidencia de teratogénesis en vacuno de Áliva provenientes del modelo probabilístico representado en la figura 1. Valores sombreados corresponden a porcentajes de la población menores del 5%, con lo que los valores de sus probabilidades asociadas no se consideran fiables, aunque sí interesantes para interpretar tendencias

Variables independientes		Probabilidad a posteriori incidencia de teratogénesis	
		Sí (28%)	No (72%)
Efecto de las variables aisladamente (entre ( ): % de la población en cada categoría)			
Criada en Áliva	No (16%)	63%	37%
	Sí (84%)	22%	78%
Zona de pastoreo en junio	Resto (82%)	32%	68%
	Cortés (18%)	11%	89%
Estado del pasto en julio	Malo (74%)	23%	77%
	Regular (21%)	36%	64%
	Bueno (5%)	73%	27%
Efecto de dos variables conjuntamente (entre ( ): % de la población en cada categoría)			
Zona Cortés	No Criada (2%)	34%	66%
	Sí Criada (16%)	8%	92%
Zona Resto	No Criada (14%)	67%	33%
	Sí Criada (68%)	25%	75%
Zona Cortés	Pasto en mal estado (14%)	8%	92%
	Pasto regular (3%)	15%	85%
	Pasto en buen estado (1%)	45%	55%
Zona Resto	Pasto en mal estado (60%)	26%	74%
	Pasto regular (17%)	41%	59%
	Pasto en buen estado (5%)	77%	23%
No Criada	Pasto en mal estado (11%)	56%	44%
	Pasto regular (4%)	71%	29%
	Pasto en buen estado (1%)	92%	8%
Sí Criada	Pasto en mal estado (63%)	17%	83%
	Pasto regular (17%)	28%	72%
	Pasto en buen estado (4%)	88%	12%

Variables independientes			Probabilidad a posteriori incidencia de teratogénesis	
			Sí (28%)	No (72%)
Efecto de las tres variables conjuntamente (entre ( ): % de la población en cada categoría)				
No Criada	Resto	P. malo (9%)	60%	40%
		P. regular (3%)	75%	25%
		P. bueno (1%)	93%	7%
	Cortés	P. malo (1%)	28%	72%
		P. regular (0,4%)	42%	58%
		P. bueno (0,1%)	78%	22%
Sí Criada	Resto	P. malo (50%)	20%	80%
		P. regul (14%)	32%	68%
		P. bueno (3%)	70%	30%
	Cortés	P. malo (13%)	6%	94%
		P. regular (3%)	11%	89%
		P. bueno (0,5%)	37%	63%

Las relaciones encontradas podrían encajar con la hipótesis de que la teratogénesis se origina por la ingestión de una planta o partes de una planta que no generan aversión en el vacuno, y que contiene una concentración alta en ciertos alcaloides con capacidad teratogénica, tal como se ha visto en sistemas pastorales y vacas en estados de gestación similares (Panter *et al.*, 1992). Las fuertes relaciones encontradas con la crianza o no de las vacas en el puerto y con el estado del pasto en julio, podrían explicarse por su influencia en el tipo de dieta general ingerida por las vacas en pastoreo (Provenza, 2007). Así, las vacas criadas en el puerto, con más conocimientos heredados del entorno, tendrían una dieta más variada y con más elementos capaces de detoxificar el posible agente tóxico. Por otra parte, la existencia de mejor pasto en julio señala las zonas con menor presión ganadera del puerto, y por tanto con más posibilidad de selección forrajera para el ganado que las utiliza. En esta situación, es esperable que los animales rechacen las plantas de menor valor nutritivo, resultando en dietas menos diversas y con menor capacidad detoxificante. Por último, quedaría comprobar si en la zona “Cortés” existe menor presencia de las especies vegetales consideradas sospechosas de contener el agente teratogénico.

## CONCLUSIONES

A través del análisis de encuestas a los ganaderos, se han detectado efectos característicos de los animales (lugar de crianza) y del puerto de Áliva (estado del pasto y zonas del puerto) que apoyan una hipótesis sobre el origen de la teratogénesis asociado al sistema pastoral actual. Es necesario realizar estudios sobre el puerto y el comportamiento de las vacas en pastoreo para verificar esta hipótesis.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GUTIÉRREZ, J.M.; CANO, R.; COFIÑO, A.S.; SORDO, C.M., 2004. *Redes probabilísticas y neuronales en las ciencias atmosféricas*. Ministerio de Medio ambiente. 279 p.
- MANDALUNIZ, N.; OREGUI, L.M., 2004. Respuesta del ganado vacuno de carne a la utilización de los pastos de altura del Parque Natural de Gorbeia. *Pastos*, 34(1), 61-77.
- PANTER, K.E.; KEELER, R.F.; JAMES, L.F.; BUNCH, T.D., 1992. Impact of plant toxins on fetal and neonatal development: a review. *Journal of Range Management*, 45, 52-57.
- PROVENZA, F.D., 2007. Social organization, culture and use of landscapes by livestock. En: *Advanced nutrition and feeding strategies to improve sheep and goat production. Options Méditerranéennes* 74, 307-315.

## CATTLE TERATOGENY ASSOCIATED WITH SUMMER GRAZING IN ÁLIVA (PICOS DE EUROPA): ANALYSIS OF INTERVIEWS TO FARMERS

### SUMMARY

The occurrence of congenital deformities in calves is a historical problem in early-pregnant cows grazing in the mountain rangeland of Áliva (Cantabria) during summer. The nature of the deformities –blindness, ataxia- produces important economic losses in the livestock enterprises affected.

Almost all farmers using the summer rangeland of Áliva were interviewed in order to obtain a preliminary estimation of the degree of affection and of the nature of the teratogeny: type of cow affected, spatial distribution, relation to pasture, etc.

69% of interviewed farmers suffered the problem in the last five years. In 2007, 43 cows were affected, which accounted for 3% of the cows grazing in Áliva and 16% of the cows within the reproductive group of risk. The incidence was spatially heterogeneous. The variables that best discriminated the occurrence of teratogeny were the rearing location of the cows (in Áliva or not), and the state of the pasture as felt by the farmer. The use of probabilistic networks helped in the multivariate interpretation of the data.

**Key words:** intoxication, grazinf, probabilistic network.



## LA PRODUCTIVIDAD DEL TRABAJO COMO INDICADOR PARCIAL DE SOSTENIBILIDAD DE EXPLOTACIONES OVINAS EN SISTEMAS AGRO-SILVO-PASTORALES

E. MANRIQUE, A.M. OLAIZOLA, F. AMEEN Y B.A. ZAMUDIO

**Departamento de Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Miguel Servet, 177. 50013 Zaragoza. (España)**

### RESUMEN

Se parte del concepto de sostenibilidad y del papel multifuncional atribuido a las explotaciones agrarias europeas, para realizar una primera aproximación al análisis y discusión de las relaciones entre la productividad del trabajo, como indicador parcial de sostenibilidad económica y su función medioambiental. Se estudian 11 explotaciones ganaderas que utilizan un espacio protegido, el Parque Natural de la Sierra de Guara” representativas de cuatro grupos o tipos establecidos mediante métodos multivariantes. Se han calculado los resultados económicos y un indicador de productividad del trabajo familiar; los niveles relativos de los aprovechamientos pastorales y las relaciones de las explotaciones con el mercado y el sistema agro-silvo-pastoral en el que están insertas por medio de diversas variables. Se concluye que no se observa relación entre los niveles del indicador de sostenibilidad económica de las explotaciones y el tipo de sistema practicado y su función medioambiental.

**Palabras clave:** sistemas ovinos, multifuncionalidad, espacios naturales protegidos, sostenibilidad económica.

### INTRODUCCIÓN

El conocido como Informe Brundtland (WCED, 1987) constituye la primera evaluación crítica del modelo de desarrollo vigente; que reconoce algunas de las causas de la crisis ambiental y socio-económica y de los riesgos de la agricultura moderna para la salud humana y el medio ambiente. En el Informe se acuña el concepto de “desarrollo sostenible” para referirse a un modo de desarrollo más justo y equitativo, desde un punto de vista social, con un elevado compromiso con la conservación del medio ambiente. No obstante, el concepto de “sostenibilidad” había sido utilizado por primera vez por Meadows *et al.* (1972).

Aunque las ideas vinculadas a la sostenibilidad tienen una gran aceptación social, y a pesar del desarrollo alcanzado por el concepto, no existe un total acuerdo sobre su significado preciso y sus implicaciones ecológicas, económicas y sociales (Jacobs, 1995). La mayoría de los autores consideran la sostenibilidad como una categoría conceptual formada por tres dimensiones: ecológica, económica y social (Sulser *et al.*, 2001); lo cual supone que en el caso de sistemas agrarios agro-silvo-pastorales debiera comprender la viabilidad económica y social de las explotaciones agrarias de carácter familiar integradas en los mismos (Zerger y Amini, 1994).

Se admite hoy la relevante contribución de los sistemas ovinos a la conservación del medio natural en numerosos espacios que utilizados racionalmente en pastoreo, además de contribuir a conservar el humus y moldear y mantener determinados paisajes, mantener limpio el terreno y una

vegetación requerida para usos no agrarios mediante el control del matorral, evitan la desecación y, en última instancia, los riesgos de iniciación de incendios (Masson y Rochon, 1992). Como consecuencia y por el contrario son conocidos los efectos medioambientales del abandono de las actividades ganaderas en áreas de pastos (Bernués et al., 2004).

La necesidad de la sostenibilidad económica y social de las explotaciones viene implícita en el concepto, fundamentalmente político y económico, de multifuncionalidad; concepto situado en el centro de la discusión del modelo agrario europeo (Bazin, 2003). La agricultura europea es calificada de multifuncional en la medida que, además de productora de alimentos, contribuye a una amplia gama de ventajas externas (ambientales, regionales, socioeconómicas, demográficas e infraestructurales) (Pevetz, 1998; Ploeg y Roep, 2003).

Multifuncionalidad y sostenibilidad se consideran interrelacionados en las explotaciones ganaderas. Ahora bien, las funciones medioambientales de estas explotaciones las ejercen, en términos económicos, en un proceso de producción conjunta, en el que el bien público (medioambiental) es una externalidad para la que no existe mercado que lo regule, a diferencia de los bienes privados (productos agroganaderos) que sí tiene mercado. Por ello el mercado de los bienes privados (precios de factores y de productos) puede ser determinante de un nivel no óptimo de producción de los bienes públicos. Es decir, la búsqueda de la sostenibilidad económica de las explotaciones puede conducir a la práctica de sistemas, con una inadecuada incidencia medioambiental de no existir políticas que incentiven y regulen la intervención medioambiental de las explotaciones.

El objetivo de este trabajo es estimar el nivel de productividad del trabajo familiar como indicador de la sostenibilidad económica de la explotación, en explotaciones ovinas que utilizan en alguna medida el Parque Natural de la Sierra de Guara y discutir las relaciones entre dicha productividad y el nivel de contribución a la conservación del medio natural, medida ésta por medio de variables técnicas y económicas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha partido de la hipótesis de que el grado de cumplimiento de la función medioambiental de las explotaciones viene ligado a una mayor especialización ganadera y a la práctica de sistemas más pastorales y, entre éstos, a los que en mayor medida utilizan pastos espontáneos. Así mismo, se ha considerado que la productividad del trabajo familiar es el más importante indicador parcial de la sostenibilidad económica de la explotación.

Se ha utilizado la información de 11 explotaciones representativas de cuatro grupos de explotaciones ovinas obtenidos en una tipificación previa (Bernués et al., 2004) a partir de variables expresión de las relaciones con el territorio (Tabla 1). De estas 11 explotaciones se conocen también diversos aspectos del sistema practicado, como las estrategias de pastoreo (Manrique et al., 2005) y la economía de la producción (Manrique et al., 2007). El indicador del resultado económico utilizado ha sido el Margen Neto (M.N.) como diferencia entre los ingresos (productivos más subvenciones) y los costes fijos y variables (Tabla 2). La información disponible no ha permitido considerar algunos costes como las amortizaciones, salarios del trabajo familiar, intereses de capitales propios y alimentación producida en la explotación.

El indicador utilizado para la medición de la productividad aparente del trabajo familiar ( $P_L$ ) ha sido:  $P_L = \text{M.N.} / \text{UTA fam.}$

Este indicador permite hacer comparaciones entre explotaciones. La UTA fam. es la unidad convencional que mide el empleo familiar medio.

Se han analizado mediante correlaciones simples la relación entre la productividad del trabajo familiar y los indicadores de especialización ganadera (% Ingresos ganaderos en el total de ingresos), subvenciones percibidas y dependencia de la alimentación comprada (costes variables/oveja).

**Tabla 1.** Características de los grupos de explotaciones obtenidos mediante Análisis Cluster

	Clases	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Total
Nº explotaciones		16	13	18	7	54
SAU(ha)	0 < 250 ha	87,5	7,7	33,3	85,7	50,0
	≥ 250 < 1400 ha	12,5	38,5	61,1	14,3	35,2
	≥ 1400 ha	0	53,8	5,6	0	14,8
% SAU en Parque	≤ 10	6,3	53,8	16,7	85,7	31,5
	> 10 ≤ 55	0	7,7	77,8	14,3	29,6
	> 55	93,8	38,5	5,6	0	38,9
% SAU dentro ZPP*	0	100	23,1	38,9	0	48,1
	≤ 55	0	38,5	50,0	28,6	29,6
	> 55	0	38,5	11,1	71,4	22,2
% Cultivos Agrícolas / SAU	< 20	37,5	100	5,6	0	37,0
	> 20 ≤ 40	62,5	0	44,4	0	33,3
	> 40	0	0	50,0	100	29,6
U. Ganaderas Ovino (UGO) ≤	≤ 50	62,5	15,4	11,1	57,1	33,3
	> 50 < 100	37,5	61,5	50,0	28,6	46,3
	≥ 100	0	23,1	38,9	14,3	20,4
UGO /ha Pastos Comunales No usa comunal		43,8	46,2	44,4	85,7	50,0
	≤ 0,01	37,5	53,8	38,9	14,3	38,9
	> 0,01	18,8	0	16,7	0	11,1
%Pastos /SAU	< 55	18,8	0	50,0	85,7	33,3
	> 55 ≤ 80	68,8	0	50,0	14,3	38,9
	> 80	12,5	100	0	0	27,8

\* ZPP: Zona Periférica de Protección

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se expone la formación de los resultados económicos de las once explotaciones y la productividad del trabajo familiar. Se observa que la productividad es heterogénea en las diferentes explotaciones, varía entre los 13.390€ de la explotación 8 y los 42.430 de la explotación 4. Las productividades de las explotaciones de cada uno de los grupos también son dispares. La media más baja corresponde al grupo 3 (20,94 miles €/UTA fam.), caracterizado por cierta incidencia de actividades agrícolas comerciales. Sin embargo, el grupo 4, también formado por explotaciones con importante actividad agrícola, es un grupo con productividad media elevada (32,8 miles €/UTA fam.) a un nivel semejante al del grupo 2, de mayor especialización ovina (33,13 miles €/UTA fam.). Esta disparidad no es sorprendente si se considera que, como es conocido, los resultados económicos y también la productividad del trabajo, aparecen relacionados en este tipo de explotaciones, con la dimensión de la actividad y, en nuestro caso, con el volumen total de ingresos de la explotación, con independencia de la composición de estos ingresos. No obstante, la productividad del trabajo no tiene el mismo nivel de correlación con la dimensión de la actividad que los resultados económicos, dado que el crecimiento de las disponibilidades de trabajo (UTA) con la dimensión no lo hace proporcionalmente.

**Tabla 2.** Formación de resultados económicos y productividad del trabajo (000€)

Grupos explotaciones	Grupo 1			Grupo 2			Grupo 3			Grupo 4	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Ingresos de explotación</b>											
Ingresos productivos	29,83	56,99	43,73	88,46	114,47	69,49	54,10	53,30	16,67	91,26	50,33
% ingresos agrícolas	15,0	—	33,9	—	—	4,8	8,7	37,3	44,6	69,0	43,6
Ingresos ovinos	25,36	56,99	28,91	88,46	114,47	49,69	49,40	33,43	10,90	28,29	28,50
Subvenciones	10,72	23,09	12,84	23,91	41,25	26,38	21,74	13,96	5,12	13,42	11,84
% S. agroambientales	10,1	14,4	41,4	5,4	1,9	17,9	12,4	9,6	30,2	32,6	15,6
Total ingresos explotación	40,55	80,08	56,57	112,37	155,72	95,87	75,84	67,26	21,79	104,68	62,37
<b>Costes de explotación</b>											
Costes variables	8,15	30,52	19,81	21,84	74,03	37,87	36,61	34,89	6,76	16,45	36,10
<b>% costes variables</b>											
ganaderos	20,3	46,5	50,9	70,9	58,3	75,7	60,1	45,4	46,0	38,2	29,1
Costes fijos	2,26	5,83	2,24	5,67	8,35	7,30	3,90	5,58	0,95	3,48	3,06
Costes totales explotación	10,41	36,35	22,05	27,52	82,38	45,16	40,51	40,47	7,71	19,93	39,16
Resultados económicos M.N. explotación	30,15	43,73	34,53	84,85	73,34	50,71	35,34	26,79	14,08	84,75	23,21
Productividad trabajo familiar (M.N. explot. / UTA fam.)	14,36	29,15	31,39	42,43	36,67	20,29	35,34	13,39	14,08	42,38	23,21

Por las mismas razones, el grado de especialización ganadera de las explotaciones, medida por el porcentaje que representan los ingresos ganaderos en el total de ingresos, presenta una baja relación con los niveles de productividad del trabajo ( $r^2 = 0,3104$ ).

La productividad del trabajo aparece, asimismo, poco relacionada con las subvenciones percibidas ( $r^2 = 0,2385$ ); lo cual parecería apuntar que las ayudas, muy relacionadas en las explotaciones ovinas especializadas con los ingresos ovinos, no tienen, como éstos una incidencia determinante en la formación de la productividad del trabajo.

Si se considera que los costes variables unitarios (costes variables/oveja) que no incluyen la alimentación producida en la propia explotación, informan del nivel relativo de insumos adquiridos en el mercado, y el nivel de dependencia exterior de la explotación, los resultados obtenidos ponen de manifiesto una inexistente relación con la productividad del trabajo ( $r^2 = 0,0014$ ). Estas apreciaciones se confirman si se observa la Tabla 3, que expresa el nivel relativo de utilización temporal de los pastos por las explotaciones. Aunque en distinta medida, todos los grupos y explotaciones presentan un carácter intensamente pastoral. Diez de las once explotaciones utilizan pastos espontáneos (pastizales, pastos arbustivos, prados en algún caso, eriales) y barbechos entre 7,5 y 12 meses al año. Únicamente una explotación sólo utiliza 4 meses este aprovechamiento. De la misma forma, todas las explotaciones utilizan mediante pastoreo cultivos forrajeros diversos: preferentemente alfalfa de secano (*Medicago sativa* L.) y esparceta (*Onobrychis sativa*) pero también veza (*Vicia sativa* L.), ray gras (*Lolium perenne*), avena (*Avena sativa* L.) y pasto de Sudán (*Sorghum sudanense* (Piper) stap) (Manrique et al., 2005). El 72% de las explotaciones pastan cultivos forrajeros entre 6 y 8,5 meses anuales (media 6,7). Son los grupos 3 y 4 los que, en cifras medias, utilizan en menor medida estos recursos, coincidiendo con el hecho de que también



son las explotaciones con mayor peso de la agricultura comercial. El porcentaje medio que supone la ganadería en los ingresos productivos de estos dos grupos representa el 69,8% y el 43,7% respectivamente. Las cifras que anteceden nada dicen de la intensidad o la temporalidad del aprovechamiento; pues en un mismo mes pueden utilizarse varios (Manrique *et al.*, 2005).

**Tabla 3.** Nivel relativo de utilización temporal de pastos (meses)

Grupos explotaciones	Grupo 1			Grupo 2			Grupo 3			Grupo 4	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Pastos espontáneos y barbechos	** 8	** 8	** 7,5	*** 12	* 4	*** 12	*** 12	*** 9	** 7	** 8	*** 9
Pastos cultivados	** 5	*** 7,5	*** 7,5	** 6	*** 8,5	** 5,5	* 3	** 6	** 6	** 6	** 6
Subproductos de cultivo (rastroyeras/almendro/olivo)	** 5	* 2	** 4	—	*** 5,5	** 5	*** 7	** 3,5	** 5	** 5	*** 7
Estabulación (meses) (alimentación a pesebre)	1,5	3,5	2,5	—	2,5	—	—	—	3	—	0,5
Nivel de especialización ganadera (% ganadería en ingresos productivos)	85	100	65,1	100	100	95,2	91,3	62,7	55,4	31,0	56,4
Autonomía alimenticia de la explotación (Costes variables/oveja)	3,67	17,1	25,2	16,3	25,4	28,7	27,5	29,9	18,1	16,5	25,0

\*\*\* nivel alto o muy alto \*\* nivel medio \* nivel bajo

En el pastoreo de subproductos de cultivos, fundamentalmente rastroyeras, pero también olivares y almendrales, existen mayores disparidades entre explotaciones y, en general, una menor utilización temporal. El 63,6% de las explotaciones consideradas utilizan estos subproductos entre 5 y 7 meses al año (media 5,6). Los grupos 3 y 4, con mayor actividad agrícola comercial, son, lógicamente, los que utilizan más rastroyeras.

El grado de intensidad en el uso del pastoreo, tanto cualitativa (tipo de pastos), como cuantitativa (meses de utilización) y, por tanto, el grado mayor o menor de relación con sistemas en principio extensivos y con el entorno natural, no aparece relacionado con el nivel de productividad del trabajo familiar de las explotaciones (Tabla 3).

## CONCLUSIONES

En las explotaciones ovinas estudiadas, la productividad del trabajo familiar no está relacionada con el grado de especialización ganadera, con el uso de las prácticas pastorales, con la autosuficiencia alimentaria, ni con las subvenciones percibidas. Puede concluirse, por lo tanto, que la productividad del trabajo como indicador parcial de la sostenibilidad económica de las explotaciones no presenta relación con variables que expresan el nivel relativo de la función medioambiental de las explotaciones y, por tanto parece desprenderse que la función productiva, remunerada en el mercado, continua siendo la que asegura la viabilidad económica de las explotaciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAZIN, G. 2003. CAP against multifunctionality? *Economie Rurale*, 373-374, 236-242.
- BERNUÉS, A.; OLAIZOLA, A.M.; CASASÚS, I.; AMMAR, A.; FLORES, N.; MANRIQUE, E. 2004. Live-stock farming systems and conservation of Spanish Mediterranean mountain areas: the case of the "Sierra de Guara" Natural Park. I. Characterisation of farming systems. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 62, 195-198.
- JACOBS, M. 1995. Sustainable Development. From Broad rhetoric to local Reality. Conference Proceeding from Agenda 21 in Chesire. Document, nº 493. Chesire.
- MANRIQUE, E.; OLAIZOLA, A.M.; AMMAR, A. 2005. Estrategias de utilización de recursos pastorales por explotaciones ovinas en un espacio natural protegido: El Parque Natural de la Sierra de Guara (Huesca). En "Producciones agroganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural". Ed. K. Osoro, A. Argamentería, A. Larracalata; Gijón. Tomo I, 291-298.
- MANRIQUE, E.; OLAIZOLA, A.M.; ZAMUDIO, A. 2007. La formación de los resultados económicos en diferentes tipos de sistemas ovinos que utilizan un espacio natural protegido. *I.T.E.A. Vol. extra 28. Tomo I*, 288-290.
- MASSON Ph., ROCHON J.J. 1992. Contribution des systèmes d'élevage à la protection et la mise en valeur des forêts de chêne-liège des Pyrénées Orientales. *Economie Rurale* 208-209, 142-143.
- MEADOWS, D.; RANDERS, J.; BEHRENS, W. 1972 *The limits of Growth*. New American Library, New York, 207 pp.
- PEVETZ, W. 1998. Multifunctionality and sustainability in agriculture. *Monatsberichte über die Österreichische Landwirtschaft*, 45(7), 500-512.
- PLOEG, J.D. von d.; ROEP, D. 2003. Multifunctionality and rural development: The actual situation in Europe. In: Multifunctional agriculture: a new paradigm for European agriculture and rural development, 37-53.
- SULSER, T.B.; DURYE, M.L.; FROLICH, L.M.; GUEVARA-CUASPUD, E. 2001. A field practical approach for assessing biophysical sustainability of alternative agricultural systems. *Agricultural Systems*, 68(2), 113-135.
- WCED (World Commission on Environment and Development). 1987. *Our Common Future*. Oxford University Press, New York, 383 pp.
- ZERGER, V.; AMINI, S. 1994. The concept of sustainability in classifying farms. *Tropenlandwirtschaft*, 52, 69-79.

---

## THE LABOUR PRODUCTIVITY AS A PARTIAL INDICATOR OF SHEEP FARMS SUSTAINABILITY IN AGRO-SYLVOPASTORAL SYSTEMS.

### SUMMARY

From the concept of sustainability and the multifunctionality role attributed to the European farming systems, a first approach to the analysis and discussion of the relationship between the labour productivity, as partial indicator of the economic sustainability of the livestock farms and its environmental function was made. A sample of 11 sheep farms that use a Natural Park, representative of four farm groups established in a previous study by means of multivariate statistical analysis, was studied. For each farm, economic results and an indicator of family labour productivity, the relative levels of grazing and the relations between the farms and the market and the agro-silvopastoral systems were calculated. These results show that there is not a clear relationship between the levels of the indicator of economic sustainability of farms and their environmental function.

**Key words:** sheep farming systems, multifunctionality, natural protected areas, economic sustainability.

AGRICULTURA	
GANADERÍA	
PESCA Y ACUICULTURA	
POLÍTICA, ECONOMÍA Y SOCIOLOGÍA AGRARIAS	
FORMACIÓN AGRARIA	
CONGRESOS Y JORNADAS	
R.A.E.A.	



JUNTA DE ANDALUCÍA

*Consejería de Agricultura y Pesca*