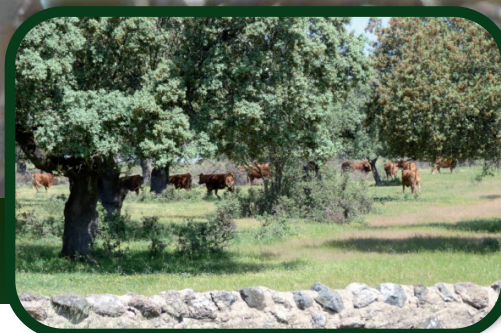




Los pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades



Leopoldo Olea
M^a José Poblaciones
Sara M. Rodrigo
Oscar Santamaría

Los Pastos: Nuevos Retos, Nuevas Oportunidades

Leopoldo Olea Márquez de Prado
M^a José Poblaciones Suárez-Bárcena
Sara M. Rodrigo
Óscar Santamaría Becerril



© Los autores
© De la presente edición 1ª edición 2013

Edita: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos
Edición coordinada: Mª José Poblaciones Suárez-Bárcena
Sara M. Rodrigo
Óscar Santamaría Becerril

Maquetación: Mª José Poblaciones Suárez-Bárcena
Sara M. Rodrigo

Imágenes portada: Sara M. Rodrigo
Impresión: Marcipa

Depósito legal: *BA-000184-2013*
ISBN: 978-84-695-6999-3

Índice	III
Comité Científico	XI
Comité Organizador	XII
Entidades Colaboradoras	XII
Presentación	XIII

Primera parte
BOTÁNICA Y ECOLOGÍA DE LOS PASTOS

CAPÍTULO INTRODUCTORIO

¿Cómo se mide el estado de conservación de la dehesa? S. Roig Gómez, y A. San Miguel Ayanz.....	3
Diferencias en la riqueza genética de hongos y bacterias entre distintos hábitats pascícolas del entorno del macizo de Gorbeia M. Anza Hortalá, I. Martín Sánchez, I. Mijangos Amezaga y C. Garbisu 25 Crespo.....	25
Respuesta del nitrógeno en el suelo y de las poblaciones microbianas edáficas a las quemas prescritas para mejora de pastos pirenaicos L. San Emeterio, L. Múgica, R. Gutiérrez, A. Juaristi, J. Pedro y R.M. Canals.....	33
Relaciones entre integral térmica y fenología en especies de pastos de puerto del Pirineo Central R. García-González y D. Gómez-García.....	41
Datos sobre los pastos del Valle de El Paular, Sierra de Guadarrama: manteniendo riqueza florística y uso tradicional G. Martínez-Sagarra, M.A. Minaya, P. Alonso, R. Caparrós, V. Lucía, D. Orgaz y C. Cebolla.....	49

Evolución de los pastos arbustivos y herbáceos en tres zonas del Parque Nacional de los Picos de Europa E. Alonso-González, S. González-Robinson y J.A. Oliveira-Prendes.....	57
Riqueza y diversidad de hongos endófitos en las principales especies de pasto de dehesa en Extremadura O. Santamaría, S. Lledó, S.M. Rodrigo, M.J. Poblaciones, T. García-White y L. Olea.....	65
Comparación del efecto fitotóxico de la alfalfa y esparceta sobre diferentes especies forrajeras C. Chocarro y J. Lloveras.....	73

Segunda parte

PRODUCCIÓN VEGETAL DE LOS PASTOS

CAPÍTULO INTRODUCTORIO

Los pastos y su importancia en la Comunidad de Extremadura. Métodos de mejora F. González López y V. Maya Blanco.....	83
Composición mineral del forraje de especies autóctonas de Lanzarote E.A. China, C. Batista, A. García-Ciudad y B. García-Criado.....	107
Uso de la tecnología NIRS como herramienta de predicción del contenido en proteína del triticale de doble aptitud R.A. Gallego Olivenza, D. Tejerina Barrado, V. Cruz Sobrado y F. Llera Cid.....	115
Efecto de la fertilización mineral combinada con micorrizas sobre la producción y el contenido en nitrógeno, fósforo y potasio del forraje de trigo A. García-Ciudad, M.A. Jiménez Mateos, B.R. Vázquez de Aldana, L. García-Criado, V.O. González Blanco y B. García-Criado.....	123
Evolución de la composición química de un cultivo de esparceta (<i>Onobrychis viciifolia</i> Scop.) y zulla (<i>Hedysarum coronarium</i> L.) a lo largo del primer ciclo vegetativo F. Muñoz, S. Demdoum, I. Delgado y D. Andueza	131
Re-ensilado de remolacha con alfalfa pre-desechada: efecto del contenido de humedad de la alfalfa en calidad del ensilado C. Valdés, S. Andrés, M.L. Tejido, R. García, A. Calleja, F.J. Giráldez y P. Llorente.....	139

Evaluación de variedades comerciales de sorgo forrajero en siembras tardías en la Galicia Atlántica: I. Rendimiento en materia seca C. Resch, M.J. Bande-Castro, S. Pereira-Crespo, B. Fernández-Lorenzo y G. Flores.....	147
Evaluación de variedades comerciales de sorgo forrajero en siembras tardías en la Galicia Atlántica: II. Composición química M.J. Bande-Castro, C. Resch, S. Pereira-Crespo, B. Fernández-Lorenzo y G. Flores.....	155
Cultivo de la esparceta (<i>Onobrychis viciifolia</i> Scop.) en el valle del Ebro: efecto de la inoculación con <i>Rhizobium</i> I. Delgado, F. Temprano, F. Muñoz y D.N. Rodríguez.....	163
El hongo endofítico <i>Epichloë</i> aumenta el contenido de nutrientes en <i>Festuca rubra</i> B.R. Vázquez de Aldana, A. García-Ciudad, I. Zabalgogeoazcoa, A. Álvarez y B. García-Criado.....	171
Evaluación preliminar del potencial forrajero del <i>Lathyrus sativus</i> L. en condiciones de secano Mediterráneo T. Carita, F. Llera Cid y M.M. Tavares de Sousa.....	179
Producción y composición química del forraje en rotaciones de maíz con varios cultivos de invierno M.D. Báez Bernal, M.I. García Pomar, A. Louro López y J.F. Castro Insua.....	187
Del laboratorio al campo: caracterización de ensilados de maíz con sensores NIRS portátiles A. Soldado, I. Fonseca, A. Martínez-Fernández, S. Madroño y B. De La Roza Delgado.....	195
Fenología de las gramíneas en tres épocas de aprovechamiento forrajero de los prados en la vertiente sur de la Cordillera Cantábrica (León) R. García, S. del Río, C. Valdés y S. López.....	203
Efecto de la fertilización nitrogenada y fosfórica sobre el estado de desarrollo de gramíneas de prados en la montaña de León R. García, S. del Río, L. Herrero y S. López.....	211
Comportamiento agronómico de la asociación forrajera haba-colza como alternativa invernal sostenible al raigrás italiano A. Martínez-Fernández, M. Benaouda, F. Próspero y F. Vicente.....	219

Efecto del abonado nitrogenado sobre el primer corte de primavera en un cultivo invernal de raigrás italiano	
J.A. Oliveira-Prendes, E. Afif-Khoury, P. Palencia-García y J.J. Gorgoso-Varela.....	227
Determinación de la curva de dilución de nitrógeno crítico y del índice de nutrición nitrogenada en triticale (cv. Verato)	
F. Llera Cid, V. Cruz Sobrado, A. De Santiago Roldán y R.A. Gallego Olivenza.....	235
Calidad del forraje de triticale de doble aptitud en función de la densidad de siembra, el número de cortes y la dosis de nitrógeno	
F. Llera Cid, V. Cruz Sobrado y R.A. Gallego Olivenza.....	243
Calidad de los pastos de la dehesa	
A. Espejo Gutiérrez de Tena, F. González López y M. Espejo Díaz.....	251
Estado actual de los ecotipos españoles cultivados de alfalfa	
I. Delgado, F. Muñoz y D. Andueza.....	259
Longitud del ciclo de floración de leguminosas pratenses anuales y su relación con el origen geográfico	
V. Maya Blanco, F. González López y A. González Martínez.....	267
Estimación de los efectos génicos en líneas puras e híbridos de maíz forrajero de alto valor nutritivo	
L. Campo Ramírez y J. Moreno-González.....	275

Tercera parte

PRODUCCIÓN ANIMAL CON BASE A PASTOS

CAPÍTULO INTRODUCTORIO

La ganadería extremeña	
J. Tovar Andrada y A.I. Rojas López.....	285
Influencia de los índices térmicos en la producción de cerdos ibéricos de “montanera” en la provincia de Badajoz (Extremadura, España)	
J. Gonzalo, M.J. Poblaciones, S.M. Rodrigo y L. Olea.....	305
Factores que influyen en el uso de praderas cultivadas por pequeños productores de leche del Altiplano Central Mexicano	
C.G. Martínez-García, C.M. Arriaga-Jordán, P. Dorward y T. Rehman.....	313

Análisis espectral NIRS de heces ovinas como indicador de la calidad del pasto consumido por ovejas	
A. Collado, M.A. Chaso, M.R. Pascual, M.J. Guerrero y P.L. Rodríguez.....	321
Contenidos de vitaminas A y E de la leche de cabra de la raza Payoya en sistemas de pastoreo tipo arbustivo-mediterráneo	
R. Gutiérrez, M. Delgado-Pertíñez, V.M. Fernández-Cabanás, Y. Mena y F.A. Ruiz.....	329
Caracterización del manejo alimentario y reproductivo de los sistemas caprinos pastorales de tipo arbustivo-mediterráneo	
R. Gutiérrez, Y. Mena, M. Delgado-Pertíñez, V.M. Fernández-Cabanás y F.A. Ruiz.....	337
Composición botánica de la dieta, respuesta productiva y económica de vacas en pastoreo en la época de lluvias, en el suroeste del estado de México	
F.S. Jiménez Peralta, I.G. Salas Reyes, M. González Ronquillo, A. González Embarcadero, C.M. Arriaga-Jordán y B. Albarrán Portillo.....	345
Variación estacional en la composición química y en el perfil de ácidos grasos de la leche de vaca	
A.I. Roca-Fernández y A. González-Rodríguez.....	353
Influence of <i>Rosmarinus officinalis</i> L. dietary supplementation on goats and sheep production	
S. Smeti, H. Hajji, N. Atti, F. Muñoz and M. Mahouachi.....	361
Composición de la dieta de las principales especies ganaderas en pastoreo monoespecífico en pajonales altoandinos	
W. Arana, O. Sigvas, M. Espinoza, J. Contreras, E. Quispe, J. Cassinello, E. Serrano y J. Bartolomé Filella.....	367
¿Qué sabemos sobre el solapamiento de dietas entre herbívoros salvajes y domésticos?	
A.L. Gálvez Cerón, D. Gassó, E. Serrano, G. Mentaberre, X. Fernández Aguilar, L. Fernández Sirera, N. Navarro González, J.R. López Olvera, S. Lavín, I. Marco y J. Bartolomé Filella	375
Comparación del ramoneo entre la cabra salvaje mallorquina (<i>Capra aegagrus</i> Erxleben, 1777) y la cabra doméstica asilvestrada (<i>Capra hircus</i> L. 1758) en Mallorca	
L. Rivera Sánchez, E. Baraza Ruiz, A. Capó Rodríguez, J. Cassinello, W. Burgos-Paz y J. Bartolomé Filella.....	383

Efecto de la raza de vaca y del nivel de suplementación sobre la producción y calidad de leche en pastoreo

A.I. Roca-Fernández, L. Delaby, A. González-Rodríguez, M.E. López-Mosquera, S. Leurent e Y. Gallard..... 391

Cuarta parte

SISTEMAS Y RECURSOS SILVOPASTORALES

CAPÍTULO INTRODUCTORIO

Sobre sistemas y recursos silvopastorales: debilidades, retos, compromisos y oportunidades

J.L. González Rebollar..... 401

Análisis del potencial productivo de los pastos del área de esquí de la estación de Panticosa (Huesca) y su capacidad sustentadora de ganado

O. Barrantes, R. Reiné, A. Broca y C. Ferrer..... 425

Ensayo de cultivos herbáceos con fines cinegéticos en la Marina de Lluçmajor (Mallorca)

J. Frontera, B. Seguí, J. Gulías y J. Cifré..... 433

Aplicación de la tecnología NIRS para la valoración de la pulpa de bellota (*Quercus* spp.): utilización para la realización de inventarios regionales

J. García-Olmo, A. Gómez-Cabrera, R. Navarro-Cerrillo, P. Fernández-Rebollo, I. Fernández-Caballero e I. Salcedo-García..... 441

Caracterización y valor fertilizante del digestato y de su fracción líquida procedentes de una planta de biogás

J.M. Mangado y E. Zudaire..... 449

Implicaciones del manejo del ganado y los recursos en la dieta de la vaca avileña en una zona de la Sierra de Guadarrama

T. Martínez y M. Abad..... 457

Estimación de la producción de pastos en dehesas mediante índices de vegetación

J.A. Escribano y C.G. Hernández Díaz-Ambrona..... 465

Vegetación de áreas cortafuegos en pinares (*Pinus halepensis* Mill.) turolenses sometidas a pastoreo

Ó. Reche Sabater y R. Fanlo Domínguez..... 473

Parámetros topográficos y de gestión que influyen en la producción y calidad forrajera en prados de montaña catalanes R. Fanlo Domínguez y C. Chocarro.....	481
Evaluación de riesgos de producción en pastos de dehesa mediante un modelo agro-económico C.G. Hernández Díaz-Ambrona, J.A. Escribano, K. Báez y E. Iglesias.....	489
Utilización de arbustos con aptitudes forrajeras en la restauración de zonas incendiadas M.E. Ramos Font, F.M. Cabeza Arcas, A.B. Robles Cruz y J.L. González Rebollar	497
Tarjetas de salud de los agroecosistemas pascícolas: herramienta práctica para la gestión sostenible de los pastos I. Mijangos Amezaga, I. Albizu Beitia, I. Martín Sánchez, M. Anza Hortalá, S. Mendarte Azkue, L. Epelde Sierra y C. Garbisu Crespo.....	505
Pastoreo en olivares: producción ganadera y efectos sobre los costes de cultivo M.D. Carbonero Muñoz, E. Fajardo Nolla, J.E. Guerrero Ginel, A. García Moreno y P. Fernández-Rebollo.....	513
Evaluación de los recursos forrajeros de la dehesa en presencia de matorral M.L. López Díaz, G. Moreno Marcos y V. Rolo Romero.....	521
Opiniones de los ganaderos sobre las relaciones entre las explotaciones ovinas y la gestión de un espacio natural protegido B.A. Zamudio, E. Manrique y A.M. Olaizola.....	529
Efecto del pastoreo en la producción de bellotas de la encina en la dehesa. Consecuencias para el follaje del árbol A.M. García Moreno, M.D. Carbonero Muñoz, F. Moreno Elcure, J.R. Leal Murillo, M.T. Hidalgo Fernández y P. Fernández-Rebollo.....	537
Efectos de la aplicación de fertilizantes de nueva generación en la dehesa toledana: producción, diversidad y composición florística de pastos herbáceos C. López-Carrasco, A. López-Sánchez, M.J. Gómez, J.M. Carpintero, J. Brañas y S. Roig Gómez.....	545
Pastoreo de praderas cultivadas para mejorar la rentabilidad de los sistemas de producción de leche en pequeña escala del altiplano central de México D. Heredia Nava, A.A. Rayas Amor, P.E. Pincay Figueroa, F. Vicente, A. Martínez-Fernández y C.M. Arriaga-Jordán.....	553

Evaluación de la sustentabilidad de sistemas de producción de leche en pequeña escala en la época de secas en el noroeste del Estado de México

F. Próspero Bernal, B. Albarrán Portillo, A. Espinoza Ortega y C.M. Arriaga-Jordán..... 561

ÍNDICE DE AUTORES 569

Comité Científico de la 52 Reunión Científica de la SEEP

Albizu Beitia, Isabel (Neiker Tecnalia)
Andueza, Donato (INRA)
Bande-Castro, María José (CIAM Xunta Galicia)
Barrantes Díaz, Olivia (Universidad de Zaragoza)
Bartolomé Filella, Jordi (Universidad Autónoma de Barcelona)
Calleja Suárez, Alfredo (Universidad de León)
Canals Tresserras, Rosa María (Universidad Pública de Navarra)
Cifré Llompart, Josep (Universitat de les Illes Balears)
China Corra, Eduardo A. (Universidad de La Laguna)
Chocarro Gómez, Cristina (Universitat de Lleida)
De la Roza Delgado, Begoña (SERIDA Asturias)
Delgado Enguita, Ignacio (CITA Zaragoza)
Fanlo Domínguez, Rosario (Universitat de Lleida)
Fernández Alés, Rocío (Universidad de Sevilla)
Fernández-Rebollo, María del Pilar (Universidad de Córdoba)
Fillat Estaqué, Federico (IPE-CSIC)
Flores Calvete, Gonzalo (CIAM Xunta Galicia)
García-Ciudad, Antonia (IRNASA – CSIC)
García Navarro, Ricardo (Universidad de León)
Gómez-Cabrera, Augusto (Universidad de Córdoba)
González-López, Francisco (Centro Investigación La Orden-Valdesequera)
González Rebollar, José Luis (E.E. Zaidín – CSIC)
Hernández Díaz-Ambrona, Carlos G. (Universidad Politécnica de Madrid)
Llera Cid, Fernando (Centro Investigación La Orden-Valdesequera)
Lloveras Vilamanya, Jaime (Universitat de Lleida)
López-Carrasco Fernández, Celia (Junta de Castilla y la Mancha)
López Díaz, M. Lurdes (Universidad de Extremadura)
Mangado Urdániz, Jesús María (INTIASA Navarra)
Martínez-Fernández, Adela (SERIDA Asturias)
Martínez Martínez, Teodora (IMIA Alcalá de Henares)
Méndez Pérez, Pilar (ICIA Canarias)
Olea Márquez de Prado, Leopoldo (Universidad de Extremadura)
Oliveira-Prendes, José Alberto (Universidad de Oviedo)
Piñeiro Andión, Juan (CIAM Xunta Galicia)
Rein Viales, Ramón (Universidad de Zaragoza)
Robles Cruz, Ana Belén (E.E. Zaidín – CSIC)
Roig Gómez, Sonia (Universidad Politécnica de Madrid)
Salcedo Díaz, Gregorio (CIMA)
San Miguel Ayanz, Alfonso (Universidad Politécnica de Madrid)
Santamaría Becerril, Óscar (Universidad de Extremadura)
Vázquez de Aldana, Beatriz R. (IRNASA – CSIC)

Comité Organizador de la 52 Reunión Científica de la SEEP

Leopoldo Olea Márquez de Prado
M^a José Poblaciones Suárez-Bárcena
Sara M. Rodrigo
Óscar Santamaría Becerril
Teodoro García White
Fernando Llera Cid
M. Lurdes López Díaz
Santiago Lledó Gómez

ENTIDADES COLABORADORAS

Fondo Europeo de Desarrollo Regional, Ayuntamiento de Badajoz, Fertiprado, Proprado España S.L., Caja Badajoz, Universidad de Extremadura, El Corte Inglés, Nanta-Nutreco, Ganadería Simmental-Fleckvieh “Los Caudillos”, Junta de Extremadura, Cooperativa La Milagrosa.

PRESENTACIÓN

Extremadura con 41.633 km² y con las dos provincias más extensas de España, presenta una importante variabilidad edafoclimática, desde las cumbres de Gredos hasta las llanuras del sur de la provincia de Badajoz; desde dehesas de robles en las zonas más frías del norte de Cáceres hasta zonas cerealistas del sur de Badajoz, pasando por dehesas de zonas cálidas, cultivos de olivar y viñedos, regadíos, etc. Existen en esta Comunidad grandes contrastes de explotación del territorio, desde las intensivas de las zonas regables, de olivar y viñedo o cerealistas, a las extensivas de las dehesas y pastizales que ocupan algo más del 50% de la superficie extremeña.

Nuestras dehesas y pastizales alimentan a una extensa cabaña ganadera formada principalmente por razas autóctonas (retinta, negra-avileña, merina, ibérica, verata), que con los cruces adecuados vienen dando unos productos alimenticios de gran calidad y de alta cotización en el mercado. Por otra parte, tenemos la gran suerte de tener un año agrícola, como el 2012/2013, que quizá sea el mejor, pastoralmente hablando, de los últimos 40 años. La ganadería extensiva, que supone un sistema de alta contribución a la conservación del medio rural, es un valor a destacar especialmente en nuestra Comunidad. La conservación se debe entender en sentido amplio, no sólo con respecto a la vegetación, sino también a sus razas ganaderas autóctonas, cinegéticas, etc. Destaca la indudable vocación “dehesera”, si me permiten la expresión, de los habitantes de esta Comunidad que se aprecia con sólo recorrerla. La dehesa, quizá el ecosistema más singular en Extremadura y uno de los más característicos del ámbito mediterráneo, así como los pastizales, constituyen el mejor equilibrio entre naturaleza y hombre, entre explotación de sus recursos naturales y su sostenibilidad.

Desde esta presentación queremos dar la bienvenida a todos los participantes de la 52ª Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP), al mismo tiempo que agradecemos a la SEEP la posibilidad de organizar en Extremadura este evento. Estamos satisfechos de que en un momento de grandes dificultades económicas se ha contado con la presentación de unas 60 comunicaciones y se espera una asistencia de unas 100 personas. No dudamos de su éxito y del interés de sus trabajos y conclusiones para nuestra Comunidad; al mismo tiempo esperamos que salgan “empapados” del “sabor” y colorido que en un año como este tienen nuestros pastos.

Leopoldo Olea Márquez de Prado
Catedrático del Área de Producción Vegetal de la Universidad de Extremadura y
Presidente del Comité Organizador de la 52ª Reunión Científica de la SEEP

Primera parte

**Botánica y Ecología
de los Pastos**

¿CÓMO SE MIDE EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA DEHESA?

How to Measure the Conservation Status of the Dehesa?

S. ROIG GÓMEZ y A. SAN MIGUEL AYANZ

Departamento de Silvopascicultura. Escuela de Ingeniería Forestal y del Medio Natural.
Universidad Politécnica de Madrid. C/Ramiro de Maeztu s/n 28040 Madrid
sonia.roig@upm.es y alfonso.sanmiguel@upm.es

Resumen: La dehesa es un paisaje cultural y un sistema agrario de alto valor natural característico de la península Ibérica. Alberga altos niveles de biodiversidad y genera valiosos servicios de abastecimiento, regulación y culturales. Sin embargo, se enfrenta a graves amenazas, como los cambios de uso del suelo producidos en las últimas décadas. Por ello, la Unión Europea la ha incluido en el Anexo I de la Directiva 92/43/CEE, como tipo de hábitat de interés comunitario, lo que obliga a mantenerlo en un estado de conservación favorable y a emitir informes sobre su situación cada 6 años. Para ello resulta imprescindible definir con precisión cómo se mide su estado de conservación. Esta ponencia describe la normativa establecida por la Comisión Europea y analiza las propuestas generadas por el Estado Español en su labor de coordinación de la actividad de las Comunidades Autónomas, que son las responsables de su conservación y seguimiento. Tras constatar la escasez de referencias a la actividad ganadera, piedra angular sobre la que se apoyan su estructura, funcionamiento y servicios, se sugieren algunos indicadores y valores de referencia que pueden ser empleados para medir con más fiabilidad y eficiencia su estado de conservación.

Palabras clave: tipo de hábitat de interés comunitario, Natura 2000, agroforestal, mediterráneo.

Abstract: The dehesa is a cultural landscape and a High Nature Value Farmland characteristic of the Iberian Peninsula. It holds high levels of biodiversity and generates valuable provisioning, regulating and cultural services. However, it faces serious threats, such as dramatic land use changes for the last decades. That is why the European Union has included it in the Annex I of the Directive 92/43/EEC, as a habitat type of Community interest. As a consequence, member States must guarantee a favourable conservation status and generate reports on the topic every 6 years. Therefore, a precise enough protocol is needed to estimate its conservation status. This work analyses criteria and recommendations coming from the European Commission on the topic as well as the proposals for the dehesa system coming from the Spanish government in its coordination role of the Autonomous Communities, who are responsible for its conservation and monitoring. After confirming the lack of references to the pastoral activity, the real keystone for its structure, function and services, some indicators and reference figures are suggested with the aim of measuring its conservation status with higher levels of reliability and efficiency.

Key Words: habitat type of Community interest, Natura 2000, agroforestry, Mediterranean.

EL CAMBIO GLOBAL Y LA SITUACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN EL MUNDO Y EN ESPAÑA

Todos los informes sobre el estado de la biodiversidad en el mundo ponen de manifiesto que, durante las últimas décadas, hemos entrado en un proceso tan acelerado de desaparición de especies que ha sido calificado como la “*sexta extinción*”; un proceso que se enmarca en otro más amplio denominado cambio global. Parece que, en este caso, el principal impulsor es el crecimiento exponencial de la población humana. Ese incremento, unido a otro paralelo en sus demandas - “*mucha gente y muy gastosa*”, en palabras de Delibes (2004), aunque, también hay que decirlo, con un reparto muy desigual entre países - ha destapado “*la caja de los truenos*”: el avance de la frontera agrícola, la deforestación y el fraccionamiento de ecosistemas, la emisión acelerada de gases de efecto invernadero, el cambio climático, la desertización, el incremento drástico de la velocidad de extinción de especies, la contaminación y, sobre todo, la desigualdad y la pobreza, entre otras catástrofes.

La situación global era tan grave que llevó a la celebración de la famosa Cumbre de la Tierra, de Río de Janeiro, en 1992. Algunos de sus resultados más conocidos son la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo o la firma del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Ambos se centran en el concepto de desarrollo sostenido y plantean que el cambio global es un proceso que nos afecta a todos y para cuya solución todos debemos colaborar. Sin embargo, tanto las causas como las consecuencias del cambio global se manifiestan de una forma muy desigual sobre nuestro planeta. Así, por ejemplo, la velocidad de incremento de la población humana es mucho más alta en los países menos desarrollados (la mayoría concentrados en áreas tropicales y subtropicales) que en el resto, y lo mismo sucede con las consecuencias. De hecho, mientras la superficie forestal decrece y se fragmenta con una velocidad impresionante en los trópicos, se incrementa, y a veces con bastante velocidad, en muchos países no tropicales, como España (FAO, 2012). Algo parecido sucede con las previsiones de pérdida de biodiversidad (UNEP-FAO-UNFF, 2009).

Si nos centramos en España, podemos ver que la situación es muy diferente a la global. Nuestro censo poblacional se ha ralentizado y se prevé una pérdida de población de un 10% en los próximos 40 años (INE, 2012). La superficie forestal no sólo no disminuye sino que se recupera con una rapidez tan sorprendente (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2013) que amenaza con agravar el

problema de los incendios y la pérdida de diversidad no ligada al bosque (Ferrer *et al.*, 2001; Sebastián *et al.*, 2008; Herrera, 2010). Con respecto a nuestra biodiversidad, aunque tenemos un alto porcentaje de táxones amenazados, somos, con mucho, el país que más contribuye a la biodiversidad europea, tanto en táxones de flora y fauna como en hábitats protegidos (European Commission, 2013).

¿A qué se deben esos altos niveles de biodiversidad de los que nos sentimos tan orgullosos pero de los que también somos responsables? ¿Cómo es posible que un país tan intensamente sometido a la actividad humana, tan degradado como el nuestro, tenga esos niveles tan altos de biodiversidad? Con seguridad la respuesta a ambas cuestiones tiene que ver con nuestra latitud media, nuestra variada orografía y nuestra amplia diversidad de condiciones climáticas y litológicas. Sin embargo, ello no es suficiente. Como apuntan Perevolotsky y Seligman (1998), Blondel (2006) y Montserrat (2009), entre otros, los modelos tradicionales de gestión desarrollados sobre ecosistemas mediterráneos, en muchos casos diversificados y extensivos, han generado en ellos niveles más altos de eficiencia y diversidad genética. Aunque existen casos indudables de degradación, la mayoría de los paisajes sometidos a un estrés moderado están simplemente alterados, pero no degradados. De ese modo, la interrelación entre los diseños y procesos naturales y los culturales, o introducidos por el hombre, han configurado la gran heterogeneidad, diversidad biológica y capacidad de respuesta adaptativa que hoy disfrutamos en la mayoría de los paisajes mediterráneos actuales, y en particular en España (Perevolotsky y Seligman, 1998; Naveh y Carmel, 2004). Debido a su origen y estabilización humanos, esos sistemas han sido descritos también como agrobiosistemas, paisajes culturales o sistemas agrarios de alto valor natural: High Nature Value Farmland o HNVF (Paracchini *et al.*, 2008; Montserrat, 2009; Oppermann *et al.*, 2012).

PAISAJES CULTURALES, SISTEMAS AGRARIOS DE ALTO VALOR NATURAL Y DEHESAS

Los paisajes culturales son, como su nombre indica, paisajes creados y perpetuados por una gestión antrópica (*“la cultura que hace el paisaje”*, en palabras de Montserrat, 2009) generalmente extensiva, diversificada y eficiente. Son, por consiguiente, sistemas agrarios, y a menudo albergan altos niveles de biodiversidad, tanto natural como seminatural: razas ganaderas autóctonas, cultivares de especies

agrícolas y ecotipos de silvestres adaptados al pastoreo, por ejemplo. Del mismo modo, atesoran un valiosísimo patrimonio cultural ligado a su gestión: conocimientos a menudo transmitidos de forma oral, arquitectura, tradiciones y otros. Precisamente por ello, el principal impulsor directo de la pérdida de biodiversidad es, en este caso, el cambio de usos del suelo (Sebastiá *et al.*, 2008; Caballero *et al.*, 2009; Montes *et al.*, 2012; OSE, 2012), muy por delante del cambio climático, como señalaban acertadamente Robles (2008) y Gómez-García *et al.* (2009).

Como consecuencia de su larguísima historia de ocupación humana, Europa prácticamente no posee ecosistemas primarios. Todos están modelados, en mayor o menor medida, por la actuación del hombre y su ganado (Vera, 2000). Por ello, sus estrategias para detener y revertir la pérdida de biodiversidad (European Commission, 2011) siempre se coordinan con la información y participación pública y el desarrollo rural sostenido. También por eso, España es el Estado europeo que atesora una mayor superficie, diversidad y calidad de paisajes culturales y sistemas agrarios de alto valor natural (Paracchini *et al.*, 2008; Oppermann *et al.*, 2012; European Commission, 2013).

La dehesa es un agrobiosistema característico y prácticamente endémico de la península Ibérica, generado por la co-evolución, durante milenios, de la sociedad humana y un medio natural difícil, caracterizado por el clima mediterráneo y los suelos oligotróficos, no aptos para una agricultura permanente (Olea y San Miguel, 2006). Es un “paisaje cultural” y un sistema agrario de alto valor natural (HNVF) que constituye un ejemplo paradigmático de compatibilidad de un modelo de producción extensivo, diversificado y eficiente con la generación y conservación de muy altos niveles de diversidad estructural y biológica (Olea y San Miguel, 2006). La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio en Portugal (Carmona *et al.*, 2007) y España (Acosta y Díaz Pineda, 2012; Gómez Sal, 2012) ha proporcionado un listado de los servicios de abastecimiento, regulación y culturales con los que la dehesa (montado en portugués) contribuye al bienestar de la sociedad, ha analizado su situación y tendencias mediante indicadores y ha propuesto medidas para garantizar que tal contribución se mantendrá en un futuro más o menos lejano.

Sin embargo, por su condición de sistema antrópico, modelado y perpetuado por unos modelos muy concretos de gestión, que han ido cambiando a lo largo de sus al menos nueve siglos de historia, la dehesa es un sistema amenazado. Su principal amenaza (impulsor indirecto del cambio, según la terminología del Millenium

Ecosystem Assessment, Montes *et al.*, 2012) es, como ya se ha indicado, el cambio de modelos de gestión del territorio (Carmona *et al.*, 2007; Ezquerro y Gil, 2008; Acosta y Díaz Pineda, 2012; Gómez Sal, 2012), muy por delante de la sobre-explotación, la contaminación, las invasiones biológicas o el cambio climático.

Como consecuencia de su gran valor ecológico, económico y social, su gran extensión y su condición de agrobiosistema amenazado, la dehesa ha sido objeto de una atención intensa, a veces abrumadora, aunque por el momento poco eficaz, en las últimas décadas. Algunas Comunidades Autónomas han promulgado Leyes de la Dehesa, como Extremadura (Ley 1/1986, sobre la dehesa en Extremadura) y, más recientemente, Andalucía (Ley 7/2010, para la Dehesa). La Estrategia Forestal Española (Ministerio de Medio Ambiente, 1999) y el Plan Forestal Español (Ministerio de Medio Ambiente, 2002) propusieron la elaboración de un Plan Español de Dehesas, que fue redactado en paralelo (hubo dos) por el Ministerio de Medio Ambiente (Barba *et al.*, 2008) y el de Agricultura, mientras, casi simultáneamente, se elaboraba el libro verde de la dehesa (Pulido y Picardo, 2010), se ponía en marcha la Plataforma Integral Dehesa (<http://www.uco.es/integraldehesa/>), se sugería la inclusión de la dehesa charra en la red de bosques modelo (<http://www.pfcyl.es/evento/taller-de-participacion-sobre-el-bosque-modelo-dehesa-charra>), se proponía la creación de un Instituto Universitario con ese nombre (INDEHESA) y se creaba en el Senado una ponencia que acabó proponiendo al Gobierno, en 2011, la aprobación de una Ley Marco para la gestión y la conservación de la dehesa. También durante los últimos años se han publicado diversos libros que abordan el problema de la gestión y conservación de la dehesa (Consejería de Agricultura y Pesca, 2008; Fernández *et al.*, 2008; Alejano *et al.*, 2011). Del mismo modo, la Unión Europea la ha incluido, como ejemplo, en sus trabajos sobre paisajes culturales (Pedroli *et al.*, 2007) y sistemas agrarios de alto valor natural (HNVF) (Paracchini *et al.*, 2008; Oppermann *et al.*, 2012). Sin embargo, el hito más significativo, y verdaderamente trascendental para la conservación de la dehesa, ha sido su inclusión, como tipo de hábitat de interés comunitario (el 6310) en la Directiva Hábitats (92/43/CEE) y, por consiguiente, en la red Natura 2000.

La inclusión de la dehesa en el Anexo I de la Directiva 92/43/CEE implica, entre otras cosas, la elaboración de una cartografía de su distribución, en especial en Lugares de Interés Comunitario (LIC), que deben ser transformados en Zonas de Especial Conservación (ZEC) y, lo verdaderamente importante: la obligación, ahora

LEGAL y controlada por la Comisión Europea, de mantener esa superficie en un ESTADO DE CONSERVACIÓN FAVORABLE, con seguimiento detallado y elaboración de informes cada 6 años. Las competencias de gestión corresponden a las Comunidades Autónomas; las de coordinación, al Estado Español, y las de control, a la Unión Europea (UE). La principal herramienta financiera creada por la UE para realizar tal labor es el Fondo Agrícola Europeo de Desarrollo Rural (FEADER), lo que evidencia la estrechísima relación que en la Unión Europea existe entre conservación y desarrollo rural sostenido.

La labor de la conservación de la dehesa será, indudablemente, larga y difícil, por la extensión de la superficie que ocupa, el carácter casi exclusivamente privado de la propiedad y la complejidad de los retos económicos, sociales y ambientales que oscurecen su futuro. Sin embargo, teniendo en cuenta esa obligatoriedad de mantenerla en un estado de conservación favorable, tanto desde el punto de vista legal como desde el científico surge un interrogante que constituye la piedra angular de todo el proceso: **¿cómo se mide el estado de conservación de la dehesa?** De hecho, resulta sorprendente, y también preocupante, comprobar la escasa atención que, desde los sectores mencionados, se ha prestado a este aspecto tan esencial y tan acuciante, porque la Directiva 92/43/CEE obliga a los Estados miembros a presentar informes cada 6 años y, como es obvio, ello requiere que, con anterioridad, las Comunidades Autónomas elaboren y aporten los informes de las especies y los tipos de hábitats de interés comunitario presentes en su territorio. Por ello, y por la escasez y dispersión de la información disponible, hemos querido dedicar esta ponencia a analizar el problema.

¿CÓMO SE MIDE EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS TIPOS DE HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO?

El listado de tipos de hábitat de interés comunitario aparece recogido en el Anexo I de la Directiva 92/43/CEE. Sin embargo, habida cuenta de que cada tipo aparece reflejado sólo por una mínima descripción y, cuando existe (casi siempre), su denominación fitosociológica, se ha elaborado un Manual de Interpretación de los Hábitats de la Unión Europea: EUR27 (European Commission, 2007), que aporta una descripción algo más detallada para comprender las características esenciales de cada tipo.

La Comisión Europea, mediante el art. 1 de su Directiva 92/43/CEE, establece que el «estado de conservación» de un hábitat natural se considerará «favorable» cuando:

- su **área de distribución natural** y las **superficies comprendidas** (ocupadas) dentro de dicha área sean estables o se amplíen, y
- la **estructura y las funciones específicas necesarias para su mantenimiento a largo plazo** existan y puedan seguir existiendo en un futuro previsible, y
- el estado de conservación de sus **especies típicas** sea favorable.

Del mismo modo, y en ese mismo artículo, establece que el «estado de conservación» de una especie (en este caso nos interesa por las especies típicas) se considerará «favorable» cuando:

- los datos sobre la **dinámica de las poblaciones** de la especie en cuestión indiquen que la misma sigue y puede seguir constituyendo a largo plazo un elemento vital de los hábitats naturales a los que pertenezca, y
- el **área de distribución natural** de la especie no se esté reduciendo ni amenace con reducirse en un futuro previsible, y
- exista y probablemente siga existiendo un **hábitat de extensión suficiente** para mantener sus poblaciones a largo plazo.

La Comisión Europea también establece directrices de escala geográfica y adecuación, aunque en documentos de acceso más difícil (European Commission, 2006; Simón, 2009). En ellos, dispone que la evaluación del estado de conservación de los tipos de hábitats de interés comunitario debe contemplar **tres escalas geográficas**: a) Región Biogeográfica, b) Lugar de Interés Comunitario (LIC) o Zona de Especial Conservación (ZEC) y c) Local (propiedad, monte, comunidad). Así mismo, establece **cuatro niveles de adecuación**: favorable, desfavorable inadecuado, desfavorable malo y desconocido.

Para finalizar, es obvio que la evaluación debe apoyarse en criterios objetivos y susceptibles de análisis y validación estadística, lo que requiere la selección de **Indicadores** y un **diseño estadístico** adecuado para su medición periódica, que obviamente debería tener el menor coste posible.

De ese modo, se puede hacer una tabla de niveles de adecuación-inadecuación del estado de conservación, que presentamos en la Figura 1.

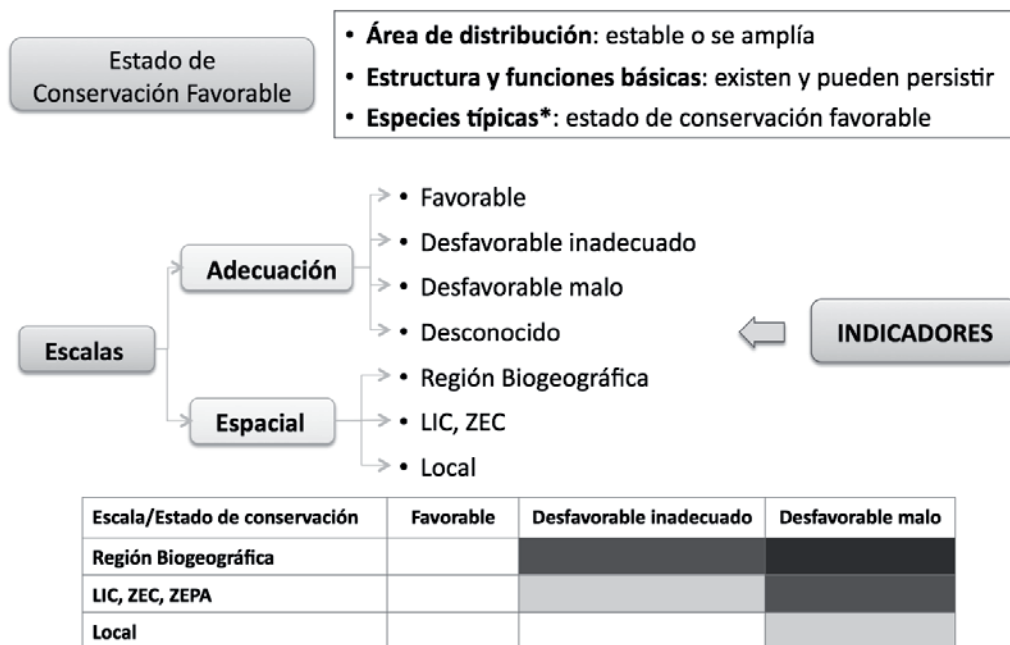


Figura 1. Esquema-resumen de las directrices y criterios establecidos por la Comisión Europea para la evaluación del estado de conservación de los tipos de hábitats de interés comunitario.

Las recomendaciones de la Comisión (European Commission, 2006; Simón, 2009), que siguen en gran medida las propuestas de la IUCN (2012), pueden ser resumidas como sigue:

El **Área de distribución** se describe como la envolvente de las áreas verdaderamente ocupadas, pero delimitada con suficiente precisión como para poder detectar cambios en el periodo entre informes (6 años). El **Área de Distribución Favorable de Referencia** (ADFR) es la que incluye todas las variaciones ecológicas importantes del hábitat para una determinada región biogeográfica y es lo suficientemente grande como para permitir la supervivencia del hábitat a largo plazo. Debe ser, por lo menos, la que existía (en cuanto a superficie y configuración) en el momento en que entró en vigor la Directiva; si el área de distribución era insuficiente para permitir un estado favorable, la referencia debe ser más extensa.

Finalmente, la **Superficie Favorable de Referencia** (SFR) es la mínima necesaria, dentro de una determinada región geográfica, para asegurar la viabilidad a largo plazo de un tipo de hábitat; debe ser, por lo menos, la que abarcaba cuando la Directiva entró en vigor.

Con respecto a la **Estructura y Función**, la Comisión propone elegir, en cada caso, variables (indicadores) que reflejen adecuadamente la estructura o las funciones básicas de cada tipo de hábitat y estructurar sus posibles valores en tres categorías: favorable, desfavorable-inadecuado y desfavorable-malo. Los indicadores pueden ser obligatorios o recomendados.

Con respecto a las **especies típicas**, cuya elección no es en absoluto baladí, porque como hemos señalado condiciona la evaluación del estado de conservación del hábitat, resulta sorprendente que la Comisión Europea no las defina. Sin embargo, sugiere *“especies que son inseparables del hábitat, distintas de las que sirven para definirlo”*. En sus notas explicativas y directrices y en la transcripción que de ellas se ha hecho al caso español (European Commission, 2006; Simón, 2009) sólo se ofrecen algunas recomendaciones para tal tarea:

- Deben ser buenas indicadoras de la favorable calidad del hábitat (por ejemplo, especies “paraguas”) y sensibles a cambios en el nivel de esa calidad.
- Debe ser posible detectarlas por medios no destructivos y de coste mínimo.
- La lista de especies elegidas debiera permanecer estable a medio-largo plazo.
- El grado de flexibilidad en la elección está condicionado por la necesaria consistencia del proceso entre Estados.
- Las especies características del Manual de Interpretación (EUR-27) pueden ser empleadas si cumplen los criterios anteriores.

La Comisión señala que el seguimiento poblacional de las especies típicas no debe ser necesariamente muy intensivo: sólo se trata de asegurar el estado de conservación favorable de la especie en el conjunto del tipo de hábitat, no en cada comunidad o LIC-ZEC particular.

La elección de las especies típicas de cada tipo de hábitat de interés comunitario debe ser comunicada por cada Estado miembro a la Comisión, de acuerdo con lo establecido por el art. 17 de la Directiva 92/43/CEE. Además, se insta a los Estados a que se coordinen en ese sentido para asegurar la homogeneidad y compatibilidad de sus decisiones a escala de toda la Unión Europea.

Como consecuencia de la complejidad del proceso y de la necesidad de coordinación entre las Comunidades Autónomas, el Gobierno de España, a través de su Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2009), abordó la tarea de elaborar una ficha para cada tipo de hábitat de interés comunitario. Con ellas se pretendía revisar su definición y descripción, su distribución geográfica y caracterización ecológica, los procedimientos para la evaluación de su estado de conservación y las recomendaciones para su conservación, entre otras cosas. La elaboración de las fichas fue encargada a diversas Sociedades Científicas españolas, con colaboración de todas ellas en cada una. En concreto, las de carácter herbáceo (Grupo 6) fueron coordinadas por la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP), con revisión de la Asociación Española de Ecología Terrestre (AEET) y colaboración de otras Sociedades, con la excepción de la 6310 (dehesas perennifolias de *Quercus* spp.), que fue coordinada por la AEET con revisión de la SEEP. La idea es que las fichas pudiesen servir de guías para la labor de gestión, conservación, recopilación de datos y seguimiento que obligadamente deben desempeñar las Comunidades Autónomas.

¿CÓMO SE MIDE EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA DEHESA? LA VERSIÓN OFICIAL

La dehesa típica española se corresponde con el tipo de hábitat de interés comunitario 6310 (dehesas perennifolias de *Quercus* spp.). EUR27 (European Commission, 2007) indica, como características esenciales, las siguientes: “*Paisaje característico de la península Ibérica en el cual aparecen cultivos, pastos o matorral mesomediterráneo, en yuxtaposición o rotación, con una cubierta de bastante cerrada a muy abierta, de robles esclerófilos (Quercus suber, Q. ilex, Q. rotundifolia, Q. coccifera). Es un hábitat importante para rapaces, incluyendo la amenazada águila imperial ibérica (Aquila adalberti), la grulla (Grus grus), grandes insectos y sus predadores y el amenazado lince ibérico (Lynx pardinus).* 2) *Plantas: Quercus suber, Q. ilex, Q. rotundifolia, Q. coccifera*”.

La ficha del tipo de hábitat 6310 (Díaz y Pulido, 2009) pone de manifiesto que está presente sólo en la Región Biogeográfica Mediterránea. La superficie ocupada se estima en 1.549.092,20 ha y la incluida en LIC, en 486.128,30 ha (31,4% del total). De ella, un 48,47% corresponde a Extremadura (lo que creemos le confiere una especial responsabilidad en su gestión y conservación, así como en las

propuestas de seguimiento), un 26,79% a Andalucía; un 12,10% a Castilla y León; un 11,01% a Castilla – La Mancha y un 1,61% a Madrid. Se proponen tres tipos, o variantes ecológicas de dehesas: a) las meridionales de encina, termo- y mesomediterráneas, con buena producción de bellota, b) las septentrionales de encina, supramediterráneas, con escasa producción de fruto y c) las de alcornoque y paisajes adehesados de media montaña.

Con respecto a los criterios de evaluación del estado de conservación, Díaz y Pulido (2009) proponen los siguientes:

- a. **Área de distribución:** se estima en 470.000 ha, la de los pastizales privados en el área de distribución potencial, en 1992. Los autores la consideran estable porque en el periodo evaluado (1950-1990) no ha habido cambios significativos en la propiedad de la tierra, aunque luego señalan que sí en sus usos. La superficie abarcada en el área de distribución (ocupada) en 1992 la estiman (criterio de experto) en 250.000 ha y estiman una reducción de un 20% en el periodo 1950-1990, por causas humanas. Estiman el ADFR en 470.000 ha.
- b. **Estructura y función.** Proponen las siguientes variables y valores de referencia:
 - b.1. Estructura de la población de árboles (distribución espacial y estructura de tamaños a escala de finca y su variabilidad en función del uso local del suelo bajo los árboles: cultivo, pastizal, matorral. OBLIGATORIA. Se mide el diámetro de los árboles a 1,3 m (DBH) y se ve la estructura de la distribución. Transectos aleatorios de 20 m de ancho, hasta incluir 50 pies de > 5 cm. Favorable: distribución regular y porcentaje de árboles jóvenes (0-15 cm) igual o mayor que adultos. Se mide en todas las fincas Natura 2000 cada 5 años
 - b.2. Cobertura de arbustos por especies. OBLIGATORIA. 10 círculos de 5 m de radio a lo largo de los transectos ya descritos. Favorable: cobertura de arbustos > 20%, y > 50% en al menos 1/3 de transectos. Se mide cada año en un subconjunto de fincas (50% al azar).
 - b.3. Reclutamiento temprano de plántulas. OBLIGATORIA. Conteo de plántulas en los círculos descritos con anterioridad. Favorable: plántulas en > 50% de transectos y densidades > 10 veces superiores a árboles adultos. Se mide cada año en un subconjunto de fincas (50% al azar).
 - b.4. Producción de semillas y pérdidas predisersivas. RECOMENDADA. Se estima la producción de bellotas sanas, abortadas y afectadas por

depredadores predispersivos. Se estima sobre copa en los 50 árboles de cada transecto.

- b.5. Supervivencia de semillas dispersadas y plántulas. RECOMENDADA. Se dispersan bellotas artificialmente y se ve si germinan o emergen. No mide directamente el estado de conservación de la dehesa, pero analiza posibles estados desfavorables.
- b.6. Índices de actividad de depredadores postdispersivos (ungulados y ganado). RECOMENDADA. Se hace un conteo de excrementos y hozaduras en los círculos descritos. No mide directamente el estado de conservación de la dehesa, pero analiza posibles estados desfavorables.
- b.7. Índices de abundancia de dispersantes (arrendajos y roedores). Arrendajos: estaciones de escucha. Roedores: bellotas roídas bajo 50 pies. No mide directamente el estado de conservación de la dehesa, pero analiza posibles estados desfavorables.
- c. **Especies típicas**. Proponen *Quercus ilex ballota* y *Quercus suber*. También los dispersantes clave de estos árboles: el arrendajo (*Garrulus glandarius*), y dos especies de roedores, *Apodemus sylvaticus* y *Mus spretus*. Finalmente, los depredadores de bellotas y plántulas: los ungulados silvestres, *Cervus elaphus*, *Sus scrofa*, *Capreolus capreolus*, *Dama dama*, y el ganado. En el Anexo I especies típicas la Sociedad Española de Biología de Conservación de Plantas (SEBCP), propone sólo *Linaria intricata*.

Díaz y Pulido (2009) auguran malas perspectivas para la dehesa por ausencia de regeneración, debida a ausencia de dispersantes y matorrales clave, ligadas a años de cargas ganaderas excesivas. La mortalidad del arbolado se incrementa por enfermedades y cambio climático. La superficie se reduce por transformación a urbanizaciones y grandes infraestructuras. La conversión a fincas de caza mayor implica pérdida de pasto herbáceo y quizás más regeneración (depende de cargas). Su evaluación del estado de conservación de la dehesa es la siguiente:

- Área de Distribución: Favorable
- Ocupación dentro del área de distribución: Desfavorable-inadecuada
- Estructura y función (incl. Esp. Típicas): Desfavorable-mala

La evaluación conjunta del estado de conservación de la dehesa (tipo de hábitat 6310) es: DESFAVORABLE-MALA

Sus principales recomendaciones para conservación son: a) prevenir cambios de uso y b) promover la regeneración natural del arbolado, para lo que recomiendan abandono del pastoreo durante 20 años. El coste (lucro cesante) se pagaría con subvenciones.

¿CÓMO SE MIDE EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA DEHESA? ALGUNAS SUGERENCIAS

El primer problema que se detecta a la hora de analizar los protocolos de estimación del estado de conservación del tipo de hábitat 6310 (dehesas perennifolias de *Quercus* spp.) es la insuficiente concreción de la definición. Se trata de un problema antiguo (Olea y San Miguel, 2006; Ezquerro, 2010) que impide estimar con precisión las superficies ocupadas, dificulta el establecimiento de estrategias y planes de gestión y conservación y ha afectado, incluso, a las dos variantes del Plan Español de Dehesas a las que antes hicimos referencia, que llegan a aportar definiciones diferentes. En todo caso, los elementos esenciales del sistema quedan claramente establecidos en la descripción de EUR27 (European Commission, 2007), que es la válida a efectos oficiales. A ellos se suma el hecho de que la dehesa queda incluida en el Grupo 6 del Anexo I de la Directiva, entre las formaciones herbosas, y no entre los bosques, lo que pone en evidencia su carácter eminentemente pastoral: “*pastoral-silvo-agrícola*”, como gusta decir nuestro compañero Leopoldo Olea (2010).

Un primer corolario de la descripción y ubicación del tipo de hábitat 6310 es que se trata de una etapa intermedia entre otros dos tipos de hábitats de interés comunitario: los majadales de *Poetalia bulbosae* del tipo 6220, que pueden tener cubierta arbolada o no, y los bosques de encinas (tipo 9340) y alcornoques, que normalmente no tienen un estrato de pastos ni continuo ni de calidad. Obviamente, esa situación debiera haber sido tenida en cuenta a la hora de elegir las variables y los valores más adecuados para estimar el estado de conservación de cada uno de los cuatro tipos de hábitats mencionados, lo que no parece haber sucedido con suficiente claridad. La dehesa es un sistema arbolado, pero su producción principal, la que le da carácter y sustenta sus elevadísimos niveles de biodiversidad es, precisamente, la

ganadería extensiva, algo que parece haber quedado “olvidado” en buena parte de la ficha que se ha descrito en el apartado anterior.

Con respecto a las variables utilizadas para la estimación del estado de conservación de la dehesa, aportamos algunos comentarios y sugerencias en cada uno de los tres apartados establecidos por la normativa que las regula:

a. **Área de distribución:**

Parece extraño que se estime en 470.00 ha, cuando las recomendaciones dicen que es la envolvente de las áreas ocupadas, que suman 1.549.092,20 ha (Figura 2). De igual modo, el Área de Distribución Favorable de Referencia (ADFR) debiera ser, como mínimo, la de distribución cuando entró en vigor la Directiva, que no ha sido estimada. En todo caso, debiera superar la de ocupación e incluir una representación equilibrada de los tres subtipos de dehesas descritos. Con respecto a la Superficie Favorable de Referencia (SRF), debiera ser, como mínimo, la ocupada al entrar en vigor la Directiva, es decir, 1.549.092,20 ha o, si se estima que sólo la ocupada en los Lugares de Interés Comunitario, al menos de 486.128,30 ha, con una representación equilibrada de los tres subtipos descritos.

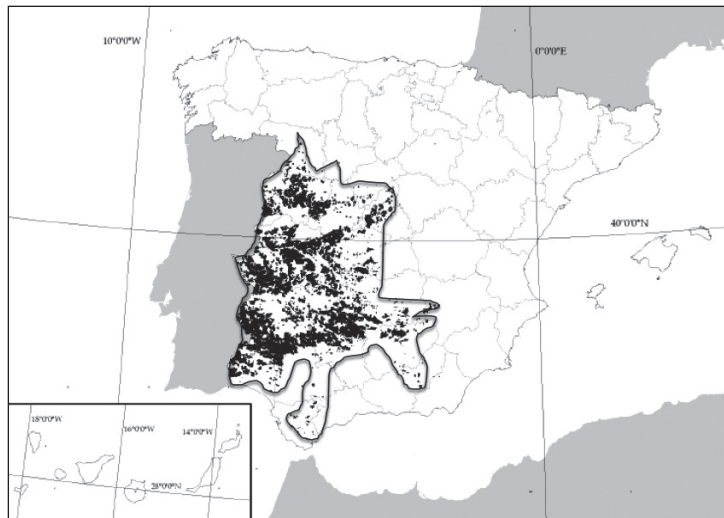


Figura 2. Superficie ocupada por el tipo de hábitat 6310 (manchas dispersas) y área de distribución (línea envolvente). Elaborada a partir de datos del Atlas de Hábitats de España de 2005 (Díaz y Pulido, 2009)

Con respecto al área ocupada, al igual que se hizo en el Plan Español de Dehesas (Barba *et al.*, 2008), convendría establecer unos límites de cobertura del arbolado (5% a 60%) y de pendiente (inferior al 25%) para estimar con cierta precisión y costes razonables, mediante ortofotografía y modelos digitales del terreno, las variaciones interanuales. A nuestro juicio, se podría emplear un muestreo estratificado (tres subtipos de dehesa) y con intensidad proporcional a la superficie que ocupa en cada uno de los LIC con representación de ese tipo de hábitat.

b. Estructura y función.

Parece poco razonable que, habiendo sido descrita la dehesa como un pastizal arbolado, no aparezca en este apartado ninguna variable referente al ganado o al pastoreo y, en menor medida, al cultivo eventual, que también aparece mencionado expresamente en la descripción de EUR27 (European Commission, 2007). Si desaparece el ganado y el pastoreo, desaparece la dehesa y, con ella, toda su biodiversidad y sus servicios de abastecimiento, regulación y culturales. El ganado extensivo y el ganadero son, en ese sentido, las piedras angulares (*keystone*, en terminología ecológica), “especies-clave” (*key-species*) e ingenieros de ecosistemas (*ecosystem engineers*) de este tipo de hábitat.

La actividad ganadera podría ser estimada a tres escalas: a) mediante los censos de ganadería extensiva de los términos municipales con representación del tipo de hábitat; b) mediante la evolución de los censos de razas-clave en la dehesa, como el cerdo ibérico que aprovecha la montanera, la oveja merina o la vaca retinta en los términos municipales o las comarcas con representación de dehesa y c) mediante el análisis de esos censos a escala finca, obviamente empleando un muestreo estratificado con intensidad determinada por el presupuesto disponible. También sería conveniente, si no necesario, analizar la evolución de los sistemas de ganadería extensiva (especies, razas, sistemas: orientación, suplementación, trashumancia) en las comarcas con representación de dehesa.

Con respecto al arbolado, ya hemos señalado que, a nuestro juicio, la primera variable a contemplar debiera ser la fracción de cabida cubierta (Fcc), o cobertura de las copas de los árboles, seguida por la densidad de pies, ambas fácilmente medibles sobre ortofotografías, con un coste muy moderado. La medición de diámetros, aunque interesante, aporta menos información y, sobre todo, resulta muchísimo más cara, porque requiere muestreo en campo. Quizás, en ese sentido, se pudieran utilizar

las parcelas de los Inventarios Forestales Nacionales, que ya son medidas con periodicidad más o menos fija y no suponen coste adicional. Por ese mismo motivo, creemos que los muestreos orientados a estimar la regeneración natural en las dehesas (que, coincidiendo con Días y Pulido (2009), consideramos imprescindibles) no deben apoyarse en transectos hechos a pie con conteo de individuos (muestreo caro y necesariamente de detalle, en una o varias partes de una finca), sino en itinerarios de decenas de kilómetros, en vehículo a motor, considerando grados o rangos de regeneración y apoyados en fotografías digitales; muestreos de coste mucho menor y que describen razonablemente bien la situación en comarcas más o menos grandes. Los datos de los Inventarios Forestales Nacionales también pueden aportar una información valiosa y sin coste adicional sobre esta variable.

Para finalizar con los aprovechamientos de la dehesa, creemos que resulta imprescindible analizar la evolución de los cultivos, que son mencionados expresamente por EUR27 (European Commission, 2007). El seguimiento de su ocupación se puede hacer con facilidad y un coste asumible mediante ortofotografías. La de los tipos de cultivos, simplemente por encuestas a propietarios y casas de semillas.

Con respecto a la cobertura de matorral, queremos hacer dos reflexiones. La primera es que la historia de la dehesa es la historia de la lucha del hombre, su fuego, su arado y su ganado para eliminar el matorral invasor y estabilizar los estratos arbóreo claro y herbáceo continuo y de calidad. La segunda es que no se debe confundir el tipo de hábitat dehesa (6310) con el bosque de encinas (9340) o el de alcornoques (9330). En ese sentido, aunque el matorral puede contribuir a mejorar las posibilidades de dispersión y establecimiento del regenerado del estrato arbóreo, su presencia con cierta cobertura constituye un indicador claro de abandono en la gestión ganadera de la dehesa y, por consiguiente, de pérdida de una estructura y unos procesos que son esenciales para mantener su identidad, su biodiversidad y sus servicios. La reactivación de la sucesión ecológica y la conversión a bosque pueden ser considerados favorables, pero nunca desde la perspectiva de la conservación de la dehesa.

Para terminar con los indicadores de estructura y función, creemos que el problema de la falta de regeneración del estrato arbóreo de la dehesa no es tanto de ausencia o escasez de dispersores secundarios (arrendajos o micromamíferos), de abundancia de predadores predispersivos (coleópteros o lepidópteros) o de un estrato

de matorral más o menos disperso sino, sobre todo, y muy claramente, de aprovechamiento ganadero. El ganado se come los brinzales. Así de claro. Durante las últimas cinco décadas se han producido bruscos cambios de modelos de gestión que han hecho que la regeneración del arbolado, que antes se conseguía con cierta dificultad, pero se conseguía, ahora ya no se alcance en muchos casos. La casi total desaparición de la trashumancia, los cambios en especies y razas ganaderas y en modelos de gestión, el abuso de la suplementación y el fomento, mediante subvenciones, de cargas ganaderas manifiestamente insostenibles han llevado al sistema a una situación de difícil retorno. Creemos que la solución no está en incrementar los dispersores secundarios, ni en reducir los predadores predispersivos ni en incrementar la superficie de matorral, sino en ordenar (mediante ordenación forestal) la espesura (densidad y tamaño) y la edad del arbolado. Y ello, desgraciadamente, no se puede conseguir hoy con acotamientos, que son inviables por su coste, porque no son asumidos por los propietarios y porque conllevan la desaparición de los pastos de calidad, sino con una estrategia de plantación y protección que perpetúe el monte arbolado con espesura defectiva y diversidad de edades y dotaciones genéticas que debe ser la dehesa (Montes *et al.*, 2007)

c. Especies típicas.

El establecimiento de especies típicas para la dehesa no resulta tarea fácil. Sus especies arbóreas tienen valencias ecológicas excesivamente amplias y no son buenas indicadoras del estado de calidad favorable del hábitat. Algo parecido sucede con el arrendajo y los micromamíferos, que son especies muy comunes en todos los ámbitos forestales; y con los ungulados salvajes, que no están especialmente ligados a la dehesa. Por otra parte, aunque el águila imperial y el lince ibéricos son especies paraguas y están relativamente ligadas a la dehesa, creemos que emplearlas para medir el estado de conservación de ésta resulta poco razonable. En ese sentido, podrían ser incluidas la grulla (*Grus grus*), muy ligada a la dehesa, y la carraca (*Coracias garrulus*), también estrechamente ligada a ese tipo de hábitat y consumidora de grandes invertebrados, como señala EUR27 (European Commission, 2007). Del mismo modo, podrían ser incluidos algunos insectos coprófagos, como sugiere el CIBIO en el Anexo 1 de la ficha de Díaz y Pulido (2009), aunque en este caso el problema lo plantea el difícil seguimiento de sus poblaciones.

Por otra parte, como dijimos con anterioridad, parece lógico que las especies típicas estén relacionadas con los procesos básicos que modelan la estructura y el funcionamiento del sistema y, en concreto, con el pastoreo extensivo. En ese sentido, aunque no sean especies silvestres, sugerimos tres: en primer lugar, el cerdo ibérico de montanera, que presenta el inconveniente de estar menos ligado a las dehesas frías; en segundo, la oveja de raza merina pura y, en tercero, la vaca retinta, aunque las dos últimas no están tan estrechamente ligadas a la dehesa como el cerdo ibérico.

Para finalizar, tenemos que hacer mención a otras dos figuras imprescindibles para la conservación de la dehesa y también amenazados, de acuerdo con los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2012): el ganadero extensivo profesional a tiempo completo, que probablemente encajaría en la categoría de Vulnerable, porque subpoblación ha experimentado una reducción observada, estimada, inferida o sospechada $\geq 50\%$ en las últimas tres generaciones, y, sobre todo, el pastor profesional (Olea, 2010), que estaría en peligro crítico de extinción, porque su población ha experimentado una reducción observada, estimada, inferida o sospechada $\geq 90\%$ en las últimas tres generaciones. Esperemos que, aunque no se trate de especies silvestres, también en ambos casos seamos capaces de evitar su desaparición, que sería catastrófica no sólo para la dehesa sino para todos los sistemas pastorales españoles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA B. Y DÍAZ PINEDA F. (2012) Bosque y matorral esclerófilo. En: Montes C., Santos F. y Benayas J. (eds.). *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio en España. Informe de resultados*. Disponible en: <http://www.ecomilenio.es/wp-content/uploads/2012/03/05-Bosque-y-matorral-escler%C3%B3filo-web.pdf>. Acceso febrero 2013.
- ALEJANO R., DOMINGO J.M. Y FERNÁNDEZ M. (Coord.) (2011) *Manual para la gestión sostenible de las dehesa andaluzas*. Huelva, España. Foro para la Defensa y Conservación de la Dehesa “Encinal” y Universidad de Huelva.
- BARBA L., CARRETERO J.M., GARCÍA A., GARCÍA J., LÓPEZ A., MAINER C., OLEA L., PALACIOS E., RUIZ E., SAN MIGUEL A., SERRADA R., SOLANO J.M. Y VELASCO A. (2008) *Plan Español de Dehesas*. Madrid, España. Ministerio de Medio Ambiente, M.R. y M.
- BLONDEL J. (2006) The ‘Design’ of Mediterranean landscapes: a millennial story of humans and ecological systems during the historic period. *Hum. Ecol.*, 34: 713-729.

- CABALLERO R., FERNÁNDEZ F., PÉREZ-BADÍA R., MOLLE G., ROGGERO P.P., BAGELLA S., D'OTTAVIO P., PAPANASTASIS V., FOTIADIS G., SIDIROPOULOU A. Y ISPIKODIS I. (2009) Grazing systems and biodiversity in Mediterranean areas: Spain, Italy and Greece. *Pastos* XXIX(1): 9-152.
- CARMONA C., SILVA M., MOREIRA A.C. SEITA I., ONOFRE N AMBROSIO A. (2009) Montados. En: Pereira H.M., Domingos T., Vicente L. y Proença V. (eds.) *Ecossistemas e Bem-Estar Humano em Portugal*, pp: 251-293. Lisboa, Portugal. Escolar Editora. Disponible en: http://ecossistemas.org/ficheiros/livro/Capitulo_8.pdf. Acceso febrero 2013.
- CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA (2008) *Caracterización socioeconómica de la dehesa de Andalucía*. Sevilla, España. Junta de Andalucía.
- DELIBES M. (2004) La acción humana y la crisis de biodiversidad. En: Gomendio M. (ed.) *Los retos medioambientales del siglo XXI*, pp.23-38. Madrid, España. Fundación BBVA.
- DÍAZ M. Y PULIDO F.J. (2009) *6310 Dehesas perennifolias de Quercus spp.* En: Ministerio de Agricultura, A. y M.A. (ed.). Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitats de interés comunitario en España. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/red-natura-2000/6310_tcm7-24141.pdf. Acceso febrero 2013.
- EUROPEAN COMMISSION (2006) Assessment, monitoring and reporting under Article 17 of the Habitats Directive: Explanatory Notes and Guidelines. Disponible en: http://www.artdata.slu.se/filer/gybs/notes_guidelines_report_art17_final.pdf. Acceso febrero 2013.
- EUROPEAN COMMISSION (2007) Interpretation Manual of European Union Habitats. Disponible en: http://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/habitatsdirective/docs/2007_07_im.pdf. Acceso febrero 2013.
- EUROPEAN COMMISSION (2011) *The EU Biodiversity Strategy to 2020*. <http://ec.europa.eu/environment/nature/info/pubs/docs/brochures/2020%20Biod%20brochure%20final%20lowres.pdf>. Acceso febrero de 2013.
- EUROPEAN COMMISSION (2013) Natura 2000 Network. Disponible en: http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/index_en.htm. Acceso febrero de 2013.
- EZQUERRA F.J. (2010) De cómo las dehesas se confundieron con su nombre. Reflexiones sobre la génesis histórica de los sistemas adehesados. En: López-Carrasco *et al.* (eds) *Pastos: paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI*, pp: 535-552. Toledo, España. SEEP.
- EZQUERRA F.J. Y GIL L. (2008) *La transformación histórica del paisaje forestal en Extremadura*. Madrid, España. Ministerio de Medio Ambiente.
- FAO. (2012) *State of the World's Forests 2012*. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/016/i3010e/i3010e00.htm>. Acceso febrero de 2013.
- FERNÁNDEZ P., CARBONERO M.D. Y BLÁZQUEZ A. (Coord.) (2008) *La dehesa en el norte de Córdoba. Perspectivas futuras para su conservación*. Córdoba, España. Universidad de Córdoba.
- FERRER C., BARRANTES O. Y BROCA A. (2001) La noción de biodiversidad en los ecosistemas pascícolas españoles. *Pastos*, XXXI(2): 129-184.

- GÓMEZ-GARCÍA D., GARCÍA-GONZÁLEZ R. Y FILLAT F. (2009) Multifuncionalidad de los pastos herbáceos de montaña: hacia una interpretación multidisciplinar de los sistemas pastorales de Pirineo aragonés. En: Reiné R., Barrantes O., Broca A. y Ferrer C. (eds). *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp: 15-51. Huesca, España. SEEP.
- GÓMEZ SAL A. (2012) Agroecosistemas. En: Montes C., Santos F. y Benayas J. (eds.). *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio en España. Informe de resultados*. Disponible en: <http://www.ecomilenio.es/wp-content/uploads/2012/03/17-Agroecosistemas-web.pdf>. Acceso febrero 2013.
- HERRERA C.M. (2010) ¿Bosques? Los justos, gracias. *Quercus*, 295: 6-8.
- INE. (2012). *Proyecciones de población 2012*. Disponible en: <http://www.ine.es/prensa/np744.pdf>. Acceso febrero de 2013.
- IUCN (2012) *IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition*. Gland, Switzerland and Cambridge, UK. IUCN.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (2013) *Inventario Forestal Nacional*. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-forestal-nacional/>. Acceso febrero 2013.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (1999) *Estrategia Forestal Española*. Madrid, España. Ministerio de Medio Ambiente. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/montes-y-politica-forestal/estrategia-forestal-y-plan-forestal-espanol/efe.aspx>. Acceso febrero 2013.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2002) *Plan Forestal Español*. Madrid, España. Ministerio de Medio Ambiente. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/montes-y-politica-forestal/pfe_tcm7-30496.pdf. Acceso febrero 2013.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (2009) *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitats de interés comunitario en España*. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/red-natura-2000/documentos-claves-de-la-red-natura-2000/acceso_fichas2010-10-28_21.04.13.6872.aspx. Acceso febrero 2013.
- MONTES C.; SANTOS F. Y BENAYAS J. (2012) *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio en España. Informe de resultados*. Disponible en: <http://www.ecomilenio.es/informe-de-resultados-eme/1760>. Acceso febrero 2013.
- MONTES F., SAN MIGUEL A. Y RUBIO A. (2007) *La ordenación de masas irregulares aplicada a montes adhesionados*. Actas Reunión sobre Sistemas Silvopastorales. Plasencia, España. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Disponible en: http://www2.montes.upm.es/Dptos/DptoSilvopascicultura/SanMiguel/PUBLICACIONES/2006-2010/2007_La%20ordenaci%C3%B3n%20de%20masas%20irregulares%20aplicada%20a%20montes%20adhesa.pdf. Acceso febrero 2013.
- MONTSERRAT P. (2009) *La cultura que hace el paisaje*. Estella, España. Ed. La fertilidad de la tierra.
- NAVEH Z. Y CARMEL Y. (2004) The Evolution of the Cultural Mediterranean Landscape in Israel as affected by Fire, Grazing and Human Activities. En: Wasser, S.P. (Ed.)

- Evolutionary Theory and Processes: Modern horizons. Papers in Honour of Eviatar Nevo*, pp: 337-409. The Netherlands. Kluwer Academic Publishers.
- OLEA L. (2010) La dehesa. Reflexiones de un ganadero. En: López-Carrasco *et al.* (eds) *Pastos: paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI*, pp: 217-230. Toledo, España. SEEP.
- OLEA L. Y SAN MIGUEL A. (2006) The Spanish dehesa. A Mediterranean silvopastoral system linking production and nature conservation. *Grassland Science in Europe*, 11: 3-13.
- OPPERMANN R., BEAUFOY G. Y JONES G. (2012). High Nature Value Farming in Europe. Ubstadt-Weiher, Alemania. Verlag.
- OSE (2011) Sostenibilidad en España 2011. Disponible en: <http://www.sostenibilidad-es.org/sites/default/files/Informes/anuales/2011/sostenibilidadenespana2011.pdf>. Acceso febrero de 2013.
- PARACCHINI M.L., PETERSEN J.E., HOOGEVEEN Y., BAMPS C., BURFIELD I. Y VAN SWAAY C. (2008) *High Nature Value Farming in Europe*. Ispra, Italia. JRC-IES-EEA. Disponible en: http://agrienv.jrc.it/publications/pdfs/HNV_Final_Report.pdf. Acceso febrero 2013.
- PEDROLI B., VAN DOORN A., BLUST G., PARACCHINI M.L., WASCHER D. Y BUNCE F. (Eds.) (2007) *Europe's Living Landscapes*. Wageningen. The Netherlands. KNNV Publishing.
- PERVOLOTSKY A. Y SELIGMAN N. (1998) Role of Grazing in Mediterranean Rangeland Ecosystems. Inversion of a Paradigm. *Bioscience*, 48 (12): 1007-1017.
- PULIDO F. Y PICARDO A. (2010) Libro verde de la dehesa. Disponible en: http://www.uco.es/integraldehesa/images/stories/doc/Jornadas/libro_verde_dehesa.pdf. Acceso febrero 2013.
- ROBLES A.B. (2008) "En el conjunto de las Sierras Béticas", Pastos, Producción, Diversidad y Cambio Global. En: Fernández Rebollo P. et al. (eds.) *Pastos: clave en la gestión de los territorios. Integrando disciplinas*, pp: 31-51. Córdoba, España. SEEP-Junta de Andalucía.
- SEBASTIÀ M.T., DE BELLO F., PUIG L. Y TAULL M. (2008) Grazing as a factor structuring grasslands in the Pyrenees. *Applied Vegetation Science*, 11: 215-223.
- SIMÓN J.C. (2009) *Modelo descriptivo de ficha general*. En: Ministerio de Agricultura, A. y M.A. (ed.). Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitats de interés comunitario en España. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/red-natura-2000/modelo_tcm7-24203.pdf. Acceso febrero 2013.
- UNEP-FAO-UNFF (2009) *Vital Forest Graphics*. Disponible en: http://www.grida.no/res/site/file/publications/vital_forest_graphics.pdf. Acceso febrero 2013.
- VERA F.W.M. (2000) *Grazing Ecology and Forest History*. Wallingford, Oxon, UK. CABI Publishing.

DIFERENCIAS EN LA RIQUEZA GENÉTICA DE HONGOS Y BACTERIAS ENTRE DISTINTOS HÁBITATS PASCÍCOLAS DEL ENTORNO DEL MACIZO DE GORBEIA

Differences in Fungi and Bacteria Genetic Diversity between Different
Meadow Habitants in the Gorbeia Massif

M. ANZA HORTALÁ, I. MARTÍN SÁNCHEZ, I. MIJANGOS
AMEZAGA y C. GARBISU CRESPO

Departamento de Ecología y Recursos Naturales. Neiker-Instituto Vasco de I+D Agrario. C/
Berreaga, 1. 48160 Derio (Bizkaia). imijangos@neiker.net

Resumen: El pastoreo transterminante llevado a cabo tradicionalmente en el entorno del macizo de Gorbeia ha facilitado la presencia de extensos pastos, tanto a nivel montano como colino. Actualmente se reconoce la necesidad de proteger la alta biodiversidad que albergan estos ecosistemas, garante de los servicios ecosistémicos que nos brindan. En este contexto, uno de los objetivos principales del proyecto LIFE-SOILMONTANA (ref proyecto LIFE 10 NAT/ES/579) es el de potenciar prácticas agrarias que permitan mantener la funcionalidad de estos ecosistemas a través de la conservación de su biodiversidad. El objetivo de este trabajo fue conocer la riqueza de hongos y bacterias presente en el suelo en diferentes hábitats pascícolas, a nivel genético utilizando la técnica de PCR-DGGE. Los resultados revelaron diferencias en la riqueza genética tanto de bacterias como de hongos debidas al material parental (calizo *versus* silíceo), así como entre los hábitats analizados (helechal, pasto de montaña y pasto de valle). En general, los suelos calizos mostraron una mayor riqueza que los silíceos, tanto de hongos como de bacterias. Además, la diversidad genética fúngica fue más abundante en los helechales, mientras que los valores más altos de diversidad en el caso de las bacterias se obtuvieron en los pastos.

Palabras clave: pastos, comunidades microbianas, PCR-DGGE

Abstract: The traditional transtermitant grazing has led to the development of extensive grasslands in Gorbeia Natural Park (Northern Atlantic Spain) and surrounding valleys. It is most important to conserve their high biodiversity, which provides important ecosystem services. In this context, one of the main objectives of the LIFE-SOILMONTANA project (ref LIFE 10 NAT/ES/579) is to show the suitability of alternative agronomic practices, which promote ecosystem services provided by these pastures through the conservation of their biodiversity, especially soil biodiversity. The aim of this study was to compare the genetic diversity of bacteria and fungi in soils of different pasture habitats (bracken, valley grasslands and mountainous grasslands) through the PCR-DGGE technique. In general, independently of the habitat type, both fungal and bacterial diversity was higher on calcareous soils, in comparison with siliceous soils. Regarding the effect of habitat type, fungi were more diverse in bracken, while grasslands showed the highest values of bacterial genetic richness.

Keywords: grassland, microbial communities, PCR-DGGE

INTRODUCCIÓN

El pastoreo transterminante llevado a cabo tradicionalmente en el entorno del macizo de Gorbeia ha facilitado la presencia de extensos pastos, tanto a nivel montano como colino. Actualmente se reconoce la necesidad de proteger la alta biodiversidad que albergan estos ecosistemas, como garantía de los servicios ecosistémicos que nos brindan. En este contexto, este estudio se engloba dentro de proyecto LIFE-SOILMONTANA (ref LIFE 10 NAT/ES/579) que tiene como principal objetivo el de potenciar prácticas agrarias que permitan mantener la funcionalidad de los ecosistemas a través de la conservación de su biodiversidad. El suelo sobre el que se asienta cada pasto es de vital importancia para la conservación de la vida terrestre. Además de suponer un medio de crecimiento y hábitat para plantas y animales, el suelo alberga una gran variedad de microorganismos que son los responsables del 80-90% de su actividad biológica (Reichle, 1977). Esta actividad biológica es responsable de procesos tan importantes como la descomposición y reciclaje de nutrientes, fijación de nitrógeno, mantenimiento de la estructura, detoxificación de contaminantes, etc. En relación a los pastos, la actividad microbiana influye en su productividad, ya que son la base de la cadena detritívora creadora de nutrientes para las plantas (Bardgett *et al.*, 1997).

El objetivo fundamental del trabajo fue comparar la riqueza genética de bacterias y hongos entre diferentes hábitats incluidos en el proyecto (helechales, pastos de montaña y pastos de fondo de valle) asentados tanto sobre material calizo como silíceo. Para ello, se analizó la composición de las comunidades microbianas mediante técnicas de biología molecular no dependientes de cultivo (PCR-DGGE).

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se ubica en el entorno del Parque Natural de Gorbeia, siendo este el parque natural más grande de la CAPV (21016 ha). Ubicado en la divisoria de aguas cántabro-mediterránea está dividido entre los Territorios Históricos de Alava y Bizkaia.

Toma y procesamiento de muestras

Todos los muestreos de campo se llevaron a cabo en el verano de 2012, en un

plazo de 2 meses. Se tomaron muestras en tres tipos de hábitats: helechales (dominados por *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn); pastos de montaña (hábitats 6230 y 6170 según Directiva 92/43/CEE); y pastos de fondo de valle (hábitat 6510 según Directiva 92/43/CEE), asentados tanto sobre suelo calizo como sobre suelo silíceo, resultando un total de 6 combinaciones hábitat x suelo. De cada combinación/tratamiento se tomaron cuatro muestras (réplicas) en zonas espacialmente diferenciadas, compuestas cada una por 10 submuestras (cercanas entre sí) tomadas directamente con una sonda (10 cm de profundidad y 3 cm de diámetro). Una vez en el laboratorio, las muestras se tamizaron en fresco a través de un tamiz de 2 mm, eliminando los restos vegetales y congelaron a -20 °C hasta la extracción de ADN.

Extracción y amplificación del ADN de las comunidades microbianas (bacterias y hongos)

Para extraer el ADN se utilizaron 0,25 g de suelo fresco por muestra y se usó el kit comercial, PowerSoil™ (Mo Bio Laboratories Inc., California, USA), según las especificaciones del fabricante. La pureza del extracto se cuantificó por espectrofotometría (Nano Drop®, Spectrophotometer ND-1000).

La mezcla de amplificación del material genético se hizo en condiciones estériles, dentro de una campana de flujo laminar. Se utilizó 1µl de la solución con el ADN ya extraído de cada muestra tanto para la amplificación del fragmento específico de hongos como para el de bacterias. En el caso del estudio de la riqueza bacteriana, se emplearon 'primers' bacterianos universales (F968-GC; R1378) para la amplificación de un fragmento de unas 450 pb presente en el 16S del rDNA (Heuer *et al.*, 1997) de todas las bacterias presentes. Para el estudio de la riqueza fúngica el fragmento que se amplificó se compone de unas 390 pb y se encuentra en la región 18S del rDNA de todos los hongos. En este caso los 'primers' utilizados fueron fr1GC (up)-FF390 (down) (Vainio y Hantula, 2000). La mezcla para la reacción PCR, para 1µl de extracto, consistió en 1.5 µl de cada primer (10 µM), 12.5 µl de premix ExTaq® *Perfect real time* (TAKARA Biotechnology (Dalian) Co., LTD.) y 8.5 µl de agua ultrapura, obteniendo un volumen total de 25 µl. Las condiciones de la reacción para la amplificación de los fragmentos específicos de bacterias fueron una desnaturalización inicial a 94 °C (durante 30 s), 35 ciclos iguales de desnaturalización (92 °C durante 30 segundos) - alineamiento (55 °C durante 1min) - elongación (68 °C

durante 45 segundos), y una extensión final a 68 °C durante 5 min. Finalmente la temperatura se bajó a 10 °C. En el caso de la amplificación para el estudio de los hongos, las condiciones fueron las siguientes: un ciclo inicial (4 min) a 94 °C, 16 ciclos iniciales iguales (*i.e.*, desnaturalización a 92 °C durante 30 s - alineamiento (1 min a 55 °C y bajada de temperatura a 0.5 °C) - elongación a 72 °C durante 45 s) y 24 ciclos finales (*i.e.*, 92 °C durante 30 s y 47 °C durante 1 min).

Electroforesis en gel de gradiente desnaturalizante (DGGE)

Se realizó para separar el material genético amplificado perteneciente a cada especie. En el caso de las bacterias, los geles eran de acrilamida al 6% (Acrilamida:Bisacrilamida, 37,5:1) con un gradiente desnaturalizante de 35%-60% (donde el 100% corresponde a urea 7M y Formamida 40% v/v). En cada calle se cargaron 20 µl de producto PCR junto con 5 µl de buffer de carga, que migraron durante 15 h a 50 V (tras un pulso inicial de 10 minutos a 200 V).

Para analizar la riqueza fúngica se utilizaron geles de acrilamida al 8%, con un gradiente desnaturalizante de 40%-55% urea-formamida. La migración se realizó durante 16 h a 70 V, tras un pulso inicial de 200 V (10 minutos). En ambos casos la migración se realizó en un baño de TAE (Tris-acetato-EDTA) 1X a 60 °C. Una vez paralizada la electroforesis, los geles se tiñeron durante 40 min con SYBR® Safe DNA gel stain (Invitrogen) para hongos y con GelRed® Nucleic Acid Gel Stain (Biotium. Inc.) para bacterias. La imagen se capturó usando un transiluminador de luz UV (G:Box Syngene) y se analizó con el programa GeneSnap/GeneTools (Syngene. Synoptics Ltd Group).

A partir de los geles DGGE de hongos y bacterias, se contabilizó el número de bandas presentes como estima de su riqueza genética, ya que esta técnica permite separar secuencias nucleotídicas que se diferencian en tan sólo un par de bases (Jackson *et al.*, 2000).

Análisis estadístico

Tras comprobar la normalidad y homogeneidad de la varianza de los datos, se realizó una ANOVA de dos vías con el programa STATVIEW de Microsoft para comprobar interacciones entre el tipo de hábitat y el tipo suelo, seguido del test de Fisher para evaluar las diferencias entre tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 observamos los resultados obtenidos en la riqueza genética de hongos. Mediante la realización de una ANOVA de dos vías se descartó la existencia de interacción significativa entre el tipo de suelo (calizo o silíceo) y el tipo de hábitat (helechal, pastos de montaña y pastos de fondo de valle) ($p=0,18$). Independientemente del material parental subyacente, el número de bandas obtenido mediante la técnica de PCR-DGGE fue significativamente superior ($p<0,1$) en las muestras de suelos de los helechales analizados con respecto a las muestras obtenidas en los pastos tanto de fondo de valle como de montaña. Entre estos dos últimos tipos de hábitats no hubo diferencias significativas en la riqueza genética de hongos.

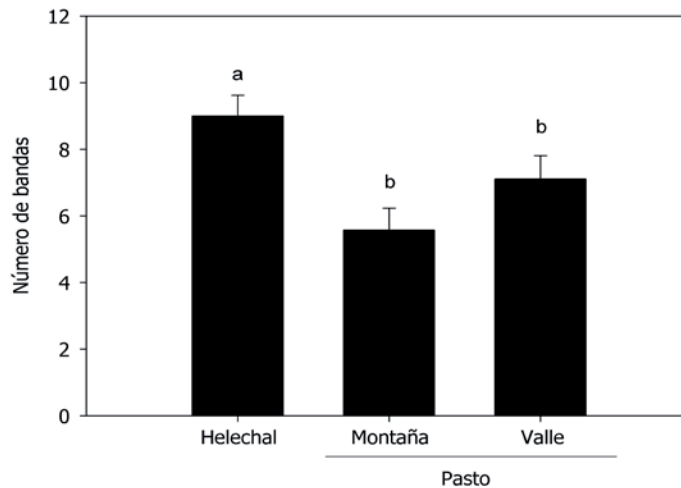


Figura 1. Riqueza genética de hongos en los hábitats estudiados, según el número de bandas obtenidos mediante PCR-DGGE. Las líneas verticales indican el error estándar.

La transición de pasto a helechal no sólo supone la consabida pérdida de valor pascícola, lógicamente indeseable para su aprovechamiento ganadero, sino que los cambios en la calidad de los restos vegetales que se generan (mayor ratio C:N y contenido en lignina) conllevan a su vez cambios en el suelo, consistentes frecuentemente en su acidificación acompañada de una disminución en el carbono y nitrógeno orgánico fácilmente disponibles, que se ha comprobado incrementan la abundancia relativa de actinomicetos (Potthast *et al.*, 2010). En nuestro caso, estas condiciones parecen estar favoreciendo la mayor riqueza genética de hongos en los helechales, lo cual pondría de manifiesto el valor de estos hábitats para la conservación de la diversidad fúngica. En cuanto a la relación entre los dos tipos de

material parental analizados, cabe decir que la riqueza genética fúngica fue significativamente superior en los suelos calizos con respecto a los suelos silíceos.

Los datos analizados correspondientes a la diversidad bacteriana sí mostraron una interacción significativa entre el tipo de suelo y los tipos de hábitats analizados. En la figura 2 se muestran los datos obtenidos en cada tipo de hábitat para los dos tipos de suelo. Así, en los datos obtenidos sobre suelos calizos, el número de bandas obtenidas fue significativamente superior en los pastos de fondo de valle, seguido de los pastos de montaña, obteniéndose los valores más bajos en los helechales (figura 2). Sobre suelos silíceos, los valores más altos de diversidad bacteriana se obtuvieron de nuevo en pastos (en esta ocasión de montaña), siendo los valores significativamente superiores a los de los pastos de fondo de valle.

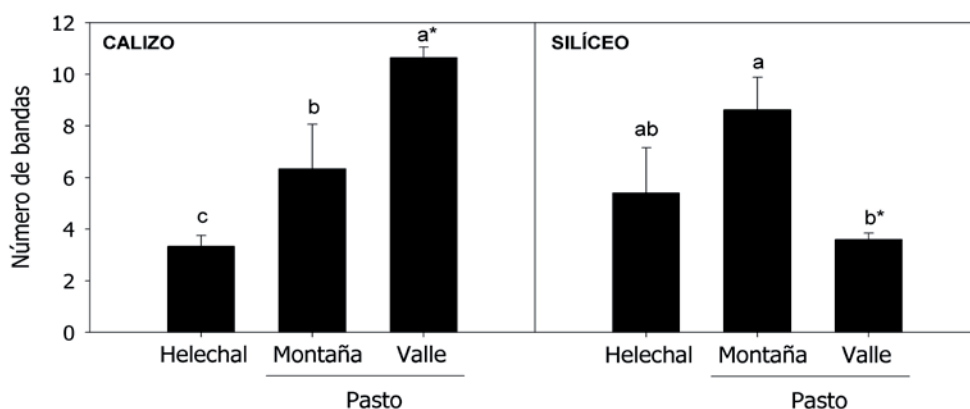


Figura 2. Diversidad genética de bacterias en los hábitats y suelos estudiados. Letras diferentes indican diferencias significativas entre hábitats, dentro de cada suelo, según el test de Fisher ($p < 0,1$). Los asteriscos indican diferencias significativas entre suelos, dentro de cada hábitat, según el test de Fisher ($p < 0,1$). Las líneas verticales indican el error estándar.

En relación al efecto del material parental, sólo se observaron diferencias significativas en la riqueza bacteriana en los pastos de valle, siendo los valores superiores sobre suelo calizo (figura 2), tal y como ocurría con los hongos. Los pastos calizos están considerados como una de las comunidades vegetales de mayor riqueza específica de la Europa templada (Kull y Zobel, 1991). Siguiendo esta línea, en nuestro estudio los suelos calizos mostraron una mayor diversidad botánica con respecto a los suelos silíceos (datos no mostrados), lo que conlleva una mayor diversidad de exudados radiculares y nichos ecológicos asociados, lo cual contribuiría a explicar la mayor diversidad microbiana hallada en los suelos calizos.

CONCLUSIONES

La riqueza genética de hongos y bacterias edáficas se mostró influenciada tanto por el tipo de hábitat (helechal, pasto de montaña, pasto de fondo de valle) como por el material parental subyacente. En general, independientemente del hábitat, los valores de diversidad genética microbiana (hongos y bacterias) fueron superiores sobre suelo calizo con respecto al suelo silíceo. En cuanto al efecto del tipo de hábitat, los hongos mostraron una mayor diversidad genética bajo helechales, mientras que los valores más altos de diversidad bacteriana se obtuvieron bajo pastos herbáceos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado con financiación de la UE, en el marco del proyecto Life-Soilmontana (LIFE10NAT/ES/579).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARDGETT R.D., LEEMANS D.K., COOK R. Y HOBBS P.J. (1997) Seasonality of the soil biota of grazed and ungrazed hill grasslands. *Soil Biology and Biochemistry*, 29, 1285-1294.
- COMISIÓN EUROPEA (1992) Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres (diario oficial nº L 206 de 22/07/1992).
- HEUER H., KRSEK M., BAKER P., SMALLA, K. Y WELLINGTON E.M.H. (1997) Analysis of actinomycete communities by specific amplification of genes encoding 16S rRNA and gel-electrophoretic separation in denaturing gradients. *Applied and Environmental Microbiology*, 63, 3233-3241.
- JACKSON C.R., RODEN E.E. Y CHURCHILL P.F. (2000) Denaturing gradient gel electrophoresis can fail to separate 16S rDNA fragments with multiple base differences *Molecular Biology Today*, 1, 49-51.
- KULL K. Y ZOBEL, M. (1991) High species richness in an Estonian wooded meadow. *Journal of Vegetation Science*, 2, 711-714.
- POTTHAST K., HAMER U. Y MAKESCHIN F. (2010) Impact of litter quality on mineralization processes in managed and abandoned pasture soils in Southern Ecuador. *Soil Biology and Biochemistry*, 42, 56-64.
- REICHLER D.E. (1977) The role of soil invertebrates in nutrient cycling. En: Lohm U. y Persson T. (eds) *Soil Organisms as Components of Ecosystems*, pp. 145-156. Estocolmo, Suecia: Ecological Bulletin.

VAINIO E.J. Y HANTULA J. (2000) Direct analysis of wood-inhabiting fungi using denaturing gradient gel electrophoresis of amplified ribosomal DNA. *Mycological Research*, 104, 927-936.

RESPUESTA DEL NITRÓGENO EN EL SUELO Y DE LAS POBLACIONES MICROBIANAS EDÁFICAS A LAS QUEMAS PRESCRITAS PARA MEJORA DE PASTOS PIRENAICOS

Response of Soil Microbial Populations to Prescribed Burnings in Pyrenean Grasslands for Ammelioration Purposes

L. SAN EMETERIO, L. MÚGICA, R. GUTIÉRREZ, A. JUARISTI,
J. PEDRO y R.M. CANALS

Dpto. Producción Agraria. Universidad Pública de Navarra. Campus Arrosadía s/n 31006 Pamplona (España) leticia.sanemeterio@unavarra.es, rmcansals@unavarra.es

Resumen: En el Pirineo Occidental tradicionalmente se han utilizado las quemas prescritas para controlar la biomasa herbácea y arbustiva y mejorar la calidad de los pastos que sufren procesos de matorralización. Aunque existe una amplia información sobre quemas prescritas en ambientes mediterráneos, realizadas con el objetivo de disminuir el riesgo de incendios descontrolados, se han realizado menos estudios sobre los efectos de las quemas prescritas en matorrales y pastos de ambiente más húmedos. En esta investigación evaluamos los efectos de tres quemas prescritas invernales en las poblaciones microbianas y el ciclo del nitrógeno del suelo de comunidades de matorral de *Ulex gallii* Planch. Las quemas se realizaron en marzo del 2012 según el procedimiento tradicional de pie a pie. Se recogieron muestras de los 10 primeros centímetros de suelo a los 4 días, a los 4 meses y a los 7 meses de la quema. Se analizó el contenido de N mineral, las actividades enzimáticas del suelo y se realizó un perfil fisiológico de las comunidades bacterianas. Las actividades microbianas, así como sus valores de diversidad, dependieron de un claro patrón estacional y los efectos indirectos de las quemas prescritas sobre las poblaciones microbianas fueron más importantes que los efectos directos debidos al posible choque térmico.

Palabras clave: CLPP, biolog, actividad enzimática del suelo, matorralización.

Abstract: In Western Pyrenees, prescribed fires are frequent practices to control shrub encroachment and grass necromass accumulation, and to improve grasslands invaded by shrubs. Although specific research has been done on the effect of prescribed fires in Mediterranean areas, planned to minimize the risk of wildfires, less is known on the environmental consequences of prescribed fires in humid temperate, highland communities. We evaluated the effects of three winter prescribed fires on soil microbial populations and soil nitrogen cycle of a *Ulex gallii* shrubland. Prescribed fires were performed in March 2012 following the traditional procedure of "shrub to shrub burning". We took samples from the top 10 cm of soil 10 days, 4 months and 7 months after burning. We analyzed N mineral contents, soil enzymatic activities, soil microbial biomass and the physiological profile of the microbiota (CLPP). Indirect effects of prescribed burnings on soil microbial populations were more important than immediate effects due to the potential thermal shock.

Keywords: CLPP, biolog, soil enzyme activity, prescribed fires, shrub encroachment

INTRODUCCIÓN

La disminución de los censos de ganado extensivo en los valles pirenaicos, la falta de pastores y el cambio en el manejo del ganado, están ocasionando una disminución de las cargas ganaderas en los pastos de altura y un aprovechamiento muy irregular de estas superficies, coexistiendo procesos localizados de sobrepastoreo con extensos fenómenos de acumulación de biomasa y matorralización (Lasanta y Vicente-Serrano, 2006). En la cultura pirenaica, existe una importante costumbre del uso del fuego como herramienta para mejorar el pasto, controlando el matorral y el exceso de biomasa no pastada en áreas de pasto seminatural. Esta práctica está plenamente arraigada y vigente en el Pirineo occidental, donde las quemadas controladas a un lado y otro de la frontera son muy frecuentes durante la época invernal (Ferrer y Canals, 2008).

Estas quemadas controladas se programan principalmente a final del invierno, cuando la vegetación aún está seca y el suelo húmedo, aumentando de esta manera su eficacia y disminuyendo el riesgo de expansión incontrolada de la quema. Como consecuencia, y en contraste con los fuegos estivales espontáneos, la intensidad del fuego y las temperaturas alcanzadas en estas quemadas prescritas son mucho menores por lo que el impacto sobre el suelo suele ser menor.

Aunque existe una amplia información sobre los efectos ambientales de las quemadas prescritas en ambientes mediterráneos, programadas para controlar la carga combustible y disminuir el riesgo de incendios descontrolados, pocos estudios se centran en la quema prescrita de matorral en ambientes húmedos, realizadas con el objetivo de mejorar los pastos. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de quemadas prescritas invernales en las poblaciones microbianas y el ciclo de nutrientes del suelo de un matorral montano de *Ulex gallii* Planch en el Pirineo Occidental.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio se localiza en el comunal del Valle de Aezkoa, en el Pirineo navarro. La precipitación media anual es de 1856 mm y la temperatura media de 9,3 °C. Las quemadas se realizaron en marzo del 2012 según el procedimiento tradicional de pie a pie en un matorral de *Ulex gallii*. En tres laderas situadas a 1100 m snm, se quemó un área de 15 m x 30 m, y se eligió un área adyacente de igual tamaño como zona no quemada. Entre ambas áreas y abarcando la mitad de cada zona se estableció un cercado de 15 m x 30 m para excluir el pastoreo, por lo que se

contaban con 4 parcelas de 15 m x 15 m por ladera (quemada pastada, quemada no pastada, no quemada pastada y no quemada no pastada). Se realizaron muestreos de suelo a los 10 días (abril), 4 meses (julio) y 7 meses (octubre) de la quema. Para ello, en cada parcela se recogió una muestra de los 10 primeros cm de suelo debajo de 3 arbustos diferentes y se mezclaron y homogeneizaron para formar una única muestra por parcela (12 muestras por fecha de muestreo).

Para determinar el contenido de N mineral se obtuvo un extracto en KCl 2M y se analizaron los contenidos en nitrato y amonio mediante un autoanalizador Braun+Luebbe. En muestras de suelo homogeneizadas y tamizadas a 2 mm, se cuantificaron las actividades enzimáticas de la glucosidasa y de la fosfatasa ácida (Taylor *et al.*, 2002) y se realizó un perfil fisiológico de las comunidades bacterianas (CLPP) mediante Biolog-EcoPlate™ (Garland, 1997). Las placas contenían, por triplicado, 31 sustratos con diferentes fuentes de carbono. Con los datos de las absorbancias de cada celda (abs_i) se calcularon el potencial catabólico global (*Average well color development*, $AWCD = \sum abs_i / 31$), la riqueza (como número de sustratos metabolizados, S), el índice de diversidad de Shannon-Wiener ($H = -\sum p_i (\ln p_i)$, donde $p_i = abs_i / \sum abs_i$) y el índice de equitatividad de Pielou ($E = H / \log S$).

El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico Statistix mediante un ANOVA con un diseño split-split-plot, con el fuego como factor principal, el pastoreo como subfactor, la fecha como sub-subfactor y la ladera como variable de replicación. Los datos se transformaron mediante raíz cuadrática cuando fue necesario normalizar los datos y mejorar la homogeneidad de las varianzas. Con los datos de las absorbancias de los 31 sustratos del CLPP se realizó un análisis de componentes principales mediante el programa Biodiversity R. Se realizó un diagrama de ordenación en el que se dibujaron, 1) las coordenadas de los suelos y de los sustratos, 2) las elipses de confianza para cada fecha, que indican donde se espera que aparezcan el 95% de los suelos de cada fecha, y 3) un círculo de equilibrio y los vectores de los sustratos que quedaron fuera del círculo de equilibrio lo que indica que contribuyeron significativamente a la ordenación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido al corto plazo de los muestreos realizados, no se encontró ningún efecto significativo del pastoreo sobre los parámetros edáficos estudiados, por lo que

aunque este factor se incluyó en el ANOVA, en este documento sólo se muestran los resultados de los efectos principales de la quema y la fecha y su interacción.

Los suelos quemados presentaron un mayor contenido de N mineral que los suelos no quemados. El incremento del amonio fue inmediato y se mantuvo a lo largo del tiempo, aunque no fue estadísticamente significativo (efecto quema $p = 0,1003$; efecto fecha $p = 0,6564$; interacción fecha x quema $p = 0,1330$), probablemente debido a la alta variabilidad de los datos y al bajo número de réplicas. El incremento del nitrato se detectó a los 4 meses de la quema (efecto quema $p = 0,1355$; efecto fecha $p = 0,0005$; interacción fecha x quema, $p = 0,0125$) (Figura 1). Estudios previos sobre quemas prescritas forestales, también describieron un incremento inmediato del amonio, seguido de un incremento del nitrato entre los 30 días y el año después de la quema. (DeLuca y Zouhar, 2000). Este aumento del N mineral se cree que es debido a la piromineralización del N orgánico y a la incorporación de cenizas en el suelo, que produce un pulso de amonio que es posteriormente nitrificado y se acumula en el suelo en forma de nitrato, probablemente debido al descenso de la absorción de nitrato por las plantas tras la quema.

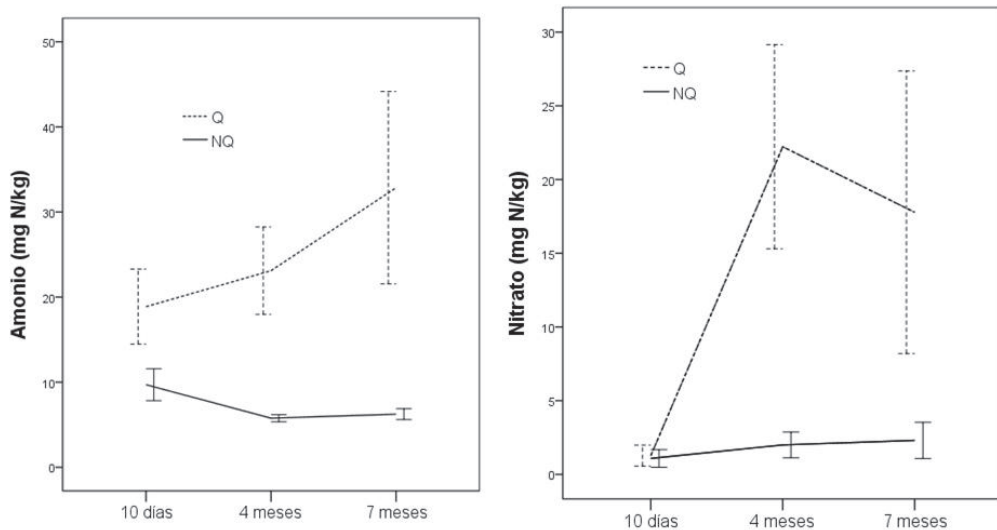


Figura 1. Evolución del contenido de N mineral en el suelo tras la quema prescrita. Línea continua: suelos no quemados, línea discontinua: suelos quemados. Las barras verticales representan el error estándar.

Las actividades enzimáticas estudiadas presentaron un claro perfil estacional, modelado por el efecto de las quemas (efecto fecha $p < 0,0001$ y $p = 0,0010$; efecto quema $p = 0,7038$ y $p = 0,6670$; interacción fecha x quema, $p = 0,019$ y $p = 0,036$ para glucosidasa y fosfatasa ácida, respectivamente). Las quemas prescritas no afectaron de modo inmediato las actividades enzimáticas estudiadas pero sí a su posterior evolución. En Suelo no quemados, el patrón estacional consistió en un aumento de la actividad hasta el verano, seguido de un descenso en otoño. La quema provocó que en los suelos quemados no se produjera este pico (Figura 2). En cambio, los patrones estacionales de la glucosidasa fueron similares en los suelos quemados y no quemados: ligero descenso hasta el verano seguido de un aumento en el otoño. Sin embargo el incremento producido después del verano fue mucho más importante en los suelos no quemados (Figura 2). Estos efectos retardados, probablemente se debieron a la eliminación de la cobertura vegetal por el fuego, y a los subsecuentes cambios en las condiciones microambientales del suelo. En los suelos quemados el contenido de agua fue menor y la oscilación térmica mayor (datos no presentados), debido a la falta de cobertura vegetal. Además, la eliminación de parte de la rizosfera activa en los suelos quemados y la subsecuente disminución del aporte de exudados radicales podría conducir a una reducción de la actividad microbiana

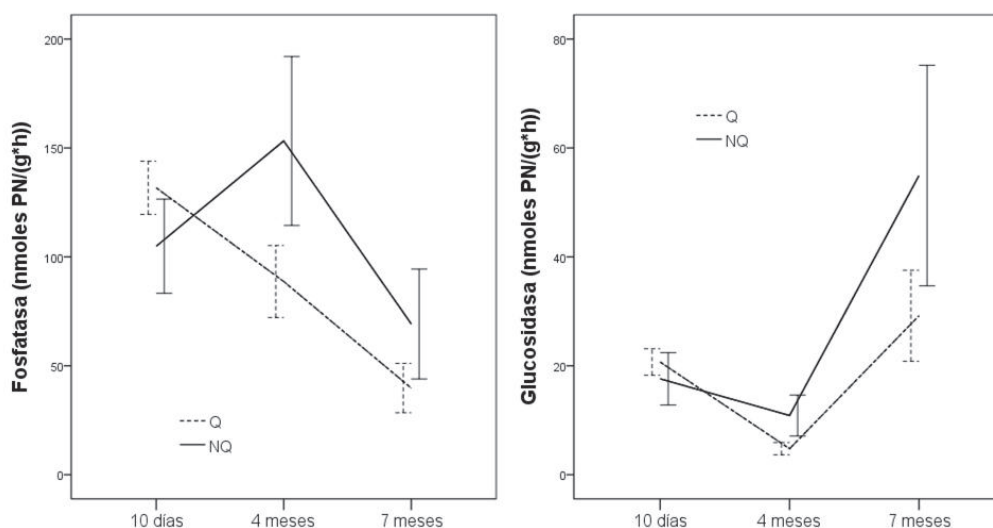


Figura 2. Evolución de la actividad enzimática del suelo después de la quema prescrita. Línea continua: suelos no quemados, línea discontinua: suelos quemados. Las barras verticales representan el error estándar.

No se encontraron efectos evidentes de la quema prescrita sobre el perfil fisiológico de las comunidades bacterianas del suelo, teniendo mayor influencia la variación estacional (Figura 3). Tanto el potencial catabólico global (AWCD), como la riqueza (S), el índice de Shannon (H) y la equitatividad (E) no se vieron afectados por la quema prescrita, aunque sí se encontró un efecto significativo de la fecha de muestreo ($p < 0,0001$, $p = 0,0002$, $p = 0,0013$, $p = 0,0125$, respectivamente). Todos los parámetros, tanto en suelos quemados como en no quemados, disminuyeron ostensiblemente en otoño a los 7 meses de la quema (Figura 3).

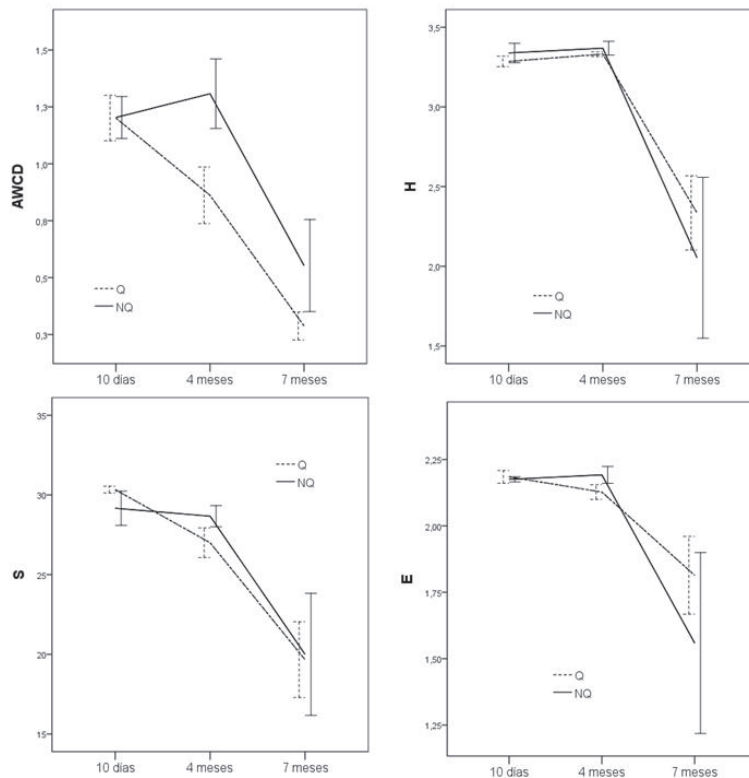


Figura 3. Evolución del potencial catabólico global (AWCD), diversidad (H), riqueza (S) y equitatividad (E) de las poblaciones microbianas del suelo tras la quema prescrita. Línea continua: suelos no quemados, línea discontinua: suelos quemados. Las barras verticales representan el error estándar.

El análisis de componentes principales de los datos de las absorbancias no agrupó los suelos quemados frente a suelos no quemados, pero sí diferenció entre fechas (las elipses de confianza de las tres fechas sufrieron escaso solapamiento

(Figura 4). El primer componente PC1 explicó el 62,87% de la variación mientras que el segundo componente PC2, el 10,57%. El primer eje separó los suelos muestreados en octubre (con un menor potencial catabólico global), frente a los muestreados en abril y julio, mientras que el segundo eje separó los suelos muestreados en abril de los suelos muestreados en julio. Al analizar los vectores de los sustratos que contribuyeron significativamente a la ordenación se puede observar que los suelos muestreados en abril se relacionaron con la utilización de los aminoácidos treonina y fenilalanina, la amina feniletilamina, y el carbohidrato eritritol, mientras que los suelos muestreados en julio se relacionaron con la utilización de los aminoácidos arginina y asparagina, los carbohidratos manitol y N-acetil-D-glucosamina, y los ácidos carboxílicos 4-hidroxibenzoico, D-galactónico-Q-lactona y D-glucosamínico.

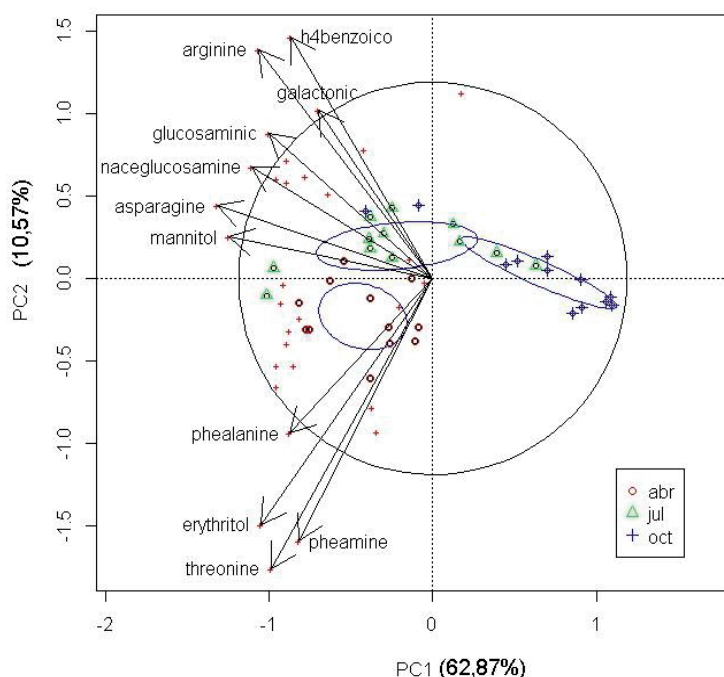


Figura 4. Análisis de componentes principales de los datos de absorbancia de Biolog-EcoPlate™ en tres fechas distintas (abril, a los 10 días de la quema; julio, a los 4 meses de la quema; y octubre, a los 7 meses de la quema).

CONCLUSIONES

Los efectos directos por posible choque térmico de la quema prescrita sobre el suelo fueron modestos, observándose un incremento inmediato en la disponibilidad de N, mientras que tanto la actividad como la diversidad microbiana no quedaron afectadas. Los efectos indirectos fueron más importantes, aunque de todos modos, los efectos estacionales observados en la actividad enzimática del suelo, en el potencial metabólico global, en la diversidad microbiana y en los patrones de utilización de sustratos fueron mayores que los efectos debidos a la quema prescrita.

AGRADECIMENTOS

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España (proyectos CGL2010-21963 y CGL2011-29746), y por el Programa Europeo POCTEFA (nº EFA34/08, FLUXPYR). Agradecemos a las autoridades locales su apoyo y su permiso para establecer las parcelas experimentales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DELUCA T.H. Y ZOUHAR K. L. (2000) Effects of selection harvest and prescribed fire on the soil nitrogen status of ponderosa pine forests. *Forest Ecology and Management*, 138(1-3), 263-271.
- FERRER V. Y CANALS R. M. (2008) *Proyecto de Ordenación de los Recursos Pascícolas Forestales del Monte Aezkoa nº1 del C.U.P.*
- GARLAND J.L. (1997) Analysis and interpretation of community-level physiological profiles in microbial ecology. *Fems Microbiology Ecology*, 24(4), 289-300.
- LASANTA T.Y VICENTE-SERRANO S. M. (2006) Factores en la variabilidad espacial de los cambios de cubierta vegetal en el Pirineo. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 32, 57-80.
- TAYLOR J.P., WILSON B., MILLS M.S. Y BURNS R.G. (2002) Comparison of microbial numbers and enzymatic activities in surface soils and subsoils using various techniques. *Soil Biology & Biochemistry*, 34(3), 387-401.

RELACIONES ENTRE INTEGRAL TÉRMICA Y FENOLOGÍA EN ESPECIES DE PASTOS DE PUERTO DEL PIRINEO CENTRAL

Relationships between Sum of Degree-Day and Phenogy in Summer Pasture Species of Middle Pyrenees

R. GARCÍA-GONZÁLEZ y D. GÓMEZ-GARCÍA

Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC), Avda. Nuestra Señora de la Victoria s/n, 22700 Jaca (Huesca), rgarciag@ipe.csic.es

Resumen: La integral térmica o suma de grados-día es un parámetro climático muy relacionado con el desarrollo vegetativo de las plantas. En diversos estudios, se han puesto de manifiesto relaciones específicas con el contenido en nutrientes (proteína y minerales), digestibilidad, contenido en fenoles y desarrollo morfológico de la planta. En este trabajo se aborda el estudio de las relaciones entre integral térmica y fenofases en especies de puertos pirenaicos, para evaluar su interés como posibles indicadoras de la calidad de dichos pastos. Se han utilizado datos fenológicos obtenidos en dos parcelas de muestreo situadas en cercados de exclusión de herbívoros en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido a 1950m de altitud. Los datos climáticos proceden de una estación cercana situada a 6 km de las parcelas. Ambos tipos de datos se han estimado para cada año desde 1993 a 2012. Se han establecido modelos lineales predictivos para las fenofases de varias especies pascícolas y del total de la comunidad. Aunque los ajustes de los modelos son débiles, cabría la posibilidad de mejorarlos aumentando el número de parcelas y los contactos por especie. Se subraya el interés de estos modelos para la gestión y ordenación de los pastos de puerto.

Palabras clave: fenofases, suma grados-día, Ordesa.

Abstract: Sum of degree-days (IT) is a climatic parameter closely related to the vegetative growth of plants. Particularly, specific relationships with digestibility, protein, mineral or phenol content, and morphological development have been shown. This paper addresses a preliminary study of the relationship between sum of degree-days and phenophases in Pyrenean pasture species, to gauge their interest as potential indicators of pasture quality. We used phenological data of species from two sampling plots located in herbivore exclusion fencing in Ordesa National Park at 1950m altitude. Climate data come from a nearby station located 6 km from the plots. Both types of data were estimated for each year since 1993 to 2012. Linear predictive models from snowmelt date and spring sum of degree-day were established for the phenophases of several species and for the total grassland community. Although the adjustments of the models are weak, it could be possible to improve them in the future by increasing sampling size of target species. We highlight the interest of these models for the use and management of Pyrenean summer pastures.

Key words: phenophases, snowmelt date, sum degree-days, Ordesa National Park.

INTRODUCCIÓN

La integral térmica (IT) o suma de grados-día a partir de una fecha preestablecida, es un parámetro climático que ha mostrado relaciones con fenómenos biológicos y ecológicos muy diversos, desde la concentración de alcaloides en *Delphinium barbeyi* (Ralphs *et al.*, 2002) hasta la proporción de ciervas de dos años que paren en Noruega (Langvatn *et al.*, 1996). La IT es un estimador de la cantidad de energía que ha recibido la vegetación durante un periodo de tiempo determinado y, por tanto, está relacionado con el desarrollo morfológico (Frank y Hofmann, 1989) y la ocurrencia de las fenofases (Jouglet *et al.*, 1982). El valor de la integral térmica suele ser específico para una fenofase y especie determinada, lo cual permite predecir y desarrollar modelos sobre su desarrollo vegetativo, producción y calidad, en función de parámetros climáticos (Haferkamp *et al.*, 2005).

Existe poca información sobre la relación entre IT y fenofases en especies de pastos alpinos (Jouglet *et al.*, 1982; Orlandi *et al.*, 2000). En este trabajo hemos explorado este tipo de relaciones en los pastos supraforestales del Pirineo Central, con el objetivo de averiguar si son útiles para predecir su estado fenológico y por tanto su calidad nutritiva (Frank y Karn, 1989).

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra en pastos de puerto de las comunidades *Bromion erecti* y *Nardion strictae* en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Aldezabal, 2001). Los datos proceden de muestreos realizados en dos parcelas de exclusión de herbívoros situadas en la zona de Cuello Arenas a 1950 m de altitud, establecidas en 1992 con el objetivo de averiguar los cambios en la composición florística como consecuencia del cese de pastoreo (Gómez-García y García-González, 2011). Doscientos contactos en transectos fijos, dentro de los cercados (ausencia de pastoreo) y otros 200 fuera (con pastoreo), fueron tomados a finales de julio de cada año desde 1992 hasta 2012 mediante el método del “line-intercept” en cada parcela, excepto el año 1999 que solo pudo realizarse un muestreo parcial. Además del nombre de la especie, se registró en cada contacto el estado fenológico de la planta según la siguiente escala: 1 estado vegetativo en crecimiento, 2 inicio de la floración, 3 plena floración (estambres visibles), 4 inicio de la fructificación, 5 fructificación

plena, 6 dehiscencia (fruto pasado), 7 sin fruto, inicio senescencia, 8 senescencia, 9 rebrote.

Para cada especie con porcentaje de abundancia media superior al 1%, se calculó el promedio de su estado fenológico (fenofase) en los muestreos anuales. Según Frank y Hofmann (1989), las fenofases de varias especies de la Pradera americana no fueron afectadas por la ausencia o presencia de pastoreo. En nuestras parcelas comparamos las fenofases de la misma especie dentro y fuera de los cercados de exclusión y no encontramos diferencias significativas en el 78% de los casos (pruebas U de Mann-Whitney), dependiendo de especies y años. Para eliminar la posible variabilidad debida al efecto del pastoreo, se decidió tomar solo los datos de dentro de los cercados (sin pastoreo).

La integral térmica para cada año se calculó a partir de la temperatura media diaria (suma de grados-día) de los datos procedentes de la estación del Refugio de Góriz (2215m) situada a 6 km en línea recta de las parcelas. A pesar de la diferencia altitudinal, las temperaturas medias entre Refugio y parcelas son muy similares, debido a ligeras diferencias de orientación (datos inéditos). A partir de un “día de inicio” se sumaron las temperaturas medias cada año, teniendo en cuenta los valores negativos, y se retuvieron los valores alcanzados en determinadas fechas: 31 de mayo, 30 de junio, 31 julio (día de los muestreos) y 31 de agosto. Un aspecto conflictivo para la estimación de la IT es la determinación de la fecha base o día de inicio a partir del cual se procede a la suma de grados-día. En altitudes bajas o medias, se suele tomar la fecha a partir de la cual las temperaturas medias sobrepasan los 5° o 6° (según autores), que es cuando se considera que las plantas inician el periodo vegetativo (Kozuchowski y Degirmendzic, 2005). Sin embargo, por encima de 2000m el inicio de la estación vegetativa viene determinada por el deshielo del suelo y un umbral mínimo de la temperatura media del aire. El primero está limitado por la cobertura de nieve, de tal forma, que los trabajos en ambientes alpinos consideran como fecha de inicio para el cálculo de la IT, la fecha de fusión de nieve (FFN) en la zona de estudio (Jouglet *et al.*, 1982; Orlandi y Clementel, 2000; Theurillat y Schlüssel, 2000). A partir de los datos de la misma estación de Góriz se estimó la FFN de cada año según el siguiente criterio: cuando después de la fusión de la nieve primaveral (espesor de nieve igual a cero), la temperatura media del aire sobrepasa de forma persistente (varios días seguidos) los 5°C. Este criterio se introduce para descontar pequeñas nevadas primaverales tardías y ocasionales. Para el año 1992 no

hubo datos disponibles del espesor de nieve, por lo que los registros se tomaron a partir de 1993.

Para el tratamiento de los datos se han utilizado correlaciones y regresiones lineales paramétricas, y no-paramétricas cuando las variables no superaban el test de normalidad. A efectos predictivos solo se han considerado aquellas regresiones que presentaban linealidad de las variables y de los residuales, linealidad en la relación entre variables e igualdad de las varianzas. Para los análisis estadísticos se ha utilizado el software IBM SPSS 15.0.

RESULTADOS

Como puede observarse en la Tabla 1, la FFN presenta bastante variación interanual, oscilando entre el 7 de abril (día 97) y el 9 de junio (día 160) en el periodo 1993 - 2012. La IT en diferentes fechas también presenta alta variabilidad, especialmente durante el periodo primaveral, para disminuir hacia el verano (ver valores de CV en tabla 1). La FFN y las IT en diferentes periodos están inversamente correlacionadas (Rho de Spearman entre -0,507 y -0,877) y las IT también están altamente correlacionadas entre sí (Rho de Spearman entre 0,627 y 0,955).

Tabla 1. Estadísticos básicos para la FFN (día de fusión de nieve) y la integral térmica (°C), para la fecha correspondiente, durante el periodo 1993-2012 (N=20). Datos de la Estación Refugio de Góriz (2215m). IC 95% intervalo de confianza al nivel de probabilidad del 95%, DT desviación típica, CV coeficiente de variación, EE error estándar.

	Media	IC 95%	DT	CV	EE	Mínimo	Máximo
FFN	128	8	17	0,13	4	97	160
31 de mayo	150	46	92	0,61	21	0	329
30 de junio	463	55	113	0,24	25	215	635
31 de julio	865	61	125	0,14	28	590	1063
31 de agosto	1273	69	147	0,12	33	927	1505

La FFN no ha presentado ninguna tendencia de adelanto o retraso en los últimos 20 años (Rho Spearman = -0,042; no signif.), y las ITs en diferentes fechas tampoco (Rho Spearman entre 0,31 y 0,37; no signif.).

En la Tabla 2 se expresan los valores estadísticos básicos de las regresiones entre FFN y fenofases. El valor predicho indica el día del año, en promedio, que

debería fundir la nieve, para que la especie en cuestión se encuentre en un estado de floración plena (fenofase 3) el 31 de julio (día del muestreo). Se muestran solo las especies que cumplen las condiciones expresadas en Métodos. El caso “Todas las especies” corresponde al valor medio del estado fenológico de todas las especies contactadas el día del muestreo y su valor predicho sería una estimación de la FFN promedio, para que la comunidad se encuentre en estado fenológico de plena floración (calidad óptima) a finales de julio.

Tabla 2. Valores estadísticos para las regresiones entre fenofases (X) y FFN (Y). R coeficiente regresión, B₀ intersección, B₁ pendiente, EB₁ error estándar de la pendiente, valor F del modelo. Valor predicho: FFN (día juliano) para alcanzar una fenofase de plena floración el 31 de julio. Interv. predic.: intervalo de predicción para la media al nivel del 95%. N=19.

	R	B ₀	B ₁	EB ₁	F	Signif.	Valor predicho	Interv. Predic.
<i>Agrostis capillaris</i>	0,579	144,5	-6,2	2	9,1	0,01	126	7
<i>Briza media</i>	0,572	151,2	-6	2,1	8,3	0,01	133	8
<i>Carex caryophylla</i>	0,511	140	-3,1	1,3	5,7	0,03	131	8
<i>Carex flacca</i>	0,757	145	-5,7	1,4	16,1	0	128	6
<i>Festuca nigrescens</i>	0,462	144,5	-4,2	1,9	4,9	0,04	132	8
<i>Plantago alpina</i>	0,642	167,4	-9,1	2,6	11,9	0	140	10
<i>Polygonum viviparum</i>	0,62	162,1	-6,8	2,2	9,4	0,01	142	11
<i>Trifolium montanum</i>	0,469	142,6	-4,6	2,1	4,8	0,04	129	8
Todas las especies	0,464	148,2	-5,8	2,7	4,7	0,05	131	8

En la Tabla 3 se muestran las regresiones entre la IT alcanzada el 31 de mayo y las fenofases de cada especie o de la comunidad (excepto para *Nardus stricta* y *Polygonum viviparum* cuyas regresiones son con la IT del 30 de junio, ya que presentaban un mejor ajuste). Al igual que en el caso anterior, el valor predicho sería la temperatura acumulada (IT) el 31 de mayo (o 30 de junio según la especie), necesaria para que las especies en cuestión se encuentren en plena floración (fenología 3) el 31 de julio.

Tabla 3. Valores estadísticos para las regresiones entre fenofase (X) e integral térmica del 31 de mayo (Y) para alcanzar una fenofase de plena floración el 31 de julio en varias especies (excepto las dos últimas (IT el 30 de junio). Significado abreviaturas igual que Tabla 2.

	R	B ₀	B ₁	EB ₁	F	Signif.	Valor predicho	Interv. Predic.
<i>Agrostis capillaris</i>	0,517	57,4	31,5	12,6	6,2	0,02	152	40
<i>Briza media</i>	0,688	0,6	39,4	10,1	15,3	0	119	39
<i>Carex flacca</i>	0,737	57,9	35,3	9,4	14,3	0	164	38
<i>Festuca nigrescens</i>	0,626	49,5	30,7	9,3	10,9	0	142	37
<i>Merendera montana</i>	0,588	284,8	-31,4	11,5	7,4	0,02	191	54
<i>Trifolium montanum</i>	0,458	74,4	24,5	11,5	4,5	0,05	148	41
Todas las especies	0,564	17,8	36,1	12,8	7,9	0,01	126	43
<i>Nardus stricta</i>	0,494	226,8	50,6	21	5,8	0,03	379	89
<i>Plantago alpina</i>	0,464	273	44,1	20,4	4,7	0,05	405	76

DISCUSIÓN

Se han utilizado las relaciones entre fenofases y FFN, IT del 31 mayo o IT del 30 junio para explorar las posibilidades de predicción de los modelos. Como se ha visto, la variabilidad de los parámetros climáticos es muy alta y no han presentado ninguna tendencia al incremento durante los 20 años de seguimiento. Otros estudios realizados en medios subalpinos y con manipulación experimental de la FFN, predicen una posible alteración de las relaciones de competencia entre especies como consecuencia del incremento de temperaturas debido al cambio climático (Dunne *et al.*, 2003).

Como puede apreciarse por los valores de R y F (Tablas 2 y 3), las relaciones entre parámetros climáticos y fenofases, aunque significativas, son bastante débiles. La significación aumenta con las ITs más próximas a la fecha de muestreo, pero la utilidad predictiva disminuye. La bondad de los ajustes de los modelos predictivos podría mejorarse aumentando el tamaño muestral por especie y año, dirigiendo los muestreos específicamente a las especies “diana” (aquellas cuya fenología ha presentado mejor correlación con los parámetros climáticos y que no conocíamos *a priori*). También, ampliando espacialmente el muestreo para representar mejor la fenología media de las especies en el puerto ó realizando los muestreos más cercanos a la estación climática. Otra posibilidad de mejora sería ensayando modelos no lineales, ya que algunas relaciones no consideradas, no cumplen la linealidad entre variables.

Sin embargo, el estudio demuestra que es posible establecer modelos predictivos entre fenofases de las especies de pastos de puerto y la FFN o la IT de fechas anteriores. Lo cual tiene un gran interés aplicado, ya que las fenofases y la propia IT están estrechamente relacionadas con la calidad nutritiva de las especies o y su palatabilidad (Frank y Karn, 1989; Orlandi y Clementel, 2000; Marinas y García-González, 2006). Poder predecir con suficiente antelación las condiciones de los pastos de puerto antes de la entrada del ganado, puede ayudar a la toma de decisiones en la ordenación y uso de las superficies pastorales (e.g. fechas y lugares para optimizar el pastoreo). Las relaciones mostradas reflejan condiciones medias y sería necesario tener en cuenta las variaciones espaciales en cada puerto en particular para obtener modelos más precisos. La FFN o las IT podrían actuar como covariables en los modelos espaciales o en información satelital relacionada con la productividad vegetal.

CONCLUSIONES

La FFN, que condiciona en gran medida el inicio del periodo vegetativo de las especies de pastos de puerto, muestra una gran variabilidad interanual, no habiéndose encontrado una tendencia clara al adelanto o retraso de la misma durante los últimos 20 años. Lo mismo puede decirse de las IT primaverales.

Se han establecido modelos lineales predictivos para las fenofases de varias especies pascícolas en pastos de puerto pirenaicos a partir de parámetros climáticos. Aunque los ajustes de los modelos son débiles, cabría la posibilidad de mejorarlos aumentando el número de parcelas y los contactos por especie. La profundización en el estudio de tales modelos es de gran interés para la gestión y ordenación de los pastos de puerto.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Federico Fillat y Jesús Revilla la ayuda prestada en la obtención de datos climáticos y mantenimiento de infraestructuras en la zona de estudio. Estudio financiado por los proyectos LTER-España ACI2008-0815, Parques Nacionales 018/2008, Plan Nacional CGL2010-21642 y LEDDRA FW7 ENV.2009.2.1.3.2.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDEZABAL A. (2001) *El sistema de pastoreo del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Pirineo Central, Aragón)*. Zaragoza: Publicaciones del Consejo Protección Naturaleza de Aragón. n° 28, 317 pp.
- DUNNE J.A., HARTE J. Y TAYLOR K.J. (2003) Subalpine meadow flowering phenology responses to climate change: integrating experimental and gradient methods. *Ecological Monographs*, 73, 69–86.
- FRANCK A.B. Y KARN J.F. (1989) Prediction of digestibility and protein from growing degree-days for crested and western wheatgrasses. *XVI International Grassland Congress*, 925–926. Nice, France.
- FRANK A.B. Y HOFMANN L. (1989) Relationship among grazing management, growing degreedays, and morphological development for native grasses on the Northern Great Plains. *Journal of Range Management*, 42, 199–202.
- GÓMEZ-GARCÍA D. Y GARCÍA-GONZÁLEZ R. (2011) Evolución de la estructura florística tras 18 años de exclusión del pastoreo en pastos subalpinos del P.N. de Ordesa y Monte Perdido. En: López-Carrasco C. *et al.* (eds). *Pastos, paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI*, pp 139–146. Madrid: SEEP.
- HAFERKAMP M.R., MACNEIL M.D. Y GRINGS E.E. (2005) Predicting Nitrogen Content in the Northern Mixed-Grass Prairie. *Rangeland Ecology & Management*, 58, 155–160.
- JOUGLET J.P., BERNARD-BRUNET J. Y DUBOST M. (1982) Phénologie de quelques espèces de pelouses subalpines du Briançonnais. *Fourrages*, 92, 67–90.
- KOZUCHOWSKI K. Y DEGIRMENDZIC J. (2005) Contemporary changes of climate in Poland: trends and variations in thermal and solar conditions related to plant vegetation. *Polish Journal of Ecology*, 53, 283–297.
- LANGVATN R., ALBON S.D., BURKEY T. Y CLUTTON-BROCK T.H. (1996) Climate, plant phenology and variation in age of first reproduction in a temperate herbivore. *Journal of Animal Ecology*, 65, 653–670.
- MARINAS M. Y GARCÍA-GONZÁLEZ R. (2006) Preliminary data on nutritional assessment of abundant species in alpine pastures of the Pyrenees. *Pirineos*, 161, 85–109.
- ORLANDI D. Y CLEMENTEL F. (2000) *Productive and qualitative characteristics of alpine pastures*. Current ISAF Research Publ. Range Management Div. Trento, Italia.
- RALPHS M.H., GARDNER D.R., TURNER D.L., PFISTER J.A. Y THACKER E. (2002) Predicting toxicity of tall larkspur (*Delphinium barbeyi*): measurement of the variation in alkaloid concentration among plants and among years. *Journal of Chemical Ecology*, 28, 2327–2341.
- THEURILLAT J.P. Y SCHLÜSSEL A. (2000) Phenology and distribution strategy of key plant species within the subalpine-alpine ecocline in the Valaisan Alps (Switzerland). *Phytocoenologia*, 30, 439–457.

DATOS SOBRE LOS PASTOS DEL VALLE DE EL PAULAR (SIERRA DE GUADARRAMA): MANTENIENDO RIQUEZA FLORÍSTICA Y USO TRADICIONAL

Data on Pastures in the Paular Valley Bottom (Sierra de Guadarrama):
Maintaining Floristic Richness and Traditional Use

G. MARTÍNEZ-SAGARRA, M. A. MINAYA, P. ALONSO, R.
CAPARRÓS, V. LUCÍA, D. ORGAZ y C. CEBOLLA

Dpto. Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. C/ Darwin, 2.
28049 Madrid (España) consuelo.cebolla@uam.es

Resumen: Se realizó un análisis florístico de los pastos de siega supramediterráneos del Valle de El Paular (sierra de Guadarrama, Sistema Central). La prospección periódica y exhaustiva durante 3 años consecutivos sobre una extensión de 1,9 ha aportó un contingente de 275 táxones de angiospermas, cifra que supone más del 20% de la flora total del valle. El análisis de los espectros taxonómico, biotípico y corológico revela una elevada riqueza de taxones. La presencia de especies poco frecuentes en el ámbito local o provincial confiere singularidad a estas comunidades. La importante representación eurosiberiana y el dominio del biotipo hemicriptófito indican la afinidad estructural de estos pastos con los más septentrionales de la Península Ibérica, confiriéndoles originalidad al ubicarse en la región mediterránea, donde son escasos y manifiestan un dinamismo altamente dependiente del factor hídrico. Mantener los usos tradicionales, siega y pastoreo de baja intensidad, que han permitido su pervivencia, corrobora la importancia que tiene una adecuada planificación de los mismos.

Palabras clave: biotipo, composición florística, corología, pastos de siega.

Abstract: A floristic analysis was carried out in the Supramediterranean pastures of the El Paular Valley (Sierra de Guadarrama, Central Iberian System). The systematic investigation of a 1.9 ha revealed a contingent of 275 angiosperm taxa, members of 47 families and 176 genera. This figure represents more than 20% of the total flora of the valley. The analysis of the taxonomic, biotypic, and chorologic spectrums reveals a high richness of taxa, families, and genera. In addition, the presence of species which are rare in the local and/or provincial areas gives these communities special singularity. The presence of a significant Eurosiberian component and the dominance of the hemicryptophytic biotype indicate the structural affinity of these pastures with the northernmost pastures of the Iberian Peninsula. This resemblance is remarkable because these pastures are located in the Mediterranean region, where pastures of this type are scarce and highly dependent on the availability of water. Maintaining traditional use of these pastures has allowed these communities to survive to the present day, and planning for continued traditional use will be important for their future survival.

Key words: biotype, chorology, floristic composition, pastures, extensive exploitation.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años asistimos a una creciente preocupación en Europa por la disminución de superficie dedicada a pastos naturales y, con ésta, a la pérdida de hábitat para numerosas especies herbáceas (Silva *et al.*, 2008). Los denominados pastos de siega, a los que nos referimos en esta comunicación, pertenecientes a la alianza *Arrhenatherion elatioris*, han sido recientemente tipificados y cartografiados para el ámbito territorial de la Comunidad de Madrid donde ocupan una reducida superficie (San Miguel *et al.*, 2009). Una representación valiosa se halla en el Valle de El Paular (valle del río Lozoya) en posición de fondo de valle, en un tramo de apenas 7 km, con una superficie de ocupación aproximada de 300 ha. Este territorio está todavía poco fragmentado (salvo por los núcleos urbanos) y estructurado en parcelas adhesionadas sobre suelos profundos y húmedos durante todo el año, que se han mantenido secularmente gracias al tradicional manejo basado en una siega anual y en el pastoreo invernal de baja intensidad. Esta formación predominantemente herbácea ha sido incluida dentro de estudios más amplios sobre la flora y vegetación del Valle de El Paular (Fernández-González, 1988, 1999), o sobre la estructura de pastos en el Sistema Central (Rodríguez-Rojo y Sánchez-Mata, 2004). Sin embargo, en contraposición a la detallada atención que ha recibido la flora oro y crioromediterránea (en parte por quedar dentro del ámbito del Parque Natural de Peñalara), y aún no faltando antecedentes concretos sobre la flora mesófila propia del horizonte supramediterráneo paularense (Fernández-González, 1984; Caparrós *et al.*, 2007; Minaya y Cebolla, 2009; Minaya *et al.*, 2012), es necesario aportar más información. Con este trabajo analizamos esta formación pratense mediante un estudio clásico basado en la composición de táxones, biotipos y corología, con el objetivo de valorar cuantitativamente y cualitativamente su riqueza y singularidad florística en relación con la de su entorno.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio se sitúa en pastos mesófilos de la alianza *Arrhenatherion elatioris*, a 1120 m de altitud, en el horizonte supramediterráneo superior (Rivas-Martínez, 2007). Los datos florísticos se obtienen de las prospecciones exhaustivas de campo realizadas con periodicidad mensual durante 3 años consecutivos (2004, 2005 y 2006), en 6 parcelas de pasto -superficie total aproximada de 1,9 ha- ubicadas

en fondo de valle entre las localidades de Alameda del Valle, UTM 30TVL2930 y Pinilla del Valle, UTM 30TVL3030 (provincia de Madrid). La selección de las parcelas atiende a los siguientes criterios: 1. Que esté delimitada por cercas de piedra de factura tradicional y/o asociada a un bosque lineal de árboles y arbustos; 2. Que haya presencia de árboles maduros y de buen porte dispersos en fracción de baja cabida, ocasionalmente acompañados por algún nanofanerófito. El pH del suelo indica valores en torno a 7 en todas las parcelas. El hidromorfismo, de moderado a elevado hasta final del mes de mayo, propicia el mantenimiento de cierta humedad edáfica en el estío. Las prácticas de explotación habituales observadas son una siega anual en junio, la ocupación de baja intensidad de ganado bovino en los meses de invierno e inicio de la primavera y el desmoche de fresnos en “cabeza de gato”. Para la confección del listado se siguen los criterios nomenclaturales y taxonómicos de Flora ibérica (Castroviejo *et al.*, 1986-2012). Los criterios de asignación corológica y biotípica se fundamentan en Bolòs y Vigo (1990). Considerando que el listado de especies es el resultado primario del trabajo sobre el que se apoyan los análisis, éste queda disponible para su consulta en: <https://sites.google.com/site/miguelminay/miguel-angel-minaya/plant-taxonomy-ecology>.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Espectro taxonómico. Se identifican 275 táxones de angiospermas, distribuidos en 47 familias y 176 géneros (Figura 1). Las dicotiledóneas están representadas por 194 especies pertenecientes a 38 familias y 124 géneros, las monocotiledóneas por 81 especies, 9 familias y 52 géneros. El número de especies obtenido constituye aproximadamente el 21,6% de la flora vascular del Valle de El Paular (1274 táxones; Fernández-González, 1999) y el 10,1% de la flora madrileña (2716 táxones; López-Jiménez, 2007). Nuestros resultados suponen el 78,2% del número de táxones catalogados en el territorio de Parque Natural de Peñalara (343 táxones; Fernández-González, 1999). Estos datos indican que, aún teniendo en cuenta la reducida superficie estudiada, los pastos mesófilos albergan una elevada riqueza florística. Las familias mejor representadas son *Gramineae*, *Compositae* y *Leguminosae*, las cuales suman el 33,8% de las táxones observados. Si añadimos *Scrophulariaceae*, *Caryophyllaceae*, *Umbelliferae*, *Rosaceae*, *Liliaceae* y *Cruciferae*, se alcanza

el 65,5% de los táxones registrados. Por otro lado, el 55,3% de las familias observadas (26) están integradas por una o dos especies (Figura 1). El elevado número de familias con baja representación que participan en el cortejo florístico indica la heterogeneidad taxonómica y, por tanto, la diversificación de estrategias biológicas, vegetativas y reproductoras. Las familias dominantes son las mismas que las publicadas para el Valle de El Paular y el Parque Natural de Peñalara (ver tabla), sin embargo, la representación de *Scrophulariaceae* (17 especies y 8 géneros), *Umbelliferae* (14 especies y 14 géneros) y *Liliaceae* (13 especies y 10 géneros) es claramente mayor en las comunidades pratenses de fondo de valle. Las gramíneas (45 especies y 28 géneros) presentan una posición destacada. Entre ellas, se señalan por su dominancia *Alopecurus arundinaceus*, *Anthoxanthum odoratum*, *Arrhenatherum elatius* subsp *bulbosum*, *Avenula marginata*, *Briza media*, *Milium vernale*, y *Trisetum flavescens*. No se ha observado ninguna especie C_4 como *Digitaria sanguinalis* o *Cynodon dactylon*, que aparecen frecuentemente en huertas cercanas. Otros táxones poco frecuentes en la Comunidad de Madrid, muestran en este medio sus poblaciones más abundantes, como *Hyacinthoides non-scripta* (categoría sensible a la alteración de su hábitat en el referido CREACM, Decreto 18/92), *Pedicularis schizocalyx* (categoría vulnerable en el CREACM, Decreto 18/92) y *Seseli peucedanooides*.

Tabla 1. Comparativa de superficies, especies y porcentajes de familias

		Pastos de fondo		Parque Natural de
		de valle	Valle de El Paular	Peñalara
		(Este trabajo)	(Fernández- González, 1999)	(Fernández- González, 1999)
Superficie (ha)		1,9	24 433	733
Número total de especies y subespecies		275	1 274	343
Familias más representadas (%)	<i>Gramineae</i>	16,4	12,1	14
	<i>Compositae</i>	9,5	12,3	13,1
	<i>Leguminosae</i>	8	7,1	3,8
	<i>Scrophulariaceae</i>	6,2	4,1	5,5
	<i>Umbelliferae</i>	5,1	3,3	2
	<i>Caryophyllaceae</i>	6,2	6,5	9
	<i>Rosaceae</i>	4,7	4,6	3,8
	<i>Cruciferae</i>	4,7	4,2	4,1
	<i>Liliaceae</i>	4,7	2,6	1,7

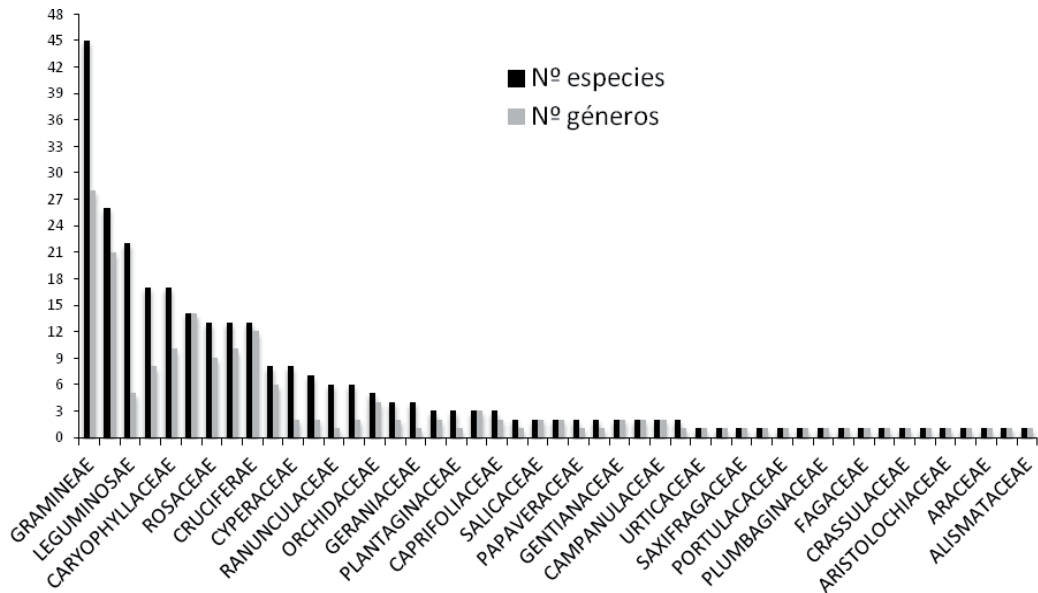


Figura 1. Número de especies y géneros observados en cada una de las 47 familias representadas.

Formas vitales

El biotipo dominante (Figura 2) es el hemicriptófito (45,1%), propio de los pastos de *Arrhenatherion*, seguido del terófito (33,1%) y del geófito (11,3%). No obstante, a diferencia de lo que sucede en los pastos septentrionales de la Península Ibérica (Gómez, 2008), la nutrida representación terofítica contribuye a aumentar significativamente la riqueza florística y establece una dinámica de sucesión en relación con los hemicriptófitos (Minaya y Cebolla, 2009). Entre los geófitos destacamos por su abundancia *Dactylorhiza elata*, *Narcissus graellsii*, *Orchis coriophora*, *Scilla autumnalis*, *S. verna*, y *Serapias lingua*. La representación leñosa está formada principalmente por fanerófitos (5,8%) y por una baja contribución de caméfitos (2,5%). La presencia de fanerófitos genera heterogeneidad ambiental a lo largo del ciclo anual, siendo ésta contemplada como uno de los factores promotores de la riqueza florística en estas comunidades (Minaya *et al.*, 2012). Entre las especies leñosas destacamos los fanerófitos *Fraxinus angustifolia*, *Ulmus minor* y, en las zonas higrófilas, *Salix atrocinerea*, junto con un nutrido cortejo de arbustos como *Crataegus monogyna*, *Euonymus europaeus*, *Ligustrum vulgare*, *Lonicera xylosteum* o *Viburnum lantana*. La presencia puntual de hidrófitos (2,2%) se debe a la existencia de nivel

freático superficial incluso en la época estival, ya sea debido al microrrelieve o al riego por caceras que aún se practica.

Espectro corológico

La elevada representación de táxones eurosiberianos y boreo-alpinos (50,9%, Figura 2) corrobora la hipótesis de que el Valle de El Paular ha servido de refugio posglacial (Costa Tenorio *et al.*, 1990), constituyendo en la actualidad una garantía de supervivencia para especies estenoicas. Con distribución restringida en la Comunidad de Madrid se encuentran por ejemplo *Avenula pubescens*, *Danthonia decumbens*, *Lilium martagon*, *Lychnis flos-cuculi* subsp. *flos-cuculi* y *Rorippa pyrenaica*, siendo su viabilidad fuertemente dependiente de las condiciones edafohigrófilas. Cabe señalar la presencia de táxones atlánticos (5,5%) como *Carum verticillatum*, *Narcissus graellsii* o *Scilla verna*, y la existencia de táxones boreo-alpinos (3,6%) como *Cardamine pratensis*, *Dianthus deltoides*, *Juncus squarrosus* y *Polygonum bistorta* subsp. *bistorta*. La fracción mediterránea (12,4%) agrupa especies de las familias dominantes, gramíneas y compuestas, usualmente con forma vital terófitica. De esta fracción, se destacan los orófitos mediterráneos *Serratula nudicaulis* y *Valeriana tuberosa*. El elemento endémico (2,5%) representado por siete especies, entre las cuales *Armeria arenaria* subsp. *segoviensis* es exclusiva del Sistema Central y *Pedicularis schizocalyx*, lo es del cuadrante noroccidental. El elemento de amplia distribución (34,2%), integra especies plurirregionales holárticas entre las que *Carex flacca*, *Eleocharis palustris* y *Orchis coriophora* muestran elevada estenoicidad.

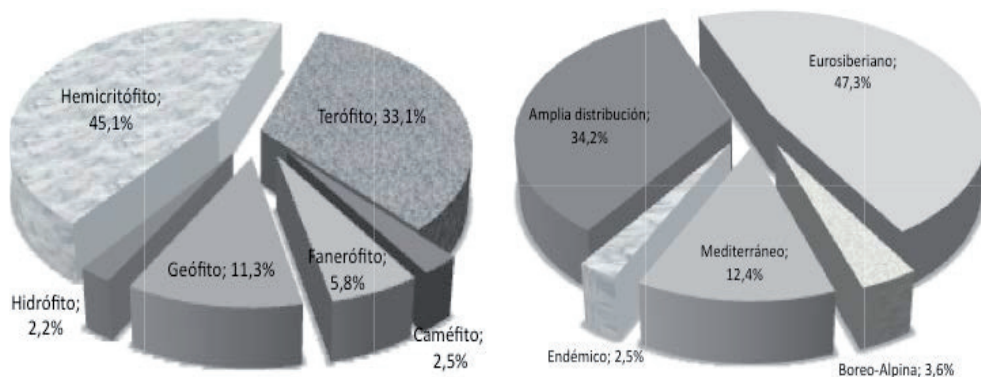


Figura 2. Gráfico por sectores para formas vitales (izda.) y elementos corológicos (dcha.)

CONCLUSIONES

Los pastos supramediterráneos estudiados en el Valle de El Paular albergan una rica fitocenosis, con una singular composición de especies, géneros y familias. El nutrido porcentaje del elenco eurosiberiano, con la exclusividad que aportan algunos de sus representantes atlánticos y boreo-alpinos, corrobora la hipótesis de que este enclave ha actuado como un refugio posglacial. La presencia de fanerófitos en forma de bosque lineal en las lindes de propiedad resulta fundamental para mantener la elevada riqueza florística, al ser generadores de heterogeneidad ambiental. De hecho, el Decreto 96/2009 reconoce que estos pastos paularenses requieren un régimen específico de protección que se adapte a sus peculiaridades y resulte compatible con las prácticas y usos tradicionales. Sin embargo, las perturbaciones originadas en la actualidad por drenajes, roturaciones, aperturas de viales, exceso de tala, o abandonos sitúan en grave riesgo a estas comunidades.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente subvencionado con becas de colaboración y ayudas de Tercer Ciclo de la Universidad Autónoma de Madrid. Los autores agradecemos a la Dra. M^a Antonia Rivas Ponce, a Eva García Carvajal y a Emily Lemonds su colaboración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOLÒS O. Y VIGO J. (1990) *Flora dels Països Catalans*. Barcino. Barcelona.
- CAPARRÓS CALLEJO R., CEBOLLA LOZANO C., GARCÍA CARVAJAL E., MINAYA M.A. Y ORGAZ-ÁLVAREZ J.D. (2007) El prado mesohigrófilo guadarrámico: ejemplo de refugio para táxones pirenaico-cantábricos en el centro de la Península Ibérica. *VIII Coloquio Internacional de Botánica Pirenaico-Cantábrica*. León.
- CASTROVIEJO S. *et al.* (1986-2012) *Flora Ibérica*. Madrid, España: Real Jardín Botánico
- COSTA TENORIO M., GARCÍA ANTÓN M. MORLA C. Y SAINZ OLLERO H. (1990) La evolución de los bosques en la Península Ibérica: una interpretación basada en datos paleobiogeográficos. *Ecología*, 1, 31-58.
- FERNÁNDEZ GONZÁLEZ F. (1984) Notas florísticas sobre el Valle del Paular (Madrid, España). *Lazaroa*, 6, 271-274.
- FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ F. (1988) *Estudio florístico y fitosociológico del Valle del Paular*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ F. (1999) La flora y la vegetación del Parque Natural de Peñalara y del Valle del Paular (Madrid): implicaciones en la conservación de la

- biodiversidad. En Navalón Blanch, L. y Prieto Cana, D. (Eds.) *Primeros encuentros científicos del Parque Natural de Peñalara y del Valle de El Paular*, pp. 179-196. Comunidad de Madrid.
- GÓMEZ D. (2008) Pastos del Pirineo: Breve descripción ecológica y florística. En Fillat, F., García-Gómez, R., Gómez, D. y Reiné, R. (Eds.) *Pastos del Pirineo*, pp. 111-140. CSIC
- LÓPEZ JIMÉNEZ N. (2007) *Las plantas vasculares de la Comunidad de Madrid. Catálogo florístico, claves dicotómicas y estudio detallado de la familia Compositae Giseke*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- MINAYA M.A Y CEBOLLA LOZANO C. (2009) Análisis preliminar de los patrones fenológicos en un prado mesohigrófilo guadarrámico. En Reiné, R., Barrantes, O., Broca, A. y Ferrer, C. (Eds.) *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp. 117-123. Huesca, España: XLVIII Reunión Científica de la SEEP.
- MINAYA M.A., MARTÍNEZ-SAGARRA G. Y CEBOLLA LOZANO C. (2012) Small-scale environmental heterogeneity and anthophenological dynamics in a Lozoya Valley pasture in the Central Iberian System (Spain). 3rd European Congress of Conservation Biology, Glasgow, Scotland.
- RIVAS-MARTÍNEZ S. (2007) Mapa de series, geoserias y geopermaseries de vegetación de España [Memoria del Mapa de Vegetación Potencial de España. Parte 1] *Itinera Geobot.*, 17, 1-436
- RODRÍGUEZ ROJO M.P. Y SÁNCHEZ-MATA D. (2004) Mediterranean hay meadow communities: diversity and dynamics in mountain areas throughout the Iberian Central Range (Spain). *Biodiversity and Conservation*, 13, 2361-2380.
- SAN MIGUEL A. *et al.* (2009) *Los Pastos de la Comunidad de Madrid. Tipología, Cartografía y Evaluación*. Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio.
- SILVA J.P., TOLAND J., JONES W., ELDRIDGE J., THORPE E. Y O'HARA E. (2008) *LIFE and Europe's grasslands: Restoring a forgotten habitat*. Luxembourg. Office for Official Publications of the European Communities.

EVOLUCIÓN DE LOS PASTOS ARBUSTIVOS Y HERBÁCEOS EN TRES ZONAS DEL PARQUE NACIONAL DE LOS PICOS DE EUROPA

Evolution of Shrubs and Grasslands in Three Areas of Picos de Europa National Park

E. ALONSO-GONZÁLEZ¹, S. GONZÁLEZ-ROBINSON² y J.A. OLIVEIRA-PRENDES³

¹Parque Nacional de los Picos de Europa. Centro de Visitantes Pedro Pidal. E-33550 Buferrera, Cangas de Onís. ²Parque Nacional de los Picos de Europa. Centro de Visitantes de Sotama. E-39584 Tama, Cillorigo de Liébana. ³Área de Producción Vegetal. Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. Escuela Politécnica de Mieres. Universidad de Oviedo. C/ Gonzalo Gutiérrez Quirós s/n, 33600 Mieres, oliveira@uniovi.es

Resumen: El objetivo del presente estudio es manifestar la invasión del matorral en los pastizales del Parque Nacional de los Picos de Europa (PNPE). Se han tomado como muestras significativas tres parcelas de 500 m x 500 m situadas en la Raya (Camaleño, Cantabria), la Jazuca (Cillorigo de Liébana, Cantabria) y Fana-Gumartini (Lagos, Cangas de Onís, Asturias), pertenecientes a terrenos comunales del PNPE. A través de la comparación de ortofotos y mapas de vegetación entre el año 2003 y el año 2011, se ha comparado la evolución de los pastos arbustivos y herbáceos en las parcelas reseñadas. A pesar del corto período de tiempo de comparación (8 años), se apreció en las tres zonas un incremento de la superficie ocupada por los pastos arbustivos y herbáceos bastos (lastonares) respecto a los pastos herbáceos mesófilos supratemplados orocantábricos de la clase *Molinio-Arrhenatheretea*. En la zona de La Raya se apreció un aumento del lastonar calcícola (23,16%), así como del aulagar de *Genista occidentalis* (4,25%) y una disminución del pasto mesófilo (31%). En la zona de La Jazuca aumentaron los aulagares de *Genista occidentalis* (38,66%) y *Genista legionensis* (33,16%) y disminuyó el pasto mesófilo (16,08%). En la zona de Fana-Gumartini se constató un notable aumento del helechal (18,17%) y del brezal-tojal (2,73%) y una disminución del pasto mesófilo (20,90%).

Palabras clave: Asturias, Cantabria, Castilla-León, mapa de vegetación, ortofoto.

Abstract: The scope of this study encompasses three plots of 500 m x 500 m located in Raya (Camaleño, Cantabria), Jazuca (Cillorigo de Liébana, Cantabria) and Fana-Gumartini (Lagos, Cangas de Onis, Asturias), belonging to communal lands of Picos de Europa National Park. In these plots the evolution of shrubs and grasslands between 2003 and 2011, was compared by orthophotos and vegetation maps. Despite the short period of comparison (8 years), in all three areas increased of shrubs and coarse grasses (calcareous *Festuco-Brometea* pastures) on mesophitic grasslands of *Molinio-Arrhenatheretea* class, was observed. In the Raya area, calcareous *Festuco-Brometea* pastures increased (23.16%) and the *Genista occidentalis* (4.25%) and decreased the mesophitic grasslands (31%). In the Jazuca area increased the *Genista occidentalis* (38.66%) and *Genista legionensis* (33.16%) and decreased the mesophitic grasslands (16.08%). In the area of Fana-Gumartini was found a marked increased in bracken (18.17%) and the heath-gorse (2.73%) and decreased the mesophitic grasslands (20.90%).

Key words: Asturias, Cantabria, Castilla-León, vegetation maps, orthophotos

INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional Picos de Europa (PNPE), con una superficie de 64 660 ha, se localiza en el norte de la Península Ibérica, dentro de la Cordillera Cantábrica. Administrativamente pertenece a tres comunidades autónomas: Principado de Asturias, Castilla y León (provincia de León) y Cantabria (Alonso Felpete *et al.*, 2011).

Todo el Parque pertenece a lo que se puede denominar territorios atlánticos europeos localizados en la zona occidental del continente europeo con un clima templado de carácter oceánico (Alonso Felpete *et al.*, 2011). Tales territorios se encuadran dentro de la región Eurosiberiana, subregión Atlántico-Centroeuropa y provincia Atlántica Europea, que a su vez comprende las subprovincias Cantabroatlántica (sector Galaico-Asturiano) y Orocantábrica (sectores Picoeuropeo-Ubiñense y Altocampurriano-Carrionés) (Rivas Martínez, 2007; Díaz, 2008).

De acuerdo con la clasificación bioclimática de Europa (Rivas Martínez, 2007) tiene un macrobioclima templado, con una cierta influencia mediterránea, lo que es responsable en gran medida, de su riqueza florística (Alonso Felpete *et al.*, 2011).

La existencia de montañas elevadas determina que las variaciones de temperatura debidas a la altitud tengan una fuerte influencia en el conjunto de la vegetación del PNPE, de tal modo que se han reconocido cinco termotipos (pisos bioclimáticos) en los cuales el poblamiento vegetal es marcadamente diferente: Termotemplado (Termocolino), Mesotemplado (Colino), Supratemplado (Montano), Orotemplado (Subalpino) y Criorotemplado (Alpino) (Alonso Felpete *et al.*, 2011).

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante los años 2006-2010 el Jardín Botánico Atlántico de Gijón ha llevado a cabo un trabajo para el desarrollo de las Fases I y II del Mapa de Vegetación 1:10.000 del Parque Nacional Picos de Europa. En él se han cartografiado 34 hojas de vegetación 1:10.000 acompañadas de una Memoria de Vegetación en la que se resume la localización, geología y relieve y se analiza el tipo de vegetación reflejado en cada una de las hojas de vegetación (documento inédito). Los pastos herbáceos mesófilos supratemplados orocantábricos considerados en este estudio son los

pertenecientes a la clase *Molinio-Arrhenatheretea* (Nava Fernández y Casado Fernández, 1995).

El ganado que aprovecha los pastos comunales del Parque Nacional pertenece a cuatro especies de animales domésticos, y los censos ganaderos aportados por los ayuntamientos que aportan terrenos al PNPE (año 2011) indican el siguiente número de cabezas de ganado: 10.614 para el vacuno, 2.577 en el ovino, 3.953 para el caprino, y 306 en el caso del equino (Alonso González, 2012).

En base a los mapas de vegetación obtenidos por la asistencia técnica del Jardín Botánico Atlántico de Gijón, se realizó una evaluación de los cambios en la superficie de pastos arbustivos y herbáceos mesófilos supratemplados orocantábricos de la clase *Molinio-Arrhenatheretea*, en tres zonas del PNPE.

El ámbito del presente estudio comprende tres parcelas situadas en la Raya a 1300 m de altitud (Camaleño, Cantabria), la Jazuca a 1400 m de altitud (Cillorigo de Liébana, Cantabria) y Fana-Gumartini a 930 m de altitud (Lagos, Cangas de Onís, Asturias), pertenecientes a terrenos comunales del Parque Nacional de los Picos de Europa (PNPE).

Se ha seleccionado la Raya por ser un límite entre comunidades autónomas, con una marcada diferencia en su composición vegetal entre ambos lados a consecuencia de la diferente presión ganadera existente en ellos. La Jazuca se seleccionó por ser una majada infrapastada en la actualidad y la de Fana-Gumartini por comprender dos majadas en uso.

Se realizó un trabajo de campo en estas tres zonas para comprobar el estado de las zonas de pasto y su vegetación herbácea y arbustiva. Mediante la comparación de ortofotos del Instituto Geográfico Nacional y los mapas de vegetación obtenidos por la asesoría técnica del Jardín Botánico de Gijón se contrastó la evolución de las superficies de los pastos arbustivos y herbáceos. Las tres parcelas (una por cada zona de estudio) de 500 m x 500 m se marcaron sobre su mapa de vegetación correspondiente colocado sobre las ortofotos del año 2003 y 2011. Para ello se utilizó el programa ArcGIS9 de ESRI que lleva incluido el ArcMap versión 9.3.

Se comparó también el nº de cabezas de ganado de los censos ganaderos de los años 2003 y 2011 para cada una de las zonas, salvo en la zona de la Raya donde no se pudo obtener información del nº de cabezas de ganado en el año 2011.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Zona de la Raya (Cantabria)

En esta zona pasta todo tipo de ganado excepto caprino. El 1 de junio de cada año es la fecha fijada para la entrada del ganado del conjunto de los pueblos del ayuntamiento de Camaleño a los puertos de Áliva (zona en la que está la parcela de este estudio), hasta las primeras nieves (finales de octubre, primeros de noviembre). No se pudieron obtener los datos del censo ganadero de 2011.

Tabla 1. Tipo de vegetación y superficie ocupada por la misma en la zona de la Raya (Camaleño, Cantabria) en los años 2003 y 2011.

CÓDIGO	DENOMINACIÓN	2003 (ha)	2011 (ha)
6.3	Aulagares de <i>Genista legionensis</i>	0,165	0,165
6.3 a	Aulagares de <i>Genista legionensis</i> . Facies con <i>Helictotrichon cantabricum</i> y <i>Oreochloa confusa</i>	1,826	1,826
6.2 a	Aulagares de <i>Genista hispánica</i> subsp. <i>occidentalis</i> sin <i>Ulex europaeus</i> con <i>Erica vagans</i>	5,335	5,335
6.2 b	Aulagares de <i>Genista hispánica</i> subsp. <i>occidentalis</i> sin <i>Ulex europaeus</i> . Facies con <i>Juniperus alpina</i>	6,661	6,944
13.1 b	Comunidades casmofíticas con <i>Saxifraga trifurcata</i> y <i>Saxifraga</i>	0,178	0,178
10.1 c	Lastonares calcícolas con <i>Carex brevicollis</i>	5,629	6,933
9.2 a1	Pastos mesófilos supratemplados orocantábricos	5,127	3,539

En la zona de La Raya se apreció un incremento del lastonar calcícola (23,16%), así como del aulagar de *Genista occidentalis* (4,25%) y una disminución del pasto mesófilo (31%). En esta zona se aprecia muy bien la diferencia entre la zona pastada cántabra y la infrapastada asturiana.

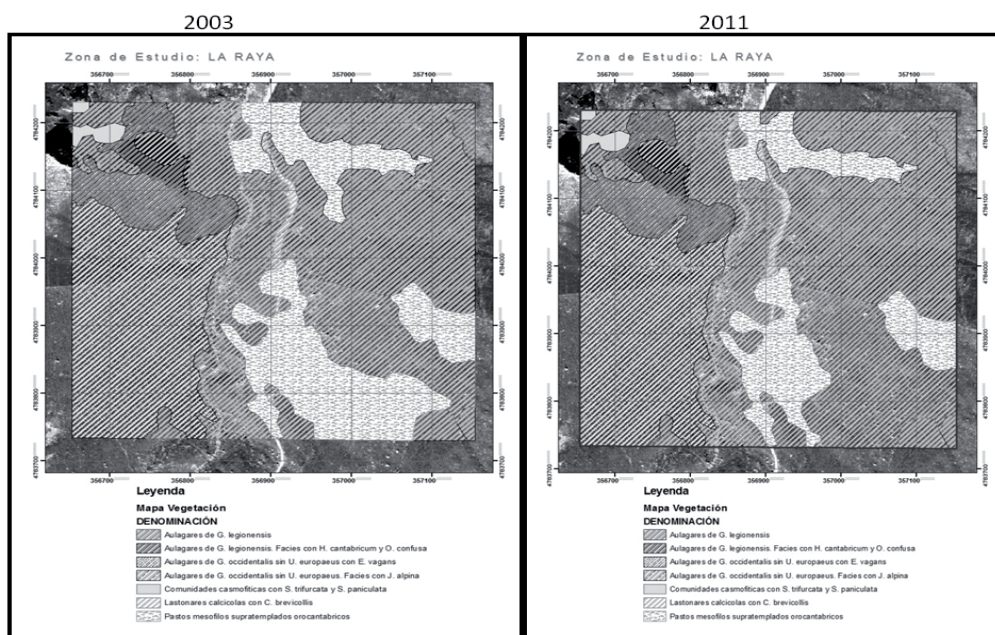


Figura 1. Mapas de vegetación, zona La Raya (Cantabria) (años 2003 y 2011).

Zona de la Jazuca (Cantabria)

En esta zona pastan vacas y yeguas, tanto del concejo de Cillórigo de Liébana como del de Tresviso. Hasta el año 2009 pastaban también ovejas. La fecha de entrada y salida del ganado en esta zona es la misma que en el caso anterior.

Tabla 2. Tipo de vegetación y superficie ocupada por la misma en la zona de la Jazuca (Cillórigo de Liébana, Cantabria) en los años 2003 y 2011.

CÓDIGO	DENOMINACIÓN	2003 (ha)	2011 (ha)
6.3 b	Aulagares de <i>Genista legionensis</i> . Facies con abundancia de <i>Erica vagans</i>	2,539	3,381
6.3 a	Aulagares de <i>Genista legionensis</i> . Facies con <i>Helictotrichon cantabricum</i> y <i>Oreochloa confusa</i>	13,245	13,245
6.2 b	Aulagares de <i>Genista hispanica</i> subsp. <i>occidentalis</i> sin <i>Ulex europaeus</i> . Facies con <i>Juniperus alpina</i>	0,628	0,628
6.2 c	Aulagares de <i>Genista hispanica</i> subsp. <i>occidentalis</i> sin <i>Ulex europaeus</i> . Facies de <i>Erica vagans</i> dominante	0,913	1,266
13.1 d	Comunidades casmofíticas con <i>Anemone pavoniana</i> y <i>Saxifraga canaliculata</i>	0,154	0,154
1.1 b	Hayedos picoeuropeanos con <i>Carex caudata</i>	0,06	0,06
9.2 a1	Pastos mesofílos supratemplados orocantábricos	7,434	6,239

En la zona de La Jazuca aumentaron los aulagares de *Genista occidentalis* (38,66%) y *Genista legionensis* (33,16%) y disminuyó el pasto mesófilo (16,08%).

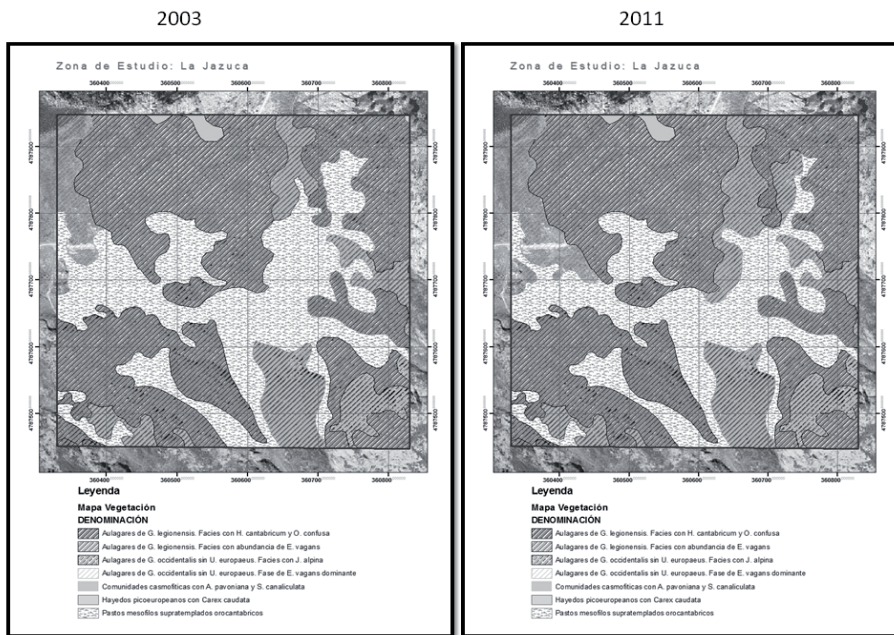


Figura 2. Mapas de vegetación, zona La Jazuca (Cantabria) (años 2003 y 2011).

Zona Fana-Gumartini (Asturias)

En esta zona pastan cabras, ovejas, vacas y caballos. Las cabras y ovejas pueden subir a las majadas el 1 de junio, en cambio las vacas pueden subir a pastar a partir del 25 de abril. Todos pueden permanecer en las majadas hasta la llegada de la nieve. Los caballos pueden pastar en esta zona a partir del 1 de octubre.

Tabla 3. Tipo de vegetación y superficie ocupada por la misma en la zona de Fana-Gumartini (Lagos, Cangas de Onís, Asturias) en los años 2003 y 2011.

Código	Denominación	2003 (ha)	2011 (ha)
6.3	Aulagares de <i>Genista legionensis</i>	0,422	0,422
6.2 a	Aulagares de <i>Genista hispánica</i> subsp. <i>occidentalis</i> sin <i>Ulex europaeus</i> , con <i>Erica vagans</i>	4,353	4,353
5.2 a1	Brezales tojales con <i>Ulex gallii</i> s.l., con <i>Erica vagans</i> . Facies típica	9,401	9,658
1.1 b	Hayedos picoeuropeanos con <i>Carex caudata</i>	3,034	3,034
9.2 a1	Pastos mesófilos supratemplados orocantábricos	7,71	6,099
8.1 b	Helechales calcícolas	0	1,354

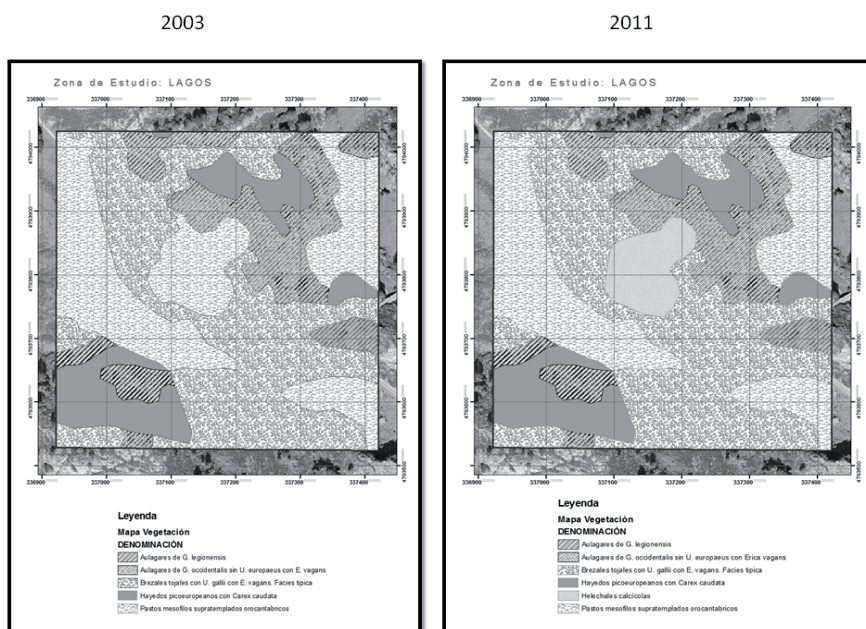


Figura 3. Mapas de vegetación, zona Fana-Gumartini (Asturias) (años 2003 y 2011).

En la zona de Fana-Gumartini se constató un notable incremento del helechal (18,17%) y del brezal-tojal (2,73%) y una disminución del pasto mesófilo (20,90%), a pesar de ser una de las zonas con majadas más activas del PNPE.

Los censos ganaderos elaborados por el PNPE muestran un importante descenso en el número de Unidades de Ganado Mayor (UGM) desde el año 2003 al 2011 en el caso de la Fana-Gumartini. Si en el año 2003 pastaban 3109 UGM, en el año 2011 el nº total de UGM fue de 1513. El descenso más notable (53,6%) fue en el ganado vacuno, seguido del caprino (46,5%) y del ovino (17,4%).

De la zona de la Jazuca solo se han obtenido datos del Ayuntamiento de Tresviso que junto con el de Cillórigu suben el ganado a esa zona. Se produjo también un descenso desde el año 2003 (264 UGM) al 2011 (113 UGM), sobre todo en caprino y ovino (75,2% de descenso).

De la zona de la Raya no se han podido obtener datos del censo ganadero del ayuntamiento de Camaleño (Cantabria).

Para frenar el avance del matorral habría que actuar de forma ordenada, de modo que se mantenga un equilibrio entre pastizal y matorral para que ambos cumplan sus funciones. El pastizal debe seguir soportando la carga ganadera deseada, y el matorral debe seguir existiendo como parte importante de la biodiversidad de

este espacio protegido. Los trabajos a realizar deben llevarse a cabo por la Administración a través de retenes mediante técnicas de roza y quema controladas, o bien por los propios ganaderos bajo supervisión técnica (Alonso González, 2012).

CONCLUSIONES

A pesar del corto periodo de tiempo de comparación (8 años), se apreció en las tres zonas un incremento de los pastos arbustivos y herbáceos bastos (lastonares) respecto a los pastos herbáceos mesófilos supratemplados de la clase *Molinio-Arrhenatheretea*.

El abandono de la actividad pastoril repercute en el abandono de sus majadas, y consecuentemente de los caminos de paso, fuentes y resto de infraestructuras. Además, la falta de control continuo ejercida por los pastores sobre las zonas pastadas por los rebaños lleva ligado que éstos sólo consuman las zonas más apetecibles (problemas de sobrepastoreo) y que las zonas menos deseables vayan siendo colonizadas por el matorral.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los ayuntamientos de Cangas de Onís (Asturias) y Tresviso (Cantabria) por el envío de los datos del censo ganadero de los años 2003 y 2011 para este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO GONZÁLEZ E. (2012) *Evolución del matorral y del pastizal en el Parque Nacional Picos de Europa*. Proyecto fin de carrera. Ingeniería Técnica Forestal. Escuela Politécnica de Mieres. Mieres, España: Universidad de Oviedo.
- ALONSO FELPETE J.I., GONZALEZ ROBINSON S., FERNANDEZ RODRIGUEZ A., SANZO RODRIGUEZ I., MORA CABELLO DE ALBA A., BUENO SANCHEZ A. Y DIAZ GONZALEZ T.E. (2011) *Catálogo florístico del Parque Nacional Picos de Europa*. Gijón, España: Ayuntamiento de Gijón y Jardín Botánico Atlántico de Gijón.
- DIAZ T. (2008) Caracterización de los distritos biogeográficos del Principado de Asturias (norte de España). En: Llamas García F. y Acedo Casado C. (Eds) *Botánica Pirenaico-Cantábrica en el siglo XXI*, pp. 423-455. León, España: Universidad de León.
- NAVA FERNÁNDEZ H.S. Y FERNÁNDEZ CASADO M.A. (1995) *Flora de Alta Montaña*. Madrid, España: ICONA.
- RIVAS MARTINEZ S. (2007) Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España. Memoria del mapa de vegetación potencial de España. Parte I. *Itinera Geobotanica*, 17, 1-436.

RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE HONGOS ENDÓFITOS EN LAS PRINCIPALES ESPECIES DE PASTO DE DEHESA EN EXTREMADURA

Richness and Diversity of Endophytic Fungi on the Main Pasture Species in Dehesas from Extremadura

O. SANTAMARÍA, S. LLEDÓ, S.M. RODRIGO, M.J. POBLACIONES,
T. GARCÍA-WHITE y L. OLEA

Departamento de Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal. Escuela de Ingenierías Agrarias. Avda. Adolfo Suárez s/n, 06007. Badajoz, osantama@unex.es

Resumen: Los hongos endófitos se encuentran en el interior de la mayoría de vegetales y pueden tener gran influencia sobre la producción y calidad del pasto. El objetivo consistió en aislar e identificar, a nivel morfofotípico, los endófitos de las principales especies de pasto de dehesa en Extremadura y determinar cómo influye la especie hospedante, el tejido vegetal y la localización geográfica sobre su riqueza y diversidad. Se eligieron 10 dehesas (cinco en Cáceres y cinco en Badajoz) y 10 ejemplares por dehesa de cada especie: *Lolium rigidum*, *Poa annua*, *Bromus mollis*, *Hordeum murinum*, *Trifolium subterraneum*, *Biserrula pelecinus*, *Ornithopus compressus* y *Medicago polymorpha*. El material vegetal fue esterilizado superficialmente y puesto en placa para aislar e identificar el morfofotipo de los endófitos presentes. La parcela, la especie hospedante y el tipo de tejido analizado influyeron significativamente en la micoflora endofítica obtenida. La mayoría de los morfofotipos aparecieron únicamente en una finca, teniendo una distribución restringida y local. Las hojas mostraron mayor riqueza de aislados y de morfofotipos que los tallos. Aun así el 20% de los morfofotipos apareció exclusivamente en tallos. Respecto al hospedante, las leguminosas presentaron mayor riqueza y diversidad que las gramíneas; especialmente al considerar el tallo.

Palabras clave: morfofotipos, leguminosas, gramíneas, micoflora, dehesa.

Abstract: Fungal endophytes can be recovered from most of plant species and they can greatly affect the production and nutritive value of pasture. The aim of the study consisted of the isolation and identification, at a morphotypic level, of the endophytes occurring in the main pasture species growing in dehesas from Extremadura and determining the influence of the host, plant tissue and the locality on the morphotype richness and diversity. Ten dehesas (five in Cáceres and five in Badajoz) and ten specimens per dehesa were selected of the following pasture species: *Lolium rigidum*, *Poa annua*, *Bromus mollis*, *Hordeum murinum*, *Trifolium subterraneum*, *Biserrula pelecinus*, *Ornithopus compressus* and *Medicago polymorpha*. The plant material was surface sterilized and then placed in agar plates in order to isolate and identify the endophytes. The locality, host and plant tissue had a significant effect on the obtained endophytic fungi. Most of the morphotypes were isolated from just one sampling site, having then a local and restricted distribution. Leaves showed a greater isolate and morphotypic richness than stems. However 20% of the morphotypes were isolated exclusively from stems. Regarding the host, legumes showed a greater richness and diversity than grasses, especially when the stem was the tissue considered.

Key words: morphotypes, legumes, grasses, mycoflora, dehesa.

INTRODUCCIÓN

La dehesa es un ecosistema muy importante en la Península Ibérica tanto por la gran extensión que ocupa (alrededor de 1,3 millones de ha en Extremadura) como desde un punto de vista social, ecológico y económico. La amplia literatura sobre la dehesa coincide en destacar el ganado (doméstico y silvestre), el estrato arbóreo y el estrato herbáceo como los tres componentes esenciales de la biocenosis de este ecosistema (San Miguel-Ayanz, 1994). Sin embargo, existe un cuarto componente, la micoflora endofítica que, aunque no se le haya prestado especial atención, tiene gran importancia en muchos aspectos de la producción vegetal y animal de la dehesa, e influye en gran medida sobre los otros tres componentes.

Los hongos endofíticos, que aparecen en el interior de la mayor parte de los vegetales, durante todo o parte de su ciclo vital, en numerosas ocasiones provocan un efecto beneficioso sobre las plantas hospedantes, aumentando su valor adaptativo, particularmente en condiciones de estrés (Zabalgoeazcoa *et al.*, 2006) y protegiéndolas ante diferentes organismos (Clarke *et al.*, 2006), incluyendo el ganado mediante la producción de sustancias tóxicas para éste. La composición de la micobiota endofítica en las plantas varía fundamentalmente dependiendo de las condiciones ambientales, de la estación del año y de la especie hospedante (Gange *et al.*, 2007; Maciá-Vicente *et al.*, 2008). Por tanto, teniendo en cuenta la importancia del ecosistema dehesa en el SO de España y la posible influencia de los endófitos sobre la producción herbácea y la calidad de ésta, el objetivo del presente trabajo consistió en aislar e identificar la micobiota endofítica de las principales especies de pastos de dehesa en Extremadura y determinar cómo influye la especie hospedante, la parte vegetal y la localización geográfica sobre su riqueza y diversidad morfológica.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se eligieron 10 dehesas repartidas por toda la Comunidad Autónoma de Extremadura (cinco en la provincia de Badajoz y cinco en la provincia de Cáceres), intentando que tuvieran unas características edafoclimáticas lo más representativas posible de las que se encuentran en la región (Tabla 1). En cada una de las dehesas seleccionadas, se tomaron a finales de primavera 10 ejemplares de cada una de las ocho especies de pasto consideradas y seleccionadas por su abundancia en las dehesas extremeñas (*Lolium rigidum* Gaud., *Poa annua* L., *Bromus mollis* L., *Hordeum murinum*

L., *Trifolium subterraneum* L., *Biserrula pelecinus* L., *Ornithopus compressus* L. y *Medicago polymorpha* L.). Las plantas seleccionadas fueron cortadas a ras de suelo, guardadas en bolsas de papel y llevadas al laboratorio. Con el fin de limitar el deterioro de las muestras, éstas fueron refrigeradas a 4 °C hasta su procesado.

Tabla 1. Características de las fincas consideradas

Finca	Provincia	Término municipal	Coordenadas UTM (Huso 29)	T ^a (C°)*	Precip. (mm)*	Altitud (m snm)*	Tipo de suelo**
El Tarro (ET)	Badajoz	San Vicente de Alcántara	X=677915 Y=4353026	16	605	394	Entisol Orthent
		Jerez de los Caballeros	X=685420 Y=4243932				
La Pizarrilla (PI)	Badajoz	Caballeros	X=653013 Y=4267740	16	677	402	Entisol Orthent
La Talanquera (TA)	Badajoz	Cheles	X=675686 Y=4258595	17	566	200	Entisol Orthent
Mampolin (MA)	Badajoz	Higuera de Vargas	X=685365 Y=4325603	17	664	307	Entisol Orthent
Valdesequera (VA)	Badajoz	Badajoz	X=751761 Y=4461076	17	545	216	Alfisol Xeraft
La Abadia (AB)	Cáceres	Abadia	X=748510 Y=4428827	15	891	493	Entisol Orthent
Haza (HA)	Cáceres	Malpartida De Plasencia	X=694509 Y=4431826	16	823	428	Inceptisol Xerept
San Esteban (SE)	Cáceres	Moralejas	X= 704216 Y=4349073	16	783	300	Entisol Orthent
Moheda de Olalla (MO)	Cáceres	Cáceres	X= 692853 Y=4357660	16	562	301	Entisol Orthent
La Barrosa (LB)	Cáceres	Cáceres		16	545	326	Inceptisol Xerept

* Datos obtenidos del Atlas Climático Digital de la Península Ibérica (Ninyerola *et al.*, 2005)

** Datos obtenidos del Mapa del Consejo Superior Geográfico del Ministerio de Fomento (<http://www.ideextremadura.com/IDEEXVvisor/>) según clasificación USDA

El material vegetal, una vez en laboratorio y previamente a su cultivo en placa Petri, fue sometido a un proceso de desinfección superficial mediante su inmersión durante 30 segundos en etanol al 70%, seguido de la inmersión en una solución de hipoclorito sódico al 2% con dos gotas de Tween-80 durante 5 minutos para tallos y 2 min para hojas, para terminar con tres inmersiones en agua destilada estéril durante 1 minuto cada una. Posteriormente se cortaron trozos de hojas y tallos de unos 5 mm de longitud, que se pusieron en placas Petri de 90 mm de diámetro, conteniendo 20 ml de medio de cultivo PDA (patata, dextrosa y agar: 39 g L⁻¹, Difco Laboratories, Detroit, MI), mejorado con 200 mg L⁻¹ de cloranfenicol (Panreac), para evitar el desarrollo de bacterias. Para cada una de las plantas recogidas se prepararon dos placas, una con los fragmentos de hojas, y la otra con los fragmentos de tallo, que se incubaron en oscuridad y a temperatura ambiente (20 °C - 25 °C). Según

fueron emergiendo hongos de las piezas de hojas y tallos, fragmentos de micelio fueron transferidos a nuevas placas de PDA. Los micetes ya aislados fueron caracterizados y diferenciados en morfotipos en base a características morfológicas de la colonia y a características morfobiométricas de las estructuras reproductoras, en el caso de que las produjeran.

Como es bien sabido que riqueza, abundancia y diversidad son parámetros que varían enormemente en función de la escala de trabajo, para estudiar el efecto de la especie hospedante, la parte vegetal y localidad sobre la micobiota endofítica se trabajó a dos escalas o niveles: (1) escala global en todo el ámbito de los muestreos; en este caso a nivel descriptivo y sin posibilidad estadística; (2) escala de parcela o finca, considerando en este caso la parcela como repetición estadística. Aquí se utilizaron 'riqueza endofítica', 'riqueza morfotípica' y 'diversidad morfotípica (Índice de Shannon-Weaver)' como variables respuesta en un ANOVA de dos entradas siendo la especie hospedante, la parte vegetal y su interacción las variables independientes. En el caso de diferencias significativas en el ANOVA, se realizó un test de Tukey para la comparación múltiple entre tratamientos. Todo ello se hizo con el procedimiento GLM (General Linear Model) de SAS (Statistical Analysis Software v. 9.1.3).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A escala global, en todo el muestreo se obtuvo un total de 4240 aislados, distribuidos en 524 morfotipos. Si analizamos cómo se reparte el número de aislados, número de morfotipos y diversidad en las distintas parcelas/fincas, especies hospedantes y tejidos (Figura 1), observamos que las parcelas en las que se obtuvo un mayor número de aislados fueron Mampolín (MA), San Esteban (SE) y Moheda de Olalla (MO), con 516, 487 y 478 aislados respectivamente. Tanto en Mampolín (MA), como en Moheda de Olalla (MO) también se obtuvieron el mayor número de morfotipos con 105 y 136 respectivamente. Y con respecto a la diversidad también fue en Moheda de Olalla (MO) en donde se obtuvo un mayor índice con 6,32. Es interesante comentar que el 62,4% de los morfotipos aparecieron únicamente en una de las parcelas, el 20,4% en dos parcelas, y tan sólo el 17,2% de los morfotipos fueron aislados en tres o más parcelas. Es decir que la gran mayoría de los morfotipos tuvieron una distribución bastante restringida y local.

Con respecto a la especie hospedante, se observó (Figura 1) una clara tendencia a que las especies de leguminosas presentaran un mayor número de aislados, siendo *T. subterraneum* y *O. compressus* las que más tuvieron (con 793 y 756 aislados respectivamente), y un mayor número de morfotipos y de diversidad: 210 morfotipos y 6,76 de diversidad en *O. compressus* y 198 morfotipos y 6,72 de diversidad en *B. pelecinus*. Con respecto a las gramíneas, *Bromus mollis* presentó los niveles más altos de número de morfotipos y de diversidad, prácticamente a la altura de las leguminosas (Figura 1). En este caso, el 43,7% de los morfotipos fue encontrado sólo en una única especie, el 20,2% en dos especies y el 12,2% en tres especies. El resto de morfotipos (23,9%) fue aislado de tres o más especies. Por tanto, se podría considerar una gran especificidad del endófito por el hospedante, a diferencia de lo encontrado en otros trabajos en los que se constató un carácter bastante generalista y poco específico en los endófitos encontrados (Sánchez-Márquez, 2009). No obstante, en el presente estudio se ha trabajado con morfotipos, que tienden a sobreestimar la diversidad endofítica, por lo que convendría realizar estudios posteriores identificando la especie de hongo para corroborar este resultado.

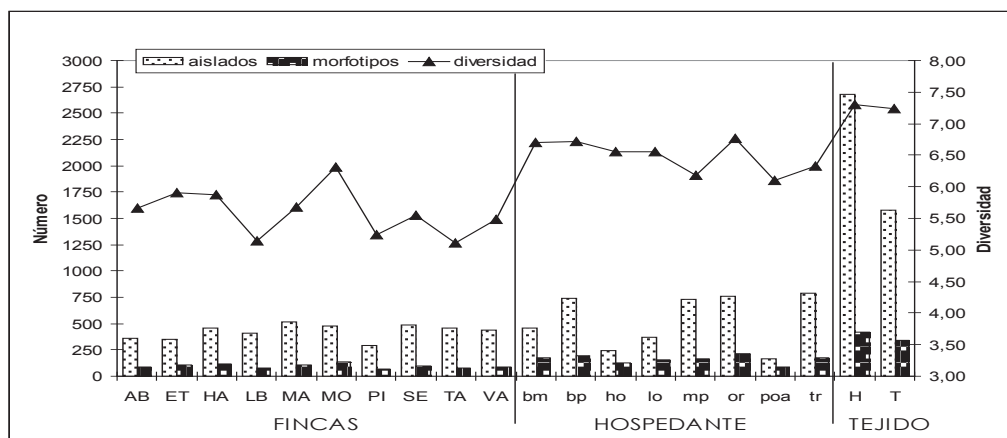


Figura 1. Valores de la micobiota endofítica a nivel global: número de aislados, número de morfotipos y diversidad para cada parcela (ver codificación en Tabla 1), especie hospedante (bm: *Bromus mollis*, bp: *Biserrula pelecinus*, ho: *Hordeum murinum*, lo: *Lolium rigidum*, mp: *Medicago polymorpha*, or: *Ornithopus compressus*, poa: *Poa annua*, tr: *Trifolium subterraneum*) y tipo de tejido (H: hojas, T: tallo)

Con respecto al tipo de tejido de la planta (Figura 1), en hojas se obtuvo con clara diferencia un mayor número de aislados (2678) que en tallos (1580). Aunque de manera menos importante, las hojas también presentaron un mayor número de

morfotipos (421) frente a los tallos (338). Sin embargo con respecto a la diversidad, los valores fueron bastante similares en ambos tipos de tejidos (7,3 en hojas *versus* 7,2 en tallos). Algo más de la mitad de los morfotipos (55%) fueron aislados únicamente en un tipo de tejido; y dentro de estos 185 morfotipos fueron encontrados sólo en hojas y 103 sólo en tallos.

A escala de parcela tanto los efectos principales ('especie hospedante' y 'tejido') como la interacción, tuvieron un efecto significativo ($p < 0,05$) sobre la riqueza de aislados, riqueza morfotípica y sobre la diversidad. El test de comparaciones múltiples llevado a cabo sobre la interacción puede ser observado en la tabla 2. Del análisis de esta tabla puede ser resaltado lo siguiente: en la mayor parte de las especies hospedantes, así como en la media, tanto el número de aislados, el número de morfotipos como la diversidad fue bastante mayor en hojas que en tallos. Este resultado era esperado ya que, tal y como también ha sido puesto de manifiesto en anteriores trabajos (Santamaría y Diez, 2005), la hoja suele ser un tejido más susceptible a la colonización y posterior desarrollo de hongos endófitos posiblemente debido al mayor número de estomas y al ser partes más blandas. Aun así, casi el 20% de los morfotipos fueron exclusivamente encontrados en tallos, de ahí su importancia de ser también incluidos en los muestreos para estudios de diversidad endofítica.

Otro aspecto a reseñar, y que se confirma del análisis a escala global, es que las leguminosas tendieron a acumular en su interior un mayor número de aislados y un mayor número de morfotipos que las gramíneas (Tabla 2), y esto ocurrió de manera mucho más evidente al considerar los tallos como tejido de análisis. Este resultado nos indicaría que a nivel general las leguminosas son más susceptibles a la entrada y colonización de hongos endófitos que las gramíneas. Este hecho podría ser positivo ya que facilitaría el manejo de un eventual uso del endófito si el efecto del hongo fuera beneficioso para la planta, pero también tiene implicaciones negativas ya que la leguminosa resultaría más susceptible que la gramínea ante eventuales efectos perjudiciales del hongo, como pueden ser el desarrollo de enfermedades. Esta mayor riqueza y diversidad en leguminosas choca con el hecho de que la mayor parte de trabajos previos con endófitos en herbáceas hayan sido realizados sobre gramíneas. Por tanto se abre una vía muy interesante de estudio sobre la interacción endófito-pasto, en especies de leguminosas.

Tabla 2. Efecto de la interacción especie hospedante*tipo de tejido de la planta a nivel de parcela sobre el número de aislados, número de especies de endófitos y sobre el Índice de diversidad de Shannon-Weaver. Los valores son medias \pm error estándar.

	Número de aislados			Número de especies			Índice de diversidad de Shannon-Weaver		
	hojas	tallo	media	hojas	tallo	media	hojas	tallo	media
bm	35,0 \pm 2,2 ab A	10,9 \pm 2,6 b B	23,0 \pm 3,2 b	20,2 \pm 1,7 a A	6,7 \pm 1,2 b B	13,5 \pm 1,9 bc	4,0 \pm 0,2 a A	2,3 \pm 0,4 bc B	3,2 \pm 0,3 abc
bp	48,8 \pm 1,3 a A	33,7 \pm 2,9 a B	41,2 \pm 2,3 a	20,6 \pm 1,7 a A	18,7 \pm 1,5 a A	19,6 \pm 1,1 a	3,9 \pm 0,1 a A	3,9 \pm 0,1 a A	3,9 \pm 0,1 a
ho	17,5 \pm 2,1 c A	6,5 \pm 1,5 b A	12,0 \pm 1,8 c	12,3 \pm 1,4 ab A	5,2 \pm 1,3 b A	8,8 \pm 1,2 cd	3,4 \pm 0,2 a A	1,9 \pm 0,4 c B	2,6 \pm 0,3 cd
lo	29,7 \pm 2,1 bc A	7,6 \pm 1,8 b B	18,7 \pm 2,9 bc	16,4 \pm 1,7 ab A	5,9 \pm 1,5 b B	11,2 \pm 1,6 cd	3,6 \pm 0,2 a A	2,1 \pm 0,4 c B	2,9 \pm 0,3 bcd
mp	41,8 \pm 5,0 ab A	39,1 \pm 4,9 a A	40,4 \pm 3,3 a	18,7 \pm 2,7 ab A	15,7 \pm 2,5 a A	17,2 \pm 1,8 ab	3,4 \pm 0,5 a A	3,5 \pm 0,3 ab A	3,4 \pm 0,2 abc
or	45,9 \pm 1,7 a A	29,5 \pm 2,2 a B	37,7 \pm 2,3 a	20,5 \pm 1,8 a A	16,5 \pm 1,2 a A	18,5 \pm 1,1 a	3,9 \pm 0,2 a A	3,8 \pm 0,1 a A	3,8 \pm 0,1 a
poa	17,0 \pm 4,0 c A	4,3 \pm 1,3 b A	10,6 \pm 2,5 c	10,9 \pm 2,2 b A	3,0 \pm 0,5 b A	6,9 \pm 1,4 d	2,9 \pm 0,4 a A	1,3 \pm 0,3 c B	2,1 \pm 0,3 d
tr	44,1 \pm 4,1 a A	34,4 \pm 3,5 a A	39,3 \pm 2,8 a	17,8 \pm 1,8 ab A	16,4 \pm 1,9 a A	17,1 \pm 1,2 ab	3,6 \pm 0,2 a A	3,6 \pm 0,2 ab A	3,6 \pm 0,1 ab
media	35,2 \pm 1,6 A	20,8 \pm 1,8 B		17,3 \pm 0,7 A	11,1 \pm 0,8 B		3,6 \pm 0,1 A	2,8 \pm 0,1 B	

bm: *Bromus mollis*, bp: *Biserrula pelecinus*, ho: *Hordeum murinum*, lo: *Lolium rigidum*, mp: *Medicago polymorpha*, or: *Ornithopus compressus*, poa: *Poa annua*, tr: *Trifolium subterraneum*). Letras minúsculas distintas en la misma columna, o letras mayúsculas distintas en la misma fila, indican diferencias significativas según el test de Tukey

El análisis de la tabla 2, también nos permite establecer ranking en las especies de pasto con respecto a la micoflora endofítica que albergan en su interior. En este sentido, *B. pelecinus* ha sido la especie con un mayor número de aislados, de morfotipos y con una mayor diversidad endofítica en su interior; aunque en la mayor parte de los casos, sin diferencias estadísticas con las otras especies de leguminosas. En el lado opuesto, la gramínea *Poa annua* fue la especie con una menor riqueza y diversidad endofítica de todas la analizadas, si bien es cierto que la intensidad de muestreo para esta especie fue menor al resto, al no poderse coger todas las plantas en todas las parcelas; aspecto que explicaría esa menor riqueza y diversidad. Del resto, *H. murinum* fue la especie con menores valores en los parámetros analizados. Precisamente, de las especies analizadas, *H. murinum* puede ser considerada de manera general la menos consumida y palatable para los animales. Sólo con estos resultados resultaría inapropiado establecer un nexo entre riqueza y diversidad endofítica con calidad nutritiva y palatabilidad del pasto, pero al menos supondrían indicios suficientes de una posible influencia que merecería ser estudiada en un futuro.

CONCLUSIONES

Tanto la parcela, la especie hospedante, como el tipo de tejido analizado así como sus interacciones influyeron significativamente en la micoflora endofítica

obtenida en el pasto de dehesa, tanto a escala de parcela como a escala global. La mayoría de morfotipos aparecieron únicamente en una finca, teniendo por tanto una distribución restringida y local. En general las hojas mostraron una mayor riqueza de aislados y de morfotipos que los tallos, aunque la diversidad fue similar. Aun así el 20% de los morfotipos apareció exclusivamente en tallos. Con respecto al hospedante las leguminosas presentaron una mayor riqueza, de aislados y morfotipos, y diversidad que las gramíneas; especialmente cuando el tallo era el tejido considerado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLARKE B.B., WHITE J.F., HURLEY H., TORRES M.S., SUN S. Y HUFF D.R. (2006) Endophyte mediated suppression of dollar spot disease in fine fescues. *Plant Disease*, 90, 994-998.
- GANGE A.C., DEY S., CURRIE A.F. Y SUTTON B.C. (2007) Site-and species specific differences in endophyte occurrence in two herbaceous plants. *Journal of Ecology*, 95, 614-622.
- MACIÁ-VICENTE J.G., JANSSON H.B., MENDGEN K. Y LÓPEZ-LLORCA L.V. (2008) Colonization of barley roots by endophytic fungi and their reduction of take-all caused by *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. *Canadian Journal of Microbiology*, 54, 600-609.
- NINYEROLA M., PONS X. Y ROURE J.M. (2005) Atlas Climático Digital de la Península Ibérica. En: *Metodología y aplicaciones en bioclimatología y geobotánica*. Bellaterra. Universidad Autónoma de Barcelona
- SAN MIGUEL-AYANZ A. (1994) *La dehesa española: origen, tipología, características y gestión*. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid.
- SÁNCHEZ-MÁRQUEZ M.S. (2009) Estudio de la micobiota endofítica asociada a las gramíneas *Dactylis glomerata*, *Holcus lanatus*, *Ammophila arenaria* y *Elymus farctus*. Tesis Doctoral de la Universidad de Salamanca. Salamanca.
- SANTAMARÍA O. Y DIEZ J.J. (2005) Fungi in leaves, twigs and stem bark of *Populus tremula* from northern Spain. *Forest Pathology*, 35, 95-104.
- ZABALGOGEAZCOA I., GARCÍA-CIUDAD A., VÁZQUEZ DE ALDANA B.R. Y GARCÍA-CRIADO B. (2006) Effects of the infection by the fungal endophyte *Epichloë festucae* in the growth and nutrient content of *Festuca rubra*. *European Journal of Agronomy*, 24, 374-384.

COMPARACIÓN DEL EFECTO FITOTÓXICO DE LA ALFALFA Y ESPARCETA SOBRE DIFERENTES ESPECIES FORRAJERAS

Comparative Phytotoxic Effect of Alfalfa and Sainfoin on Different Forage Species

C. CHOCARRO y J. LLOVERAS

Centre UdL-IRTA. Rovira Roure 191. 25198. Lleida (España), chocarro@pvcf.udl.es

Resumen: Se ha estudiado el efecto alelopático de extractos acuosos de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.) sobre ocho gramíneas forrajeras. Para ello, se ha utilizado cuatro concentraciones diferentes (0-10-20-40 g/l) de extracto acuoso de planta entera, analizándose el porcentaje de germinación y la longitud radicular de: *Dactylis glomerata*, *Lolium multiflorum*, *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea*, *Festuca rubra*, *Festuca ovina*, *Poa pratensis* y *Poa trivialis*. Los efectos alelopáticos se observan de forma mayor en la longitud radicular que en la germinación de las especies. A concentraciones elevadas se produce una disminución de la germinación cercana al 60%, no existiendo diferencias significativas entre extractos. Sin embargo, el crecimiento radicular muestra una reducción significativamente mayor con extractos de alfalfa (90%) que con esparceta (82%). Las especies más sensibles en la germinación por el extracto de alfalfa son: *Poa pratensis* y *Festuca rubra*. Estas especies junto a *Festuca ovina* y *Poa trivialis* son las que, además, muestran una importante reducción de la longitud radicular. El efecto fitotóxico de la esparceta se ve reflejado tanto en la germinación como en la longitud radicular de *Dactylis glomerata*, *Festuca ovina*, *Festuca rubra*, *Poa pratensis* y *Poa trivialis*, superando el 90% de reducción.

Palabras clave: alelopatía, germinación, longitud radicular.

Abstract: We analyze the allelopathic effect of two aqueous extracts: alfalfa (*Medicago sativa* L.) and sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) on different grasses. We have used 4 different concentrations (0-10-20-40 g/l) of aqueous extract quantifying the percentage of germination and root length of 8 grasses: *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne*, *Lolium multiflorum*, *Festuca arundinacea*, *Festuca rubra*, *Festuca ovina*, *Poa pratensis* and *Poa trivialis*. The allelopathic effects caused by the aqueous extracts have more important in root length than the germination of the species analyzed. At high concentrations (40 g/l) produced a reduction of nearly 60% in germination, no significant differences between the two extracts. However, root growth shows a significantly greater reduction in alfalfa extracts (90%) than with sainfoin (82%). The species most affected by the germination of alfalfa extract are: *Poa pratensis* and *Festuca rubra*. Besides these: *Poa trivialis* and *Festuca ovina* have a significant reduction in root length. The phytotoxic effect of sainfoin is reflected in germination and root length of *Dactylis glomerata*, *Festuca rubra*, *Festuca ovina*, *Poa pratensis* and *P. trivialis*, about 90% decrease. This phytotoxicity would have to take it into account as it can result in poor field installation of the next crop.

Key words: allelopathy, germination, root length

INTRODUCCIÓN

La alelopatía es un mecanismo de interferencia vegetal provocado por la incorporación de fitotoxinas al ambiente (Weston, 1996). Distintos compuestos químicos con potencial alelopático están presentes en numerosas especies de plantas distribuidos en diferentes tejidos (Einhellig, 1996). En determinados sistemas agrícolas ello explica la interferencia entre cultivos sucesivos o bien entre cultivos y malas hierbas y, por lo tanto, pueden afectar el resultado económico de la producción de materia seca (Putnam y Duke, 1978).

El potencial alelopático de distintas especies forrajeras o arvenses ha sido ampliamente estudiado por diversos autores (Smith y Martin, 1994; Chon, 2002; Seguin, 2002; Xuan, 2002; San Emeterio *et al.*, 2004, Canals *et al.*, 2005; Korolen, 2007, entre otros). Algunos trabajos se centran especialmente en el efecto autotóxico de la alfalfa por su relevancia dentro del campo productivo, sin embargo existe muy poca información sobre cuál es la fitotoxicidad de otra especie forrajera importante dentro del secano del Noroeste peninsular como es la esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.)

El objetivo principal de este estudio es analizar el efecto fitotóxico del extracto acuoso de *Medicago sativa* L. y de *Onobrychis viciifolia* Scop. sobre gramíneas forrajeras que pueden acompañar en la constitución de praderas o sucederles en la rotación de cultivos forrajeros.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material vegetal empleado en la obtención del extracto acuoso fue, por un lado, alfalfa cv.Aragón y, por otro, esparceta procedente de Montañana (Hu), recolectadas al inicio de su floración. Este material se secó a 40°C durante 48 h en una estufa de aire forzado y se molió con un tamiz de 1mm. La solución acuosa (40 g/l de material vegetal) se agitó a temperatura ambiente durante 24 h y, posteriormente, se centrifugó a 3000 rpm durante 3 h. El sobrenadante se filtró hasta obtener el extracto acuoso. Las concentraciones utilizadas en este estudio fueron: 40, 20, 10 y 0 g/l.

Las semillas que se evaluaron en este trabajo fueron: *Dactylis glomerata* L., *Lolium multiflorum* Lam, *Lolium perenne* L., *Festuca arundinacea* Schreb., *Festuca ovina* L., *Festuca rubra* L., *Poa pratensis* L. y *Poa trivialis* L. Se sometieron a un tratamiento

de desinfección en una dilución de 1:10 de hipoclorito sódico durante 15 min y, posteriormente, se lavaron con agua destilada para evitar la presencia de hongos y otros patógenos.

El ensayo consistió en cuatro repeticiones por cada una de las concentraciones de extracto acuoso, para cada especie. Para ello, se utilizaron placas de Petri de 9 cm de diámetro con papel de germinación, a las que se añadieron 10 ml de extracto acuoso de las distintas concentraciones, y sobre las que se distribuyeron cuidadosamente 50 semillas de cada especie. Una vez preparadas las placas, se incubaron en una cámara de germinación a 24°C en periodo diurno (16 h de luz) y a 20°C durante el periodo nocturno (8 h de oscuridad) siguiendo el protocolo ISTA (2006). Se evaluó el número de semillas germinadas y la longitud radicular media por placa de Petri al cabo de 7 días, en todas las especies.

El efecto de las diferentes concentraciones de extracto sobre la germinación y la elongación radicular en las ocho gramíneas fue analizada a través del análisis de varianza y las medias se compararon con el test DMS para establecer las diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre ellas. Los porcentajes de germinación fueron transformados mediante el arco seno de la raíz cuadrada para el análisis estadístico. Para la realización de los análisis se utilizó el paquete estadístico SPSS v.15.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los extractos acuosos de alfalfa y esparceta han provocado un efecto inhibitorio muy semejante tanto en la germinación como en la longitud radicular de las gramíneas utilizadas. Se han analizado mediante análisis de la varianza (Tabla 1) los resultados de los porcentajes de reducción de germinación y de su longitud radicular respecto a las soluciones control, comprobándose que con ambos extractos se llega a disminuir en más del 60% la germinación y, entre 80 y 90%, la longitud radicular media de las especies estudiadas en concentraciones elevadas (Figura 1). El incremento en la concentración del extracto, tanto de alfalfa como de esparceta, afecta significativamente a ambos parámetros ($p < 0,001$), siendo más importante el efecto que muestra sobre la longitud radicular. Con concentraciones pequeñas (10-20 g/l), la germinación de las gramíneas se ve afectada en mayor medida por el extracto de esparceta, igualándose al efecto del extracto de alfalfa con concentraciones elevadas. Sin embargo, la longitud radicular muestra una mayor

reducción a dosis elevadas con extractos acuosos de alfalfa, alcanzando una disminución del 90%.

Tabla 1. Resultados del análisis de ANOVA, realizado a partir de los porcentajes de reducción de la germinación y de la longitud radicular en ocho gramíneas forrajeras, y cuatro concentraciones acuosas de alfalfa y esparceta. * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, NS

Factores	Germinación		Long radicular	
	F	Sig.	F	Sig.
Extracto	30,53	**	3,58	*
Concentración	212,5	**	731,64	**
Especie	69,6	**	174,99	**
Extracto * Concentración	3,53	*	24,15	**
Extracto * Especie	20,22	**	48,39	**
Concentración * Especie	6,22	**	11,24	**
Extracto * Concentración * Especie	2,17	*	6,33	**

Estos resultados se encuentran dentro de lo esperado por otros autores (Chon, 2002; Xuan, 2002; Koloren, 2007) que detectan hasta un 55-56% de reducción de la germinación, según las especies, para extractos de alfalfa, y con lo descrito por Li (2009) al analizar el efecto alelopático de la esparceta en la germinación sobre siete especies de malas hierbas. En todo caso, consideramos que esta sensible reducción radicular y de viabilidad germinativa detectada en el laboratorio hay que testarla en condiciones de campo, donde intervienen un mayor número de variables tanto bióticas como abióticas.

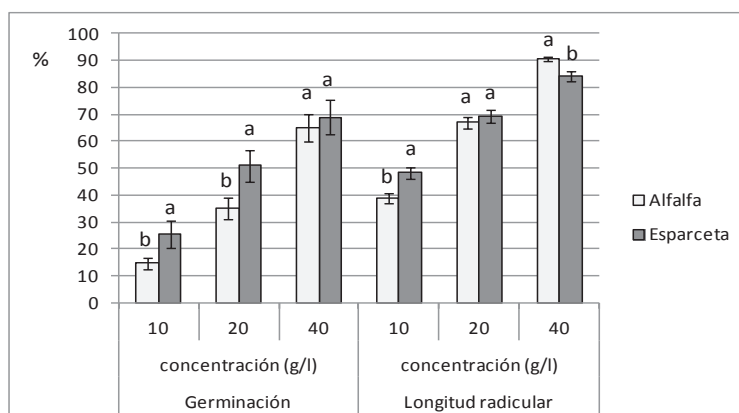


Figura 1. Porcentaje medio de reducción de la germinación y de la longitud radicular, respecto del control (0 g/l) en función concentraciones de extracto acuoso. Media \pm error estándar. Análisis DMS. Letras diferentes para cada concentración indican diferencias significativas $p \leq 0,05$

Al desglosar los resultados de la reducción de la germinación, en función de las especies ensayadas y del tipo de extracto utilizado (Figura 2), se pueden observar algunas respuestas más diferenciadas. Por un lado, los dos raigrases (*L. multiflorum*, *Lolium perenne*) y *Festuca arundinacea* sufren una menor reducción de la germinación en ambos tipos de extracto acuoso que el resto de las gramíneas. *Dactylis glomerata*, sin embargo, muestra un comportamiento diferente en función del tipo de extracto acuoso ya que se ve afectada sobre todo, por el extracto de esparceta (valores superiores al 60%). Finalmente, cuatro especies como: *F. ovina*, *Festuca rubra*, *Poa pratensis* y *P. trivialis*, reducen de forma importante la germinación a concentraciones elevadas, cercanas al 90%, cuando el extracto acuoso es de esparceta.

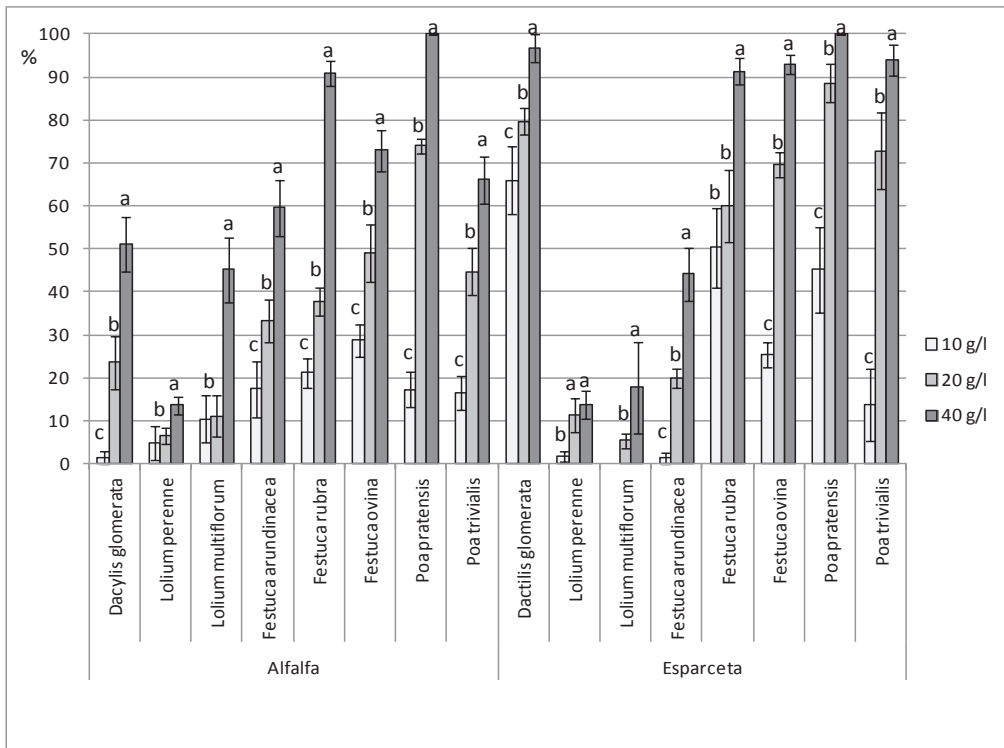


Figura 2. Porcentaje de reducción de la germinación respecto del control (0 g/l) en función de las concentraciones de extracto acuoso utilizado. Media \pm error estándar. Análisis DMS. Letras diferentes para cada concentración indican diferencias significativas $p \leq 0,05$

Koloren (2007) analizó el efecto alelopático de la alfalfa sobre algunas gramíneas, concluyendo que a concentraciones de 5, 25 y 50 gr/l se reduce la germinación el 14%, 60% y 100%, respectivamente. En nuestro caso, *Poa pratensis* o

Festuca rubra si que han demostrado un comportamiento similar pero no *Lolium perenne* por lo que creemos que puede tratarse de variedades diferentes.

La respuesta alelopática sobre el crecimiento radicular es, en algunas especies, mucho más importante que sobre la germinación (Figura 3). Chung y Miller (1995) estudiaron el efecto de extractos de nueve gramíneas forrajeras sobre el crecimiento radicular de la alfalfa detectando una disminución cercana al 40%. En nuestro caso, con extractos de dos leguminosas como alfalfa y esparceta, estos resultados se obtienen cuando las concentraciones son bajas (10 gr/l). Salvo en los dos raigrases, el resto de las gramíneas presentan un gran efecto inhibitor del crecimiento radicular tanto con extracto acuoso de alfalfa como de esparceta, valores que llegan incluso al 100%.

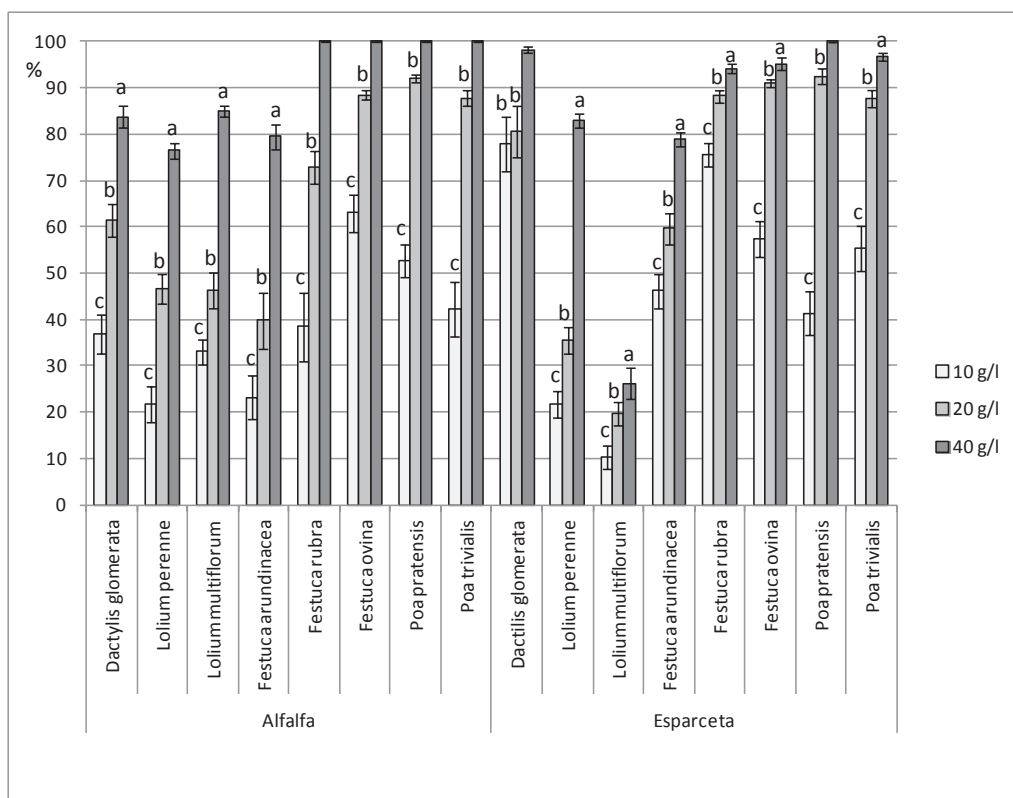


Figura 3. Porcentaje de reducción del crecimiento radicular respecto del control (0 g/l) en función concentraciones de extracto acuoso utilizado. Media ± error estándar. Análisis DMS. Letras diferentes para cada concentración indican diferencias significativas $p \leq 0,05$

CONCLUSIONES

Los efectos alelopáticos provocados por los extractos acuosos de alfalfa y esparceta se han manifestado de forma más acusada en la longitud radicular que en la germinación de las gramíneas forrajeras experimentadas: *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea*, *Festuca ovina*, *Festuca rubra*, *Lolium multiflorum*, *Lolium perenne*, *Poa pratensis* y *Poa trivialis*. La germinación media se ha reducido al 60% al incrementar la concentración de los extractos a 40 g/l, mientras que el crecimiento de la longitud radicular ha disminuido hasta un 80% de media, con respecto a la solución control. Cuando la concentración del extracto es elevada la germinación se ve afectada de la misma forma tanto con alfalfa como con esparceta no existiendo diferencias significativas, sin embargo, la longitud radicular se ve reducida de forma más importante con extractos de alfalfa

El extracto de alfalfa afecta a la germinación, sobre todo, de *Poa pratensis* y *Festuca rubra* con una reducción superior al 90% cuando la concentración del extracto es alta, mientras que con extracto acuoso de esparceta además de estas dos especies, nos encontramos con *Dactylis glomerata*, *Festuca ovina* y *Poa trivialis*.

Los efectos fitotóxicos apreciados deben tenerse en cuenta en la planificación de la rotación de cultivos o en la determinación de las dosis de siembra a aportar en el siguiente cultivo, por las posibles implicaciones agronómicas que puede acarrear la fitotoxicidad, si bien estos resultados obtenidos en el laboratorio deben ser corroborados con muestreos de campo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado dentro del proyecto INIA-RTA2009-00063-C02

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CANALS R.M., SAN EMETERIO L. Y PERALTA J. (2005) Autotoxicity in *Lolium rigidum*: analyzing the role of chemically mediated interactions in annual plant populations. *Journal of Theoretical Biology*, 235, 402-407.
- CHON S. (2002) Effects of alfalfa leaf extracts and phenolic allelochemicals on early seedling growth and root morphology of alfalfa and barnyard grass. *Crop Protection*, 21, 1077-1082.
- CHUNG I. Y MILLER D. (1995) Natural herbicide potential of alfalfa residue on selected weed species. *Agronomy Journal*, 87, 920-925.
- EINHELLIN F.A. (1996) Interactions involving allelopathy in cropping systems. *Agronomy Journal*, 88, 886-893.

- I.S.T.A. (2006) *International rules for seed testing*. Edition 2006. The International Seed Testing Association (ISTA), Bassersdorf, CH-Switzerland.
- KOLOREN O. (2007) Allelopathic effects of *Medicago sativa* L. and *Vicia cracca* L. leaf and root extracts on weeds. *Pakistan Journal Biological Sciences*, 10, 1639-1642.
- LI R. (2009) Allelopathy of root exudates of *Onobrychis viciaefolia* on 7 kinds of weed. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 15, 7059-7061
- PUTNAM A.R. Y DUKE W. (1978) Allelopathy in agroecosystems. *Annual Review of Phytopathology*, 16, 431-451.
- SAN EMETERIO L. ARROYO A. Y CANALS R.M. (2004) Allelopathic potential of *Lolium rigidum* Gaud. on the early growth of three associated pasture species. *Grass and Forage Science*, 59, 107-112.
- SEGUIN P. (2002) Alfalfa autotoxicity: Effects of residing delay, original stand age, and cultivar. *Agronomy Journal*, 94, 775-778.
- SMITH A. Y MARTIN L. (1994) Allelopathic characteristics of grass weeds in the forage ecosystem. *Agronomy Journal*, 86, 243-246.
- XUAN T. (2002) Varietal differences in allelopathic potential of alfalfa. *Journal Agronomy and Crop Science*, 188, 2-7.
- WESTON L. A. (1996) Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. *Agronomy Journal*, 88, 860-866.

Segunda parte

**Producción Vegetal
con Base a Pastos**

LOS PASTOS Y SU IMPORTANCIA EN LA COMUNIDAD DE EXTREMADURA. MÉTODOS DE MEJORA

Pastures and its Importance in the Community of Extremadura.
Improvement Methods

F. GONZÁLEZ LÓPEZ y V. MAYA BLANCO

Departamento de Producción Forestal y Pastos. Centro de Investigación La Orden
Valdesequera. Ctra N-V Km 372. 06187 Guadajira (Badajoz)
francisco.gonzalezlopez@juntaextremadura.net

Resumen: Los pastos en Extremadura ocupan una superficie de 2 950 698 ha, lo que representa un 70,86% de su superficie geográfica total. Estos pastos se asientan generalmente sobre terrenos ondulados con pendientes suaves, con textura franco-arenosa, ácidos, poco profundos y de escasa fertilidad. La vegetación herbácea natural está constituida fundamentalmente por especies anuales, presentando una gran biodiversidad ecológica y con un grado de conservación calificable como bueno. La productividad y calidad de los pastos en un sistema tan diverso, varía en función de factores como la composición botánica, manejo y condiciones edafoclimáticas. Por término medio, las producciones de los pastos naturales en Extremadura oscilan entre 2031 kg MS/ha y 2390 kg MS/ha. La mejora de estos pastos, implica normalmente la puesta en práctica de forma integrada de varias acciones, con el objetivo de controlar los factores que tienen mayor incidencia sobre la productividad y calidad. Los métodos de mejora a emplear van a depender de la flora existente y del potencial productivo del suelo. Estos métodos estarán basados en un manejo adecuado de los pastos, a los que se le podrá sumar una fertilización y una introducción de especies en caso necesario.

Abstract: The pastures cover an area of 2,950,698 ha in Extremadura, which represents 70.86% of its total geographical area. These pastures are usually located on wavy areas with soft slope, sandy loam texture, acids, slightly deep and with low fertility. The natural herbaceous vegetation is constituted fundamentally by annual species, presenting a great biodiversity with a ecological conservation degree qualified as good. The productivity and quality of the pastures in such a diverse system, changes depending on factors as the botanical composition, management, and climate and soil conditions. On average, the production of natural pastures in Extremadura ranging between 2031 kg DM / ha and 2390 kg DM/ha. The improvement of these pastures, usually involves putting in practice several integrated actions in order to control the factors that most directly affect the productivity and quality. Improvement methods to be used will depend on the existing flora and potential soil production. These methods will be based on proper management of pastures, which it may add a fertilization and species introductions if necessary.

INTRODUCCIÓN

Según recoge el Nomenclator de la Sociedad Española para el estudio de los pastos (Ferrer *et al.*, 2001), pasto es cualquier recurso vegetal que sirve de alimento al ganado, bien en pastoreo o bien como forraje. En este sentido, es imprescindible

poner de manifiesto que hay pastos naturales y agrícolas, y que en ambos casos pueden tener carácter arbóreo, arbustivo o herbáceo. Tiene la misma consideración como pasto un prado, una comunidad arbustiva, un árbol que produce forraje o un cultivo agrícola cuyos productos o subproductos son o pueden ser utilizados para la alimentación del ganado.

En la actualidad los pastos no deben ser contemplados como meros sistemas productores de alimento para el ganado. Recientemente, han aparecido nuevos paradigmas que diversifican y amplían las posibilidades de utilización de los productos y servicios generados por los pastos y los fitófagos que sustentan: biodiversidad, especies y espacios protegidos, corredores ecológicos y culturales, técnicas agrarias ecológicas, incendios forestales, erosión, desarrollo rural sostenido, caza, productos de calidad, turismo rural, tradiciones y herencia cultural, fijación de CO₂, biomasa y otros muchos.

La importancia de los pastos en la comunidad de Extremadura la avalan los siguientes datos:

- Los pastos en Extremadura ocupan una superficie de 2 950 698 ha (INIA, 2005), lo que representa un 70,86% de la superficie geográfica total. De ellos, los pastos en la dehesa y los pastizales representan en conjunto aproximadamente el 53% del territorio extremeño: dehesa un 32% (1 324 685 ha) y pastizales un 21% (881 123 ha) el resto está formado por pastos arbustivos (jarales, brezales, coscoja, etc.) y pastos con arbolado denso con y sin robles con un total de 744 881 ha.

- La cabaña ganadera doméstica, tiene en los pastos su principal fuente de alimentación, siendo el pastoreo el principal sistema de aprovechamiento de los recursos pascícolas.

- Un elevado número de especies faunísticas de gran interés (águila imperial, cigüeñas, grullas, avutardas, lince, tortugas, lagartos, etc.) tienen en los pastos la base para su conservación, aportando alimento y hábitat.

- Los pastos y la actividad pastoral, son responsables de la existencia de un valioso patrimonio pastoral en Extremadura, que va desde la propia dehesa (ecosistema irreplicable en el mundo) a los espacios y parques naturales, zonas de especial protección (ZEPAs), corredores ecológicos, etc. El pastoreo con una correcta gestión pastoral es fundamental para su conservación.

- Las amplias zonas de cultivo de secano y de regadío extensivo y forrajero, que bordean las zonas pastorales, encuentran muchas veces en las explotaciones

ganaderas próximas, la comercialización y utilización de sus productos y especialmente de sus subproductos (rastrojeras y paja).

- Los pastizales bien gestionados, sirven de prevención y control de incendios, a partir de una correcta planificación de pastoreo y cortafuegos.

- Las infraestructuras tradicionales asociadas a los pastos y al pastoreo, como pueden ser los antiguos cercados de piedra, charcas abrevadero de uso ganadero, zonas de majadales, etc., son reserva de forma y biodiversidad y por tanto, aspectos tradicionales de gran interés.

- La red de vías pecuarias de Extremadura ligada a la trashumancia, es amplia y antigua, ha sido y es, una amplia entrada y salida de cultura, de recreo y hasta de material vegetal y faunístico. Vías y caminos de origen en la Mesta que están muy ligados al desarrollo de la Extremadura antigua y de sus poblaciones.

- La cabaña cinegética está adquiriendo una gran importancia en la dehesa de Extremadura, siendo los pastos su fuente principal de alimentación.

- Los pastizales prestan un servicio de mitigación del cambio climático gratuito, ya que acumulan en el suelo ingentes cantidades de las emisiones de CO₂ producidas.

En la dehesa los pastos herbáceos adquieren gran importancia, siendo este ecosistema considerado un ejemplo de equilibrio entre el aprovechamiento de los recursos naturales y el mantenimiento de valores ambientales, requiriendo por ello una especial atención su conservación. Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta en la gestión integral de este ecosistema es el manejo de los pastos y su producción.

Las dehesas y los pastos en general han sido objeto de degradación por varios motivos: falta de regeneración en el estrato arbóreo debido al sobrepastoreo y las prácticas de manejo erróneas (Montero *et al.*, 1998); incremento de las áreas ocupadas por el matorral como consecuencia del abandono de tierras (Marañón, 1988); descenso de la biomasa leñosa en el arbolado por podas abusivas (Regato-Pajares *et al.*, 2004); degradación y erosión del suelo como consecuencia, entre otras, de las altas cargas ganaderas y prácticas agrícolas inadecuadas. Es importante considerar a este respecto que el abandono, con el consiguiente desarrollo del matorral y la evolución hacia estadios sucesionales más parecidos a lo que se consideran formaciones vegetales “naturales”, son consideradas como estados

“degradados” ya que implican cambios en los usos y el paisaje característicos de la dehesa.

EL MEDIO FISICO EN EXTREMADURA

Las condiciones edafoclimáticas existentes en Extremadura resultan muy limitantes para cualquier tipo de aprovechamiento agrícola, sin embargo, como resultado de la acción moduladora del hombre sobre el bosque Mediterráneo, las dehesas y los pastos naturales, se han revelado a lo largo del tiempo como una de las mejores formas de aprovechar los recursos naturales en compatibilidad con el medio (Bravo Oviedo, 1989; Gómez Gutiérrez 1987; Montoya Oliver, 1983).

Suelo

El subsuelo extremeño es mayoritariamente de pizarras (cámbricas y silúricas) y granitos, aunque también aparecen en mayor o menor abundancia suelos aluviales en las zonas próximas a los grandes ríos, especialmente en el Guadiana, suelos de “rañas y rañizos”, margas calizas, etc.

De los estudios realizados por Schnabel *et al.* (2005) en 54 fincas de muestreo de dehesas y pastizales en Extremadura, se desprende que la mayoría de los suelos tienen textura franco-arenosa y franca (Figura 1), siendo en estos suelos el contenido medio de arena del 51,4% y el de arcilla solamente del 13,7%.

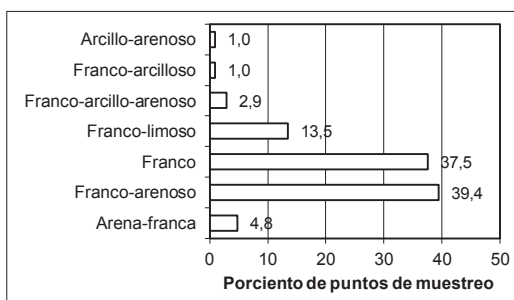


Figura 1. Frecuencia de clases estructurales de los suelos (Schnabel, 2005).

El grado de acidez más frecuente es el de fuertemente ácido (Figura 2), con un total del 41,3% y con valores de pH entre 5,1 y 5,5. Según Porta *et al.* (1994) suelos con este grado de acidez muestran un exceso de cobre, hierro y manganeso, así como deficiencias en el contenido de bases y fósforo. El 11,6% de las muestras es muy fuertemente y extremadamente ácido, siendo pues suelos con condiciones muy desfavorables y con posible toxicidad por Al^{3+} . Aproximadamente el 40% de las áreas muestreadas son medianamente y ligeramente ácidas, presentando por lo tanto, unas condiciones de acidez favorables (pH 5,6-6,5).

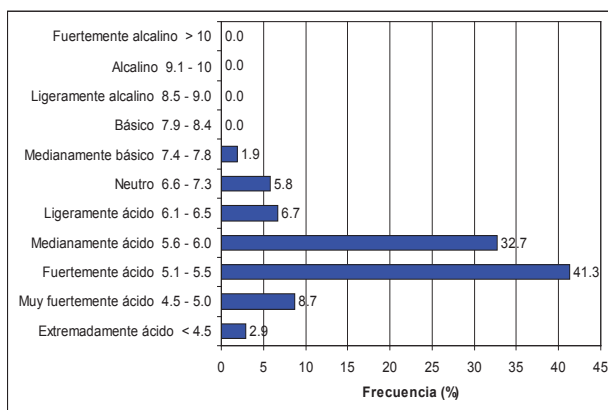


Figura 2. Frecuencia de grado de acidez de los suelos (Schnabel, 2005).

Los contenidos en materia orgánica de los suelos (5-10 cm de profundidad) son bajos (Figura 3), con un 43,3% del total de las áreas muestreadas con valores entre 1 y 2%, solamente un 14,4% de las áreas tienen un contenido de materia orgánica superior al 3%.

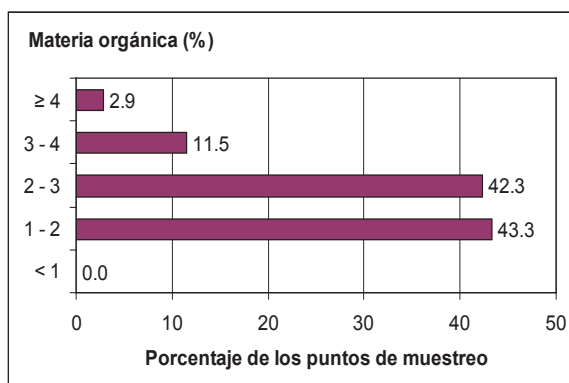


Figura 3. Contenido de materia orgánica de los suelos (Schnabel, 2005).

La densidad aparente en la capa superficial del suelo de pastos (0-5 cm) es muy elevada (Figura 4), lo que indica una elevada compactación del mismo. Aproximadamente el 55% de los suelos presenta una densidad aparente entre 1,4 y 1,6 g cm⁻³.

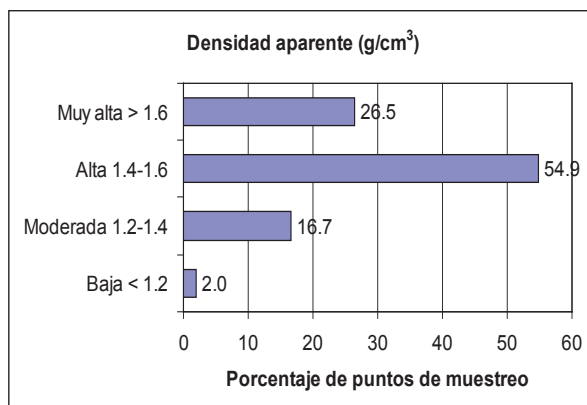


Figura 4. Densidad aparente del suelo superficial de dehesa (Schnabel, 2005).

Resultados obtenidos de otros estudios, muestran como los suelos sobre los que se asientan los pastos en Extremadura son generalmente franco-arenosos, ácidos, poco profundos y de escasa fertilidad (insuficiencia de materia orgánica y acusada carencia de fósforo), lo que los hace marginales para el cultivo de los cereales. Estos suelos, están habitualmente ubicados sobre terrenos ondulados (lomas o pequeñas colinas) con pendientes suaves, cuya altitud suele oscilar entre los 200 y 600 m sobre el nivel del mar (Espejo y Espejo, 2005).

Clima

El clima predominante en Extremadura, es Mediterráneo Continental, con veranos calurosos y donde raramente se producen precipitaciones, otoños cortos (octubre-noviembre), inviernos normalmente suaves (diciembre a febrero) y primaveras muy variables (marzo a mayo).

La distribución de isoyetas refleja una desigualdad interna regional, definida por el factor relieve, de forma que las zonas de montaña son las que registran los mayores valores de precipitación: las comarcas del Sistema Central más de 1200 mm; Sierra de las Villuercas en torno a 1000 mm, y Sierra Morena entre 600 y 800 mm anuales. El resto del territorio presenta valores medios que pueden oscilar entre

400 y 600 mm. En general se admite la existencia de dos estaciones pluviométricas: una seca (verano), y otra húmeda (de otoño a primavera), donde las máximas precipitaciones se concentran en los meses de otoño e invierno. Las precipitaciones se caracterizan por su desigual distribución estacional y por la irregularidad interanual.

En cuanto a las temperaturas, estas se ven suavizadas por la proximidad al océano Atlántico. Según estudios realizados por Lavado J.F. *et al.* (2005) existen variaciones de temperatura en sentido de los paralelos. Así, en el norte de la región predominan temperaturas medias en torno a los 14°C, llegándose a alcanzar los 16°C en el sur. Sin embargo, el centro-sur de Extremadura es donde los registros son más elevados (próximos a los 17°C). Las temperaturas invernales se mantienen ligeramente por debajo de los 10°C, salvo en las zonas de montaña del norte y Sierra de las Villuercas, donde se alcanzan valores entre 5-6°C. La estabilidad que genera el anticiclón de las Azores origina temperaturas estivales de entre 23 y 27°C de media. La temperatura mínima media anual es de 9,8°C, mientras que la temperatura máxima media anual alcanza los 21,8°C, por lo que la oscilación térmica anual es de 12°C.

Vegetación

La región extremeña posee un amplio área territorial, presentando una gran biodiversidad ecológica y con un grado de conservación calificable como bueno. La vegetación herbácea natural, está constituida fundamentalmente por especies anuales (Rossiter R.C., 1966) que dan lugar a una población de semillas, que permanece latente en el suelo y germina, en parte en otoño, formando una población de plantas muy variable y heterogénea, que se desarrollan y reproducen a lo largo del otoño, invierno y primavera, lo que les permite escapar de la fuerte sequía del periodo estival. Dentro de las pratenses anuales, es importante destacar a las leguminosas por su trascendental papel al ser capaces de absorber el nitrógeno atmosférico, suministrándolo a los pastos (Johnson *et al.*, 2003; Bowman *et al.*, 2004) y al resto del ecosistema, del que la simbiosis leguminosas-rhizobium es la principal fuente de abastecimiento. Las leguminosas pratenses forman un grupo muy heterogéneo de plantas, que se caracterizan por estar adaptadas al pastoreo, producir semillas duras (Quilivan B.J., 1978) y forrajes con un alto valor proteico.

Las leguminosas anuales presentes en los pastos poseen en general un crecimiento poco agresivo de otoñada, debiendo ser protegidas en estas fases iniciales de crecimiento, de la agresividad de otras especies aprovechando su inferior apetecibilidad. El pastoreo se convierte aquí en una herramienta necesaria e indispensable.

Entre las leguminosas pratenses anuales más comunes en los pastos extremeños, se encuentran: *Trifolium subterraneum* L., *T. cherleri* L., *T. glomeratum* L., *T. striatum* L., *T. stellatum* L., *T. boconei* Savi, in *Atti Accad.*, *T. scabrum* L., *T. tomentosum* L., *T. cernuum* Brot., *T. suffocatum* L., *T. angustifolium* L., *T. arvense* L., *T. campestre* Schreb. in *Sturm, Deutschl.*, *Ornithopus compressus* L., *O. Sativus* Brot., *O. pinnatus* (Mill.) Druce, *Medicago polymorpha* L., *M. orbicularis* (L.) Bartal, *M. arabica* (L.) Huds., *Biserrula pelecinus* L., *Scorpiurus muricatus* L. y *Scorpiurus vermiculatus* L..

Las gramíneas anuales forman la segunda familia en importancia dentro de este sistema de pastos naturales, destacando como más frecuentes entre otras las siguientes: *Lolium rigidum* Gaudin subsp. *rigidum*, *Dactylis glomerata* L., *Bromus hordaceus* L., *Agrostis salmantica* (Lag.) Kunth., *Gaudinia fragilis* (L.) Beauv., *Poa bulbosa* L., *Vulpia myurus* (L.) C.C. Gmelin, y *Hordeum murinum* L.. Esta familia puede ser muy agresiva en otoño e invierno, y su forraje es muy apetecido por el ganado en esas fechas. Las gramíneas anuales, constituyen junto con otras familias (geraniáceas, crucíferas, etc.) un grupo de nitrófilas, cuya frecuencia y desarrollo viene condicionado principalmente por el nitrógeno generado por las leguminosas anuales, así como por la fertilidad generada por la acumulación de heces del ganado.

Existe un tercer grupo de otras pratenses impropriadamente considerado como “malas hierbas” (compuestas, plantagináceas, borragináceas, etc.), que multiplican su desarrollo y presencia al amparo de la fertilidad generada por la mejora de los pastos.

Estos tres grupos de pratenses anuales (leguminosas, nitrófilas y otras), forman una población interdependiente que regula la capacidad de mantenimiento de los pastos, destacando desde el punto de vista de la productividad las siguientes: *Trifolium subterraneum* L., *T. striatum* L., *T. cherleri* L., *T. glomeratum* L., *Ornithopus compressus* L., *Ornithopus sativus* Brot , *Biserrula pelecinus* L., *Medicago* sp., *Lolium rigidum* Gaudin subsp. *rigidum*, *Dactylis glomerata* L., *Poa bulbosa* L., *Plantago* sp., etc.

PRODUCCIÓN POTENCIAL DE LOS PASTOS EN EXTREMADURA

La productividad y calidad de los pastos en un sistema tan diverso, varía en función no solo de factores como la evolución de la composición botánica del pasto, las prácticas de mejora y manejo, sino también de las infraestructuras existentes en la explotación, y de factores no controlables como los edafoclimáticos.

La determinación de la producción potencial de los pastos en Extremadura se realizó en el proyecto “MONTADO/DEHESA SP4-E13” de la Iniciativa Comunitaria INTERREG IIIA (Murillo *et al.*, 2005; González *et al.*, 2007) en un total de 52 fincas y mediante el método de “jaulas de exclusión”. La determinación de la producción de los pastos se realizó entre los años 2004 y 2007, de ellos la pluviometría presentó una notable variabilidad anual, registrándose en el periodo de estudio dos años buenos (2004 y 2006) con pluviometría superior a 500 mm, un año excesivamente seco (2005) con 280 mm y un último año levemente seco (2007) con 461 mm de precipitación.

Los resultados mostraron, las grandes diferencias espaciales y temporales en la producción de pastos (Tabla 1), variando desde una producción media de 768 kg/ha en un año seco (2005) hasta 3916 kg/ha en un año bueno (2004). Es interesante destacar la enorme desviación típica registrada durante los cuatro años, lo que refleja la enorme diferencia de producción registrada cada año entre las diferentes fincas muestreadas.

Tabla 1. Producciones medias anuales (kg MS/ha) de las fincas experimentales durante el periodo de estudio (González *et al.* 2007)

AÑO	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
2004	1571	8142	3915	1442
2005	300	2204	768	375
2006	161	4870	2765	1076
2007	1359	7096	3433	1219
Media	1495	4792	2776	755

Por otra parte, además de la variabilidad de producción interanual del pasto debido a las condiciones climáticas, el estado actual de los pastos es también muy variable en el espacio, como así se demostró cuando se agruparon las fincas

estudiadas por comarcas, comparando un año bueno (2004) y otro malo (2005) desde el punto de vista pluviométrico (Murillo *et al.*, 2005).

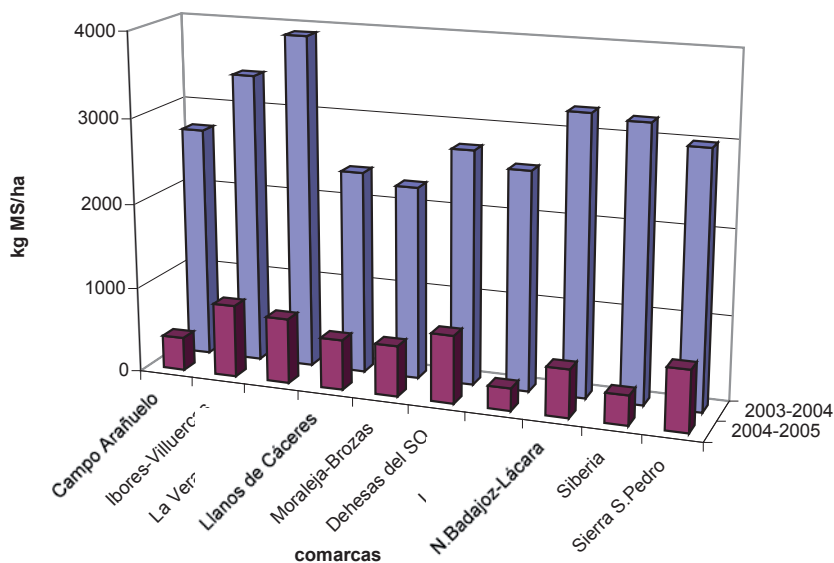


Figura 5. Producción media anual de un pasto natural por comarcas (Murillo *et al.*, 2005).

En el segundo año los valores de producción son mucho menores que el primero, variando desde los 263 kg MS/ha de la comarca de la Serena a los 850 kg MS/ha de la de los Ibores-Villuercas. Sin embargo en el primer año, se determinaron producciones mayores, situadas entre los 2264 kg MS/ha de la comarca de Moraleja-Brozas y los 3910 kg MS/ha de la de La Vera-Plasencia.

González *et al.* (2012) estudiaron la relación entre la producción de los pastos y las condiciones pluviométricas y edáficas, en 10 fincas y durante tres años (2008-2009 y 2010). Los resultados mostraron que la producción media de materia seca anual fue de 2031 kg MS/ha, correspondiendo 725 kg MS/ha al periodo otoño-invierno y 1306 kg MS/ha a la primavera, presentando una dispersión de la producción de materia seca otoño-invierno mucho más acusada que la producción de materia seca de primavera.

Analizada la influencia de las precipitaciones estacionales en las producciones de materias seca, mediante una matriz de correlación, se observó que tanto la producción de materia seca anual, como la producción de materia seca de

primavera estaban significativa y positivamente correlacionadas con la precipitación registrada en invierno, con la registrada en primavera, con la suma de la registrada en ambas estaciones y con la suma de la registrada en otoño, invierno y primavera. Contrariamente no se detectó ningún tipo de relación entre producción de materia seca de otoño-invierno y las precipitaciones de otoño e invierno, poniendo este estudio de manifiesto, que las producciones anuales de los pastos naturales están muy ligadas a las precipitaciones de invierno y de primavera.

Respecto a los suelos, hay que decir, que se encontró una estrecha correlación entre la producción de los pastos y los niveles de potasio, fósforo y nitrógeno (González *et al.*, 2012). También la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la materia orgánica estaban muy estrechamente relacionadas con la productividad de los pastos.

Estudios realizados por González *et al.* (2007), confirmaron que existe una estrecha relación entre la productividad de los pastos y la pluviometría anual. En la figura 6 puede observarse la diferencia anual en la producción de los distintos tipos de pastos (naturales, majadales y pastos mejorados), en relación con la pluviometría anual. Es evidente el aumento de producción que supone la mejora del pasto o la práctica del majadeo. Así, durante los cuatro años que duró este estudio, la producción media de los pastos mejorados alcanzó los 3608 kg/ha, algo más que los majadales (3189 kg/ha) y notablemente superior a la de los pastos naturales (2390 kg/ha).

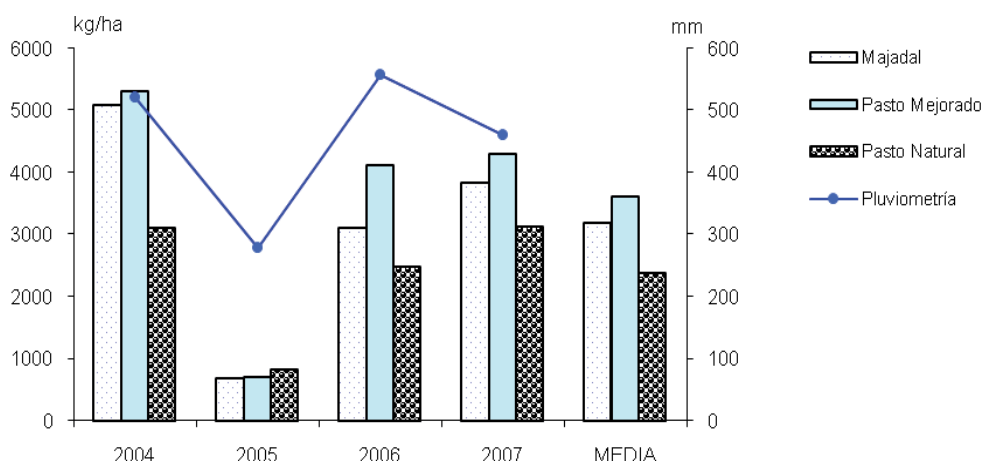


Figura 6. Pluviometría y producción media y anual de pastos (2004-2007).

MEJORA DE LOS PASTOS

La mejora y recuperación de los pastos, tiene por objetivo incrementar su producción y calidad, al mismo tiempo que fomentar la diversidad y conservación del medio ambiente.

Un aumento de producción no sólo significa un aumento de la producción de materia seca anual, sino también un incremento de la disponibilidad en épocas críticas (otoño-invierno), atenuándose las diferencias estacionales y aumentando el período de aprovechamiento, lo que implica una menor dependencia de la alimentación suplementaria en la ganadería.

En la mejora de la calidad de los pastos, un factor muy importante a tener en cuenta, es la presencia de leguminosas dado su alto contenido proteico, que proporciona un excelente alimento para el ganado, además de ser una importante fuente de nitrógeno para el resto de especies no leguminosas, presente en los pastos.

Otro objetivo de la mejora de pastos, es el aumento de la diversidad de las especies presentes en el mismo. Un elevado grado de biodiversidad puede funcionar como factor estabilizador contra variaciones edafoclimáticas en las áreas objeto de mejora, pudiendo atenuar los impactos causados por un manejo inadecuado de dichos pastos. Es por ello, que la mejora de pastos se realiza con mezclas de especies y variedades, aumentando de esta manera la resiliencia de la pradera.

La gestión eficiente de la mejora de pastos, está estrechamente relacionada con la conservación del medio natural. Al proporcionar una cubierta vegetal, se evita la pérdida de suelo debido a la erosión hídrica y eólica, además de aumentar la fertilidad de los mismos, debido al aumento en la concentración de elementos minerales y materia orgánica.

Métodos de mejora de pastos.

La mejora de pastos, implica normalmente la puesta en práctica de forma integrada de varias acciones, con el objeto de controlar los diversos factores que influyen sobre la conservación y productividad de los pastos.

Si se pretende desarrollar una mejora de pastos, la primera acción a desarrollar es la creación de una adecuada infraestructura de cercados y abrevaderos, que permitan un adecuado manejo del ganado presente. Una vez se disponga de la infraestructura adecuada, se determinará el método de mejora a emplear:

- Mejora de pastos naturales mediante manejo.

- Mejora de pastos naturales mediante fertilización y manejo.
- Mejora de pastos mediante introducción de especies, fertilización y manejo.

La elección de un método u otro, va a depender no solamente de criterios técnicos o científicos, sino también de la disponibilidad económica del ganadero, así como de la necesidad de una respuesta más o menos rápida.

Basándose únicamente en criterios técnicos, el elegir un método u otro va a depender de la flora existente y del potencial productivo del suelo.

Mejora de pastos naturales mediante manejo.

El pastoreo, permite controlar la competencia entre los distintos componentes del pasto. Un método correcto de utilización de los pastos tiene una importante repercusión en la composición botánica y, por tanto, en su producción y calidad (Olea *et al.*, 1983), favoreciéndose la presencia de unas especies sobre otras en función de la carga ganadera empleada (Murillo *et al.*, 2005). Según Naveh y Whittaker (1980), la diversidad aumentaba con el grado de presión de pastoreo hasta un máximo, a partir del cual disminuía (Figura 7). Esto es debido a que en condiciones de pastoreo poco intenso o nulo (infrapastoreo), las gramíneas dominan, eliminando otras especies por competencia y dan lugar a comunidades de baja diversidad. Al aumentar la presión de pastoreo (pastoreo intenso) se reduce la abundancia de las especies dominantes, favoreciendo la presencia de otras especies menos competitivas, resultando una comunidad más diversa. Una presión más intensa (sobrepastoreo) reduce de nuevo la diversidad, ya que solo sobreviven unas pocas especies.

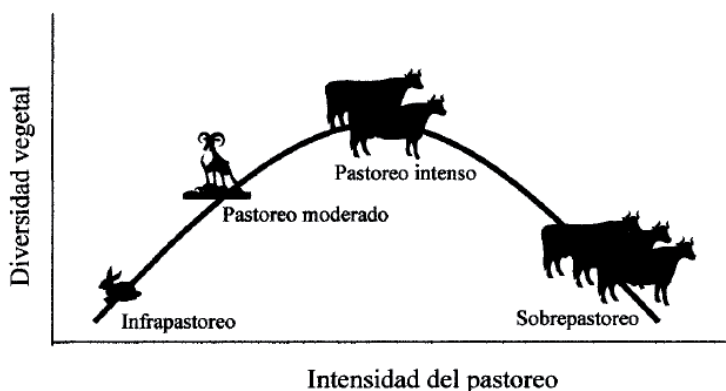


Figura 7. Curva de presión de pastoreo. Naveh y Whittaker (1980).

Los sistemas de aprovechamiento en extensivo, en los que el ganado permanece en libertad y pastorea de forma dirigida, producen una mejora en el pasto y un aumento de su producción, ya que se favorece el reciclaje de nutrientes incrementando la fertilidad del suelo (Fernández de Mesa, 1978).

Dos, son los factores críticos a tener en cuenta para un buen manejo: el primero de ellos es un buen desarrollo radicular que provea a la planta de nutrientes y energía suficiente para el rebrote, y segundo es el mantenimiento de una adecuada área foliar que permita la captación de la energía solar, con el objetivo de maximizar la velocidad de crecimiento después del pastoreo.

El sistema de pastoreo recomendado, es el de pastoreo continuo con carga ganadera variable, pudiendo resumirse en las siguientes pautas:

- En los meses de octubre y noviembre la carga ganadera será mínima o nula, con el objetivo de que las plantas puedan desarrollarse y adquirir reservas lo que facilitará la capacidad de rebrote.

- Durante el invierno hasta el comienzo de la floración, se recomienda un pastoreo más intensivo, manteniendo el pasto a una altura no superior a los 3 cm.

- A inicio del periodo de floración de ajustará la carga ganadera, disminuyéndose hasta un límite en los que los animales solo vayan despuntando, favoreciendo la producción de semillas en las leguminosas pratenses.

- En verano, una vez que se agosten las plantas, se intensificará nuevamente el pastoreo, hasta eliminar el exceso de pastos, para así favorecer la emergencia de las plantas en otoño.

Mejora de pastos naturales mediante fertilización y manejo.

Cuando existe una proporción aceptable de leguminosas en el pasto natural (cobertura >10-15%), la fertilización fosfórica, junto con un adecuado manejo, se convierte en un tipo de mejora con resultados contrastados. La respuesta a la fertilización, implica un aumento de la cantidad leguminosas en el pasto, dotándolo de una mayor calidad, así como de una mayor producción que, según Olea *et al.* (1988), puede oscilar entre un 25% y un 110%.

Los suelos sobre los que se asientan los pastos en Extremadura, son en su mayoría muy deficientes en fósforo y nitrógeno e incluso en potasio, siendo el fósforo el principal factor limitante para el desarrollo de las plantas. La fertilización fosfórica provoca un nivel de respuesta muy significativo, siendo en general, mayores las

necesidades de fósforo en suelos pizarrosos que en suelos graníticos (Ratera *et al.* 1975).

Según Jiménez Mozo *et al.* (1983b) la fertilización fosfórica en un suelo con una fertilidad media debería ser el primer año de mejora de 36 UF de P_2O_5 /ha (equivalente a 200 kg/ha de superfosfato de cal al 18%), y 27 UF de P_2O_5 /ha (150 kg/ha de superfosfato al 18%) en años sucesivos. La dosis de implantación debe aplicarse en las labores previas a la siembra, enterrándose. La de los años sucesivos, en otoño (después de las primeras lluvias), aplicado en superficie.

Las necesidades de nitrógeno, son cubiertas por la simbiosis leguminosas-*rhizobium*, siendo beneficioso un pequeño aporte de nitrógeno de 24 UF/ha de N, en los primeros estadios de desarrollo de las plantas, sobre todo para acelerar el desarrollo de las gramíneas, de cara a aumentar la producción otoñal.

En cuanto al potasio, normalmente no hace falta aplicar cantidad alguna, pero cuando el contenido de potasio asimilable sea inferior a 0,2 meq/100 g, será conveniente una aportación de éste elemento a razón de 50 UF de K_2O /ha (100 kg/ha de ClK). El potasio en años sucesivos se recicla por las excreciones del ganado.

Mejora de pastos mediante introducción de especies, fertilización y manejo.

Cuando el pasto se encuentra invadido de matorral, y/o la proporción de leguminosas es escasa o nula, el manejo adecuado y la fertilización, deben complementarse con la introducción de especies mediante siembra.

Este tipo de mejora, requiere una visión integral del proceso a emplear. La técnica de siembra, tendrá que permitir no sólo un buen establecimiento de la vegetación introducida, sino también una máxima reducción de los riesgos de erosión y degradación del suelo. La mezcla de especies a utilizar tendrá que ser equilibrada y las semillas de leguminosas tendrán que estar inoculadas con cepas específicas de *Rhizobium*, y siendo necesario un control del pastoreo especialmente en momentos críticos.

Especies y variedades utilizadas.

Las particulares condiciones edafoclimáticas de los pastos en Extremadura, con suelos en general ácidos y pobres en materia orgánica, y la escasa y variable pluviometría, van a condicionar el tipo de vegetación existente.

Las especies y variedades comerciales de semillas de pratenses importadas de Australia, no siempre están bien adaptadas a las condiciones edafoclimáticas locales, siendo los ecotipos y especies nativas mucho más competitivas, llegando a eliminar al material foráneo introducido. La persistencia de un pasto en estas áreas sólo es posible mediante el uso de especies capaces de subsistir en estas condiciones adversas, requisito que cumplen perfectamente las especies autóctonas.

Las leguminosas pratenses anuales, se revelan como las especies herbáceas más apropiadas para el establecimiento de pastos en áreas degradadas, ya que, además de ser especies autóctonas, poseen una adecuada respuesta al pastoreo y proporcionan un excelente alimento para el ganado. Otra característica destacada, es su capacidad para fijar nitrógeno, que representa un aporte extra de este elemento en el suelo, pudiendo ser utilizado por otras plantas, que acabarán colonizando el terreno junto con las leguminosas, incrementando la fertilidad del suelo y la diversidad del pasto.

Las leguminosas pratenses anuales, son ampliamente utilizadas en la mejora de pastos. La elección de una especie y/o variedades depende principalmente del clima, del tipo de suelo (naturaleza de la roca madre, textura y composición química) y de las prácticas de manejo que se vayan a realizar.

Leguminosas pratenses anuales tradicionales.

Durante años, se ha empleado el trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum* L.) como base de la mejora de pastos (Olea y Paredes, 1984), ya que, además de ser una especie muy productiva, presenta un buen crecimiento invernal, habilidad para enterrar sus semillas en el suelo con la consiguiente capacidad de autorresiembr y persistencia y además, gracias a su hábito de crecimiento postrado, posee también una perfecta adaptación al pastoreo. La precocidad de los cultivares, debe ser elegida de forma específica a las condiciones del período de crecimiento existente en el área de siembra.

Existen tres subespecies de trébol subterráneo (*ssp. subterraneum*, *ssp. yanninicum* y *ssp. brachycalycinum*), que se adaptan a distintas condiciones de suelo y

poseen características morfológicas diferentes. Las tres se adaptan bien al clima Mediterráneo, con una precipitación mínima, en invierno y primavera, de 300 mm.

La subespecie *subterraneum*, posee gran capacidad para enterrar la semilla y se recomienda para suelos ligeramente ácidos, de pH entre 5 y 7, de texturas livianas a francas. Es la única de las tres subespecies, que presenta fenotipos precoces, intermedios y tardíos.

La subespecie *brachycalycinum*, se recomienda para suelos arcillosos, con capacidad para situar sus frutos y semillas en pequeñas grietas. Generalmente de precocidad media a tardía, se adapta a suelos con cierto nivel de fertilidad y pH entre 5,5 y 8,5.

La subespecie *yanninicum*, está indicada especialmente para suelos ligeramente ácidos, encharcadizos o hidromorfos, ya que posee una elevada tolerancia a estas condiciones. Su capacidad de enterramiento de la semilla es intermedia.

Los medicagos anuales (*Medicago spp.*), son el principal componente de los pastos en suelos alcalinos o ligeramente ácidos en áreas de baja pluviometría (250-600 mm). Poseen un alto potencial de producción de semillas y forrajes, así como un alto porcentaje de semillas duras. Estas especies, están mejor adaptadas que el trébol subterráneo a suelos duros y arcillosos, ya que no necesitan enterrar sus semillas, además de ser tolerantes a la sequía, debido a su sistema radicular profundo, siendo capaces de producir semillas en años de primavera corta.

La especie más dominante es *M. polymorpha* L., debido a su amplio rango de adaptación, tolerando suelos tanto ácidos como alcalinos, de textura comprendida entre la areno-limosa y arcillosa. *M. murex* Willd., es la especie más tolerante a suelos ácidos (desde pH 4,5 hasta suelos alcalinos) mientras que *M. truncatula* Gaertn. y *M. scutellata* Mill., crecen bien en suelos pesados neutros a alcalinos. Otras especies menos utilizadas comercialmente son: *M. rugosa* Desr., *M. littoralis* Rhode., y *M. tornata* Mill.

Leguminosas pratenses anuales de segunda generación.

A pesar del éxito de las especies tradicionales, debido principalmente a su gran potencial forrajero y a su buena tolerancia al pastoreo, estas poseen ciertas limitaciones como pueden ser: la pobre adaptación del trébol subterráneo a falsas aperturas otoñales, el elevado coste de la semilla y problemas medioambientales

(erosión del suelo y contaminación ambiental) causado por el empleo de la cosechadora de succión para la recogida de la semillas. Por todo esto, surge la necesidad de disponer de especies de leguminosas pratenses alternativas con características diferentes a las anteriores (Loi *et al.*, 2005). Entre las principales características deseables en estas leguminosas pratenses anuales conocidas como de segunda generación, destacan el disponer un sistema radicular profundo, una alta producción de semillas duras que mejore su persistencia, una adecuada tolerancia del *rhizobium* a suelos ácidos y la facilidad de recolección de semillas con cosechadoras convencionales de cereales.

Entre estas especies de leguminosas pratenses de segunda generación podemos considerar las siguientes:

- Serradella amarilla (*O. compressus* L.). Especie muy distribuida por la región mediterránea, más selectiva que el trébol subterráneo y los medicagos anuales en cuanto a tipo de suelos, sólo recomendado para pH inferior a 7 y textura arenosa. Es típica de suelos graníticos, donde desarrolla un sistema radicular profundo, que le confiere una mayor resistencia a la sequía. No tolera el encharcamiento, desarrollándose bien en suelos bien drenados.

- Biserrula (*Biserrula pelecinus* L.). Se adapta a un amplio rango de tipos de suelos, bien drenados y de pH ligeramente ácidos. No tolera el encharcamiento (Howieson *et al.*, 1995) y su sistema radicular es muy profundo (Carr *et al.*, 1999), característica muy importante para su supervivencia durante períodos de sequía, permitiendo alargar su período 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, debido a su alta dureza seminal, favorecen su persistencia en condiciones de alta presión de pastoreo.

- Serradella francesa (*Ornithopus sativus* Brot.). Especie apta para terrenos arenosos, profundos y ácidos. Su cosecha es más sencilla que la de serradella amarilla por la retención de sus vainas en la parte aérea. El alto porcentaje de semillas blandas dentro de la vaina permite la siembra sin necesidad de procesar la semilla, aunque esta baja dureza seminal también significa una alta susceptibilidad a las falsas aperturas otoñales. Este inconveniente ha sido solventado con el desarrollo de las nuevas variedades comerciales “Erica” y “Margurita”, de moderada dureza seminal.

Existen también variedades comerciales de otras especies de leguminosas pratenses anuales de segunda generación como pueden ser: *Trifolium glanduliferum*

Boiss., *Trifolium incarnatum* L., *Trifolium vesiculosum* Savi., *Trifolium spumosum* L., *Trifolium dasyurum* L., *Trifolium michelianum* Savi., *Trifolium resupinatum* L., *Trifolium hirtum* All., *Melilotus albus* Medik., *Trigonella balansae* Boiss. & Reut. y *Lotus ornithopodioides* L. Variedades de estas especies se están utilizando en mezclas comerciales, ayudando a aumentar la producción el primer año de siembra, sin embargo, su persistencia en los pastos de Extremadura no está suficientemente probada, disminuyendo su presencia en los pastos durante el segundo o tercer año.

Actualmente en el Centro de Investigación La Orden-Valdesequera, se están desarrollando trabajos con otras especies autóctonas del suroeste de la Península Ibérica, como *Trifolium glomeratum* L., *Trifolium striatum* L. y *Trifolium cherleri* L. Estas especies presentan baja producción invernal, pero su producción forrajera en primavera es alta, además de estar muy bien adaptadas al pastoreo y con una elevada persistencia debido a la alta dureza seminal que presentan.

Uso de mezclas de especies.

El uso tradicional de trébol subterráneo en praderas monófitas, ha presentado un elevado riesgo de fracaso en años adversos, debido a la difícil implantación y a la falta de variedades adaptadas a las condiciones edafoclimáticas locales, capaz de persistir bajo condiciones adversas. Esto ha llevado a la necesidad de utilizar mezclas diversificadas, ya que con un mayor número de cultivares bien adaptados a las condiciones locales, la probabilidad de alcanzar un pasto productivo, equilibrado y persistente, es mayor (Crespo 1991, 2001). El empleo de variedades y especies con distinta precocidad permite aumentar la probabilidad de éxito de la siembra, a la vez que mitiga los efectos de la variabilidad anual de la pluviometría característica de las áreas de pastos en Extremadura.

Igualmente, Tilman y Downing (1994) afirmaban que cuanto más diversa fuera la composición botánica de los pastos, mayor capacidad para soportar periodos estacionales de sequía. Esta es la principal razón por la que otras especies como: *Trifolium glomeratum* L., *Trifolium striatum* L., *Trifolium cherleri* L., *Ornithopus compressus* L. y *Biserrula pelecinus* L., presente en los pastos naturales son utilizadas en la mejora de nuestros pastos, junto con otras especies menos abundantes como: *Trifolium michelianum* Savi., *T. resupinatum* L., *T. incarnatum* L., *T. vesiculosum* Savi. y *T. hirtum* All. (Rivas Goday, 1964).

Las leguminosas pratenses autóctonas de segunda generación se emplean en mezclas de siembra para aumentar la probabilidad de alcanzar un pasto productivo, equilibrado y persistente, evitando la vulnerabilidad de los pastos formados por una sola especie.

En Extremadura, se han desarrollado estudios para el diseño de mezclas productivas y equilibradas a partir de ecotipos autóctonos, determinando como una mezcla óptima por hectárea la formada por *Trifolium subterraneum* L. (8 kg), *T. striatum* L. (3 kg), *T. cherleri* L. (3 kg), *Ornithopus compressus* L. (3 kg), *Biserrula pelecinus* L. (2 kg) y *Trifolium glomeratum* L. (1 kg) (Murillo *et al.*, 2010).

Una correcta implantación de leguminosas implica un incremento considerable de nitrógeno disponible en el suelo, lo que favorece el desarrollo de gramíneas autóctonas espontáneas de muy baja calidad forrajera (*Agrostis salmantica* (Lag.) Kunth., *Poa bulbosa* L., *Vulpia myurus* (L.) C.C. Gmelin, y *Hordeum murinum* L., etc.). Estas gramíneas, además de no ser aprovechadas por el ganado cuando se agostan, suponen una fuerte competencia para las leguminosas durante el siguiente otoño, impidiendo su germinación y desarrollo. Actualmente se está recurriendo a la incorporación de una cantidad variable de gramíneas de alto valor forrajero a las mezclas de siembra, evitando el problema de competencia con las especies espontáneas, a la vez que se aumenta la producción otoño-invierno. En el suroeste español es utilizada la mezcla de 3 o 4 variedades de trébol subterráneo, de diferentes ciclos de floración, junto con leguminosas pratenses de 2ª generación y gramíneas anuales como ray-grass, dactilo, triticale o avena. Mezclas de 20 kg/ha de pratenses con 45 kg/ha de triticale están dando muy buenos resultados. Con esta técnica pretendemos aumentar la producción forrajera en los meses de otoño-invierno, producción limitada por el bajo crecimiento de las leguminosas en los meses fríos de diciembre y enero, que sin embargo se ve compensada con el mayor crecimiento que presentan las gramíneas en el mismo periodo.

Técnicas de siembra

El éxito del establecimiento de una pradera de leguminosas pratenses depende, en gran medida, de la técnica de siembra. Esta debe ser respetuosa con el medio ambiente y conseguir el enterramiento total de las semillas a una profundidad no superior a 2 cm, en suelos blandos, nivelados y húmedos.

El método tradicional consiste en una preparación previa del terreno, en primavera, con grada de disco, sembrando en otoño, con una sembradora de botas o a voleo, y posterior enterrado de las semillas mediante pase de rulo. Este método, supone un riesgo de erosión durante los meses siguientes a la práctica de las labores, que puede ser mitigado mediante el empleo de técnicas de siembra directa o mínimo laboreo.

La época de siembra más adecuada, es al final del verano o comienzo del otoño (primera quincena de octubre), antes de las primeras lluvias o inmediatamente después, momento en el que las temperaturas templadas permiten una buena germinación de las semillas. Es muy importante que el primer año existan al menos 200 plantas/m² de leguminosas para asegurar un buen establecimiento de la pradera.

REFERENCICAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOWMAN A.M., SMITH W., PEOPLES M.B. Y BROCKWELL J. (2004) Survey of the productivity composition and estimated inputs fixed nitrogen by pastures in central-western New South Wales. *Aust. J. Exp. Agric.*, 44, 1165-1175.
- BRAVO OVIEDO (1989) Estudio silvopastoral de la dehesa boyal de Alía (Cáceres). *Ecología*, 3, 107-115.
- CARR S.J., LOI A., HOWIESON J.H., Y 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. (1991) A survey of the types of legumes suitable for animal production in the mediterranean region. Legume genetic resources for semi-arid temperate environments proceedings of an international workshop, Icarda, Aleppo, Syria.
- CRESPO D. (2001) Man-made stresses in the grazing resources of the Mediterranean region. *Breeding for stress tolerance fodder crops and amenity grasses. Proceedings of the 23rd meeting of the fodder crops and amenity grasses section of EUCARPIA*, 199-206.
- ESPEJO M. Y ESPEJO A. (2005) Los sistemas tradicionales de explotación y la aplicación de innovaciones tecnológicas en la dehesa. Jornadas Técnicas dehesa-montado (9 a 11 de noviembre de 2005). Badajoz.
- FERNÁNDEZ MESA, A. (1978) Estudio de cargas ganaderas sobre pastos mejorados de la dehesa. *Boletín Técnico del CRIDA* 08, 2. INIA-SEA.
- FERRER C., SAN MIGUEL A. Y OLEA L. (2001) Momenclátor básico de pastos en España. *Pastos XXXI*(1), 7-44.
- GÓMEZ GUTIERREZ (1987) El monte adhesionado. Significación económica y ecológica actual. *Revista de Estudio Agro-Sociales*, 42, 171-193.
- GONZÁLEZ F., SCHNABEL S., PRIETO P.M., PULIDO-FERNÁNDEZ M. Y GRAGERA-FACUNDO J. (2012) Producción de los pastos en la dehesa y su relación con la precipitación y el suelo. *Actas de la Reunión científica de la SEEP*, 37-43. Pamplona. España.

- GONZÁLEZ F., MURILLO M., PAREDES J. Y PRIETO P.M. (2007) Recursos pascícolas de la dehesa extremeña, primeros datos para la modelización de su gestión. *Pastos*, XXXVII(2), 231-239.
- HOWIESON J.G., LOI A. Y CARR S.J. (1995) *Biserrula pelecinus* L. a legume pasture species with potencial for acid, duplex soils which is nodulated by unique root nodule bacteria. *Aust. J. Agric. Res.*, 46, 997-1009.
- INIA (2005) Tipificación, cartografía y evaluación de los pastos de la Comunidad de Extremadura. *Informe final proyecto OT00-037-C17-11*.
- JIMÉNEZ MOZO J., MARTÍNEZ AGULLA T. (1983b) La respuesta de los fertilizantes (N,P,K y micronutrientes) en el establecimiento de praderas sembradas sobre los suelos ácidos del SO de España. *Actas de la XXIII Reunión Científica de la SEEP*. Sevilla.
- JOHNSON I.R., LODGE G.M. Y WHITE R.E. (2003) The sustainable grazing systems pasture model: description, philosophy and application to the SGS National Experiment. *Aust. J. Exp. Agric.* 43, 711-728.
- LAVADO J.F., SCHNABEL S., CERRILLO A., MATEOS A.B. Y GÓMEZ D. (2005). Estudio integral de los factores físicos en las dehesas de Extremadura. En: Espejo *et al.*,(Eds) *Gestión ambiental y económica del ecosistema dehesa en la Península Ibérica.*, pp. 63-71. Mérida, España: Junta de Extremadura. Consejería de Infraestructura y Desarrollo Tecnológico.
- LOI A., REVELL C.K. AND NUTT B.J. (2005) Domestication of new forage legumes improves the productivity and persistence of pastures in Mediterranean environments. In: Frankow-Lindberg B.E., Collins R.P., Lüscher, Sébastia M.T. and Helgadóttir (eds) *Proceedings of 1st COST 852 workshop. Adaptation and management of forage legumes. Strategies for improved reliability in mixed swards*. SLU, Uppsala. pp. 165-175.
- MARAÑÓN T. (1988) Agro-Sylvo-Pastoral systems in the Iberian Peninsula Dehesas and Montados. *Rangelands*, 1, 255-258.
- MONTERO G., SAN MIGUEL A. Y CANELLAS I. (1998). Sistemas de selvicultura mediterránea. La dehesa. In: Jiménez Díaz R.M. Y Lamo de Espinosa J. *Agricultura sostenible*, pp. 519-554. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- MONTOYA OLIVER J.M. (1983) *Pastoralismo Mediterráneo*. Monografía, nº 25. ICONA, Madrid, España.
- MURILLO M., PAREDES J., PRIETO P.M Y GONZÁLEZ F. (2005) Estudio integral de los factores físicos en las dehesas de Extremadura. En: Espejo *et al.*, (Eds) *Gestión ambiental y económica del ecosistema dehesa en la Península Ibérica.*, pp. 63-71. Mérida, España: Junta de Extremadura. Consejería de Infraestructura y Desarrollo Tecnológico.
- MURILLO M., GONZÁLEZ F., PAREDES J. Y PRIETO P.M. (2010) Evaluación y selección de mezclas de leguminosas pratenses anuales. *Actas 4^a Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes*, 169-175.
- NAVEH, Z. WHITTAKER, R.H. (1980) Structural and floristic diversity of shrublands and woodlands in norther Israel and other Mediterranean areas. *Vegetatio*, 41, 171-190.

- OLEA L., PAREDES J. Y VERDASCO P. (1983) Mejora de pastos en el SO de España. Introducción y Selección de trébol subterráneo. *Ponencia presentada en la XXII Reunión Científica de la SEEP (Sevilla)*.
- OLEA L. PAREDES J. (1984). Mejora de los pastos. *Curso sobre pastos y ganadería extensiva de Extremadura*, 31-49. Universidad de Extremadura, Escuela de Ing. Téc. Agrícola de Badajoz.
- OLEA L., PAREDES J. Y VERDASCO P. (1988) *Mejora de los pastos de la dehesa del S.O. de la Península Ibérica*. Hojas divulgadoras del MAPA, nº17/88, 16 pp. Madrid, España.
- PORTA J., LÓPEZ M. Y ROQUERO C. (1994) *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Madrid. España: Ediciones Mundi-Prensa.
- QUILIVAN B.J. (1978) *J. Exp. Agric. Anim. Husb.* Vol 8.
- RATERA C., MUSLERA E., RUIZ J.A. Y AMBEL E. (1975) Potencial y necesidades nutritivas de las praderas en varios suelos del suroeste español. *Pasto*, 5(1), 138-149.
- RIVAS GODAY S. (1964). *Vegetación y flora de la cuenca Extremeña del Guadiana*. Diputación Provincial de Badajoz, 777pp. Badajoz (España).
- REGATO-PAJARES P., JIMÉNEZ-CABALLERO S., CASTEJON M. AND ELENA-ROSSELLO R. (2004) Recent landscape evolution in dehesa woodlands of western Spain. In: Mazzoleni, S., di Pasquale G., Mulligan M., di Martino P. y Rego F. (Eds) *Recent dynamics of the mediterranean vegetation and landscape*, pp.57-72. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
- ROSSITER R.C. (1966) *Advances in Agronomy* nº 11, 1-56.
- SCHNABEL S., LAVADO J.F., GÓMEZ A. Y LAGAR D. (2005) La degradación del suelo de las dehesas de Extremadura. En: Espejo *et al.* (Eds) *Gestión ambiental y económica del ecosistema dehesa en la Península Ibérica*, pp. 63-71. Mérida, España: Junta de Extremadura. Consejería de Infraestructura y Desarrollo Tecnológico.
- TILMAN, D. AND DOWNING, J.A. (1994) Biodiversity and stability in grasslands. *Nature*, 367, 363-365.

COMPOSICIÓN MINERAL DEL FORRAJE DE ESPECIES AUTÓCTONAS DE LANZAROTE

Forage Mineral Composition of Native Species from Lanzarote
Cultivated

E. CHINEA¹, C. BATISTA¹, A. GARCÍA-CIUDAD² y B.
GARCÍA-CRIADO²

¹Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Universidad de La Laguna. Tenerife (España). ²Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología (IRNASA, CSIC). Salamanca (España), echinea@ull.es

Resumen: Se estudiaron los contenidos de cenizas y los nutrientes minerales (macroelementos: P, K, Ca, Mg, Na, y microelementos: Fe, Mn, Cu, Zn, Sr, Al, B, Mo y Cr), de cinco especies con interés forrajero, autóctonas de las Islas Canarias (*Atriplex halimus*, *Bituminaria bituminosa* cv. *albomarginata*, *Coronilla viminalis*, *Echium decaisnei* y *Lotus lancerottensis*). El ensayo se realizó en una parcela ubicada en el Centro de Día “Zonzamas” (Lanzarote) a unos 105 msnm. Se realizaron tres cortes (invierno y primavera de 2010 e invierno de 2011). La especie *Atriplex halimus* presentó los niveles más altos de cenizas y contenidos en, Mg, Na, Fe, Mn y Al. En invierno las plantas mostraron los valores más altos de P, K, Mn, Cu, Zn, Mo, y Cr. En general, las especies cultivadas presentaron mayores contenidos de cenizas y elementos minerales que las mismas especies en su hábitat natural.

Palabras clave: Islas Canarias, pastos autóctonos, composición mineral

Abstract: Ash and mineral nutrients (P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu, Zn, Sr, Al, B, Mo and Cr) of five autochthonous species from the Canary Islands with forage interest were studied (*Atriplex halimus*, *Bituminaria bituminosa* var. *albomarginata*, *Coronilla viminalis*, *Echium decaisnei* and *Lotus lancerottensis*). The essay was carried out in an area located in the Day Centre “Zonzamas” (Lanzarote) at around 105 m above sea level. Three cuts were made (in winter and spring during 2010 and also in the winter of 2011). *Atriplex halimus* specie displays the highest ash, Mg, Na, Fe, Mn and Al contents. During winter plants show the highest P, K, Mn, Cu, Zn, Mo and Cr values. In general, cultivated species present higher ash and mineral elements contents that the same species growth in their natural habitat.

Keywords: Canary Islands, forage, mineral composition.

INTRODUCCIÓN

El encarecimiento de las materias primas se ha trasladado a los precios de los piensos, con el consiguiente incremento de los costes de producción. Es una situación que amenaza con el cierre o recorte de animales en las explotaciones. Para paliar este efecto negativo se plantea estudiar el potencial forrajero de especies vegetales

autóctonas de gran valor ecológico y paisajístico que, además, contribuyen a coadyuvar a la conservación de los recursos naturales y, en especial, el suelo; mejorar la diversidad biológica, el paisaje y contribuir al desarrollo sostenible de comunidades rurales del entorno.

En las regiones áridas y semiáridas raras veces el ganado recibe suplementación mineral y depende casi exclusivamente del forraje que consumen para satisfacer sus necesidades. Sin embargo, son pocos los forrajes que alcanzan los requerimientos minerales, que precisan los animales (McDowell *et al.*, 1993; Underwood, 1981). Los desequilibrios de los minerales (deficiencias o excesos) en suelos y forrajes, han sido considerados responsables de la baja producción y de los problemas reproductivos entre los rumiantes en pastoreo (McDowell *et al.*, 1993). Las concentraciones de elementos minerales en las plantas son muy variables; dependen de la unidad taxonómica, estado fenológico, propiedades del suelo, factores climáticos, y de la estación (Reid y Horvath, 1980; Underwood, 1981). Las técnicas de aprovechamiento y los rendimientos también afectan a la composición mineral, es por esto por lo que las deficiencias son encontradas en zonas de aprovechamiento intensivo (Reid y Horvath, 1980). La calidad del forraje es mayor cuando los animales se alimentan de las porciones terminales de las ramas. Sin embargo, a veces se ven forzados a consumir algo más que las porciones terminales, aumentando la celulosa y lignina, con la consiguiente reducción de la digestibilidad y los niveles de otros nutrientes y la proteína (Van Soest, 1985).

En un primer trabajo (Chinaea *et al.*, 2012) se evaluaron la fracción ramoneable y la producción de las cinco especies autóctonas de las Islas Canarias (*Atriplex halimus*, *Bituminaria bituminosa cv. albomarginata*, *Coronilla viminalis*, *Echium decaisnei* y *Lotus lancerottensis*). El objetivo de este segundo trabajo ha sido determinar la composición mineral (cenizas, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu, Zn, Sr, Al, B, Mo y Cr) de las mismas especies y contrastarla con los niveles fijados en la bibliografía para una dieta animal adecuada.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en una parcela experimental con un sistema tradicional de mulching, consistente en una capa de material basáltico de 20 cm de espesor ubicada en el Centro de Día “Zonzamas” (Lanzarote) a unos 105 msnm y con unas coordenadas UTM X: 640.202; Y:3.208.902. El trasplante fue realizado en julio

de 2009. La plantación se llevó a cabo con un marco de 1,5m x 1,5m y un diseño estadístico de bloques al azar con cuatro repeticiones para cada especie. Las plantas fueron irrigadas con goteros, el primer año con una dosis de 1,33 mm/mes y planta. Y el segundo años la dosis se redujo a la mitad (0,66 mm/mes y planta). La calidad del agua de riego según la CE (0,54 mS/cm) no presentó restricción para su uso, mientras que la relación entre el SAR ajustado (3,2) y la CE muestran un ligero o moderado problema en la infiltración (Ayers y Westcot, 1985). Durante el ensayo (junio 2009 a enero 2011) la temperatura media fue de 21,1 °C y unas precipitaciones de 122 mm/año. Las plantas anuales se eliminaron con segadora.

El suelo de la parcela procede de suelos de vega transportados, fértiles (China *et al.*, 2012) de textura franco-arcillosa, pH alcalino (8,4), clasificados como Fluvisoles eútricos. La finca no fue fertilizada durante el experimento. Para todas las especies se programaron los cortes cuando los brotes principales fueron >30cm. Se efectuó un total de tres cortes, enero de 2010 (invierno/2010), junio de 2010 (primavera/2010) y enero 2011 (invierno/2011). Se consideró la fracción ramoneable, esto es, la formada por hojas, brotes verdes, flores, y tallos sin lignificar, con un diámetro que no superior a los cinco mm. Se procedió al secado, con una estufa a 60°C durante 24 horas y molido. El contenido de cenizas se determinó por incineración a 550°C en un horno durante cinco horas (AOAC, 1990). A continuación se procedió a atacar la ceniza obtenida con una mezcla de HCl/HNO₃/H₂O, en una proporción 1/1/8 durante 3 horas. El contenido originado de tal mezcla se filtra a través de un papel de filtro lavado a los ácidos, sobre un matriz aforado de 25 ml y se enrasa con la misma disolución hasta que alcance ese volumen. Posteriormente se determinaron los niveles de los diferentes macroelementos (P, K, Ca, Mg, Na) y microelementos (Fe, Mn, Cu, Zn, Sr, Al, B, Mo y Cr) con un espectrofotómetro (VARIAN ICP OES Mod. 720).

Los estudios estadísticos consistieron en un ANOVA de medidas repetidas de los efectos de la especie y de los cortes sucesivos (considerados como factores fijos inter-sujetos e intra-sujetos, respectivamente) sobre los valores de cenizas, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu, Zn, Sr, Al, B, Mo y Cr. Previamente, se comprobaron los requisitos de normalidad, homocedasticidad y esfericidad. Las comparaciones entre pares de especies o de estaciones de corte se realizaron post-hoc mediante test LSD ($P < 0,05$). Los análisis se llevaron a cabo usando el programa SPSS 17 (SPSS, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los minerales estudiados presentan una alta significación ($P \leq 0,05$) para el factor "Especie" (Tabla 1). El contenido medio de cenizas más alto corresponde a la especie *Atriplex halimus* (Tabla 1), siendo éste similar al citado por Chinaea *et al.* (2011), para poblaciones naturales, en el que también presentaba el mayor contenido, pero muy superior al citado para esta especie por Álvarez *et al.* (2005). Esta especie también presentó los contenidos más altos en Mg, Na, Fe, Mn y Al, y los más bajos de P, Ca y Sr. El nivel medio de P, al igual que el de cenizas, es similar al citado por Chinaea *et al.* (2011). Los niveles medios de B y Mo son inferiores a los citados por dichos autores en poblaciones naturales, y el resto de elementos presentan contenidos medios inferiores. Al igual que ocurre con el contenido en cenizas, los contenidos medios de P, K, Ca, Mg y Fe, son muy superiores a los citados para esta especie por Álvarez *et al.* (2005), mientras que los de Na, Mn y Zn son considerablemente inferiores.

Tabla 1. Contenidos en cenizas y elementos minerales (media \pm error típico) según la especie.

	$F_{gl=t}$	Especie				
		<i>Atriplex halimus</i>	<i>Bituminaria bituminosa</i>	<i>Coronilla viminalis</i>	<i>Echium decaisnei</i>	<i>Lotus lancerottensis</i>
Cenizas (%)	323,26**	31,7 \pm 0,8 ^a	11,1 \pm 0,2 ^d	16,6 \pm 0,5 ^c	27,3 \pm 0,3 ^b	10,4 \pm 0,4 ^d
P (%)	4,60*	0,18 \pm 0,01 ^b	0,25 \pm 0,01 ^a	0,20 \pm 0,01 ^b	0,20 \pm 0,01 ^b	0,20 \pm 0,01 ^b
K (%)	61,35**	2,36 \pm 0,14 ^b	2,36 \pm 0,11 ^b	2,07 \pm 0,17 ^b	4,90 \pm 0,17 ^a	1,50 \pm 0,08 ^c
Ca (%)	106,43**	1,08 \pm 0,05 ^d	1,47 \pm 0,04 ^c	3,15 \pm 0,10 ^a	2,87 \pm 0,09 ^a	1,40 \pm 0,03 ^c
Mg (%)	322,90**	0,99 \pm 0,05 ^a	0,22 \pm 0,01 ^c	0,44 \pm 0,01 ^b	0,14 \pm 0,01 ^d	0,23 \pm 0,01 ^c
Na (%)	464,76**	1,54 \pm 0,15 ^a	0,13 \pm 0,03 ^d	0,34 \pm 0,06 ^c	0,56 \pm 0,08 ^b	0,37 \pm 0,08 ^c
Fe (ppm)	5,52**	393 \pm 21 ^a	245 \pm 12 ^{bc}	302 \pm 63 ^{bc}	199 \pm 21 ^c	344 \pm 61 ^{ab}
Mn (ppm)	13,37**	76,2 \pm 6,9 ^a	32,7 \pm 2,4 ^{cd}	45,4 \pm 2,1 ^{bc}	55,3 \pm 4,0 ^{ab}	28,5 \pm 3,7 ^d
Cu (ppm)	30,49**	5,8 \pm 0,3 ^b	4,7 \pm 0,2 ^c	6,2 \pm 0,3 ^b	7,7 \pm 0,3 ^a	3,7 \pm 0,3 ^d
Zn (ppm)	13,86**	22,5 \pm 2,4 ^b	18,3 \pm 1,6 ^b	33,7 \pm 2,4 ^a	11,7 \pm 1,4 ^c	24,4 \pm 2,7 ^b
Sr (ppm)	70,95**	53,1 \pm 3,4 ^c	97,8 \pm 6,5 ^b	185,4 \pm 6,9 ^a	203,0 \pm 10,0 ^a	110,9 \pm 6,8 ^b
Al (ppm)	13,70**	426 \pm 36 ^a	229 \pm 16 ^{bc}	208 \pm 46 ^c	213 \pm 25 ^c	308 \pm 54 ^b
B (ppm)	83,39**	47,7 \pm 3,4 ^d	76,4 \pm 5,9 ^c	128,9 \pm 10,3 ^b	213,7 \pm 30,7 ^a	41,7 \pm 2,3 ^d
Mo (ppm)	40,58**	3,12 \pm 0,96 ^b	14,41 \pm 3,87 ^a	13,37 \pm 1,19 ^a	2,72 \pm 0,46 ^b	7,77 \pm 0,94 ^a
Cr (ppm)	3,15*	1,74 \pm 0,15 ^{ac}	1,30 \pm 0,13 ^{bc}	1,92 \pm 0,60 ^b	1,29 \pm 0,08 ^{bc}	2,27 \pm 0,43 ^a

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

Los niveles medios de P y Mo correspondientes a la especie *Bituminaria bituminosa* cv. *albomarginata* son los mayores de las cinco especies estudiadas,

mientras que el de Na fue el más bajo (Tabla 1). El contenido medio en Fe en esta especie es similar al citado por China *et al.* (2011) en poblaciones naturales, los de Mn, Al y Cr son inferiores y el resto son superiores. El contenido medio en cenizas, así como los de Ca y Fe son ligeramente superiores a los citados para heno de tederá por Álvarez *et al.* (2004), mientras que los de P, Na y Mn son superiores, siendo los niveles de K, Mg y Zn similares a los citados por dichos autores. Esta especie, al igual que la especie *Lotus lancerottensis*, podría presentar problemas debido a que sus niveles de Cu son inferiores a cinco ppm y los de Mo superiores a tres ppm, pudiendo producirse una deficiencia del primero (McDowell *et al.* 1993).

La especie *Coronilla viminalis* presentó las concentraciones medias más altas de Ca y Zn (Tabla 1), circunstancia similar a la citada por China *et al.* (2011) y la más baja en Al, al igual que en la mencionada cita. Para todos los elementos analizados, esta especie presentó valores superiores a los citados para poblaciones naturales por China *et al.* (2011).

La especie *Echium decaisnei* presentó los niveles más altos de K, Cu, Sr y B mostrando una característica similar a la citada por China *et al.* (2011) en poblaciones similares y los más bajos de Mg, Fe, Zn, Mo y Cr (Tabla 1). Cuatro de estos cinco elementos, exceptuando el Fe, también presentaron los niveles medios más bajos en esta especie en poblaciones naturales atendiendo a los valores citados por China *et al.* (2011). A diferencia del valor medio de Mo citado para poblaciones naturales por China *et al.* (2011), en este caso, y debido a que es superior a dos ppm, podemos decir que se superan los requerimientos mínimos para la alimentación de pequeños rumiantes que cita McDowell *et al.* (1993). Sin embargo, pueden darse deficiencias de Zn, ya que el valor medio en esta especie y, en menor medida, en la especie *B. bituminosa*, es inferior a los requerimientos para la alimentación de rumiantes citados por McDowell *et al.* (1993) (20-40 ppm). Esta circunstancia puede deberse al bajo contenido de este elemento que presentó el suelo en el que se desarrolló el cultivo (China *et al.*, 2012).

La especie *Lotus lancerottensis* mostró los niveles más bajos de cenizas, K, Mn, Cu y B (Tabla 1). Se repite la pauta citada para los cuatro primeros en poblaciones naturales citada por China *et al.* (2011). Así mismo, presentó el contenido medio de Cr más alto de las cinco especies estudiadas.

Los contenidos medios en Mg y Fe no presentan variaciones significativas entre las tres estaciones de muestreo, presentando el resto de elementos una alta

significación ($P \leq 0,05$) para el factor "Estación" (Tabla 2). Los niveles medios de P, K, Mn, Cu, Zn y Mo, así como los de Cr, aunque en menor medida, presentan un comportamiento similar, con concentraciones mayores en los dos muestreos llevados a cabo en invierno y valores más bajos en primavera. Sin embargo las causas de este comportamiento son diferentes dependiendo de cada elemento.

Las concentraciones medias de K más altas corresponden a Invierno/2011 y, en menor medida, a Invierno/2010. Este elemento es retenido más enérgicamente por los tejidos jóvenes de las plantas (Marschner, 1995), por lo que es lógico que en los muestreos llevados a cabo en invierno presenten un alto contenido en K, teniendo en cuenta, por ejemplo, que en Invierno/2010 todos los individuos de las cinco especies presentaban una fenología con crecimiento vegetativo (Chinaea *et al.*, 2012).

En el caso del Mo, la humedad del suelo es un factor que influye notablemente en la asimilabilidad (Loué, 1988), por lo que es lógico pensar que en Primavera/2010, se determinaran valores más bajos que en las otras dos estaciones de muestreo, en las que se registraron precipitaciones muy superiores (Chinaea *et al.*, 2012).

Tabla 2. Contenido en cenizas y elementos minerales (media \pm error típico) según la estación e interacción especie/estación.

	$F_{gl=4}$	Especie				
		<i>Atriplex halimus</i>	<i>Bituminaria bituminosa</i>	<i>Coronilla viminalis</i>	<i>Echium decaisnei</i>	<i>Lotus lancerottensis</i>
Cenizas (%)	323,26**	31,7 \pm 0,8 ^a	11,1 \pm 0,2 ^d	16,6 \pm 0,5 ^c	27,3 \pm 0,3 ^b	10,4 \pm 0,4 ^d
P (%)	4,60*	0,18 \pm 0,01 ^b	0,25 \pm 0,01 ^a	0,20 \pm 0,01 ^b	0,20 \pm 0,01 ^b	0,20 \pm 0,01 ^b
K (%)	61,35**	2,36 \pm 0,14 ^b	2,36 \pm 0,11 ^b	2,07 \pm 0,17 ^b	4,90 \pm 0,17 ^a	1,50 \pm 0,08 ^c
Ca (%)	106,43**	1,08 \pm 0,05 ^d	1,47 \pm 0,04 ^c	3,15 \pm 0,10 ^a	2,87 \pm 0,09 ^a	1,40 \pm 0,03 ^c
Mg (%)	322,90**	0,99 \pm 0,05 ^a	0,22 \pm 0,01 ^c	0,44 \pm 0,01 ^b	0,14 \pm 0,01 ^d	0,23 \pm 0,01 ^c
Na (%)	464,76**	1,54 \pm 0,15 ^a	0,13 \pm 0,03 ^d	0,34 \pm 0,06 ^c	0,56 \pm 0,08 ^b	0,37 \pm 0,08 ^c
Fe (ppm)	5,52**	393 \pm 21 ^a	245 \pm 12 ^{bc}	302 \pm 63 ^{bc}	199 \pm 21 ^c	344 \pm 61 ^{ab}
Mn (ppm)	13,37**	76,2 \pm 6,9 ^a	32,7 \pm 2,4 ^{cd}	45,4 \pm 2,1 ^{bc}	55,3 \pm 4,0 ^{ab}	28,5 \pm 3,7 ^d
Cu (ppm)	30,49**	5,8 \pm 0,3 ^b	4,7 \pm 0,2 ^c	6,2 \pm 0,3 ^b	7,7 \pm 0,3 ^a	3,7 \pm 0,3 ^d
Zn (ppm)	13,86**	22,5 \pm 2,4 ^b	18,3 \pm 1,6 ^b	33,7 \pm 2,4 ^a	11,7 \pm 1,4 ^c	24,4 \pm 2,7 ^b
Sr (ppm)	70,95**	53,1 \pm 3,4 ^c	97,8 \pm 6,5 ^b	185,4 \pm 6,9 ^a	203,0 \pm 10,0 ^a	110,9 \pm 6,8 ^b
Al (ppm)	13,70**	426 \pm 36 ^a	229 \pm 16 ^{bc}	208 \pm 46 ^c	213 \pm 25 ^c	308 \pm 54 ^b
B (ppm)	83,39**	47,7 \pm 3,4 ^d	76,4 \pm 5,9 ^c	128,9 \pm 10,3 ^b	213,7 \pm 30,7 ^a	41,7 \pm 2,3 ^d
Mo (ppm)	40,58**	3,12 \pm 0,96 ^b	14,41 \pm 3,87 ^a	13,37 \pm 1,19 ^a	2,72 \pm 0,46 ^b	7,77 \pm 0,94 ^a
Cr (ppm)	3,15*	1,74 \pm 0,15 ^{ac}	1,30 \pm 0,13 ^{bc}	1,92 \pm 0,60 ^b	1,29 \pm 0,08 ^{bc}	2,27 \pm 0,43 ^a

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

Las concentraciones medias de Ca y Mg fueron, de manera general, más altas en invierno que en primavera, pese a no presentar en alguno de los casos diferencias significativas. Este hecho puede deberse a la acumulación preferente de ambos elementos en las hojas (Marschner, 1995), órgano presumiblemente más abundante en invierno que en esta estación ya que la mayoría de individuos se encontraban en una fase de crecimiento vegetativo (Chinea *et al.*, 2012).

El Na presentó el valor medio máximo en Primavera/2010, aunque las diferencias no fueron significativas ($P>0,05$) con el valor determinado para Invierno/2010, presentando en Invierno/2011 el valor más bajo (Tabla 2). El nivel medio más alto de Sr se determinó en Primavera/2010, y los más bajos en las dos estaciones invernales, entre las cuales no existen diferencias significativas ($P>0,05$).

Las concentraciones más altas de Al se determinaron en Primavera/2010, sin presentar diferencias significativas con Invierno/2011 ($P>0,05$). El contenido más bajo correspondió a Invierno/2010 (Tabla 2). El contenido de B aumentó significativamente ($P\leq 0,05$) a lo largo de las estaciones, presentando un máximo en Invierno/2011 y un mínimo en Invierno/2010 (Tabla 2). Los mayores niveles de Cr correspondieron a las muestras recogidas en Invierno/2010 e Invierno/2011 (Tabla 2). Esta circunstancia se repite para poblaciones naturales (Chinea *et al.*, 2011).

A excepción de los contenidos en cenizas, P, K, Na, Fe, B y Cr, podemos decir que los minerales analizados presentan una baja significación en la interacción “Estación x Especie” ($P>0,05$), por lo que las variaciones a lo largo de las tres estaciones de muestreo en los niveles medios de cada elemento, no presentan diferencias significativas entre las cinco especies estudiadas (Tabla 2).

CONCLUSIONES

El interés forrajero de estas especies es que puedan llegar a cultivarse con un mínimo coste por los agricultores canarios y obtener el máximo rendimiento de ellas. Están adaptadas a las condiciones edafoclimáticas de zonas áridas y semiáridas, por su tolerancia la sequía.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por la Fundación Biodiversidad (MARM) y el Excmo. Cabildo Insular de Lanzarote. Los autores agradecen la

colaboración prestada por Ana Carrasco Martín, María del Mar Duarte Martín, Alejandro Perdomo Placeres y Francisco Pino López, por su constante asesoramiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ S., MÉNDEZ P., DÍAZ C. Y FRESNO M. (2004) Ingestión, composición química y digestibilidad in vivo de tедера (*Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton). En: García-Criado B. *et al.* (Eds) *Pastos y ganadería Extensiva* pp. 337-340. Salamanca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- ÁLVAREZ S., MÉNDEZ P., DÍAZ C. Y FRESNO M. (2005) Valoración nutritiva de forrajes adaptados a zonas áridas y su utilización en la alimentación del ganado caprino. En: Osoro K. *et al.* (Eds) *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural*, pp 229-235. Gijón, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- AOAC, (1990) *Official methods of analysis of the Association of official Analytical Chemist.* 15 th Edition, Arlington, Virginia (USA). 42 p.
- AYERS R.S., Y WETSCOT D.W. (1985) *Water quality for agriculture.* FAO. Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1, Roma.
- CHINEA E., BATISTA C. MORA J.L. GARCÍA-CIUDAD A. Y GARCÍA-CRIADO B. (2012) Producción forrajera del cultivo de especies autóctonas de Canarias. En: Canals R.M. y Emeterio L. (Eds) *Nuevos retos de la ganadería extensiva: una agente de conservación en peligro de extinción*, pp. 529-534. Pamplona, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- CHINEA E., BATISTA C., MORA J.L. Y GARCIA-CIUDAD A. (2011) Estudio de especies pascícolas de Lanzarote en su hábitat. II Composición mineral. En: López-Carrasco C. *et al.* (Eds) *Pastos, paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI*, pp 87-92. Toledo. España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- LOUÉ A. (1988). *Los microelementos en agricultura.* Ediciones Mundi-Prensa,
- MARSCHNER H. (1995) *Mineral nutrition of higher plants*, Academia Press. Londres (USA).
- MCDOWELL L.R., CONRAD J.H., HEMBRY F.G., ROJAS L.X., VALLE G. Y VELÁZQUEZ J. (1993) *Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales*, Departamento de Zootecnia. Universidad de Florida. Gainesville (USA).
- REID R.L., HORVATH D.J. (1980) Soil chemistry and mineral problems in farm livestock. A review. *Animal feed science and technolpgy* 5, 95-167.
- SPSS. (2008) *SPSS for Windows V. 17.0.* SPSS Inc. Chicago (USA).
- UNDERWOOD E.J. (1981) *The mineral nutrition of livestock.* Commonwealth Agricultural Bureaux. Londres (UK).
- VAN SOEST P.J. (1985) Composition, fiber quality, and nutritive value of forages. En: Heath M. E. *et al.* (Eds) *Forages. The science of grassland agriculture.* Iowa State University Press, Ames. Iowa (USA), 412-421.

USO DE LA TECNOLOGÍA NIRS COMO HERRAMIENTA DE PREDICCIÓN DEL CONTENIDO EN PROTEÍNA DEL TRITICALE DE DOBLE APTITUD

Use of NIRS for Predicting the Protein Content of Dual-Purpose Triticale

R. A. GALLEGO OLIVENZA, D. TEJERINA BARRADO, V. CRUZ SOBRADO y F. LLERA CID

Centro de Investigación “La Orden-Valdesequera” Consejería de Empleo, Empresa e Innovación. Gobierno de Extremadura. Finca “La Orden”. Ctra. A-V. Km 372. 06187 - Guadajira. Badajoz (España), ramonantonio.gallego@juntaextremadura.net

Resumen: La utilización simultánea del triticale para forraje y grano tiene gran interés para el sector ganadero, ya que su modelo de aprovechamiento encaja con la curva de producción de pastos de secano. Conocer su valor nutritivo, principalmente el contenido en proteína bruta (PB), requiere numerosas analíticas en laboratorio, ralentizando y encareciendo el proceso. El objetivo de este estudio fue la obtención de un modelo predictivo fiable, mediante tecnología NIRS, para cuantificar la PB del forraje de triticale de doble aptitud a lo largo su ciclo de desarrollo. Para ello, se tomaron los datos espectrales NIRS (1000 a 2500 nm) de cada muestra y se relacionaron con el contenido en proteína mediante el programa Unscrambler®, para obtener las mejores ecuaciones de predicción, considerando como criterios discriminantes el coeficiente de determinación de validación cruzada (1-VR), error estándar de validación cruzada (EE_{VC}) y el ratio performance deviation (RPD). Los resultados revelaron que el pretratamiento espectral con mayor capacidad predictiva fue el EMSC (Extended Multiplicative Scatter Correction) sobre los datos de absorbancia, mostrando un RPD=7,09; 1-VR= 0,98 y EE_{VC}=0,872 sobre el conjunto de calibración. Por tanto, la tecnología NIRS podría ser usada para predecir el contenido de PB del triticale de doble aptitud.

Palabras clave: X Triticosecale Wittmack, forraje, dosis de nitrógeno, pastoreo, densidad de siembra.

Abstract: The use of triticale as a dual-purpose forage and grain crop is of great interest to the livestock sector, since its harvest regime fits the yield curve in upland pastures. The knowledge of their nutritional value, mainly the crude protein content (CP) requires laboratory analysis of numerous samples, slowing and expensive process. So, the aim of this study was to obtain a reliable model, to predict CP content of triticale with dual purpose using NIRS technology. To this end, the spectral information of 648 samples along its development cycle were taken (NIRS, 1000 to 2500 nm). Each spectrum was associated with their protein content using the Unscrambler® program, to obtain the best prediction equations, considering as discriminant criteria the determination coefficient (1-VR), standard error of cross validation (EEVC) and the ratio performance deviation (RPD). The results revealed that pretreatment spectral best predictor was the EMSC (Extended Multiplicative Scatter Correction) on the absorbance data, showing a RPD = 7,09, 1-VR = 0,98 and = 0,872 EE_{VC}. Therefore, the NIRS could be used to predict the content of PB of triticale of dual purpose.

Key words: X *Triticosecale* Wittmack , forage, nitrogen dose, crude protein.

INTRODUCCIÓN

La dehesa ha basado su gestión, tradicionalmente, en la autosuficiencia del sistema, con aportes mínimos de energía del exterior, principalmente para el ganado que pastaba en ella (Gil *et al.*, 2009). De hecho, estudios realizados en Extremadura (Llera *et al.*, 1997; Llera y Cruz, 2012), ponen de manifiesto el uso del cultivo de triticale (X *Triticosecale* Wittmack) de doble aptitud (forraje y grano), cv Verato como alternativa de gran interés para la optimización del rendimiento de estos agrosistemas, ya que permite paliar la escasez de forraje verde en la época invernal y proporcionan una cosecha aprovechable al final de su ciclo. El principal valor nutritivo del triticale en alimentación animal, tanto de monogástricos como de poligástricos, es su aporte proteico (Royo, 1992). Para el ganadero, un elevado nivel de proteínas en los productos para alimentación animal es de gran importancia para el desarrollo, engorde y rendimiento del animal, y así evitar la suplementación externa (Martínez, 2002).

Como cualquier producto destinado a alimentación y consumo requiere una serie de controles de calidad y caracterización de su composición nutritiva. Así, en los últimos años el sector ha optado por el uso de nuevas metodologías que economicen los procesos analíticos y permitan ofrecer una información en tiempo real de la calidad del producto. La tecnología NIRS ha sido ampliamente utilizada tanto en forrajes (García *et al.*, 1977; 1978), maíz forrajero (Campo *et al.*, 2007), así como en carne y productos cárnicos (Tejerina *et al.*, 2009), ya que permite obtener resultados de forma rápida, económica, no destructiva y respetuosa con el medio ambiente. Sólo requiere de una serie de tratamientos quimiométricos para su calibración con el fin de obtener las mejores ecuaciones de predicción, con el mínimo error y que aseguren la repetibilidad, precisión y exactitud de los resultados (Deville y Flinn, 2000). De hecho son numerosos los trabajos en los que se hace referencia a la predicción del contenido en proteínas mediante NIRS (De Boever *et al.*, 2004; García *et al.*, 1988).

Se trata de una técnica espectrofotométrica, en la región del infrarrojo cercano (700-2500 nm) (Murray, 1993; Deville y Flinn, 2000), donde la absorción de energía por la muestra provoca que los enlaces C-H, O-H y N-H, vibren en distintas formas (Givens y Deville, 1999), con mayor o menor intensidad de señal. Así, las regiones del espectro más correlacionadas con el contenido de proteína bruta

(PB) son: 1000-1100 nm, 1420-1620 nm y 1800-2200 nm (Miller, 2001; Shenk *et al.*, 1992).

Así, el objetivo del presente trabajo fue predecir el contenido de PB del forraje de triticale de doble aptitud cv Verato mediante la utilización de la tecnología NIRS.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo durante la campaña agrícola 2009-2010 en una parcela del Centro de Investigación Finca “La Orden” del término municipal de Guadajira (Badajoz), propiedad de la Junta de Extremadura, en condiciones de secano.

El material vegetal utilizado fue el triticale de doble aptitud cv Verato. No se realizó ningún tipo de tratamiento fitosanitario. Los distintos abonados realizados se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Fertilizantes utilizados en el abonado de fondo y en las dos coberteras (kg/ha)

Tratamiento	Abonado de Fondo			1ª Cobertera	2ª Cobertera
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	N
	Sulfato amónico del 21%	Superfosfato cálcico del 18%	Cloruro potásico del 60%	Nitrato Amónico Cálcico del 27%	Nitrato Amónico Cálcico del 27%
125 kg N ha ⁻¹	50	42	90	50	25
75 kg N ha ⁻¹	25	42	90	50	0
0 kg N ha ⁻¹	0	42	90	0	0

Se realizaron dos pastoreos simulados con una segadora manual de peine frontal con cuchillas alternativas, con una altura de 2-3 cm para el primer corte y de 6-7 cm para el segundo.

El diseño estadístico fue un split split plot con cuatro repeticiones, siendo la parcela principal la densidad de siembra (400 plantas/m², 500 plantas/m² y 600 plantas/m²), la subparcela el número de cortes (sin cortar, un corte y dos cortes) y la sub-subparcela las dosis de nitrógeno aplicadas antes de la siembra, después del primer corte y después del segundo corte (SIN nitrógeno (0-0-0), 75 kg N/ha (25-50-0) y 125 kg/ha (50-50-25)). La unidad experimental estaba constituida por dos parcelas de 1,5 m de ancho y 10 m de longitud, utilizando una de ellas para los muestreos destructivos (0,25 m²).

Se realizaron seis muestreos en diferentes fechas: 18/01/2010, 25/02/2010, 10/03/2010, 12/04/2010, 10/05/2010 y 21/06/2010 (n=108 muestras por fecha). Las muestras seleccionadas (n= 648) fueron secadas en estufa a 105°C durante 48 horas para determinar el peso seco de la parte aérea de la planta y, posteriormente, fueron molidas y pasadas por un tamiz de 1 mm para obtener la concentración de nitrógeno y su equivalente en Proteína Bruta (AOAC, 2003).

De todas las muestras se tomó su espectro característico por duplicado, en la región del Infrarrojo Cercano mediante un equipo NIRS Labspec 2500 (ASD Inc.®), que realiza una lectura continua entre los 1000-2500 nm. El procesamiento de espectros se llevó a cabo a través del software IndicoPro® y el análisis quimiométrico de los datos mediante el software Unscrambler de CAMO®, por el cual se obtuvieron las ecuaciones de predicción para el análisis cuantitativo del contenido en PB de las muestras, utilizando una regresión multivariante por mínimos cuadrados parciales (PLS), evaluando distintos pretratamientos espectrales: absorbancia, 1ª y 2ª derivada, con intervalo de sustracción o GAP 10 y segmento de suavizado cinco, corrección multiplicativa de la señal (EMSC), corrección dispersiva desviación estándar normalizada (SNV) y transmitancia.

La validación del modelo predictivo se realizó, inicialmente, mediante validación cruzada seleccionando aleatoriamente muestras del conjunto de calibración.

La habilidad predictiva del modelo se analizó en base a los estadísticos coeficiente de determinación (1-VR), el error estándar de validación cruzada (EEvc) (Osborne *et al.*, 1993) y la relación entre desviación estándar y el error estándar de la validación cruzada (DE/EEvc), conocido como índice RPD (Williams, 2001), ya que son considerados los estadísticos de mayor peso en la precisión de una ecuación NIRS.

Además, se calculó el error estándar de laboratorio (EEL), ya que de acuerdo a lo afirmado por Osborne *et al.* (1993), tiene una gran influencia en la precisión de una ecuación NIRS.

$$EEL = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_1 - y_2)^2}{2n}}$$

donde y_1 e y_2 son el primer y segundo duplicado del valor de la propiedad a determinar para una misma muestra, y n es el número de muestras. En este trabajo el EEL (% PB) = 0,45.

El pretratamiento con mejor capacidad predictiva, fue utilizado para la predicción del contenido en PB del conjunto de muestras del set de validación externa ($n=60$). Estas muestras fueron seleccionadas al azar (con rango de PB similar al set de calibración) de una réplica del ensayo anteriormente descrito realizado durante la siguiente campaña (2010/2011), con las mismas condiciones agronómicas e idénticos tratamientos experimentales. Para todas ellas fue calculado el % de PB (AOAC, 2003), y así poder correlacionar el valor real con el valor predicho del modelo elegido.

El análisis estadístico de los resultados analíticos fue realizado mediante el programa SPSS-PC+ (2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se muestra el número de muestras, promedio, rango y desviación estándar para el componente químico evaluado.

Tabla 2. Descriptivos del conjunto de calibración

Parámetro	n	Max	Min	MEDIA	DE	CV (%)
Proteína (g/100g MS)	648	27,37	2,68	10,79	6,18	42,1

El amplio rango observado de la composición química de las muestras, representa el rango típico de forrajes de triticale para las dehesas de Extremadura, según los valores de PB (2,69-27,38%) y coincidentes con los que indican Llera *et al.* (2012). La amplia variación de la composición del set de calibración es una condición deseable para desarrollar ecuaciones de predicción, con alta representatividad de la realidad (Murray, 1988).

Los estadísticos correspondientes a los modelos de predicción para el contenido en proteína bruta (PB) de las muestras de triticale, en cada pretratamiento espectral realizado, se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Estadísticos del conjunto de muestras para la calibración

Tratamiento Aplicado	n	CALIBRACIÓN			VALIDACIÓN CRUZADA			RPD (DE/EE _{vc})
		P	R ²	EEC	1-VR	EE _{vc}	DE	
Absorbancia	648	3	0,9672	1,1202	0,9668	1,1296	6,1892	5,47
EMSC	648	3	0,9807	0,858	0,9801	0,872	6,1892	7,09
SNV	648	3	0,9706	1,0606	0,9704	1,0669	6,1892	5,8
1,10,5	648	3	0,9731	1,0153	0,9722	1,0328	6,1892	5,99
2,10,5	648	3	0,955	1,3131	0,9514	1,3655	6,1892	4,53
Transmitancia	648	3	0,9695	1,0806	0,9692	1,0881	6,1892	5,68

EMSC: corrección multiplicativa extensiva de la señal; **SNV:** corrección dispersiva desviación estándar normalizada; **(1,10,5)** y **(2,10,5)**: donde el primer término es el orden de la derivada aplicada, el segundo hace referencia al intervalo de sustracción o GAP y el tercero a la longitud del segmento de suavizado; **n:** número de muestras; **P:** número de términos en la ecuación; **R²:** coeficiente de determinación de la calibración; **EEC:** error estándar de calibración; **1-VR:** coeficiente de determinación de la validación cruzada; **EE_{vc}:** error estándar de validación cruzada; **DE:** desviación estándar; **RPD:** cociente entre la DE del grupo de validación y el EE_{vc}.

Así, se observa que los mejores resultados se obtuvieron con el pretratamiento EMSC ya que mostró un alto coeficiente de determinación ($R^2 > 0,98$), reflejo de la alta relación entre la predicción NIRS y los datos de referencia, así como el mínimo error ($EE_{vc}=0,872$), una mejor capacidad predictiva según el índice RPD ($RPD=7,09$). Ya que según Williams (2001), valores de RPD superiores a 3 indican que la calidad de la ecuación es aceptable para fines de predicción.

En la Tabla 4 se muestran los estadísticos de validación externa del modelo EMSC.

Tabla 4. Estadísticos de predicción de la validación externa.

Parámetro	n	Máximo	Mínimo	Media	r ² (VE)	EE(VE)	RPD (DE/EEVE)
Proteína (mg/100g MS)	60	27,13	5,63	14,92	0,959	1,03	5,76

Así, se observa un buen comportamiento en la predicción del contenido en PB en muestras externas de similares características, ya que el coeficiente de determinación fue elevado ($r^2_v = 0,959$), el error estándar de validación externa

($EE_{VE} = 1,03$) fue aceptable, aunque superior al EEL, y el índice RPD fue superior a 3 (Williams, 2001).

Los resultados obtenidos están en concordancia con otros estudios previos en triticale, así como en otras especies forrajeras (Calderón *et al.*, 2009).

CONCLUSIONES

Este trabajo demuestra que la tecnología NIRS puede ser usada como herramienta para la predicción del contenido de proteína bruta en el forraje de triticale cv Verato, como alternativa a los métodos tradicionales de análisis. Aunque, es necesario seguir trabajando en el ajuste de las ecuaciones de predicción en posteriores estudios con muestras similares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC (2003) Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (17th ed.). Gaithersburg, MD: AOAC International.
- CALDERÓN F., VIGIL M., REEVES J. Y POSS D. (2009) Mid-Infrared and Near-Infrared Calibrations for Nutritional Parameters of Triticale (*Triticosecale*) and Pea (*Pisum sativum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (12), 5136-5142.
- CAMPO RAMIREZ L., CASTRO GARCÍA P., MORENO-GONZALEZ J. (2007) Calibración NIRS para estimar la digestibilidad de la materia orgánica de la planta entera de maíz en híbridos seleccionados para forraje. En: Neiker (ed) *Los sistemas forrajeros: entre la producción y el paisaje*, 461-467. Vitoria-Gasteiz, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP).
- DE BOEVER J.L., VANACKER J.M., FIEMS L.O. Y DE BRABANDER D.L. (2004) Rumen degradation characteristics and protein value of grassland products and their prediction by laboratory measurements and NIRS. *Animal Feed Science and Technology*, 116, 53-66.
- DEAVILLE E. Y FLINN P. (2000) Near infrared (NIR) spectroscopy: an alternative approach for the estimation of forage quality and voluntary intake. En: Givens *et al.* (Eds.) *Forage evaluation in ruminant nutrition*, 301-320. Wallingford, United Kingdom: CABI Publishing.
- GARCÍA CRIADO, B., LEÓN MORÁN, L. Y GARCÍA CIUDAD, A. (1977) Determinación directa de proteína, NDF, ADF, lignina, DNDF y DMD en plantas herbáceas mediante reflectancia de infrarrojos. *Pastos*, 7, 112-126.
- GARCÍA CRIADO B., LEÓN MORÁN L. Y GARCÍA CIUDAD A. (1978) Análisis y evaluación automática de forrajes por espectroscopía (R. I.). Longitudes de onda óptimas. *Pastos*, 8, 311-323.
- GARCÍA CRIADO B., GARCÍA CIUDAD A. Y RICO RODRÍGUEZ M. (1988) Predicción de la calidad de pastos por espectroscopía de la reflectancia en el infrarrojo cercano. Análisis de proteína. En: *Actas de la XVIII R. C. de la S. E. E. P.*, Jaca.397-404.

- GIL A., LLERA F., GARCÍA A.M. Y RUFO S. (2009) Nuevas oportunidades de alimentación en la dehesa: el triticale. *La agricultura y la ganadería extremeñas, informe 2008*. 173-189. Badajoz, España: Caja de Badajoz
- GIVENS D.I., Y DEAVILLE E.R. (1999) The current and future role of near infrared reflectance spectroscopy in animal nutrition: a review. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50, 1131-1145.
- LLERA F., PÉREZ F. Y AYUSO A. (1997) Fertilización de triticale para forraje y grano. *Vida Rural*, 42, 42-43.
- LLERA F. Y CRUZ V. (2012) El triticale: una interesante alternativa forrajera. *Agricultura*, 955, 656-658.
- LLERA F., DE SANTIAGO A., RIVERA A.M., GALLEGO R.A. Y CRUZ, V. (2012) Curvas de dilución de la proteína en un triticale de doble aptitud: influencia de la densidad de siembra, la dosis de nitrógeno y el número de cortes. En: Canals R. y San Emeterio L. (Eds) *Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción*, 417-423. Pamplona, España: Sociedad Española para el estudio de los pastos (SEEP).
- MARTÍNEZ, A. (2002) Necesidades proteicas y aportes de proteína en el ganado vacuno lechero. *Mundo Ganadero*, 145, 20-28.
- MILLER C.E. (2001) Chemical Principles of Near Infrared Technology. En: Williams P. y Norris K. (Eds) *The Agricultural and Food Industry*, 19-37. American Association of Cereal Chemists; 2nd Ed.
- MURRAY I. (1988) Aspects of the interpretation of near infrared spectra. *Food Science Technology. Today*, 2, 135-139.
- MURRAY I. (1993) Forage analysis by near infrared spectroscopy. En: Davies *et al.* (Eds) *Chapter 14. Sward Herbage Measurement Handbook*, 285-312. British Grassland Society.
- OSBORNE B., FEARN T. Y HINDLE P.H. (1993) Practical NIR spectroscopy with applications in food and beverage analysis. En: Pearson Longman (ed) *Longmann Scientific and Technical*, 227.
- ROYO C. (1992) *El Triticale: bases para el cultivo y aprovechamiento*. Madrid, España: Ediciones Mundi Prensa.
- SHENK J.S., WESTERHAUS M.O. Y WORKMAN J.J. (1992) Application of NIR spectroscopy to agricultural products. En: Burns D.A. y Ciurczak E.W. (Eds) *Handbook of near infrared analysis*, 383-431. New York, EEUU: Marcel Dekker.
- SPSS.PC+. (2005) SPSS Trends 14.0. SPSS Inc. Chicago. EEUU.
- TEJERINA D., LÓPEZ-PARRA M.M. Y GARCÍA-TORRES S. (2009) Potential used of near infrared reflectance spectroscopy to predict meat physico-chemical composition of guinea fowl (*Numida meleagris*) reared under different production systems. *Food Chemistry*, 113, 1290-1296.
- WILLIAMS PH. (2001) Implementation of near infrared technology. En: Williams Ph. y Norris K. (Eds.) *Near infrared technology in the agricultural and food industries. American Association of Cereal Chemistry*, 145-169. St. Paul, Minnesota, USA.

EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN MINERAL COMBINADA CON MICORRIZAS SOBRE LA PRODUCCIÓN Y EL CONTENIDO EN NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO DEL FORRAJE DE TRIGO

Effect of Mineral Fertilization Combined with Mycorrhiza on
Production and Content in Nitrogen, Phosphorus
and Potassium of Wheat Forage

A. GARCÍA-CIUDAD, M.A. JIMÉNEZ MATEOS, B.R. VÁZQUEZ-DE-
ALDANA, L. GARCÍA-CRIADO, V.O. GONZÁLEZ BLANCO y
B. GARCÍA-CRIADO

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología (IRNASA-CSIC), Apdo. 257, 37071,
Salamanca, antonia.gciudad@irnasa.csic.es

Resumen: Se ha realizado un ensayo en una zona semiárida de la provincia de Salamanca, para estudiar el potencial forrajero del trigo bajo el efecto de la fertilización mineral (abono complejo NPK), combinada con la incorporación de inoculantes micorrícicos. Se controlaron los parámetros: producción de forraje, concentraciones de N, P y K en la planta, y extracciones de estos tres elementos, en la fase fenológica de grano lechoso. Se consideraron dos dosis de fertilizante mineral, dos formulaciones comerciales de inoculantes en polvo, y un testigo sin aporte alguno. Los resultados mostraron que la adición de fertilizante mineral combinada con inoculantes micorrícicos, incrementó significativamente ($P < 0,05$) la producción de biomasa aérea y la extracción de N, P y K con respecto al testigo. Además, se obtuvieron diferencias significativas entre dosis de fertilizante mineral, en cuanto a extracción de N y K. La fertilización no influyó de manera significativa en la concentración de N y K en la planta, pero dio lugar a una disminución en la de P.

Palabras clave: *Triticum aestivum*, producción de forraje, fertilización NPK, concentración de nutrientes, extracción de nutrientes.

Abstract: To study the potential of wheat forage under the effect of mineral fertilization (NPK complex fertilizer) and mycorrhizal inoculants, a field experiment was carried out in a semiarid zone (province of Salamanca). Forage production, N, P and K concentrations and N, P and K extractions were controlled at medium-milk phenological stage. A total of five treatments were considered: two doses mineral fertilizer, two commercial mycorrhizal inoculants and a witness fertilization treatment. The results showed that the addition of fertilizer combined with mycorrhizal inoculants significantly ($P < 0.5$) increased forage production and the extractions of N, P and K with respect to the control. There were significant differences between doses of mineral fertilizer in terms of extraction of N and K. Furthermore, the effect of fertilization on N and K concentrations was not significant, but decreased the concentration of P.

Keywords: *Triticum aestivum*, forage yield, NPK fertilization, nutrient concentrations, nutrient extractions.

INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es el cereal más cultivado en el mundo y además de la utilización del grano primordialmente en alimentación humana, tiene otras aplicaciones, entre las que cabe citar el uso creciente de este cultivo para producción de biomasa con fines energéticos y como forraje, sólo o asociado con alguna leguminosa, para la alimentación animal.

Es generalmente aceptado que los fertilizantes químicos nitrogenados incrementan significativamente la producción forrajera y de grano, pero el uso excesivo puede generar problemas medioambientales (Rivera *et al.*, 2010). Además, el coste de este tipo de fertilizantes se ha ido incrementando, por lo que han surgido nuevas alternativas como la utilización de productos biológicos (biofertilizantes), que incluyen microorganismos como hongos micorrícicos (micorrizas). Éstos pueden jugar un papel importante para la sostenibilidad de los ecosistemas y, además tienen cierto potencial para favorecer la asimilación de nutrientes por las plantas, que facilita un aumento de la producción (Johansen *et al.*, 1994; Fernández Maldonado, 2001; Gárate y Bonilla, 2001).

Son numerosos los trabajos que evalúan la influencia de la fertilización mineral sobre la producción de grano de trigo, pero son escasos los relativos a la producción de forraje y su composición química. Nuestro grupo ha realizado algunos ensayos sobre la influencia de la fertilización mineral NPK combinada con la incorporación de micorrizas, uno de ellos referido al estado nutricional de la planta de cebada (concentraciones de N, P y K en la hoja bandera) y no se obtuvo una respuesta neta a las micorrizas, aunque sí a los fertilizantes minerales (García-Ciudad *et al.*, 2011). Se han llevado a cabo otros ensayos también con cebada, simplificando los tratamientos de fertilización (García Ciudad *et al.*, 2012). El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la fertilización mineral (abono complejo NPK) conjuntamente con inoculantes micorrícicos, sobre la producción de biomasa aérea de trigo, las concentraciones de N, P y K en la planta y las extracciones de estos tres elementos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo, en condiciones de secano y clima semiárido, en la finca experimental Muñovela del IRNASA-CSIC situada en Barbadillo (Salamanca).

El suelo, clasificado según FAO como luvisol crómico, posee una textura arenarcillosa y pH ácido (5,1). El análisis químico del suelo, antes del inicio del experimento, dio como resultado una concentración de materia orgánica de 1,35% y concentraciones de P y K de 35 ppm y 173 ppm respectivamente.

La siembra se realizó en otoño de 2010 (5 de noviembre), a la dosis de 205 kg ha⁻¹ de semilla, cv Berdum. En el diseño experimental, dada la amplia superficie homogénea de terreno disponible, se utilizó un esquema de distribución sistemática espacial en bandas extensas, empleando una parcela de 201,5 m x 12 m para cada uno de los tratamientos, dejando un pasillo de separación entre parcelas de 0,20 m. Cada parcela se dividió en cuatro subparcelas (50 m x 12 m cada una), separadas entre sí 0,50 m, que actuaron como repeticiones.

Se ensayaron dos tratamientos de fertilización mineral: a) F1, consistente en la adición en sementera de 100 kg ha⁻¹ de un abono complejo N-P-K (10-5-20); y en cobertera 400 kg ha⁻¹ de un fertilizante nitrogenado (27% N). b) F2, que supuso una aplicación en sementera de 300 kg ha⁻¹ de N-P-K (10-5-20); y en cobertera 400 kg ha⁻¹ del mismo fertilizante nitrogenado que en F1. En resumen, el tratamiento F1 aportó en total 118 kg ha⁻¹ de N; 5 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 20 kg ha⁻¹ de K₂O y el tratamiento F2 implicó un aporte total de 138 kg ha⁻¹ de N; 15 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 60 kg ha⁻¹ de K₂O. Como inoculantes micorrícicos, se consideraron dos formulaciones comerciales en polvo: a) M1, inoculante compuesto por esporas de *Glomus intraradices* y *G. mosseae* y b) M2 que incluyó cinco especies de hongos, *G. intraradices*, *G. mosseae*, *G. claroideum*, *G. etunicatum* y *G. microaggregatum*. La cantidad total de inoculante aportada en los dos tratamientos (M1 y M2) fue la misma (4 kg ha⁻¹) con una concentración total en ambos tratamientos de 200 esporas g⁻¹. La adición de ambos inoculantes se realizó directamente a la semilla, inmediatamente antes de la siembra. Cada tratamiento mineral (F1 y F2) se combinó con cada uno de los dos inoculantes M1 y M2 y, además, se consideró un tratamiento sin aporte alguno, como testigo (F0M0).

Se tomaron muestras de biomasa aérea el 2 de junio de 2011 en las cuatro subparcelas de cada tratamiento según se indica en García-Ciudad *et al.* (2012), en la fase fenológica de grano lechoso. Se determinó la producción de biomasa seca por secado de las muestras a 60 °C hasta peso constante, en estufa de aire forzado. En las muestras secas y molidas se analizó la concentración de N por el método clásico de destilación Kjeldahl; la concentración de P por espectrofotometría mediante el

método del amarillo del ácido vanado-molibdofosfórico y la concentración de K por emisión, en un equipo de absorción atómica (Duque Macías, 1971). Se determinó la extracción de N, P y K por la planta, multiplicando la producción de biomasa por la concentración de cada elemento. Los resultados se expresaron sobre la base de materia seca.

Los datos se analizaron mediante un análisis de la varianza de una vía (ANOVA) para determinar el efecto del tratamiento de fertilizante mineral combinado con micorrizas (cinco niveles), sobre la producción de biomasa y las concentraciones y extracciones de N, P y K (programa estadístico SPSS 19,0). Se utilizó el test de la Diferencia Mínima Significativa para la comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La fertilización mineral aplicada conjuntamente con inoculantes micorrícicos, incrementó significativamente ($P < 0,05$) la producción de biomasa seca (Tabla 1). Las producciones se triplicaron sobradamente con los aportes más altos de fertilizante mineral respecto al testigo. Sin embargo, no existen diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los cuatro tratamientos que engloban fertilizante mineral y micorriza, aunque la dosis F2 (mayor aporte mineral) con ambos inoculantes, da lugar a producciones más altas que F1 ($P < 0,1$). Contrastando los resultados con los de un ensayo de cebada, realizado en paralelo en la misma parcela y con idénticos tratamientos (García Ciudad *et al.*, 2012), la producción de forraje de trigo fue superior a la de cebada; en todos los tratamientos se obtuvo una producción media de forraje 1,5 veces superior. Ello indica que el cultivo del trigo puede tener en esta zona semiárida del oeste español, mayor potencial forrajero que el de la cebada.

Al considerar la misma dosis de fertilizante mineral (F1, F2), los dos inoculantes utilizados no inducen efecto significativo en la producción de forraje.

Tabla 1. Efecto de la fertilización mineral e inoculación en la producción de forraje de trigo en la fase fenológica de grano lechoso.

PRODUCCIÓN DE BIOMASA SECA (g m ⁻²)				
Tratamiento	Rango	Valor medio	DE	CV
F0M0	177 - 353	277 ^a	77	28
F1M1	711 - 998	844 ^b	119	14,1
F1M2	633 - 964	823 ^b	148	18
F2M1	742 - 1249	957 ^b	212	22,2
F2M2	835 - 1257	1011 ^b	193	19,1
Media	177 - 1257	782	303	38,7

F0M0: control (no adición); F1, F2: fertilizante mineral; M1, M2: micorrizas.

DE: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

Diferentes superíndices (a, b) indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos.

Con respecto a la concentración de N no se aprecian diferencias significativas ($P > 0,05$) entre tratamientos y tampoco con el testigo (Tabla 2). Ello puede ser debido a que el incremento en la dosis de fertilización NPK lleva consigo un aumento en la producción de biomasa y por el efecto de dilución, no se traduce en un aumento en la concentración del elemento. No obstante, los tratamientos que incluyen la micorriza M1 dan lugar a concentraciones de N ligeramente más altas que los correspondientes a M2. Se obtienen valores medios comprendidos entre 1,13 % y 1,31 %; por consiguiente, con estos niveles de N, el forraje de trigo es deficitario en proteína para el ganado, lo que habrá que tener en consideración en el establecimiento de la dieta.

Tabla 2. Efecto de la fertilización mineral e inoculación en las concentraciones de N, P y K en forraje de trigo en la fase fenológica de grano lechoso.

T	N (%)			P (%)			K (%)		
	Rango	Media	CV	Rango	Media	CV	Rango	Media	CV
F0M0	0,94 - 1,38	1,14 ^a	15,79	0,15 - 0,20	0,17 ^b	11,76	0,60 - 0,96	0,75 ^a	21,83
F1M1	1,22 - 1,30	1,27 ^a	3,11	0,11 - 0,14	0,13 ^a	9,87	0,66 - 0,77	0,73 ^a	6,63
F1M2	0,99 - 1,23	1,13 ^a	9,02	0,10 - 0,14	0,12 ^a	16,67	0,66 - 0,77	0,71 ^a	7,48
F2M1	1,20 - 1,46	1,31 ^a	8,5	0,11 - 0,14	0,13 ^a	7,69	0,75 - 0,98	0,85 ^a	12,09
F2M2	1,09 - 1,34	1,20 ^a	9,53	0,12 - 0,14	0,13 ^a	7,23	0,64 - 0,99	0,81 ^a	18,06
Media	0,94 - 1,46	1,21	10,74	0,10 - 0,20	0,14	16,6	0,60 - 0,99	0,77	14,7

T: tratamiento; F0M0: control (no adición); F1, F2: fertilizante mineral; M1, M2: micorrizas. DE: desviación estándar.

Diferentes superíndices (a, b) indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos.

La extracción de N por la planta sigue una tendencia similar a la de producción de biomasa (Tabla 3). Se obtienen también diferencias significativas ($P < 0,05$) entre F0M0 y el resto de los tratamientos. En este caso, el efecto de la dosis de fertilizante mineral es mayor que en el de producción de biomasa, así, se obtienen extracciones medias de N cuatro veces superiores con la dosis más alta de fertilizante, respecto al tratamiento sin aporte alguno ($12,26 \text{ g m}^{-2}$ vs. $3,09 \text{ g m}^{-2}$). En este parámetro parece que la micorriza M1 induce un cierto efecto positivo respecto a M2, que conlleva a que en el tratamiento F1M1 se obtengan extracciones estadísticamente iguales a las ocasionadas por los tratamientos con mayor aporte de fertilizante mineral (F2M1 y F2M2). Los resultados concuerdan con Gárate y Bonilla (2001) que indican que las micorrizas tienen potencial para mejorar la capacidad de la raíz para absorber determinados iones como fosfato, amonio, nitrato y potasio.

La fertilización produce un efecto depresivo significativo ($P < 0,05$) en la concentración de P de la planta (Tabla 2), que puede ser debido no solo al efecto de dilución causado por el incremento en la producción de biomasa, sino también a la propia dificultad de solubilización de este elemento en el suelo que conlleva sea difícilmente asimilable por la planta (White y Taylor, 1977). El valor medio obtenido sin aporte de fertilizante (0,17%) fue significativamente superior a los obtenidos con todos los tratamientos, no habiendo diferencias significativas entre dosis (valores medios comprendidos entre 0,12 % y 0,13%).

Tabla 3. Efecto de la fertilización mineral e inoculación en las extracciones de N, P y K en forraje de trigo en la fase fenológica de grano lechoso.

T	N (g m^{-2})			P (g m^{-2})			K (g m^{-2})		
	Rango	Media	CV	Rango	Media	CV	Rango	Media	CV
F0M0	2,44 - 3,52	3,09 ^a	15,53	0,35 - 0,60	0,47 ^a	25,3	1,71 - 2,11	1,99 ^a	9,48
F1M1	9,07 - 11,58	10,24 ^{bc}	10,2	0,92 - 1,19	1,07 ^b	10,2	5,33 - 7,42	6,16 ^b	15,1
F1M2	7,75 - 10,33	9,13 ^b	11,83	0,76 - 1,28	0,99 ^b	26,5	4,68 - 7,07	5,85 ^b	18,97
F2M1	10,39 - 16,49	12,26 ^c	23,17	1,02 - 1,62	1,24 ^b	22,7	6,82 - 11,14	8,13 ^c	24,85
F2M2	10,81 - 13,26	11,75 ^c	9,37	1,06 - 1,76	1,34 ^b	23	7,13 - 8,42	7,95 ^c	7,25
Media	2,44 - 16,49	9,3	39,18	0,35 - 1,76	1,02	36,3	1,71 - 11,14	6,02	41,36

T: tratamiento; F0M0: control (no adición); F1, F2: fertilizante mineral; M1, M2: micorrizas.

CV: coeficiente de variación. Diferentes superíndices (a, b, c) indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos.

Al considerar la extracción de P, se observa el efecto contrario que en la concentración, la fertilización induce un aumento significativo en la extracción de este elemento (Tabla 3), pero no de la magnitud que se producía con la extracción de N. Las extracciones de P con las dosis más altas de fertilizante pueden llegar a ser tres veces superiores a las del testigo (1,34 g m⁻² y 0,47 g m⁻² respectivamente). No existen diferencias significativas ($P>0,05$) entre los cuatro tratamientos que aportan fertilizante; por consiguiente, la extracción de P no se ve afectada significativamente por el incremento de fertilizante mineral y tipo de micorriza. Hay diversos factores que interactúan en la absorción de P por la planta: por una parte las micorrizas favorecen la absorción de P, pero si se aplican niveles altos de fertilización mineral, puede verse disminuida la eficiencia de éstas (Gianinazzi y Schüepp, 1994; Johansen *et al.* 1994; Fernández y Maldonado, 2001).

La fertilización no muestra influencia en la concentración de K, al igual que ocurría con el N (Tabla 2). Las concentraciones medias de los distintos tratamientos, incluido el control, oscilan dentro de un intervalo muy estrecho (0,71% - 0,85%). La extracción de este elemento sigue también una tendencia similar a la del N, pero más nítida (Tabla 3) ya que se producen diferencias significativas respecto al tratamiento testigo y entre dosis de fertilizante mineral. La extracción originada por las dosis más altas (7,95 g m⁻² y 8,13 g m⁻²) fue cuatro veces superior a la obtenida con el tratamiento testigo (1,99 g m⁻²). En este caso tampoco se aprecian diferencias significativas entre ambas micorrizas al considerar el mismo tratamiento de fertilización mineral.

CONCLUSIONES

La adición de fertilizante mineral combinado con inoculantes micorrícicos incrementó significativamente la producción de biomasa forrajera de trigo y la extracción de los elementos N, P y K, con respecto al testigo. Se obtuvieron diferencias significativas entre dosis de fertilizante mineral, en relación a extracción de N y K y no fueron significativas respecto la extracción de P. Las concentraciones de N y K no se vieron afectadas por la fertilización; sin embargo, la de P disminuyó con la adición de fertilizante. No se han observado diferencias significativas en cuanto al efecto del tipo de micorriza.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por la Empresa MIRAT Fertilizantes S.L.U.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DUQUE MACIAS F. (1971) Determinación conjunta de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu and Zn en plantas. *Anales de Edafología y Agrobiología*, 30, 207-229.
- FERNÁNDEZ J.A.Y MALDONADO J.M. (2001) Absorción y transporte de nutrientes minerales. En: Azcón-Bieto J. y Talón M. (Eds) *Fundamentos de Fisiología Vegetal*, pp. 99-112. Madrid y Barcelona, España: McGraw-Hill/Interamericana de España.
- GARATE A. Y BONILLA I. (2001) Nutrición mineral y producción vegetal. En: Azcón-Bieto J. y Talón M. (Eds) *Fundamentos de Fisiología Vegetal*, pp. 113-130. Madrid y Barcelona, España: McGraw-Hill/Interamericana de España.
- GARCÍA-CIUDAD A., PETISCO C., VÁZQUEZ-DE-ALDANA B.R., JIMÉNEZ MATEOS M.A., GONZÁLEZ V.O., GARCÍA-CRIADO L. Y GARCIA-CRIADO B. (2011) Influencia de micorrizas y fertilización mineral en el estado nutricional de la cebada. En: López-Carrasco C. *et al.* (Eds) *Pastos, paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI*, pp. 293-298. Getafe, Madrid, Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- GARCÍA-CIUDAD A., JIMÉNEZ MATEOS M.A., VÁZQUEZ-DE-ALDANA B.R., GARCÍA-CRIADO L. Y GARCIA-CRIADO B. (2012) Respuesta de la cebada a la inoculación con micorrizas combinada con la fertilización mineral. En: Canals Tresserras R.M. y San Emeterio Garcíandía L. (Eds) *Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción*, pp. 517-522. Pamplona, Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- GIANINAZZI S.Y SCHÜEPP H. (1994) *Impact of arbuscular mycorrhizas on sustainable agriculture and natural ecosystems*. Basel, Switzerland: Birkhäuser Verlag.
- JOHANSEN A., JACOBSEN I. Y JENSSEN E.S. (1994) Hyphal N transport by a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus associated with cucumber grown at three nitrogen levels. *Plant and Soil*, 160, 1-9.
- RIVERA L.P., ROBLEDO M., MENÉNDEZ E. Y MATEOS P.F. (2010) Biofertilizantes... ¿En cereales?. *Tierras: Agricultura*, 173, 52-57.
- WHITE R.E. Y TAYLOR A.W. (1977) Reactions of soluble phosphate with acid soils: The interpretation absorption-desorption isotherms. *Journal of Soil Science*, 28, 551-554.

EVOLUCIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE UN CULTIVO DE ESPARCETA (*Onobrychis viciifolia* Scop.) Y ZULLA (*Hedysarum coronarium* L.) A LO LARGO DEL PRIMER CICLO VEGETATIVO

Evolution of Chemical Composition of Forage Obtained from Sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) and Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) Crops along the First Cycle of Growth

F. MUÑOZ¹, S. DEMDOUM¹, I. DELGADO¹ y D. ANDUEZA^{2,3}

¹Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Avda. Montañana 930. 5059 Zaragoza (España) ²INRA-UMR1213 Herbivores, F-63122 Saint Genès Champanelle (France). ³Clermont Université, VetAgro Sup,-UMR Herbivores, F-63000 Clermont–Ferrand, fmuñoz@aragon.es

Resumen: Se ha estudiado la evolución de la composición química del forraje procedente de una parcela de esparceta y otra de zulla cultivadas en Zaragoza bajo las mismas condiciones. El estudio se llevó a cabo mediante un muestreo de las mismas en cuatro estados fenológicos a lo largo del primer ciclo vegetativo: botón verde, inicio floración, plena floración y final de floración, durante 2012. Los parámetros analizados fueron: cenizas, proteína bruta (PB), fibra neutro detergente y taninos condensados (TC). Los resultados obtenidos muestran que, conforme avanza el desarrollo fenológico de las plantas, hay una disminución del contenido en PB de las plantas y un aumento en el contenido en pared celular, no encontrándose diferencias a lo largo del ciclo en el contenido de TC. La zulla presentó un mayor contenido en cenizas y TC que la esparceta, no encontrándose diferencias entre las dos especies, en el contenido en PB. El mayor contenido en cenizas de la zulla frente a la esparceta, limita el valor energético del cultivo, mientras que su mayor contenido en TC podría ser beneficioso para una mejor utilización de su contenido en nitrógeno por los rumiantes al disminuir el nitrógeno degradable y aumentar eventualmente el nitrógeno de origen alimenticio que es absorbido en el intestino.

Palabras clave: Estado fenológico, leguminosas, calidad de forraje, taninos condensados.

Abstract: The evolution of chemical composition of sainfoin and sulla crops cultivated under the same conditions was studied in Zaragoza (Spain) Crops were sampled four times during the first growth cycle in 2012 (early bud, early bloom, mid bloom and late bloom). Samples were analyzed for ash, crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and condensed tannins (CT) contents. Results show that the phenological development of the plants came along with a decrease in CP content, whereas NDF content increased. CT content remained similar in the four phenological stages. Sulla presented higher contents in ash and CT, that sainfoin, but no differences between species were found for CP content. The high level of ash content for sulla may affect its energetic value whereas the higher CT content could improve the nitrogen efficiency of ruminants.

Keywords: Phenological stage, legumes, forage quality, condensed tannins.

INTRODUCCION

En la actualidad, existe un interés renovado por las leguminosas, en general, y por las forrajeras, en particular, debido a su impacto beneficioso en la economía de las explotaciones y en el medio ambiente. En los últimos años, con el desarrollo de sistemas basados en la sostenibilidad y en la agroecología, la utilización de leguminosas como forraje para rumiantes ha cobrado una importancia capital. Una característica de ciertas leguminosas es la presencia de taninos en su composición. El forraje derivado de este tipo de plantas presenta un valor nutritivo alto, representa una alternativa a los productos antiparasitarios de síntesis y su ingestión puede reducir la degradación de las proteínas en el rumen. Se favorece así la absorción de los aminoácidos en el intestino delgado (Nguyen *et al.*, 2005). Además, la ingestión de forrajes que contienen TC contribuye a la reducción de la emisión de metano a la atmosfera por los animales (Puchala *et al.*, 2005) por su poder de inhibición de bacterias metanogénicas o indirectamente por la inhibición de protozoos (Animut *et al.*, 2008; Patra y Saxena, 2011).

En lo que respecta a la calidad de los forrajes, los principales factores que la modifican son las condiciones medioambientales, las prácticas culturales, la especie y el ciclo de cultivo, siendo el estado fenológico el factor con mayor peso, según Buxton (1996). De ellos, el estado fenológico afecta a la composición química del forraje y al contenido en (TC), en magnitud variable según la especie, lo que a su vez influye en el valor energético y proteico de los citados forrajes o de la ración consumida por los rumiantes.

El presente trabajo contribuye al estudio de dos especies forrajeras tradicionales, zulla y esparceta, bien adaptadas a las condiciones edafoclimáticas de una gran parte del territorio español, en el marco de la problemática de actualidad ya expuesta. Su objetivo fue estudiar la evolución de la composición química de un cultivo de zulla y otro de esparceta en cuatro estados fenológicos a lo largo del primer ciclo de cultivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó sobre un cultivo de zulla variedad “Carmen” y uno de esparceta procedente de Reznos (Soria), del tipo “dos cortes” (Delgado *et al.*, 2008), ubicados en parcelas separadas y preparadas para riego por inundación, en el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), sito en Zaragoza.

Las temperaturas máxima y mínima diarias fueron 34,5° C y 0,3° C respectivamente, durante el periodo de muestreo (abril-mayo). Las características edafológicas medias de las parcelas a 0 cm-30 cm de profundidad correspondieron a un suelo de textura franco-arcillo-limosa, pH al agua 8,24, salinidad (C.E. 1:5) 0,24 dSm⁻¹, contenido en materia orgánica por colorimetría 1,99%, fósforo Olsen por espectroscopia 7,03 mg kg⁻¹ y potasio (extracto en acetato amónico) 134,0 mg kg⁻¹. Se tomaron muestras por triplicado de los dos cultivos en cuatro estados fenológicos: botón verde, inicio floración, plena floración y final de floración, según la descripción aportada para la esparceta por Delgado *et al.* (2010). Las fechas de corte de cada uno de los estados fenológicos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Fechas de corte, de la esparceta y de la zulla, en los diferentes estados fenológicos estudiados

Estado fenológico	Fecha de corte	
	Esparceta	Zulla
Botón verde	11/4/2012	11/4/2012
Inicio floración	16/04/2012	24/04/2012
Plena floración	20/04/2012	30/04/2012
Final de floración	2/5/2012	9/5/2012

Una vez recogidas las muestras, previa molienda, se realizaron las determinaciones químicas de cenizas (AOAC, 1990), proteína bruta (PB) por el método Dumas multiplicando el N total por el factor 6,25 (Helrick, 1990), fibra neutro-detergente (FND) por el método Van Soest *et al.* (1991) y TC según Porter (1989).

Los resultados se analizaron mediante un análisis de la varianza según un modelo mixto en el que el factor repetición fue considerado como factor aleatorio y el factor estado fenológico como medida repetida. La realización de los análisis estadísticos se llevó a cabo mediante el programa SAS (2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de la varianza realizado sobre los datos obtenidos de las determinaciones de cenizas, PB, FND y TC, se muestran en la Tabla 2.

La evolución decreciente del contenido en PB, que acompaña al envejecimiento de la planta, se atribuye principalmente al incremento de la proporción de tallos, los cuales presentan un menor contenido en PB (Bal *et al.*, 2006; Borreani *et al.*, 2003). Ambas especies presentan contenidos de PB similares a lo largo del ciclo vegetativo.

Tabla 2. Contenido (%) en cenizas (Cen), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND) y taninos condensados (TC), así como los niveles de significación para el estado fenológico y la especie de leguminosa

	Estado fenológico				Especie					
	BV	IF	PF	FF	Espar	Zulla	EE	Es	EF	EF*Es
Cen	12,22	12,25	10,47	10,19	8,27	14,3	0,384	***	***	***
PB	24,22	22,9	19,98	18,76	21,61	21,32	0,856	ns	***	ns
FND	27,28	29,06	31,06	36,75	31,73	30,35	0,88	*	***	***
TC	3,05	3,47	3,5	3,02	2,52	4	0,21	***	ns	ns

Espar: esparceta; Es: especie; BV: botón verde; IF: inicio de floración; PF: plena floración; FF: final de floración; EF: estado fenológico; EE: error estándar; *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$; ns: $P > 0,05$.

Asimismo, el contenido en FND es similar entre especies a lo largo del ciclo vegetativo, con la excepción del estado de plena floración en el que el contenido en FND de la esparceta es superior al de la zulla (Figura 1). Este fenómeno puede ser explicado por el crecimiento más rápido de la esparceta que el de la zulla (Borreani *et al.*, 2003). En este estudio, el cultivo de zulla necesitó una semana más que la esparceta para alcanzar el estado de plena floración (Tabla 1).

La interacción especie x estado fenológico para el contenido en cenizas resultó significativa ($P < 0,001$), aunque el porcentaje de cenizas de la zulla fue superior al de la esparceta en todos los estados fenológicos (Figura 2). El elevado contenido en cenizas de la zulla (superior al 15% en estados fenológicos jóvenes, (botón verde e inicio de floración)) podría explicar el bajo contenido energético del forraje de esta especie en relación al de la esparceta (Alibés y Tisserand, 1990).

El contenido de TC no varía a lo largo del ciclo vegetativo. Este es similar al reseñado por Terrill *et al.* (1992) para la zulla, aunque los resultados publicados para la esparceta presentan mayor variabilidad (Theodoridou *et al.*, 2011). La escasa variabilidad observada en el contenido en TC coincide con los resultados obtenidos por Demdoum (2012), pero difiere con los observados por Theodoridou *et al.* (2011)

y Koupai-Abyazani *et al*, (1993), aunque los autores de los dos últimos trabajos difieren en el sentido de la evolución de los mismos. Las condiciones medioambientales (Theodoridou *et al.*, 2011) y el método de determinación de TC pueden influir en los resultados obtenidos.

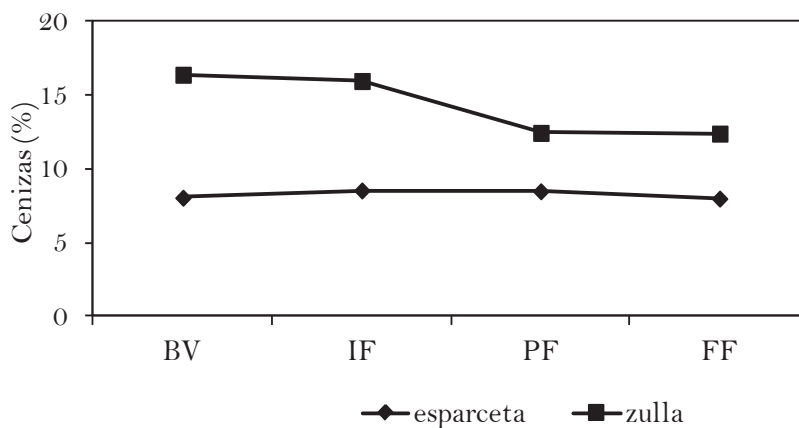


Figura 1. Evolución del contenido en fibra neutro detergente (FND) de la zulla y de la esparceta a lo largo de cuatro estados fenológicos (BV= botón verde. IF= inicio de floración. PF= plena floración. FF= final de floración) del primer ciclo de vegetación.

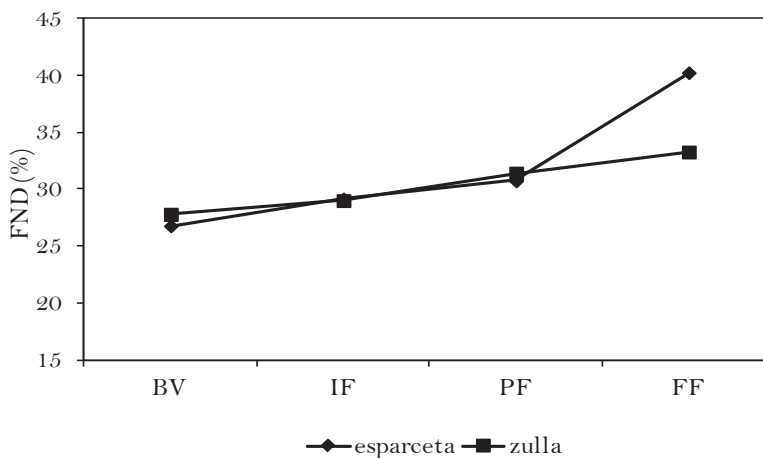


Figura 2. Evolución del contenido en cenizas de la zulla y de la esparceta a lo largo de cuatro estados fenológicos (BV= botón verde. IF= inicio de floración. PF= plena floración. FF= final de floración) del primer ciclo de vegetación.

CONCLUSIONES

La zulla presentó un mayor contenido en cenizas, 14,30% vs 8,27%, y en TC, 4,00% vs 2,52%, que la esparceta, no encontrándose diferencias entre las dos especies, en el contenido PB que fue, de media, 21,47%.

El mayor contenido en cenizas de la zulla frente al de la esparceta limita el valor energético del cultivo, mientras que su mayor contenido en TC podría ser beneficioso para una mejor utilización del nitrógeno por los rumiantes al disminuir el nitrógeno degradable en el rumen y posiblemente aumentar el nitrógeno de origen alimenticio que es absorbido en el intestino. Estas consecuencias serían válidas a lo largo de todo el primer ciclo de vegetación

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su agradecimiento a Ángeles Legua, Pilar Eserverri y Miguel Angel Céspedes por su colaboración técnica.

Este trabajo ha sido financiado por el M^o de Ciencia e Innovación y FEDER, dentro del proyecto RTA2009-00063-C02-01.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIBÉS X. Y TISSERAND J.L. (1990) Tableaux de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne. *Options Méditerranéennes, Serie B: Études et Recherches*, 4, 137 pp.
- ANIMUNT G., PUCHALA R., GOETSCH A.L., PATRA A.K., SAHLU T., VAREL V.H. Y WELLS J. (2008) Methane emission by goats consuming diets with different levels of condensed tannins from *lespedeza*. *Animal Feed Science and Technology* 144, 212-227.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST (1990) 15th ed. *Official methods of analysis*. Arlington, VA USA.
- BAL M., OZTURK D., AID Y.N.R., ERAL A., OZKAN C., ATA M., KARAKAS E. Y KARABAY P. (2006) Nutritive value of sainfoin (*Onobrichys vicifolia*) harvested at different maturity stages. *Pakistan Journal of Biological Science*, 9, 205-209.
- BORREANI G., PEIRETI P. Y TABACCO E. (2003) Evolution of yield and quality of sainfoin. (*Onobrichys vicifolia*) in the spring growth cycle. *Agronomie*, 23, 193-201.
- BUXTON D. (1996) Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Science and Technology*, 59, 37-49.
- DELGADO I., MUÑOZ F. Y DEMDOUM S. (2010) Caracterización y valor nutritivo de diferentes estados fenológicos de la esparceta. En: Calleja A. *et al.* (Eds.) *Pastos: Fuente natural de energía*, pp 247-252. León, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

- DELGADO I., SALVIA J., BUIL, I. Y ANDRES C. (2008) The agronomic variability of a collection of sainfoin accessions. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6(3), 401-407.
- DEMDOUM S. (2012) Caracterización agronómica, genética y composición química de una colección de variedades de esparceta. Tesis doctoral. Universidad de Lleida.
- HELTRICK K. (1990) *Analytical Chemists*. Arlington, USA. AOAC
- KOUPAI-ABYAZANI M., MUIR A., BOHM B., TOWERS G. Y GRUBER M. (1993) The proanthocyanidin polymers in some species of *Onobrychys*. *Phytochemistry*, 34, 113-117.
- NGUYEN T.M., BINH D.V. Y ORSKOV E. (2005) Effect of forage containing condensed tannins and on gastrointestinal parasites. *Animal Feed Science and Technology*, 121, 77-87.
- PATRA K. Y SAXENA J. (2011) Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminal nutrition . *Journal of Science of Food and Agriculture* 91, 24-37.
- PORTER L.J. (1989) Tannins. En: Dey P.M. y Harborne J.B. (eds.) *Methods in Plant Biochemistry*, 389. San Diego, USA: Academic Press Inc.
- PUCHALA R., MIN B., GOETSCH A.Y SAHLU T. (2005) The effect of a condensed tannin containing forage on methane emission by goats. *Journal of Animal Science*, 83,182-186.
- SAS (2003) *SAS user's guide: Statistics version 9.1*. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- TERRIL T., DOUGLAS G., FOOTE A., PURCHAS R., WILSON G. Y BARRY T. (1992) Effect os condensed tannins upon body growth, wool growth and rumen metabolism in sheep grazing sulla (*Hedysarum coronarium*) and perennial pasture. *Journal of Agriculture Science*, 199, 265-273.
- THEODORIDOU K., AUFRERE J., ANDUEZA D., LE MORVAN A., PICARD F., STRINGANO E., POURRAT J., MUELLER-HARVEY I. Y BAUMONT R. (2011) Effect of plant development during primary and second vegetation cycle on chemical composition, condensed tannins and nutritive value of three sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) varieties compared to lucerne. *Grass and Forage Science*, 66, 402-414.
- VAN SOEST P.J., ROBERTSON J.B. Y LEWIS, B.A. (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.

RE-ENSILADO DE REMOLACHA CON ALFALFA PRE-DESECADA: EFECTO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA ALFALFA EN LA CALIDAD DEL ENSILADO

Silage of Previously Ensiled Beet with Wilted Alfalfa: Effect of Lucerne Moisture Content on Silage Quality

C. VALDÉS¹, S. ANDRÉS¹, M.L. TEJIDO¹, R. GARCÍA¹, A. CALLEJA¹,
F.J. GIRÁLDEZ¹ y P. LLORENTE²

¹Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-Universidad de León). Departamento de Producción Animal. Universidad de León. E-24071. ²Grupo INATEGA. Ctra. Valdefresno 2. 24228. Corbillos de la Sobarriba (León), cvals@unileon.es

Resumen: El re-ensilado de la remolacha junto con alfalfa en el momento de la recolección del forraje permitiría obtener un alimento con contenidos de proteína y fibra más adecuados para la alimentación del vacuno de leche que los del ensilado de remolacha original. Para estudiar el efecto del grado de humedad de la alfalfa en las características del re-ensilado, se ensilaron mezclas diferentes empleando alfalfa pre-henicada con cuatro contenidos distintos de humedad (20, 30, 40 y 50%) y remolacha ensilada empleando micro-silos de 600 ml de capacidad. Las cuatro mezclas se formularon para que la materia seca de la remolacha y de la alfalfa representara, respectivamente, 1/3 y 2/3 de la materia seca total. El pH de los ensilados obtenidos alcanzó valores menores que 4,5 para todos los tratamientos y, aunque se observaron pequeñas diferencias ($P < 0,05$) entre tratamientos en la composición química (proteína bruta, fibra neutro detergente y fibra ácido detergente), el contenido en humedad no tuvo efecto ($P > 0,05$) sobre la digestibilidad *in vitro* de los re-ensilados. Los resultados de este trabajo parecen señalar que el contenido en materia seca de la alfalfa, dentro del rango estudiado, no afecta a la calidad del re-ensilado

Palabras clave: micro-silos, digestibilidad *in vitro*, pH

Abstract: Ensiling of already ensiled beet with alfalfa on forage harvest time would produce a food with fibre and protein contents more suitable for dairy cattle feedstuff than the original sugar beet silage. To study the effect of alfalfa moisture content on silage characteristics, alfalfa containing four different moisture levels (20, 30, 40 and 50%) was ensiled with previously ensiled beet using laboratory silos (600 ml of capacity). All the mixtures were formulated to maintain the same proportion of both components in terms of dry matter (2/3 and 1/3 for alfalfa and beet dry matter, respectively). The pH values were lower than 4.5 at all moisture levels and, although small differences ($P < 0.05$) in chemical composition (crude protein, neutral detergent fibre and acid detergent fibre) between treatments were found, moisture content had not effect ($P > 0.05$) on *in vitro* digestibility of silages. Present work results suggest that moisture content of alfalfa has not any effect on silage quality.

Key words: micro-silos, *in vitro* digestibility, pH

INTRODUCCIÓN

En las próximas décadas la superficie de los cultivos destinados a la alimentación animal tendrá que competir con la de aquellos establecidos con la finalidad única de producir biomasa transformable en combustible (Zheng et al., 2011). En este sentido, la remolacha, dada su elevada productividad (104 t /ha) (MAGAMA, 2012), se propone como una alternativa al maíz (13,8 t/ha) (MAGAMA, 2012) en la alimentación del vacuno lechero. Sin embargo la sustitución del maíz por la remolacha en la alimentación del vacuno lechero plantea el problema de la conservación de esta materia prima para tenerla disponible todo el año, puesto que su producción es estacional y el elevado contenido de humedad (80%) de las raíces hace de ellas un producto perecedero. El ensilado se presenta como un método de conservación adecuado, que permitiría obtener un alimento energético para el ganado vacuno de leche más rentable que el maíz, facilitando, además, la coexistencia de los cultivos destinados a la alimentación animal y de los cultivos energéticos (Beauchemin, 2012).

La remolacha, desde el punto de vista nutricional, aunque muy energética por su elevada proporción de azúcares, es pobre en proteína, en fibra y en oligoelementos (Mansfield *et al.*, 1994). La alfalfa, uno de los forrajes más utilizados en la alimentación animal y la fuente más importante de proteína aportada por forraje, complementa a la remolacha desde el punto de vista nutricional. La alfalfa es un cultivo plurianual que se siega varias veces al año, aunque su época de recolección no coincide con la de la remolacha. Una estrategia que permitiría el empleo conjunto de ambos alimentos sería utilizar la remolacha ensilada para ser re-ensilada de nuevo con alfalfa pre-henificada en el momento de recolección del forraje. De ser factible, este procedimiento podría paliar las consecuencias derivadas de la desaparición en 2012 de las subvenciones concedidas por la UE para la deshidratación artificial de la alfalfa. El pre-henificado de la alfalfa presenta ventajas, pues favorece el proceso de ensilado; sin embargo, sobrepasar un contenido en materia seca del 40% dificultaría el proceso de ensilado e incrementaría los costes del proceso (Cañeque y Sancha, 1998). En consecuencia, como no existen estudios al respecto, es necesario establecer qué grado de desecación de la alfalfa es el más adecuado para obtener un alimento estable y de buena calidad nutritiva al re-ensilar la remolacha con alfalfa.

Por tanto, el **objetivo** de este trabajo es estudiar el efecto del grado de humedad de la alfalfa en la calidad del producto obtenido al re-ensilar la remolacha con alfalfa pre-desechada.

MATERIAL Y MÉTODOS

En este trabajo se empleó remolacha ya ensilada (REM) y alfalfa pre-desechada (ALF) con distintos contenidos de humedad. La remolacha ensilada fue aportada por la Asociación para la Investigación de la Mejora del Cultivo de la Remolacha Azucarera (AIMCRA) y se mantuvo refrigerada hasta su utilización. Para la obtención de alfalfa con distintos contenidos en humedad, se partió de alfalfa desechada al aire en el laboratorio hasta obtener un forraje con un contenido aproximado en humedad del 10% (ALF-H10). La ALF-H10 se troceó con tijeras hasta obtener partículas de 2 cm de largo, aproximadamente. El material resultante se dividió en cuatro lotes, cada uno de los cuales se roció con agua destilada en proporciones forraje/agua tales que la humedad del forraje resultante representase el 20% (ALF-20H), el 30% (ALF-30H), el 40% (ALF-40H) y el 50% (ALF-50H) de la materia fresca de la alfalfa. Un vez obtenidas las distintas ALF, se elaboraron cuatro mezclas, combinando la REM con cada una de las cuatro alfalfas (ALF-20H, ALF-30H, ALF-40H Y ALF-50H), de tal modo que la materia seca (MS) de la REM representase siempre 1/3 del total, mientras que la MS de la ALF fuese siempre los 2/3 de MS restantes. El contenido de materia seca (MS) de REM, ALF-H10, ALF-H20, ALF-H30, ALF-H40 y ALF-H50 se determinó por desecación en estufa a 60°C hasta peso constante. Las muestras de REM y ALF-H10 desecadas se conservaron para ulteriores determinaciones. Cada mezcla se ensiló por cuadruplicado en sendos microsilos. Los microsilos consisten en tubos de PVC de 600 mL de capacidad (30 cm de alto y 5 cm de diámetro) con un tapón de goma en cada extremo que permite el cierre hermético una vez introducido el forraje a ensilar. Cada microsilo dispone de una válvula que permite la salida de los gases de fermentación pero impide la entrada de aire. En cada microsilo se introdujeron, aproximadamente, 350 g de la mezcla correspondiente, presionando para evitar, en lo posible, la presencia de aire. Los ensilados se elaboraron la tercera semana de junio de 2012 y se abrieron la primera semana de septiembre del mismo año.

Sobre los ensilados resultantes se determinaron el pH, la composición química y la digestibilidad in vitro (DIV). Para determinar el pH se homogenizaron

50 g de ensilado con 450 ml de agua destilada; el homogeneizado obtenido se filtró a través de 4 capas de gasa y el pH se determinó sobre el líquido filtrado. El contenido de **MS** se determinó mediante liofilización.

Se determinó la composición química de las muestras de REM y de ALF-H10 desecadas a 60°C y sobre muestras de los 4 ensilados una vez liofilizados. Los parámetros analizados fueron los siguientes: contenidos de cenizas (**CEN**) y proteína bruta (**PB**; N x 6,25), siguiendo los procedimientos propuestos por la AOAC (1999); la fibra neutro detergente (**FND**) se determinó siguiendo la técnica descrita por Van Soest et al. (1991), mientras que para la determinación de la fibra ácido detergente (**FAD**) se siguió el procedimiento propuesto por Goering y Van Soest (1970).

Para determinar la digestibilidad *in vitro* (**DIV**) de los ensilados se utilizó la técnica descrita por Goering y Van Soest (1970), siguiendo la modificación metodológica propuesta por Ankom Technology Corporation. Las muestras (250 mg) se incubaron en el interior de bolsitas de material sintético poroso, introducidas en recipientes de vidrio de 4 l de capacidad en los que se añadieron 2 l de una mezcla de líquido ruminal y del medio de cultivo (1:4 v/v) descrito por Goering y Van Soest (1970). Como donantes de líquido ruminal se emplearon dos vacas provistas de fistula ruminal, que recibieron una ración diaria con un 40% de forraje, suministrada a nivel de mantenimiento en dos comidas iguales. El contenido ruminal se recogió antes de la primera comida del día, se filtró a través de cuatro capas de gasa, y se procedió a la mezcla (a partes iguales) del procedente de ambos animales. Las muestras se incubaron por triplicado. En cada recipiente se introdujo una bolsa de cada uno de los ensilados (16 en total) y dos bolsas vacías (blanco). Una vez cerrados los recipientes se introdujeron en el incubador durante 48 h, bajo agitación continua y a una temperatura constante de 39°C. Transcurrido este tiempo se extrajeron las bolsitas de los recipientes y se sometieron a la acción de una solución neutro-detergente durante 1 h a 100°C. Esta segunda fase se llevó a cabo empleando el analizador de fibra Ankom 220 (Ankom Technology Corporation). Posteriormente, las bolsas se sometieron a tres lavados sucesivos con agua destilada a 100°C y se secaron a 60°C durante 48 h para determinar la desaparición de MS.

Los datos obtenidos se sometieron a análisis de varianza simple (ANOVA, Steel y Torrie, 1981) para estudiar el efecto del contenido en humedad de la alfalfa. La comparación entre medias se realizó mediante el test de Duncan (Steel y Torrie,

1981). Para la realización de estos procedimientos se utilizó la aplicación PROC GLM de SAS (2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores alcanzados por la humedad (HUM) de la REM y la ALF-10 H fueron ligeramente menores que los empleados en los cálculos realizados para establecer las proporciones ALF-H10, agua y REM utilizadas para preparar los re-ensilados (10% y 80% para la ALF-H10 y la REM, respectivamente), a pesar de lo cual sólo ALF-H20 y ALF-H30 presentaron contenidos de HUM menores de lo previsto (16,4% y 27,4%, para la ALF-H20 y la ALF-H30, respectivamente (Tabla 1). A causa de la divergencia entre los contenidos de HUM esperados para las materias primas y los finalmente alcanzados, la proporción de materia seca representada por ALF y REM en cada una de las mezclas ensiladas no se mantuvo constante (66:34), sino que varió, de forma que la proporción de materia seca añadida en forma alfalfa aumentó progresivamente, alcanzando los valores 64%, 69%, 73% y 76% para las mezclas con ALF-H20 ALF-H30 ALF-H40 y ALF-H50, respectivamente.

Tabla 1. Contenidos de humedad (HUM; %) de la remolacha ensilada (REM) y de las alfalfas (ALF) con distintos grados de humedad (HUM; %) y contenidos de cenizas (CEN), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) de la REM y de la ALF-H10.

	Alimento					
	REM	ALF-H10	ALF-H20	ALF-H30	ALF-H40	ALF-H50
HUM	77,2	7,97	16,4	27,4	40,3	52,8
CEN	8,08	11,9	—	—	—	—
PB	3,89	18,2	—	—	—	—
FND	19,3	46,2	—	—	—	—
FAD	11,3	26,9	—	—	—	—

Tal como se presenta en la Tabla 2, la cantidad de alimento ensilado osciló entre 334 y 360 g, sin que las diferencias entre medias alcanzasen la significación estadística ($P > 0,05$).

El contenido en humedad de la alfalfa tuvo un efecto significativo ($P < 0,05$) en el pH del ensilado, que alcanzó el mayor valor (4,12) para el re-ensilado con ALF-H30 y el menor (4,03) con el re-ensilado con ALF-H50 (Tabla 2). Sin embargo, cabe

destacar que el pH de los ensilados fue menor que 4,5 en todos los casos, lo cual sugiere que el proceso de fermentación fue adecuado a pesar de la deficiente capacidad para ser ensilada que caracteriza a la alfalfa (Cañeque y Sancha, 1998; Filya *et al.*, 2007).

Tabla 2. Efecto del contenido de humedad de la alfalfa sobre la cantidad de materia fresca ensilada (MF; g) y el pH de los re-ensilados

	Alfalfa empleada en el re-ensilado				e.e.d. ¹
	ALF-H20	ALF-H30	ALF-H40	ALF-H50	
MF	334	336	354	360	20,4
pH	4,09 ^{ab}	4,12 ^b	4,06 ^{ab}	4,03 ^a	0,0208

¹e.e.d.: error estándar de la diferencia

^{a,b,c} Dentro de la misma fila, la diferencia entre valores con distinto superíndice es estadísticamente significativa ($P < 0,05$).

La Tabla 3 recoge la composición química y la DIV de los re-ensilados. La HUM de los re-ensilados aumentó al aumentar la HUM de la ALF, aunque la diferencia entre los valores obtenidos para el re-ensilado con ALF-H20 (61,4%) y con ALF-H30 (61,9%) no alcanzó la significación estadística ($P > 0,05$). El contenido de humedad de la ALF empleada en el re-ensilado tuvo un efecto significativo en la composición química (CEN, PB, FND y FAD). Las diferencias en la composición química podrían atribuirse al creciente peso de la alfalfa en la composición de la mezcla ensilada. Sin embargo, a pesar de las diferencias en la composición química, no se obtuvo un efecto significativo ($P > 0,05$) del tratamiento en la DIV, pues aunque el valor medio fue ligeramente menor para el re-ensilado con ALF-H50 que para los re-ensilados con ALF-H20, Alf-H30 y ALF-H40 (83,2% frente a 84,8, 84,5 y 84,8%, respectivamente) las diferencias no alcanzaron el nivel de significación estadística ($P > 0,05$).

Tabla 3. Efecto del contenido de humedad de la alfalfa sobre los contenidos (%) de humedad (HUM), cenizas (CEN), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) y sobre la digestibilidad *in vitro* (DIV; %) de los re-ensilados.

	ALF-H20	ALF-H30	ALF-H40	ALF-H50	e.e.d. ¹
HUM	61,4 ^a	61,9 ^a	66,4 ^b	70,5 ^c	0,365
CEN	9,55 ^a	9,54 ^a	9,89 ^a	10,1 ^b	0,229
PB	14,0 ^a	14,9 ^b	14,5 ^b	15,3 ^c	0,183
FND	31,2 ^a	32,5 ^a	32,5 ^a	34,8 ^b	0,814
FAD	21,5 ^a	23,3 ^b	22,9 ^{ab}	24,4 ^c	0,607
DIV	84,8	84,5	84,8	83,2	0,939

¹e.e.d.: error estándar de la diferencia

^{a,b,c} Dentro de la misma fila, la diferencia entre valores con distinto superíndice es estadísticamente significativa ($P < 0,05$).

CONCLUSIONES

En condiciones de laboratorio, el contenido de humedad de la alfalfa pre-henificada, dentro de un rango comprendido entre el 16 y el 52%, no afecta negativamente a la digestibilidad *in vitro* del re-ensilado de remolacha con alfalfa, y permite que el ensilado alcance pH menores que 4,5 en todos los casos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se financió con el contrato asociado a proyecto CDTI titulado: *Procesado y estudio de variedades de remolacha para su utilización en alimentación animal* (código 100102120005). Organismo financiador: INDUSTRIAS DE NUTRICIÓN ANIMAL, S.L.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANKOM TECHNOLOGY. *Procedures for fiber and in vitro analysis*. <http://www.ankom.com> (consultado: enero 2013).
- AOAC (1999) *Official Methods of Analysis*. Arlington. USA: AOAC International.
- BEAUCHEMIN K.A. (2006) Use of sugar beet silage in feedlot cattle diets. *Canadian Journal of Animal Science*, 86, 127-131.
- FILYA I., MUCK R.E. Y CONTRERAS-GOVEA F.E. (2007) Inoculant effects on alfalfa silage: fermentation products and nutritive value. *Journal of Dairy Science*, 90, 5108-5114.

- GOERING H.K. Y VAN SOEST, P.J. (1970) *Forage Fiber Analysis (Apparatus, Reagents, Procedures and Some Applications)*. Washington DC, EEUU: USDA Handbook No. 379. USDA.
- MAGAMA (2012) *Anuario de Estadística 2011*. Madrid, España: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- MANSFIELD H.R., STERN M.D. Y OTTERBY D.E. (1994) Effects of beet pulp and animal by-products on milk yield and in vitro fermentation by rumen microorganisms. *Journal of Dairy Science*, 77, 205-216.
- SAS (2010) *SAS/STAT User's Guide*. Cary, Carolina del Norte, EEUU: SAS Institute Inc.
- STEEL R.G.D. Y TORRIE J.H. (1981) *Principles and procedures of statistics*. New York, EEUU: McGraw Hill.
- VAN SOEST P.J., ROBERSTON J.B. Y LEWIS B.A. (1991) Methods for dietary fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.
- ZHENG Y., YATES M., AUNG H., CHENG Y-S., YU C., GUO H., ZHANG R., VAN DER GHEYNST J. Y JENKINS B.M. (2011) Influence of moisture content on microbial activity and silage quality during ensilage of food processing residues. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 34, 987-995.

EVALUACIÓN DE VARIEDADES COMERCIALES DE SORGO FORRAJERO EN SIEMBRAS TARDÍAS EN LA GALICIA ATLÁNTICA: I. RENDIMIENTO EN MATERIA SECA

Evaluation of Commercial Varieties of Forage Sorghum in Late Sowing in the Atlantic Galicia: I. Dry Matter Yield

C. RESCH, M.J. BANDE-CASTRO, S. PEREIRA-CRESPO, B. FERNÁNDEZ-LORENZO y G. FLORES

Instituto Galego de Calidade Alimentaria. Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (INGACAL-CIAM). Apdo. 10, 15080 A Coruña, mariabande@ciam.es

Resumen: Se presentan resultados del rendimiento en materia seca de un ensayo en pequeña parcela donde se evaluaron cinco variedades comerciales de sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), sembradas a mediados de junio como cultivo de verano. La cosecha se realizó en seis fechas diferentes, desde mediados de agosto hasta finales de octubre de 2012, a intervalos quincenales. El ensayo se realizó en la finca del Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (Abegondo, A Coruña), zona costera atlántica a 100 m de altitud siguiendo un diseño en parcelas divididas con cuatro repeticiones. La producción de materia seca (MS) por hectárea varió ampliamente entre variedades en todos los cortes, oscilando en el último corte considerado como el óptimo para su aprovechamiento para ensilar entre 4,6 y 8,4 t MS/ha; y entre fechas de corte (de 0,3 a 7,0 toneladas para la primera y última fecha, como media de todas las variedades evaluadas).

Palabras clave: potencial forrajero, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, cultivo de secano.

Abstract: It is presented in this paper the dry matter yield results obtained in an experiment sited in the CIAM research station farm (coastal zone of Galicia, NW Spain) where five varieties of forage sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) were sown in small plots in mid-June 2012 as a summer crop. Forage was given a first cut at two weeks intervals in six harvest dates from mid-August to late October 2012. Dry matter (DM) yield varied broadly among varieties across cutting dates, in the last harvest date considered optimal (from 4.6 to 8.4 t DM/ha) and among harvest dates across varieties (from 0.3 to 7.0 t DM/ha).

Key-words: forage potential, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, rainfed crop.

INTRODUCCIÓN

En Galicia, durante los meses de verano, el cultivo forrajero con una mayor superficie de cultivo es el maíz (*Zea mays* L.) para ensilar, sufriendo la superficie dedicada a su producción, un continuado incremento en los últimos años sobre todo en las explotaciones de vacuno de leche (Fernández-Lorenzo *et al.*, 2009). Este cultivo tiene una rentabilidad alta que depende en gran medida de la cantidad final

de producto que se cosecha por unidad de superficie. Sin embargo, por tratarse de un cultivo en secano no siempre puede expresar todo su potencial productivo en determinadas zonas debido a la escasez de precipitaciones y a siembras tardías que condicionan su rendimiento final.

La utilización del cultivo del sorgo forrajero en estas zonas abriría una posibilidad para asegurar una cosecha en estas condiciones, como alternativa al maíz forrajero, pudiendo encajar su aprovechamiento como ensilado adecuadamente en la rotación de dos cultivos por año con una mezcla de gramínea-leguminosa como cultivo de invierno. De hecho, por ejemplo, en el norte de Italia hace años que existe un interés para el estudio de la posibilidad y la conveniencia de sustituir total o parcialmente el maíz ensilado por otros forrajes (Colombo *et al.*, 2007; Colombini *et al.*, 2012).

El sorgo forrajero (*Shorghum bicolor*) que se utiliza fundamentalmente en forma de ensilado, es un cultivo de secano importante en Cataluña (Serra Gironella *et al.*, 2008), donde se siembra cerca del 60% del conjunto de sorgo cultivado en España (Pujol, 2008), pudiendo tratarse también de una oportunidad en Galicia. El sorgo tiene unos requisitos similares a los del maíz, aunque más exigente en cuanto a temperatura, ya que paraliza su crecimiento por debajo de los 10 °C. Asimismo sus características: alta producción de forraje, alta producción de semilla, resistencia a plagas y enfermedades, ciclos de cosecha cortos, mayor resistencia a sequías y encamado y un perfil nutricional equivalente a 80-90% del maíz (Compton, 1990), hacen de este forraje un insumo de bajo coste y fácil manejo en las fincas (WingChing *et al.*, 2005). Además de ser un cultivo con alto rendimiento de biomasa, demanda bajos gastos en fertilizante nitrogenado y agua y tiene una buena eficiencia del nitrógeno (Gardner *et al.*, 1994), por todas las razones citadas anteriormente podría ser una valiosa alternativa al maíz asegurando la obtención de forraje para ensilar en zonas en las que no hay otra alternativa con interés para los ganaderos.

El gran número de variedades de sorgo disponibles en el mercado hace difícil seleccionar las más adecuadas para la producción de forraje para ensilar sin conocer su comportamiento en una zona concreta. Además el tiempo de crecimiento y la etapa de madurez en la cosecha afectan en gran medida al rendimiento del forraje (Âman y Graham, 1987). Por ello, el objetivo de este trabajo es evaluar la adaptación del sorgo como productor de forraje en siembras tardías en situación de secanos húmedos de la zona costera de Galicia y conocer, en esas condiciones, la producción

de forraje de diferentes variedades comerciales de sorgo buscando genotipos para ensilar en un único corte con alta proporción de grano.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante el período comprendido entre mediados de junio y finales de octubre de 2012, en la finca del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (A Coruña), zona costera de clima atlántico a 100 m de altitud, en condiciones de secano. El cultivo precedente fue una pradera y los valores de fertilidad del suelo eran: porcentaje de saturación de aluminio de 21,8, contenido en P (Olsen) de 20 ppm y contenido en K (nitrato amónico) de 211 ppm. La temperatura media durante el período de cultivo fue de 17,06 °C y la precipitación total acumulada de 186,4 mm. El ensayo se asienta sobre suelos cuyo material de partida son esquistos pelíticos de la serie Betanzos-Arzúa de la formación conocida como “Complejo de Órdenes” (Martínez *et al.*, 1984). Son suelos profundos, sin pedregosidad en el perfil y de pH ácido. La textura del horizonte superficial del suelo es franca a franco-limosa y el contenido en materia orgánica medio.

Las cinco variedades comerciales de sorgo forrajero evaluadas fueron: ‘Ascoli’, ‘PR849F’, ‘Express’, ‘Alfa’ y ‘PR88Y20’. La siembra se ha retrasado notablemente debido a la demora en la preparación del terreno ya que en condiciones normales la siembra se debe llevar a cabo en la segunda quincena de mayo.

El laboreo ha consistido en el alzado del suelo con arado de vertedera seguido de un pase de grada rotativa vertical. Posteriormente se ha aplicado una fertilización por hectárea de 120 UF de N₂, 120 UF de P₂O₅ y 220 UF de K₂O aplicada en fondo en forma de (15-15-15 y KCl) y 69 UF de N₂ en cobertera en forma de urea cuando las plantas tenían una altura de 50 cm.

El ensayo siguió un diseño en parcelas divididas (split-plot), con la variedad como parcela principal, la fecha de corte como subparcela y cuatro repeticiones. La parcela elemental la constituyen cuatro líneas de cultivo de 18 m de longitud separadas 0,75 m (54 m²). La siembra de todas las variedades se ha realizado el 19 de junio de 2012 en las parcelas elementales con una sembradora neumática de precisión y con una densidad aproximada de 155000 semillas/ha. Asimismo, se aplicó para el control de malas hierbas, en preemergencia, un herbicida comercial con acetocloro como materia activa (Harness GTZ) a una dosis de 4L/ha y un insecticida a base de clorpirifos al 48% a una dosis de 1L/ha.

Los controles de producción o cosecha se realizaron en seis fechas diferentes, desde mediados de agosto hasta finales de octubre de 2012, a intervalos quincenales. En cada fecha se cosecharon los 18 m de las dos líneas centrales de cada parcela elemental (parcela útil = 27 m), cortando la oferta de forraje a 8 cm del nivel del suelo, con una cosechadora picadora de forraje Wintersteiger Cibus S. La muestra fue pesada directamente en fresco en el campo por la cosechadora y, por cuarteos sucesivos, se tomó una alícuota de aproximadamente 1000 g., que se envió al laboratorio para la determinación de la materia seca en estufa de aire forzado Unitherm, a 80° C durante 16 h. (Castro, 1996).

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante ANOVA, utilizando el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS v.8a (SAS Institute, 2000). La separación de medias se realizó mediante el test de diferencias mínimas significativas (DMS) al nivel de probabilidad de $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La nascencia del cultivo fue lenta, escalonada y poco uniforme debido a que las temperaturas durante el primer mes de vegetación fueron bajas (Tabla 1) lo que conllevó aparejado una ralentización del desarrollo vegetativo y un alargamiento del ciclo. Concretamente las temperaturas mínimas de los días siguientes a la siembra estuvieron por debajo de los 10 °C (21, 22, 23 y 24 de junio con temperaturas de 9,4; 6,7; 6,3 y 8,3 °C respectivamente). El 26 de junio el porcentaje de emergencia fue del 5% y el 2 de julio del 30%, alcanzando el 1 de agosto el estado de seis hojas con una altura de 50 cm.

Tabla 1. Datos precipitación y temperaturas durante los meses del ensayo

Mes	2012				Media de los últimos 10 años			
	Precipitación n mm	Tª media °C	Tª media máximas °C	Tª media mínimas °C	Precipitación mm	Tª media °C	Tª media máximas °C	Tª media mínimas °C
Junio	64,4	16,9	21,6	11,7	47,4	17,3	22,5	11,9
Julio	10,1	17,7	23,0	11,9	40,6	18,4	23,6	12,8
Agosto	26,8	18,7	24,6	13,2	37,5	18,7	24,5	12,9
Septiembre	30,9	17,6	25,0	10,7	40,5	17,3	24,0	11,2
Octubre	54,2	14,4	19,6	9,4	181,8	14,7	20,3	9,7

En su posterior desarrollo no se observaron problemas fitopatológicos, por lo que no fue necesario realizar ningún tratamiento fitosanitario, no apreciándose además ninguna incidencia que pudiese afectar su correcto rendimiento.

El primer aprovechamiento se llevó a cabo el 13 de agosto, a los 55 días de la siembra. En este período la temperatura media fue de 17,7 °C. La temperatura acumulada desde la siembra fue de 425,3 grados-día acumulados (sobre una temperatura base de 10 °C) y la precipitación acumulada de 27,4 mm (Tabla 2). El estado fenológico de la planta era de ocho hojas, sin inicio de la emisión de la panícula en ninguna de las variedades. La temperatura media de cada período entre cortes, temperatura acumulada desde la siembra y precipitación acumulada se observan en la tabla 2.

Tabla 2. Temperatura media entre cortes, temperatura y precipitación acumulada en cada una de las fechas de corte.

Fecha de corte	Tª media °C	Precipitación acumulada mm	Grados-día acumulados °C
13 agosto	17,7	27,4	425,3
27 agosto	18,1	44,1	560,8
17 septiembre	18,2	49,2	738,5
1 octubre	17,9	80,1	826,7
15 octubre	17,8	104,4	915,6
29 octubre	17,3	133,6	965,3

En la tabla 3 se muestra, para las diferentes variedades y fechas de corte, el contenido en MS (%). Promediando todas las variedades, el contenido en materia seca varió de 17,9% en el primer corte hasta 29,5% en el último corte.

Tabla 3. Contenido en materia seca (%) para las distintas variedades y fechas de corte.

Variedad	Fecha de corte						Media de la variedad
	13 agosto	27 agosto	17 septiembre	1 octubre	15 octubre	29 octubre	
Ascoli	17,7	17,3	24,3	25	26,6	32	23,8
PR849F	17,4	14,2	18,3	20,4	21,4	24,9	19,4
Express	19,2	17,3	22,7	21,9	25,5	31,1	23
Alfa	16,7	16,6	22,7	23,9	24,7	28,8	22,2
PR88Y20	18,7	17,5	23,8	25,2	23,9	30,5	23,3
Media del corte	17,9	16,6	22,4	23,3	24,4	29,5	22,3

d.m.s.: variedad x fecha de corte: 1,0. d.m.s.: diferencia mínima significativa entre dos medias de la misma columna o fila al nivel $p < 0,05$.

Comparando las diferentes variedades ensayadas para el conjunto de las seis fechas de corte, el mayor incremento en contenido en materia seca lo experimentó la

variedad Ascoli, alcanzando en la última fecha un 32,0%, esto estaría relacionado con que se trata de la variedad más precoz. La variedad PR849F, la única evaluada con aptitud forrajera, presenta en la última fecha el menor contenido en materia seca, debido a que tiene un ciclo largo y una mayor proporción de parte verde.

En la tabla 4 se muestran los valores medios de la producción de las cinco variedades de sorgo en cada corte. Si consideramos la última fecha de corte, como la óptima para su aprovechamiento para ensilar (cuando los granos de la panícula alcanzaron el estado de grano pastoso duro y/o de lechoso a pastoso en la sección central de la misma), PR849F mostró la mayor producción con 8420 Kg MS/ha, seguida de Alfa (8170 Kg MS/ha) y Ascoli (7978 Kg MS/ha) entre las que no existieron diferencias significativas.

A partir del corte realizado el 17 de septiembre se hizo evidente un aumento en la producción de materia seca de las variedades PR849F y Alfa, respecto a las demás variedades evaluadas y a partir del 1 de octubre, el incremento de producción de Ascoli fue superior al resto obteniéndose una producción final similar a las de PR849 y Alfa.

Tabla 4. Producción de materia seca total (kg materia seca/ha) para las distintas variedades y fechas de corte

Variedad	Fecha de corte						Media de la variedad
	13 agosto	27 agosto	17 septiembre	1 octubre	15 octubre	29 octubre	
Ascoli	517	1774	4699	5153	6390	7978	4419
PR849F	381	1699	4959	6574	7126	8420	4860
Express	111	815	3166	3083	4255	4575	2667
Alfa	591	2012	5262	6020	7236	8170	4882
PR88Y20	387	1433	3990	4667	4691	5674	3474
Media del corte	397	1547	4415	5099	5940	6963	4060

d.m.s.: diferencia mínima significativa entre dos medias de la misma columna o fila al nivel $p < 0,05$.

La mayor producción obtenida por la variedad PR849F en la última fecha de cosecha considerada como óptima para el aprovechamiento como ensilado, se atribuiría a su aptitud forrajera, debido a que alcanza mayor altura. En concordancia con los resultados de Schmid *et al.* (1976) y González-Torrealba *et al.* (2005), quienes encontraron que la altura de la planta esta correlacionada positivamente con la producción en materia seca.

CONCLUSIONES

En las condiciones ambientales y de manejo en las que se ha llevado a cabo el ensayo se puede concluir que para el aprovechamiento como ensilado, se recomienda el uso de las variedades PR849F, Alfa y Ascoli, en este orden, por ser las variedades que han presentado mejores resultados en la última fecha de cosecha, óptima para ensilarlo. Para un aprovechamiento más temprano que el de grano pastoso se recomendaría el uso de las variedades PR849F y Alfa (15 de octubre).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado gracias a las ayudas recibidas a través del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) de la Consellería do Medio Rural e Mar de la Xunta de Galicia con el proyecto titulado “Alternativas de cultivos para mitigar os efectos do cambio climático: avaliación de cultivos resistentes á seca para a produción de forraxe en explotacións de leite”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÂMAN P. Y GRAHAM H. (1987) Whole-crop peas. I. Changes in botanical and chemical composition and rumen in vitro degradability during maturation. *Animal Feed Science and Technology*, 17, 15-31.
- CASTRO P. (1996) Efecto de tres temperaturas de secado sobre la composición química de forrajes y heces. En: Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (Ed.) *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la SEEP*, pp. 365-368. La Rioja, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- COLOMBO D., CROVETTO G.M., COLOMBINI S., GALASSI G. Y RAPETTI L. (2007) Nutritive value of different hybrids of sorghum forage determined in vitro. *Italian Journal of Animal Science*, 6, 289-291.
- COLOMBINI S., GALASSI G., CROVETTO G. M. Y RAPETTI L. (2012) Milk production, nitrogen balance, and fiber digestibility prediction of corn, whole plant grain sorghum, and forage sorghum silages in the dairy cow. *Journal of Dairy Science*, 95, 4457-4467.
- COMPTON L.P. (1990) Agronomía del sorgo. Instituto internacional para el mejoramiento en cultivos para los trópicos semi-áridos (ICRISAT), Hyderabad, India. 301p.
- FERNÁNDEZ-LORENZO B., DAGNAC T., GONZÁLEZ-ARRÁEZ A., VALLADARES J., PEREIRA-CRESPO S. Y FLORES G. (2009) Sistema de producción de leche en Galicia. Evolución y estado actual. *Pastos*, 39 (2), 251-294.
- GARDNER J.C., MARANVILLE J.W. Y PAPAROZZI E.T. (1994) Nitrogen use efficiency among diverse sorghum cultivars. *Crop Science*, 34, 728-733.
- GONZÁLEZ GARCÍA M.A. (1998) *Propiedades hidrodinámicas en zona non saturada*. Tesis Doctoral, Escola Politécnica Superior, Universidade de Santiago de Compostela

- GONZÁLEZ TORREALBA R.O., SEQUERA MIRELLIY W.Y. Y GRATEROL Y. (2005) Comportamiento de nueve cultivares de sorgo forrajero en portuguesa, Venezuela. *Pastos*, XXXV (2), 151-162.
- MARTÍNEZ J.R., KLEIN E., de PABLO J.G. Y GONZÁLEZ F. (1984) El complejo de Órdenes: subdivisión, descripción y discusión sobre su origen. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 7,199-210.
- PUJOL M. (2008) El sorgo. En: *Les plantes cultivades. 1. Cereals*, M. PUJOL (Ed.). Imprès a Romayá Valls, S.A. Capellades-Barcelona (España), 431-465.
- SAS INSTITUTE, 2000. *SAS/Stat User's Guide*, v.8.1, SAS Institute Inc., Cary, NC (EEUU).
- SERRA GIRONELLA J., CAPELLADES PERICAS G., SALVIA FUENTES J., ARAGAY BENERÍA M. (2008) Adaptación y valor nutritivo de variedades de sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* L. Moench) "Brown midrib" con diferente sensibilidad al fotoperiodo, en el nordeste de Cataluña. *Pastos*, 38 (1), 65-73.
- SCHMIDT A.R., GOODRICH R.D., JORDÁN R.M., MARTEN G.C. Y MEISKE J.C. (1976) Relationships among agronomic characteristics of corn and sorghum cultivars and silage quality. *Agronomy Journal*, 68, 403-406.
- ULLOA GUITIÁN M. (1998) *Variabilidad de las propiedades generales del suelo en dos cuencas de pequeñas dimensiones*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidade da Coruña, 106 pp.
- WINGCHING R., ROJAS A. Y QUAN A. (2005) Nitrógeno orgánico y químico en sorgo negro con cobertura permanente de maní forrajero. I. Características nutritivas y de producción. *Agronomía Costarricense*, 29(1), 29-39.

EVALUACIÓN DE VARIEDADES COMERCIALES DE SORGO FORRAJERO EN SIEMBRAS TARDÍAS EN LA GALICIA ATLÁNTICA: II. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Evaluation of Five Commercial Varieties of Forage Sorghum, as a Summer Crop, in Late Sowing in the Atlantic Galicia: II. Chemical Composition

M.J. BANDE-CASTRO, C. RESCH, S. PEREIRA-CRESPO, B. FERNÁNDEZ-LORENZO y G. FLORES

Instituto Galego de Calidade Alimentaria. Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (INGACAL-CIAM). Apdo. 10, 15080 A Coruña, mariabande@ciam.es

Resumen: Se evaluó la composición química de cinco variedades comerciales de sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) ‘Ascoli’, ‘PR849F’, ‘Express’, ‘Alfa’ y ‘PR88Y20’, sembradas a mediados de junio y cosechadas en seis fechas diferentes, desde mediados de agosto hasta finales de octubre de 2012, a intervalos quincenales. El ensayo se realizó en la finca del Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (Abegondo, A Coruña), zona costera atlántica a 100 m de altitud, utilizando un diseño en parcelas divididas con cuatro repeticiones. El contenido en proteína bruta y fibra neutro detergente se vieron afectados por la variedad y el momento de corte. Para el primer corte, promediando todas las variedades, el valor medio de la proteína bruta fue de 19,1% y el de la fibra neutro detergente de 53,8%, expresados sobre materia seca. Los valores obtenidos en la tercera fecha de corte (17 de septiembre) fueron de 9,6% para PB y 64,2% para FND; mientras que en el último corte se alcanzaron valores de 10,0%, y 53,7%, respectivamente.

Palabras clave: proteína bruta, fibra neutro detergente, *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

Abstract: It is presented in this paper the chemical composition results obtained in an experiment sited in the CIAM research station farm (coastal zone of Galicia, NW Spain) where five varieties of forage sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) (‘Ascoli’, ‘PR849F’, ‘Express’, ‘Alfa’ and ‘PR88Y20’) were sown in small plots in mid-June 2012 as a summer crop. Forage was given a first cut at two weeks intervals in six harvest dates from mid-August to late October 2012. Crude protein and neutral detergent fiber contents were affected by variety and cutting date. For the first harvest date, averaged for all varieties, mean value of CP was 19.1% and NDF was 53.8%, expressed on dry matter. The values obtained in the third cut (17 September) were 9.6% and 64.2% for CP and NDF; while in the last cut is reached values of 10.0% and 53.7%, respectively.

Key-words: crude protein, neutral detergent fiber, *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

INTRODUCCIÓN

El maíz ha sido durante mucho tiempo el principal cultivo de verano elegido para ensilado en las explotaciones lecheras de Galicia (Fernández-Lorenzo *et al.*, 2009). La principal ventaja del maíz sobre el sorgo es que el maíz tiende a ser un

producto más consistente desde el punto de vista de su valor nutritivo. Sin embargo, para que el maíz tenga un alto valor nutricional debe producir grandes cantidades de grano y, en períodos de sequía la producción de grano de maíz puede ser muy limitada (Bean y Marsalis, 2012). Debido a que en los últimos años el maíz forrajero ha puesto de manifiesto estos aspectos débiles, se ha incrementado la demanda de información por el estudio de cultivos alternativos al maíz, sobre todo en aquellas zonas donde se no se prevé una buena producción de ensilado de maíz motivada por la carencia de lluvia. Estudios previos realizados en Galicia por Piñeiro y Pérez (1996; 1997) con híbridos de sorgo por pasto del Sudán (*Shorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*), permiten indicar que este híbrido podría tratarse de un cultivo de verano alternativo al maíz.

Diversos autores (Lusk *et al.*, 1984; Grant *et al.*, 1995; Oliver *et al.*, 2004) no han encontrado diferencias significativas en la digestibilidad y en la producción de leche entre vacas alimentadas con ensilados de sorgo y de maíz convencional.

Estudios recientes realizados por Colombini *et al.* (2012) también demuestran que proporcionando una adecuada suplementación de almidón, la planta entera de sorgo grano ensilado puede reemplazar al ensilado de maíz en vacas lecheras sin ningún efecto negativo sobre la producción de leche.

Existe una amplia gama de variedades de híbridos de sorgo forrajero en el mercado, con gran variabilidad en rendimiento y valor nutritivo; lo que hay que tener en cuenta a la hora de elegir un híbrido para ensilar. Además es muy importante la selección de una fecha óptima de cosecha especialmente en híbridos que producen gran cantidad de grano, ya que si el grano madura más allá del estado pastoso-duro puede llegar a no digerirse correctamente (Bean y Marsalis, 2012).

En otra comunicación se presentan los resultados de un ensayo donde se evalúa el rendimiento de materia seca (MS) de cinco variedades de sorgo forrajero (Resch *et al.*, 2013), en función de la fecha de aprovechamiento. El tiempo de crecimiento y la etapa de madurez en la cosecha afectan, además de al rendimiento a su composición química, por lo que el objetivo del presente trabajo es evaluar la evolución del contenido en PB y FND en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo, de variedades comerciales de sorgo forrajero como cultivo de verano en siembras tardías en situación de secanos húmedos de la zona costera de Galicia.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante el período comprendido entre mediados de junio y finales de octubre de 2012, en la finca del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (A Coruña), zona costera de clima atlántico a 100 m de altitud, en secano. Las características del terreno, siembra, fertilización y seguimiento del cultivo fueron descritas en Resch *et al.* (2013).

Las cinco variedades comerciales de sorgo forrajero evaluadas fueron: ‘Ascoli’, ‘PR849F’, ‘Express’, ‘Alfa’ y ‘PR88Y20’.

El ensayo se diseñó en parcelas divididas (split-plot), con la variedad como parcela principal, la fecha de corte como subparcela y cuatro repeticiones.

Se realizaron cortes en seis fechas diferentes, desde mediados de agosto hasta finales de octubre de 2012, a intervalos quincenales. En cada fecha se cosecharon los 18 m de las dos líneas centrales de cada parcela elemental, cortando a 8 cm del suelo, con una cosechadora picadora de forraje Wintersteiger Cibus S. La muestra fue pesada directamente en el campo por la cosechadora y, por cuarteos sucesivos, se tomó una alícuota de aproximadamente 1000 g, que se envió al laboratorio para la determinación de la MS en estufa de aire forzado Unitherm, a 80° C durante 16 h (Castro, 1996) y posterior molido a 1 mm en molino de martillos Christy and Norris. Se determinaron la PB, expresada como nitrógeno (N) total x 6,25, determinándose el N mediante digestión micro Kjeldahl seguida de la determinación colorimétrica del ión amonio, según el método descrito por Castro *et al.* (1990) adaptado al autoanalizador de flujo continuo AAIH (Bran-Luebbe, Inc., Technicon Industrial Systems Corp., Tarrytown, NY, EEUU) y la FND según Goering y Van Soest (1970) determinadas en un digestor Fibertec (Foss Tecator AB, Suecia).

El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA y las comparaciones de medias se efectuaron mediante la diferencia mínima significativa protegida de Fisher, utilizando el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS v.8a (SAS Institute, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra, para las diferentes variedades y fechas de corte, el contenido en PB, expresado sobre MS. Promediando todas las variedades, el contenido en PB varió de 19,1% en el primer corte hasta 10,0% en el último corte.

Tabla 1. Contenido en proteína bruta (%) sobre materia seca para las distintas variedades y fechas de corte

Variedad	Fecha de corte						Media de la variedad
	13 agosto	27 agosto	17 septiembre	1 octubre	15 octubre	29 octubre	
Ascoli	18,1	17,1	9	9,8	10,1	10,6	12,4
PR849F	20	16,6	9,3	8,5	8,2	8,7	11,9
Express	19,9	18,5	10,5	10,4	10	10,6	13,3
Alfa	19,2	16,8	9,5	9,4	9,1	9,7	12,3
PR88Y20	18,1	18	9,6	9,3	9,6	10,4	12,5
corte	19,1	17,4	9,6	9,5	9,4	10	

d.m.s.: variedad \times fecha de corte: 0,4.

d.m.s.: diferencia mínima significativa entre dos medias de la misma columna o fila al nivel $p < 0,05$.

La variedad Express mostró los mayores contenidos en PB a lo largo de todas las fechas de cultivo. Comparando las diferentes fechas de corte ensayadas para el conjunto de las cinco variedades, el mayor descenso en los valores de PB sucedió entre el 27 de agosto y el 17 de septiembre. Promediando todas las variedades, se observó una caída desde 19,1% (primera fecha de corte) hasta 9,6% (tercera fecha de corte). A partir de este momento, todas las variedades, excepto PR849F, mantuvieron y/o aumentaron ligeramente el contenido en PB, alcanzando en la última fecha de corte valores que variaron desde 8,7% (PR849F) hasta 10,6% (Ascoli y Express). La variedad PR849F mantuvo los valores más bajos de PB en las tres últimas fechas de corte, lo que podría atribuirse a que esta variedad presenta una mayor producción de MS debido a su elevada altura (Resch *et al.*, 2013). Ello da lugar a una alteración de la proporción de tallo, hojas y panícula, aumentando la proporción de tallo, lo que conlleva una merma en la calidad nutritiva, con el valor mínimo de PB.

En la Tabla 2 se exponen, para las diferentes variedades y fechas de corte, los valores del contenido en fibra neutro detergente, expresados sobre MS. El contenido en FND aumentó hasta la tercera fecha de cosecha (17 de septiembre), llegando a valores que variaron desde 63,1% (Express) hasta 65,0% (PR88Y20); a partir de este momento, los contenidos de FND de todas las variedades, excepto PR849F, mostraron una fuerte caída hasta la quinta fecha de cosecha (15 octubre), en la que se alcanzaron valores de 50,4%, 50,6%, 52,0% y 52,1% para Ascoli, PR88Y20, Express y Alfa, respectivamente.

Tabla 2. Contenido en fibra neutro detergente (%) sobre materia seca para las distintas variedades y fechas de corte

Variedad	Fecha de corte						Media de la variedad
	13 agosto	27 agosto	17 septiembre	1 octubre	15 octubre	29 octubre	
Ascoli	51,9	55,9	64,2	55,9	50,4	54,3	55,4
PR849F	53,9	56,6	63,9	61,3	60,4	59,5	59,3
Express	52,8	54,2	63,1	57,6	52	50,8	55,1
Alfa	54,9	56,8	64,7	58,6	52,1	52,8	56,7
PR88Y20	55,4	56,2	65	58,2	50,6	51,3	56,1
corte	53,8	55,9	64,2	58,3	53,1	53,7	

d.m.s.: variedad x fecha de corte: 1,2.

d.m.s.: diferencia mínima significativa entre dos medias de la misma columna o fila al nivel $p < 0,05$.

Este fenómeno puede atribuirse a la acumulación de carbohidratos de reserva en los granos, produciéndose un efecto de dilución de las paredes celulares en el resto de componentes de la planta. La variedad PR849F no mostró este fenómeno de forma tan acusada como las otras variedades, debido a que se trata una variedad de aptitud forrajera en la que la panícula era poco densa y con apenas formación de granos, por lo que en la última fecha de cosecha alcanzó el mayor contenido de FND (59,5%), debido al aumento en la proporción de tallo, lo que conlleva una merma en la calidad nutritiva y alcanzar el máximo en los valores de FND.

Los resultados obtenidos en este ensayo coinciden, en general, con los encontrados en la bibliografía en cuanto a la buena calidad nutricional que presenta el sorgo como alternativa al maíz (Colombo *et al.*, 2007).

CONCLUSIONES

La última fecha de cosecha sería la más adecuada para conciliar una buena producción de materia seca y una moderada calidad nutritiva. Para el aprovechamiento como ensilado, no se recomendaría la utilización de la variedad PR849F debido a que los valores de composición química son peores que para las demás variedades. Si además tenemos en cuenta los resultados de los rendimientos presentados en Resch *et al.* (2013) se recomiendan las variedades Ascoli y Alfa como las más apropiadas para el cultivo de sorgo forrajero en siembras tardías en la Galicia Atlántica.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado gracias a las ayudas recibidas a través del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) de la Consellería de Medio Rural e do Mar de la Xunta de Galicia con el proyecto titulado “Alternativas de cultivos para mitigar os efectos do cambio climático: avaliación de cultivos resistentes a seca para a produción de forraxe en explotacións de leite”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTRO P. (1996) Efecto de tres temperaturas de secado sobre la composición química de forrajes y heces. En: Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (Ed.) *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la SEEP*, pp. 365-368. La Rioja, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- CASTRO P., GONZÁLEZ-QUINTELA A. Y PRADA-RODRÍGUEZ, D. (1990) Determinación simultánea de nitrógeno y fósforo en muestras de pradera. En: Pastos (Ed.) *Actas de la XXX Reunión Científica de la SEEP*, pp. 200-207. San Sebastián, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- COLOMBO D., CROVETTO G.M., COLOMBINI S., GALASSI G. Y RAPETTI, L. (2007) Nutritive value of different hybrids of sorghum forage determined in vitro. *Italian Journal of Animal Science*, 6, 289-291.
- COLOMBINI S., GALASSI G., CROVETTO G.M. Y RAPETTI L. (2012) Milk production, nitrogen balance, and fiber digestibility prediction of corn, whole plant grain sorghum, and forage sorghum silages in the dairy cow. *Journal of Dairy Science*, 95, 4457-4467.
- FERNÁNDEZ-LORENZO B., DAGNAC T., GONZÁLEZ-ARRÁEZ A., VALLADARES J., PEREIRA-CRESPO S. Y FLORES G. (2009) Sistema de producción de leche en Galicia. Evolución y estado actual. *Pastos*, 39 (2), 251-294.
- GONZÁLEZ TORREALBA R.O., SEQUERA MIRELLIY W.Y. Y GRATEROL Y. (2005) Comportamiento de nueve cultivares de sorgo forrajero en portuguesa, Venezuela. *Pastos*, XXXV (2), 151-162.
- GOERING H. Y VAN SOEST P. (1970) Forage fiber analyses (Apparatus, Reagents, Procedures and some applications). U.S.D.A. Agriculture Handbook n° 379, 20 pp. EEUU.
- GRANT R.J., HADDAD S.G., MOORE K.J., PEDERSEN J.F. (1995) Brown midrib sorghum silage for midlactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 78, 1970-1980.
- LUSK J.W., KARAU P.K., BALOGU D.O. Y GOURLEY L.M. (1984) Brown midrib sorghum or corn silage for milk production. *Journal of Dairy Science*, 67, 1739-1744.
- OLIVER A.L., GRANT R.J., PEDERSEN J.F., O'REAR J. (2004) Comparison of brown midrib-6 and -18 forage sorghum with convencional sorghum and corn silage in diets of lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 87, 637-644.
- PIÑEIRO ANDION J. Y PÉREZ FERNÁNDEZ M. (1996) Siembra directa de las rotaciones de maíz o sorgo-raigrás italiano en dos localidades de Galicia. En: Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (Ed.) *Actas de la XXXVI Reunión Científica*

de la SEEP, pp. 245-249. La Rioja, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

- PIÑEIRO ANDION J. Y PÉREZ FERNÁNDEZ M. (1997) Complementariedad de las rotaciones maíz/sorgo-raigrás italiano con las praderas de raigrás italiano-trébol violeta. En: Junta de Andalucía. Consejería de agricultura y Pesca (Ed.) *Actas de la XXXVII Reunión Científica de la SEEP. Los pastos extensivos: producir conservando*, pp. 183-190. Sevilla-Huelva, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- RESCH C., BANDE-CASTRO M.J., PEREIRA-CRESPO S., FERNÁNDEZ-LORENZO B. Y FLORES G. (2013) Evaluación de variedades comerciales de sorgo forrajero en siembras tardías en la Galicia Atlántica I.-Rendimiento en materia seca. En: *Actas de la LII Reunión Científica de la SEEP* (en prensa).
- SAS INSTITUTE (2000) *SAS/Stat User's Guide*, v.8.1, SAS Institute Inc., Cary, NC (EEUU).

**CULTIVO DE LA ESPARCETA (*Onobrychis viciifolia*
Scop.) EN EL VALLE DEL EBRO: EFECTO DE LA
INOCULACIÓN CON *Rhizobium*
Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) Growing in the Ebro Valley: Effect of
the Inoculation with *Rhizobium***

I. DELGADO¹, F. TEMPRANO², F. MUÑOZ¹ y D.N. RODRIGUEZ²

¹Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Avda. Montañana 930.
5059 Zaragoza (España). ²IFAPA-Centro Las Torres. C^a Sevilla-Alcalá del Río km. 12,2. 41200
Alcalá del Río (Sevilla, España), idelgado@aragon.es

Resumen: Se estudió el efecto de la inoculación con *Rhizobium* de la semilla de esparceta sobre la producción de forraje y su composición química en Aragón, durante 2010-2012. Para ello, se utilizaron dos cepas de *Rhizobium*, procedentes de campos de esparceta de Teruel y Zaragoza, seleccionadas por su capacidad fijadora de N bajo condiciones controladas en invernadero. El estudio se efectuó en condiciones de secano y regadío, en campos que no habían sido cultivados anteriormente con esparceta. Se compararon cuatro tratamientos: inoculación con cada una de las cepas de *Rhizobium*, fertilización nitrogenada a la salida del invierno y un testigo sin inocular ni fertilizar. No hubo respuesta a la inoculación o a la aportación nitrogenada en la producción total de forraje, ni en la composición química. Un examen de las raíces realizado a los tres meses de la siembra, mostró que todas las plantas, tanto las inoculadas como las testigos, estaban noduladas. La producción de materia seca en 2011 fue 15 042 kg ha⁻¹, en regadío, y 3111 kg ha⁻¹, en secano. En regadío, el contenido medio de proteína bruta fue 17,5% y el de fibra neutro detergente 42,6%.

Palabras clave: Producción de forraje, composición química, secano, regadío.

Abstract: The effect of rhizobial inoculation on forage yield and chemical composition of *Onobrychis viciifolia* was studied in Aragón during 2010-2012. The inoculant strains were isolated from soils of the same geographical area where sainfoin crop was established and two strains were selected under controlled conditions on the basis of their effectiveness in nitrogen fixation. Field experiments in soils without previous history of *Onobrychis* cultivation were conducted in Zaragoza (irrigated conditions) and Teruel (dry conditions). Four treatments were set up: two rhizobia-inoculants, and two controls, un-inoculated plus N-fertilization and un-inoculated. The main conclusion is the absence of response (no yield differences) to both microbial inoculation and mineral N fertilization treatments. Three months after sowing, plants of the four treatments were nodulated. The harvest dry matter, recorded in 2011 was of 15 042 Kg ha⁻¹, under irrigation and, 3111 Kg ha⁻¹ under dry conditions. The average crude protein yield under irrigation was 17.5% and neuter-detergent fibre 42.6%.

Keywords: Forage yield, chemical composition, dry conditions, irrigated conditions.

INTRODUCCION

El proceso biológico de la fijación del N tiene un aliciente económico, ya que reduce las aportaciones de fertilizantes nitrogenados de síntesis, mucho más costosos, pero también ecológico, al propiciar un ahorro energético y evitar la contaminación ambiental. En los sistemas agrarios, la fijación biológica procede en una gran proporción de la simbiosis de las leguminosas con bacterias de la familia *Rhizobiaceae* (Garg, 2007). Ahora bien, el establecimiento de una simbiosis efectiva depende de la conjunción específica de la bacteria y la leguminosa. Cuando aquella no está presente, la inoculación con *Rhizobium* es una práctica necesaria para lograr una nodulación y fijación de N eficiente en el cultivo (Deaker *et al.*, 2004).

La esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.) es una leguminosa forrajera que se cultiva en las zonas frías y altas de la península Ibérica, en suelos calcáreos, donde no es habitual inocular el cultivo y es difícil encontrar inoculantes específicos comerciales para su aplicación (Delgado *et al.*, 2002). Por todo ello, con el fin de conocer la eficacia de la inoculación en cultivos de esparceta, se propuso evaluar la incidencia de la inoculación sobre la producción y composición química del forraje, utilizando cepas de *Rhizobium* aisladas en campos de esparceta de Teruel y Zaragoza.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en dos parcelas que no habían sido cultivadas anteriormente con esparceta, una de regadío en Zaragoza, preparada para riego por inundación, y otra de secano en Teruel, entre marzo de 2010 y octubre de 2012. Las características climatológicas del periodo fueron: en Zaragoza, temperatura media mensual máxima, 22,6 °C, y mínima, 8,9 °C; mínima extrema diaria -7,8 °C, el 22 de febrero de 2012, y precipitación media anual de 245 mm; en Teruel, 21,1 °C, 5,4 °C y -13,6 °C el 23 de enero de 2012, respectivamente, y 414 mm de precipitación. Las características edafológicas en los primeros 30 cm de profundidad, fueron: en regadío, textura franco-limosa, pH al agua 8,44, salinidad (C.E. 1:5) 0,25 dSm⁻¹, contenido en materia orgánica por colorimetría 1,93 %, P Olsen por espectroscopia 7,6 mg kg⁻¹ y K (extracto en acetato amónico) 228 mg kg⁻¹; en secano, textura franco-arcillo-limosa, pH al agua 8,40, salinidad 0,21 dSm⁻¹, contenido en materia orgánica 4,48 %, fósforo Olsen 137 mg kg⁻¹ y potasio 610 mg kg⁻¹. Se obvió el análisis del contenido en N por su escasa fiabilidad (Laboratorio Agroalimentario, comunicación personal).

Como abonado de fondo se aportaron 125 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y K₂O en regadío y nada en secano.

Previamente a la siembra se aislaron cepas de *Rhizobium* de suelos de Lagueruela (Teruel) y Zaragoza, cultivados anteriormente de esparceta. Para ello, en plantas cultivadas en dichas muestras de suelo se aislaron las bacterias a partir de los nódulos formados; las cepas se evaluaron por su capacidad fijadora de N en invernadero, según Vincent (1970). Se seleccionaron dos cepas, 'ISO 10' e 'ISO 12' como inoculantes, empleando como soporte turba de Padul seca, molida finamente y esterilizada por radiación gamma. La concentración de rizobios de 'ISO 10' e 'ISO 12' fue de 1 x 10⁹ y 0,8 x 10⁹ células viables g⁻¹, respectivamente. La dosis de inoculación fue del 1 %, en relación al peso de la semilla. El inoculante se mezcló a partes iguales con una solución acuosa de sacarosa al 10 % como adhesivo y se aplicó uniformemente sobre la semilla. Ésta se sembró el 23 de marzo de 2010 en Zaragoza y el 26 de marzo de 2010 en Teruel, utilizándose semilla del tipo "dos cortes" de Reznos (Soria) (Delgado *et al.*, 2008), a la dosis de 100 kg ha⁻¹.

El ensayo consistió en cuatro tratamientos: inoculación con cada una de las cepas de *Rhizobium*, fertilización nitrogenada a la salida del invierno en los años siguientes al de siembra, a razón de 50 kg de N ha⁻¹ en forma nitroamoniacal, y un testigo sin inocular ni fertilizar. La parcela elemental fue de 25 m² (5 m x 5 m) y el diseño estadístico de cuadrado latino. Se establecieron pasillos de 2 m entre parcelas para facilitar el aislamiento de los tratamientos. La parcela de regadío se regó por inundación en periodos de 24 días, durante el crecimiento del cultivo, para mantener el experimento en condiciones de no estrés hídrico.

Al mes de la siembra se contabilizó el número de plántulas presentes mediante el lanzamiento de dos marcos de 0,25 m² por parcela elemental. Después del primer corte, se evaluó la nodulación de las plantas determinando la materia seca (MS) de los nódulos, mediante el arranque de tres bloques de suelo de 20 cm x 20 cm por parcela elemental.

En regadío, se efectuaron cuatro cortes en 2010, seis en 2011 y seis en 2012; en secano, dos, tres y dos cortes, respectivamente. La siega se efectuó en el estado fenológico de plena floración, salvo en los cortes de final de verano y otoño, que no presentaban inflorescencias. Una muestra de forraje se secó a 60 °C en estufa ventilada, hasta peso constante, y se evaluó su contenido en proteína bruta (PB) por el método Dumas (Helrick, 1990), y en fibra neutro detergente (FND) por el método

Van Soest *et al.* (1991). Los resultados se compararon mediante el análisis de la varianza (ANOVA) y el test LSD, con el paquete estadístico SAS (2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de plántulas m⁻² establecidas al mes de la siembra fue de 211 y 286, en regadío y seco, respectivamente, no habiendo diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0,05$).

El peso de la MS de los nódulos se presenta en la Tabla 1. Los resultados muestran que todas las plantas, tanto las inoculadas como las testigos, estaban noduladas a los tres meses de la siembra, no habiendo diferencias significativas en el peso de los nódulos entre tratamientos ($P > 0,05$). El peso de nódulos corresponde a los presentes en la fracción de raíz arrancada, cuya longitud se muestra en dicha Tabla, pues en campo es difícil la recuperación completa de los nódulos. Esta masa nodular parece baja a tenor de lo expuesto en la bibliografía, pues en muchas leguminosas es fácil alcanzar entre 0,5 y 1 g de MS de nódulos por planta (Albareda *et al.*, 2009). La baja efectividad de los inoculantes en la nodulación podría explicarse por la presencia de algún factor inhibidor de la nodulación en el suelo.

Tabla 1. Peso de materia seca (MS) de los nódulos presentes en raíces de esparceta, utilizando inóculos de *Rhizobium* y un testigo sin inocular.

Tratamiento	Regadío (Zaragoza)			Secano (Teruel)		
	Peso nódulos g MS/planta	Nº plantas	raíces cm	Peso nódulos g MS/planta	Nº plantas	raíces cm
Testigo	0,107	32,5	14,1	0,052	16,75	10,0 a
ISO 10	0,121	30	16,9	0,031	19	8,2 b
ISO 12	0,107	28,25	14,2	0,043	16,25	6,7 c
Significación	NS	NS	NS	NS	NS	**

NS: $P > 0,05$; **: $P < 0,01$. Las cifras seguidas por diferente letra en la columna son significativas ($P < 0,05$).

Las Tablas 2 y 3 presentan la producción de forraje, en kg de MS ha⁻¹, en los cuatro tratamientos, en regadío y seco, respectivamente.

Tabla 2. Producción de materia seca (kg ha⁻¹) de la esparceta en regadío (Zaragoza), utilizando dos inóculos de *Rhizobium*, abono nitrogenado mineral y un testigo sin inocular ni fertilizar.

Tratamiento	Corte 1°	Corte 2°	Corte 3°	Corte 4°	Total		
	29/6/10	2/8/2010	20/9/10	22/11/10	2010		
Testigo	2773	1649	1105	1087	6613		
N mineral	3314	1791	1030	1018	7154		
ISO 10	2605	1366	1058	1086	6115		
ISO 12	2287	1194	1124	1037	5642		
Significación	NS	NS	NS	NS	NS		

Tratamiento	Corte 1°	Corte 2°	Corte 3°	Corte 4°	Corte 5°	Corte 6°	Total
	18/4/11	27/5/11	27/6/11	28/7/11	30/8/11	28/10/11	2011
Testigo	5446	3805	1867 ab	1709	1237	1380	15.444 ab
N mineral	5550	5051	2177 a	1805	976	1370	16.929 a
ISO 10	4828	3913	1772 ab	1897	1077	1376	14.863 ab
ISO 12	4163	3488	1518 b	1685	928	1149	12.930 b
Significación	NS	NS	**	NS	NS	NS	*

Tratamiento	Corte 1°	Corte 2°	Corte 3°	Corte 4°	Corte 5°	Corte 6°	Total
	7/5/2012	1/6/2012	28/6/12	2/8/2012	18/9/12	18/10/12	2012
Testigo	5471	2962	1643	1255	908 a	470	12.709
N mineral	5510	2641	1551	1196	365 b	217	11.479
ISO 10	5069	2683	1524	1251	290 b	410	11.227
ISO 12	5431	2863	1332	1119	936 a	462	12.142
Significación	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS

NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01. Las cifras con diferentes letras en la columna son significativas

Tabla 3. Producción de materia seca (kg ha⁻¹) de la esparceta en secano (Teruel), utilizando dos inóculos de *Rhizobium*, abono nitrogenado mineral y un testigo sin inocular ni fertilizar.

Tratamiento	Corte 1°	Corte 2°	Corte 1°	Corte 2°	Corte 3°	Total	Corte 1°	Corte 2°	Total
	1/7/2010	5/8/2010	3/5/2011	21/6/11	20/9/11	2011	3/5/2012	5/7/2012	2012
Testigo	Corte	421	1537	1567	58	3162	1526	464	1991
N mineral	de	267	1232	1531	87	2850	1614	518	2132
ISO 10	limpieza	365	1338	1529	97	2964	1303	508	1811
ISO 12		445	1649	1701	116	3467	1330	524	1855
Significación		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS: P>0,05

Como se aprecia en dichas Tablas, la producción total no fue significativa en función del tratamiento en ambas localidades, con la excepción de la inoculación con la cepa 'ISO 12' en regadío, en 2011, que fue significativamente inferior (P<0,05) al

control fertilizado con N. Las producciones alcanzadas en regadío en 2011, el año más productivo, pueden considerarse normales y similares a la producción de alfalfa (Delgado et al., 2012) en las mismas condiciones.

Los resultados obtenidos en estos experimentos sugieren que la esparceta no requiere la utilización de inoculantes en el valle del Ebro. Una posible explicación sería la presencia de poblaciones de *Rhizobium* específicas del cultivo en los suelos, como demuestra la nodulación de las plantas en el testigo (no inoculado) o elevados niveles de N disponible en el suelo. Esta falta de respuesta a la inoculación debe ser estudiada más exhaustivamente, para poder afirmar de forma general que no es necesario recurrir a dicha práctica. El *Rhizobium* que nodula la esparceta es muy específico (Van Schreven, 1972) y no suele estar presente en algunos suelos de la península Ibérica (Temprano, comunicación personal), sobre todo si no ha habido cultivos previos, de modo que en suelos con bajo contenido en N mineral y donde se pretenda introducir este cultivo sería necesaria su inoculación. Los resultados encontrados en la bibliografía son escasos y contradictorios. Tufenkci et al. (2006) apreciaron un incremento de la producción de forraje en regadíos de Turquía mediante la inoculación con *Rhizobium* y la fertilización nitrogenada. En el caso de la alfalfa, ésta no se inocula en el valle del Ebro y no han sido efectivas las experiencias de inoculación (Hycka, 1984) o de fertilización nitrogenada (Salmerón et al., 2010); al ser un cultivo tradicional en la zona los rizobios específicos se encuentran presentes en los suelos y, además se trata de rizobios muy ubicuos en los suelos básicos de España. También la esparceta es o ha sido tradicional en el valle del Ebro.

A final de 2012, la cobertura del cultivo era del 58% en regadío y del 43% en secano, por lo que se concluyó el experimento. Es de destacar la baja persistencia del cultivo en secano, lo que se atribuyó a la escasez de precipitaciones habidas durante el periodo de cultivo, agravada por la textura franco-arcillo-limosa del suelo, que acentuó la baja disponibilidad de agua.

La evolución del porcentaje de PB y FND en el forraje en regadío, durante 2011, año que se puede considerar el de plena producción del cultivo, se presenta en la Figura 1.

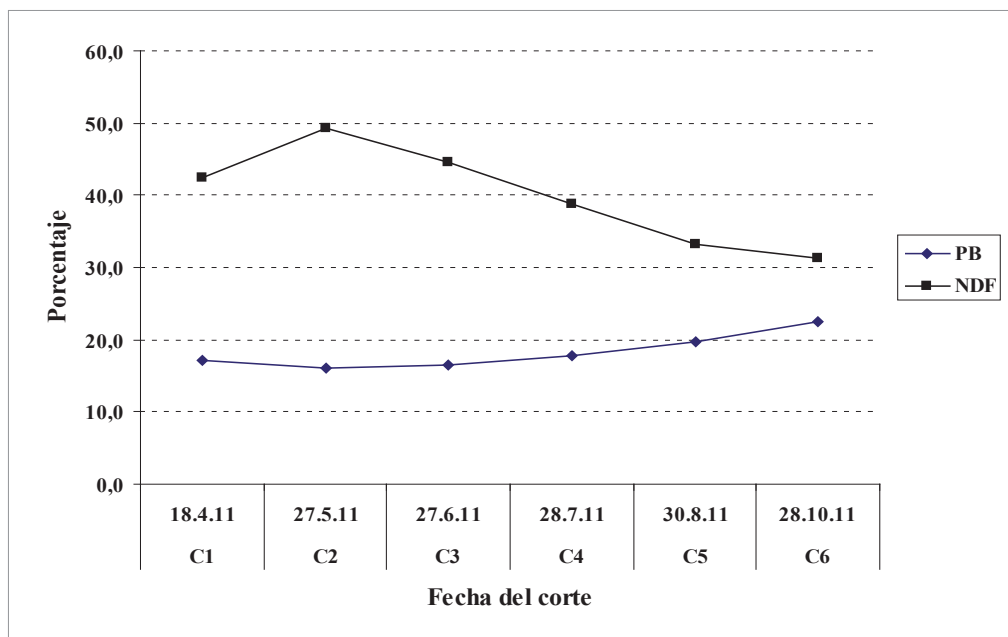


Figura 1. Evolución del contenido en proteína bruta (PB) y fibra neutro-detergente (FND) de un cultivo de esparceta en regadío, en Zaragoza, durante 2011.

El contenido medio en PB y FND, en la producción total del año, fue del 17,5% y 42,6%, respectivamente. Estos porcentajes variaron durante el periodo productivo, siendo los extremos el segundo corte, con 16,0% de PB y 49,3% de FND, y el último con 22,5% de PB y 31,4% de FND. Ello se atribuyó a la presencia de tallos floridos durante los primeros cortes, y a su ausencia en los últimos cortes. Sus contenidos se encuentran dentro del rango atribuido a la especie en la bibliografía (INRA, 2007).

CONCLUSIONES

No hubo respuesta a la inoculación o a la aportación nitrogenada en la producción total de forraje, ni en la composición química. Un examen de las raíces realizado a los tres meses de la siembra, mostró que todas las plantas, tanto las inoculadas como las plantas control, estaban noduladas. No obstante, estos resultados no pueden generalizarse y serían necesarios ensayos previos en las zonas sin tradición de cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el M^o de Ciencia e Innovación y FEDER, dentro del proyecto RTA2009-00063-C02-01.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBAREDA M., RODRÍGUEZ-NAVARRO D.N. Y TEMPRANO F.J. (2009) Use of *Sinorhizobium* (Ensifer) *fredii* for soybean inoculants in South Spain. *European Journal of Agronomy*, 30, 205-211.
- DEAKER R., ROUGHLEY R.J. Y KENNEDY I.R. (2004) Legume seed inoculation technology-a review. *Soil biology and biochemistry*, 36(8), 1275-1288.
- DELGADO I., ANDRÉS C., SIN E. Y OCHOA M.J. (2002) Estado actual del cultivo de la esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.) Encuesta realizada a agricultores productores de semilla. *Pastos*, XXXII (2), 235-247.
- DELGADO I., SALVIA J., BUIL, I. Y ANDRES C. (2008) The agronomic variability of a collection of sainfoin accessions. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6 (3), 401-407.
- GARG N. (2007) Symbiotic nitrogen fixation in legume nodules: process and signalling. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 27, 59-68.
- DELGADO I., MUÑOZ F. Y ANDUEZA D. (2012) Daily growth evaluation of an irrigated lucerne crop. *Options Méditerranéennes. Series A: Mediterranean Seminars*, 102, 349-354.
- HELICK K. (1990). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Arlington, USA: AOAC International.
- HYCKA M. (1984) Labores preparatorias y métodos de siembra. En: *Extensión agraria* (Ed) Cultivo de la alfalfa en los regadíos del Duero y Ebro, pp. 17-23. Madrid, España.
- INRA (2007) *Tables INRA 2007*. Paris, Francia: Ed Quae.
- SALMERON M., CAVERO J., DELGADO I. E ISLA R. (2010) Yield and environmental effects of summer pig slurry applications to irrigated alfalfa under Mediterranean conditions. *Agronomy Journal*, 102 (2), 559-567.
- TUFENKCI S., ERMAN M. Y SONMEZ F. (2006) Effects of phosphorous and nitrogen applications and *Rhizobium* inoculation on the yield and nutrient uptake of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* L.) under irrigated conditions of Turkey. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 49, 101-105.
- VAN SCHREVEN D.A. (1972) Note on the specificity of the *Rhizobia* of crownvetch and sainfoin. *Plant and Soil*, 36, 325-330.
- VAN SOEST P.J., ROBERTSON J.B. Y LEWIS B.A. (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.
- VINCENT J.M. (1970) *A manual for the practical study of the root-nodule bacteria*. IBP Handbook No. 15. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

EL HONGO ENDOFÍTICO *EPICHLÖË* AUMENTA EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN *Festuca rubra*

Epichloë Fungal Endophyte Increases Nutrient Content in *Festuca rubra*

B.R. VÁZQUEZ DE ALDANA, A. GARCÍA-CIUDAD, Í. ZABALGOGEAZCOA, A. ÁLVAREZ y B. GARCÍA-CRIADO

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca (IRNASA-CSIC); Cordel de Merinas 40-52; 37008 Salamanca, beatriz.dealdana@irnasa.csic.es

Resumen: Los hongos endofíticos infectan gramíneas de forma asintomática y proporcionan ciertos beneficios a las plantas hospedadoras. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del endofito *Epichloë festucae* en el contenido de nutrientes de *Festuca rubra* en condiciones de estrés hídrico. Se llevó a cabo un ensayo en invernadero con plantas infectadas y no infectadas, de dos ecotipos diferentes de *F. rubra* y creciendo en dos niveles de disponibilidad de agua. Los resultados mostraron que el endofito aumentó la concentración de N, P y Zn en las plantas, y disminuyó la producción de materia seca en raíces independientemente del ecotipo y del tratamiento hídrico. La producción de biomasa en hojas y el contenido de Ca y Mg varió entre plantas infectadas y no infectadas dependiendo del ecotipo. El contenido de N, P y K aumentó en la planta al aumentar el nivel de estrés hídrico.

Palabras clave: endofitos, dehesa, estrés hídrico, fósforo, biomasa

Abstract: Fungal endophytes asymptotically infect grasses and provide certain benefits to the host plants. The aim of this study was to determine the effect of *Epichloë festucae* endophyte in the nutrient content of *Festuca rubra* growing in water stress conditions. A glasshouse experiment was conducted with infected and non-infected plants, two plant ecotypes and growing at two levels of water availability. The results showed that the endophyte increased the concentration of N, P and Zn of plants, regardless of ecotype and water treatment. The content of Ca and Mg varied between infected and non-infected plants depending on the ecotype. The contents of N, P and K in the plant increased with increasing level of water stress, regardless of endophyte and plant ecotype.

Key words: endophytes, nutrients, dehese, water stress, phosphorus

INTRODUCCIÓN

Los hongos endofíticos de los géneros *Epichloë* y *Neotyphodium* infectan diversas especies gramíneas de forma asintomática. Estas asociaciones son de tipo mutualista, y uno de los beneficios que producen los endofitos en las plantas que hospedan es que éstas muestran una mayor resistencia a estreses abióticos como la sequía o ciertos metales pesados (Malinowski y Beleski, 2000; Soleimani *et al.*, 2010).

Por otro lado los hongos producen en las plantas varios tipos de alcaloides, algunos de los cuales resultan tóxicos para herbívoros (Bush *et al.*, 1997).

Festuca rubra L. es una gramínea perenne apreciada como forrajera, y una de las especies más utilizadas en céspedes. Las empresas de semillas han introducido en el mercado variedades endofíticas por las ventajas que presentan en cuanto a resistencia a estreses abióticos y bióticos. Es una gramínea frecuente en los pastos de dehesa de la provincia de Salamanca, donde se ha detectado que un 70% de las plantas están infectadas de forma asintomática por *Epichloë festucae* Leuchtman, Schardl & Siegel (Zabalgoeazcoa *et al.*, 1999). El hecho de que se encuentren unas tasas de infección tan elevadas en ecosistemas semiáridos, hace pensar que las plantas infectadas tengan ciertos beneficios en relación a las no infectadas. En este trabajo se plantea determinar el efecto de los endofitos en la producción de biomasa y el contenido de nutrientes de plantas de *Festuca rubra*, considerando además el factor de estrés hídrico. Para ello se utilizaron dos ecotipos de *F. rubra*, cada uno de ellos en versión infectada por *Epichloë* y sin infección.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal. Se llevó a cabo un experimento en invernadero con plantas de *Festuca rubra* infectadas por el hongo endofito *Epichloë festucae* y no infectadas. Se diagnosticó la presencia del hongo endofítico mediante su aislamiento y cultivo en agar de patata y dextrosa (PDA) a partir de fragmentos de la vaina foliar de las plantas.

Para el experimento se utilizaron dos ecotipos de *Festuca rubra* (PEN y RAB), cada uno de ellos constituido por una versión infectada por *E. festucae* (E+) y otra libre de infección por *Epichloë* (E-) (líneas medio-hermanas). Las semillas de ambas versiones fueron producidas por clones cuya única diferencia es la infección endofítica o su ausencia. Estos ecotipos se obtuvieron a partir de plantas infectadas de pastos de dehesa de la provincia de Salamanca.

A partir de estas semillas, se obtuvieron plantas E+ y E- que se mantuvieron en macetas en invernadero durante seis meses (de septiembre a febrero). Durante el mes de febrero, se diagnosticó de nuevo la presencia/ausencia del endofito *E. festucae* en todas las plantas, mediante aislamiento y cultivo en PDA. A principio del mes de marzo, las plantas se dividieron en clones, cada uno de ellos con dos vástagos y

tamaño similar (por peso) y se recortó la raíz a una longitud de 4 cm, para obtener plantas similares en tamaño. Se trasplantaron a macetas (de 11 cm de altura y 12 cm de diámetro), en una mezcla de turba (sustrato comercial) y perlita (2:1 v/v), donde se mantuvieron durante un mes con riegos frecuentes antes de iniciar los tratamientos. Esta mezcla tenía un contenido en materia orgánica del 70,2%, y de fósforo asimilable de 256 mg kg⁻¹ (Vázquez de Aldana *et al.* 2013).

Diseño experimental. El experimento consistió en un diseño factorial de tres vías con seis réplicas. Los tres factores fueron: infección endofítica por *Epichloë festucae* (E+, E-), ecotipo (PEN, RAB) y tratamiento hídrico (C, W1). El tratamiento consistió en dos niveles de estrés hídrico basados en la frecuencia de riego de las plantas: riegos tres veces por semana (C) y riego cada 15 días (W1). Se realizaron dos ciclos de déficit hídrico, dejando dos semanas de recuperación entre ambos ciclos en las que se efectuaron riegos alternos en todas las macetas. El total de 48 macetas se colocó al azar en el invernadero donde se mantuvieron con rotaciones periódicas. El ensayo se llevó a cabo en condiciones de T= 22 °C/15 °C (día/noche), y luz natural en primavera. En ningún momento desde la germinación de semillas se añadió fertilizante alguno. Después de las seis semanas que duró el tratamiento completo, las plantas se cortaron, separando raíces y parte aérea, y se determinó el peso seco en las muestras liofilizadas.

Se diagnosticó la presencia/ausencia de micorrizas en las raíces de las plantas mediante observación microscópica, utilizado azul trypan para la tinción del tejido (Gange *et al.*, 1999).

Análisis químico. Se determinó la concentración de nutrientes en el tejido aéreo de las plantas. Las muestras secas y molidas se calcinaron a 450 °C durante 8 horas, y en las cenizas disueltas en una mezcla ácida se determinó: P mediante método colorimétrico (como ácido vanado-molibdofosfórico); K, Ca, Mg, Mn y Zn mediante espectrofotometría de absorción atómica. El contenido de N se determinó mediante el método clásico de destilación Kjeldahl.

Análisis estadístico. Los datos de biomasa (aérea y raíces) y contenido de nutrientes en el tejido aéreo se analizaron mediante un ANOVA de tres vías,

considerando como factores: endofitos, ecotipo y tratamiento hídrico. Para todos los análisis se utilizó el programa IBM SPSS Statistics 19.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se encontró una interacción significativa del ecotipo y la infección endofítica en la producción de biomasa aérea (Tabla 1), de forma que en el ecotipo PEN las plantas E+ mostraron mayor producción que las E-, mientras que en el ecotipo RAB la producción fue mayor en las E- que en las E+ (Figura 1). En cuanto a la producción de materia seca en raíces, independientemente del ecotipo, fue significativamente mayor en las plantas E- que en las E+ (Figura 1).

Tabla 1. Resultados del p valor del ANOVA sobre el efecto de ecotipo, infección endofítica, tratamiento hídrico y sus interacciones, sobre la producción de biomasa y contenido de nutrientes en *Festuca rubra*. En negrita se destacan efectos significativos a $p < 0,05$.

	Ecotipo (E)	Infección endofítica	Tratamiento (T)	E x I	I x T	E x T	E x I x T
Producción hojas	0,018	0	0	0	0,825	0,007	0,47
Producción raíz	0	0,023	0	0,314	0,253	0	0,312
N	0	0	0,012	0,928	0,352	0,151	0,322
P	0	0	0	0	0,162	0,01	0,25
K	0,001	0,08	0,002	0,003	0,226	0,013	0,541
Ca	0	0,002	0,138	0	0,905	0,337	0,751
Mg	0,119	0	0,598	0	0,467	0,469	0,019
Mn	0	0,32	0,091	0,597	0,409	0,085	0,902
Zn	0,617	0	0,662	0,032	0,681	0,057	0,515

El efecto de los endofitos en la producción de biomasa depende del genotipo de la planta y del hongo así como de la interacción con las condiciones ambientales (disponibilidad de agua y nutrientes). Así, hay una cierta tendencia, especialmente en el caso de la asociación entre *Neotyphodium* y la festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb.), a encontrar una mayor producción de biomasa en las plantas E+ en condiciones de estrés hídrico (Malinowski y Beleski, 2000; Bayat *et al.*, 2009). En nuestro caso el efecto del endofito en la producción de biomasa es claramente dependiente del ecotipo de *Festuca*, pero no de la disponibilidad de agua.

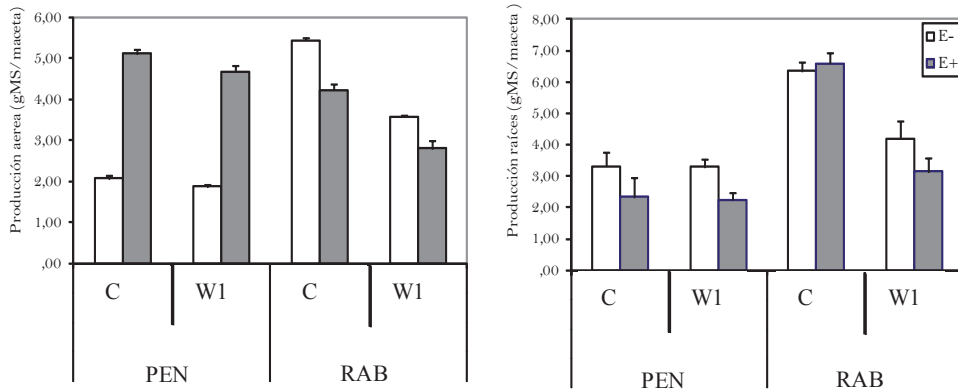


Figura 1. Producción de biomasa aérea y raíces de dos ecotipos de *Festuca rubra* (PEN y RAB), asociados a endofitos (E+) y sin endofitos (E-), bajo dos niveles de disponibilidad de agua (C=control, riego regular; W1= riego cada 15 días). Líneas verticales indican el error estándar.

La presencia de hongos endofíticos en las plantas de *Festuca* afectó de forma significativa a la concentración de todos los nutrientes excepto Mn (Tabla 1). Independientemente del ecotipo y tratamiento hídrico, las plantas E+ mostraron mayor concentración de N, P y Zn que las E- (Figura 2). El efecto del endofito en la concentración de K, Ca y Mg dependió del ecotipo de la planta (interacción E x I, Tabla 1). Así, el contenido de K fue significativamente superior en las plantas E+ del ecotipo PEN, mientras que en el ecotipo RAB las diferencias entre E+ y E- no fueron significativas. Las concentraciones de Ca y Mg en el ecotipo RAB fueron superiores en plantas E+ que en E-; mientras que en el ecotipo PEN las concentraciones fueron superiores en las E- que en las E+ (Figura 2).

El tratamiento hídrico sólo tuvo efecto significativo en las concentraciones de N, P y K, y no tuvo interacción significativa con ningún otro factor (Tabla 1). El contenido de estos nutrientes fue significativamente superior en condiciones de déficit hídrico que con riegos regulares (Figura 2). En general, una disminución de la disponibilidad de agua da lugar a una absorción limitada de nutrientes y por tanto a una menor concentración en el tejido de la planta. Sin embargo nuestros resultados mostraron lo contrario, y esto podría ser una característica de *Festuca rubra*, ya que sucede en ambos ecotipos e independientemente de la presencia de endofitos.

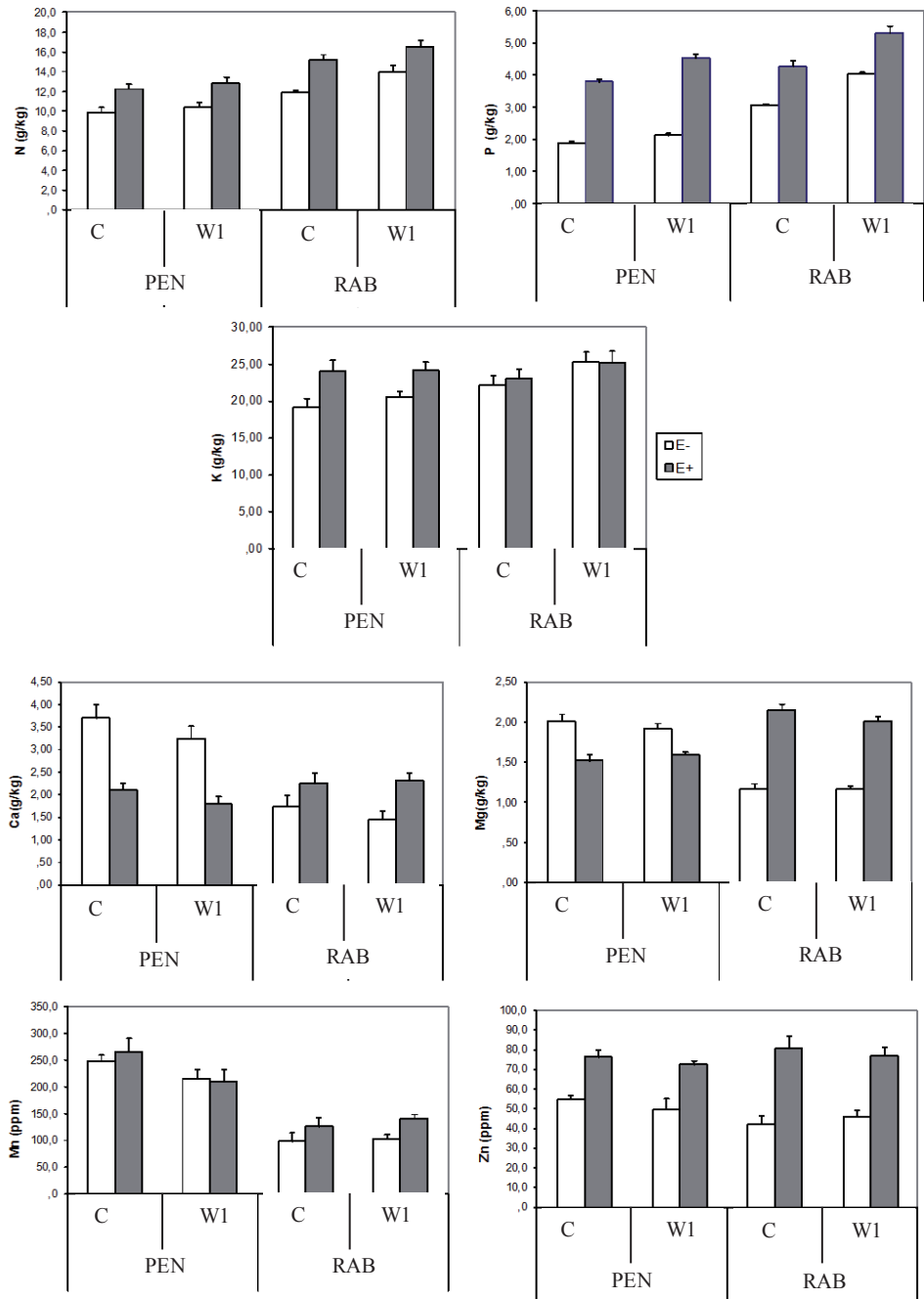


Figura 2. Contenido de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Mn y Zn) en plantas infectadas por endofitos (E+) y no infectadas (E-) de dos ecotipos de *Festuca rubra* (PEN y RAB), bajo dos niveles de disponibilidad de agua (C=control, riego regular; W1= riego cada 15 días). Líneas verticales indican el error estándar.

Estos resultados mostraron que, a pesar de las diferencias entre ecotipos en la producción de biomasa, el hongo endofítico aumentó las concentraciones de varios nutrientes (N, P y Zn) independientemente del ecotipo y tratamiento hídrico. Malinowski *et al.* (2000) encontraron una mayor concentración de P en plantas de festuca alta asociadas a endofitos en condiciones de baja disponibilidad de P en suelo, pero no en condiciones de alto P en suelo, sugiriendo que los efectos positivos del hongo se manifiestan en condiciones de estrés para la planta. Sin embargo, tanto en el presente trabajo que se llevó a cabo en condiciones de elevado P (256 ppm), como en otro ensayo realizado anteriormente en campo en suelo de bajo P (Zabalgogezcoa *et al.*, 2006), los resultados mostraron una mayor concentración de P en plantas de *F. rubra* asociadas a endofitos. Estos resultados sugieren que el *Epichloë* puede aumentar la concentración de P en la plantas independientemente de las condiciones de disponibilidad de agua y nutrientes. A pesar de que estos hongos endofíticos se encuentran en la parte aérea de la planta, pero no en la raíces, ponen en marcha mecanismos para incrementar la absorción de nutrientes. Podría pensarse que se tratara de micorrizas, sin embargo un análisis microscópico de tejidos no mostró la presencia de hongos micorrizicos en las raíces de ninguna de las plantas (tanto infectadas como no infectadas).

Con respecto al Ca y Mg, parece que el endofito incrementa la concentración de ambos nutrientes en el ecotipo RAB, pero no en PEN. Resultados sobre estos nutrientes en festuca alta mostraron concentraciones mayores en plantas no infectadas (Bayat *et al.*, 2009) o diferencias no significativas entre plantas E+ y E- (Malinowski *et al.*, 2000).

CONCLUSIONES

El endofito *Epichloë festucae* aumenta el contenido de N, P y Zn en plantas de *Festuca rubra*, independientemente del ecotipo y tratamiento hídrico. La presencia de *Epichloë* disminuye la producción de materia seca en raíces, y afecta a la producción de biomasa aérea dependiendo del ecotipo de la planta.

Estos resultados muestran que los hongos endofíticos aportan beneficios en las plantas, y que pueden utilizarse para la mejora y como medio de incrementar el contenido de nutrientes en la planta.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado con los proyectos AGL2008-01159AGR y AGL2011-22783AGR del Plan Nacional I+D+i (actualmente Ministerio de Economía y Competitividad). Se agradece la colaboración de Pilar Casado Martín en el análisis químico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAYAT F., MIRLOHI A. Y KHODAMBASHI M. (2009) Effects of endophytic fungi on some drought tolerance mechanisms of tall fescue in a hydroponics culture. *Russian Journal of Plant Physiology*, 56, 510-516.
- BUSH L.P., WILKINSON H.H. Y SCHARDL C.L. (1997) Bioprotective alkaloids of grass-fungal endophyte symbioses. *Plant Physiology*, 114, 1-7.
- GANGE A.C., BOWER E., STAGG P.G., APLIN D.M., GILLAM A.E. Y BRACKEN M. (1999) A comparison of visualization techniques for recording arbuscular mycorrhizal colonization. *New Phytologist*, 142, 123-132.
- MALINOWSKI D.P., ALLOUSH G.A. Y BELESKY D.P. (2000) Leaf endophyte *Neotyphodium coenophialum* modifies mineral uptake in tall fescue. *Plant and Soil*, 227, 115-126.
- MALINOWSKI D.P. Y BELESKY D.P. (2000) Adaptations of endophyte-infected cool-season grasses to environmental stresses: Mechanisms of drought and mineral stress tolerance. *Crop Science*, 40, 923-940.
- SOLEIMANI M., HAJABBASI M.A., AFYUNI M., MIRLOHI A., BORGGAARD O.K. Y HOLM P.E. (2010) Effect of endophytic fungi on cadmium tolerance and bioaccumulation by *Festuca arundinacea* and *Festuca pratensis*. *International Journal of Phytoremediation*, 12, 535-549.
- VÁZQUEZ DE ALDANA B.R., ZABALGOEAZCOA I., GARCÍA-CIUDAD A. Y GARCÍA-CRIADO B. (2013) An *Epichloë* endophyte affects the competitive ability of *Festuca rubra* against other grassland species. *Plant and Soil*, 362, 201-213.
- ZABALGOEAZCOA I., GARCÍA-CIUDAD A., VÁZQUEZ DE ALDANA B.R. Y GARCÍA-CRIADO B. (2006) Effects of the infection by the fungal endophyte *Epichloë festucae* in the growth and nutrient content of *Festuca rubra*. *European Journal of Agronomy*, 24, 374-384.
- ZABALGOEAZCOA I., VÁZQUEZ DE ALDANA B.R., GARCÍA-CRIADO B., GARCÍA-CIUDAD A. (1999) The infection of *Festuca rubra* by the fungal endophyte *Epichloë festucae* in Mediterranean permanent grasslands. *Grass and Forage Science*, 54, 91-95.

EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL POTENCIAL FORRAJERO DEL *Lathyrus sativus* L. EN CONDICIONES DE SECANO MEDITERRÁNEO

Preliminary Evaluation of Forage Potential of *Lathyrus sativus* L. under Mediterranean Rainfed Conditions

T. CARITA¹, F. LLERA CID² y M.M. TAVARES DE SOUSA¹

¹Estação de Melhoramento de Plantas. Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. Apartado 6. 7351-901 Elvas (Portugal). ²Finca La Orden. Ctra. A-V Km 372. 06187 Guadajira. Badajoz (España), teresa.carita@iniav.pt

Resumen: El *Lathyrus sativus* L. (almorta) es una leguminosa grano con gran capacidad de adaptación a diferentes condiciones ambientales, incluyendo las difíciles condiciones del secano mediterráneo. En este trabajo se determinó la producción y distribución de la producción biomasa de cuatro genotipos de *Lathyrus sativus* L., sembrados en tres fechas de siembra y utilizando dos densidades de siembra. El diseño experimental fue un "split-split-plot" con tres repeticiones. Los ensayos se realizaron en los campos experimentales de la Estación de Mejora de Plantas de Elvas (Portugal), durante las campañas 2006/07 y 2007/08. Los tres factores en estudio influyeron significativamente en el cultivo. La fecha de siembra afectó significativamente a la producción de biomasa total al final del ciclo, verificándose que cuanto más temprano se sembró mayores fueron las producciones de biomasa. Los genotipos de origen mediterráneo, con semilla grande y clara, mostraron diferencias significativas con respecto a los genotipos con semilla pequeña y oscura en 2007/08 y en la media de las dos campañas, produciendo más cantidad de biomasa. En la media de las dos campañas y en la primera campaña, la densidad de siembra se mostró como un factor influyente, ya que con 60 plantas m⁻² se obtuvieron mayores niveles de biomasa.

Palabras clave: Almorta, biomasa, forraje.

Abstract: The *Lathyrus sativus* L. (grass pea) is a grain legume with high adaptability to different environmental conditions, including the difficult of Mediterranean rainfed conditions. In this study we investigated the production and distribution of biomass of four genotypes of *Lathyrus sativus* L., sowing in three planting dates and using two densities. The experimental design was a "split-split-plot" with three replications. The tests were conducted in the experimental fields of Plant Breeding Station of Elvas (Portugal), during 2006/07 and 2007/08. The three factors studied significantly influenced the culture. Sowing date significantly affected the total biomass production at the end of the cycle, verifying that the earlier were seeded higher biomass yields. The genotypes of Mediterranean origin, with large, clear seed showed significant differences regarding genotypes with small dark seeds in 2007/08 and the average of the two campaigns, producing more biomass. In the average of the two seasons and the first campaign, planting density was found to be a factor, because with 60 plants m⁻² was higher levels of biomass.

Key words: Grass pea, biomass, forage.

INTRODUCCIÓN

La almorta (*Lathyrus sativus* L.) es un cultivo que resiste a la sequía prolongada durante el llenado de grano y a las fuertes lluvias en las etapas iniciales de crecimiento y se puede cultivar en una amplia gama de tipos de suelo (Campbell, 1997). Es un cultivo de múltiple aptitud (forraje, alimentación humana y abono verde) y muy valorado por contener abundantes nutrientes (Skiba *et al.*, 2007). Está ganando interés en ambientes de tipo mediterráneo para cubrir las tierras marginales y para su uso en la rotación de cultivos y también en Europa (Vaz Patto *et al.*, 2006). Su biomasa se puede utilizar en la alimentación de algunas especies animales en forma de forraje, pienso o paja. La paja de estas leguminosas tiene un buen valor alimenticio para el ganado (Campbell, 1997).

En Portugal, no existen registros recientes sobre el potencial forrajero de la almorta en condiciones de secano mediterráneo. El objetivo de este trabajo es examinar la variación de la producción de biomasa y la distribución de la producción de biomasa de cuatro genotipos de *Lathyrus sativus* L., sembrados en tres fechas de siembra y utilizando dos densidades de siembra.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los ensayos (LAT-DDS) se han realizado en los campos experimentales de la Estación de Mejora de Plantas (EMP) de Elvas - Portugal, durante 2006/2007 y 2007/2008.

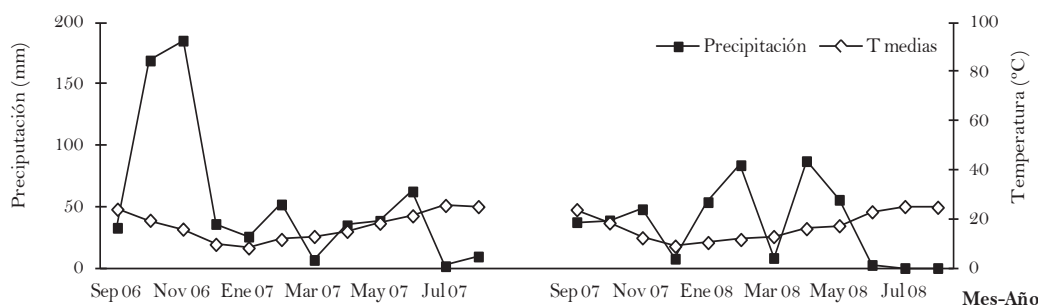


Figura 1. Diagrama ombrotérmico de los años agrícolas 2006/07 y 2007/08.

En este trabajo de investigación se optó por evaluar el efecto de la fecha de siembra (F), genotipo (G) y densidad de siembra (D), por considerar que estos factores y sus respectivas interacciones eran los más influyentes en el desarrollo de la almorta.

Se sembró en tres fechas distintas: siembra de otoño (**F1**: 13/12/2006 y 11/12/2017), siembra de inicio de invierno (**F2**: 15/01/2007 y 21/01/2008) y siembra de pleno invierno (**F3**: 15/02/2007 y 14/02/2008).

Se utilizaron cuatro genotipos, escogidos entre la Colección de almorta de la EMP. Incluimos genotipos de los dos grandes grupos existentes, en relación con la morfología de la flor y semilla: **Genotipos tipo A** (Lat 5031 y Lat 5038): - flor violeta, semilla pequeña y oscura; Origen: International Center of Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA) y **Genotipos tipo B** (Lat 4815 y Lat 4810): - flor blanca, semilla grande y clara; Origen: Portugal. Se optó por las siguientes densidades de siembra: 30 plantas m⁻² (**D1**) y 60 plantas m⁻² (**D2**).

El diseño experimental fue el de parcelas sub-subdivididas (split-split-plot) con tres repeticiones. La parcela principal fue la densidad de siembra (D1 y D2), la subparcela el genotipo (G1, G2, G3 y G4) y la sub-subparcela la fecha de siembra (F1, F2 y F3).

Se determinó el peso de biomasa total (PBT). Consideramos el peso total de la biomasa acumulada al final del ciclo, menos las raíces;

Se llevó a cabo un análisis de la varianza, utilizando el programa SPSS, según un diseño experimental en parcelas sub-sub-divididas. También calculamos el coeficiente de variación (C.V. - %) para evaluar el grado de precisión de los resultados. Si el análisis era significativo, se calculaba la mínima diferencia significativa mediante el test de Tuckey (5%).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hay muchos factores que se sabe que afectan a la producción de grano y paja y también, a la calidad del forraje y paja de la almorta cultivada bajo condiciones de secano. Éstos incluyen, según Firincioglu *et al.* (2010), el genotipo, y según Abd El-Moneim & Cocks (1993), la cantidad y distribución de las precipitaciones durante la estación de crecimiento. En consonancia con lo referido anteriormente, en el conjunto de las dos campañas, tanto el factor campaña como los factores fecha de

siembra, genotipo y densidad de siembra presentan un efecto significativo sobre la variable en estudio (Tabla 1).

Tabla 1. Peso de biomasa total al final del ciclo, en kg, según la fecha de siembra, el genotipo y la densidad de siembra, por campaña y en la media de las dos campañas

		Campaña		Media	
		2006/07	2007/08		
Fecha	1ª Fecha	2,398 a	1,894 a	2,146 a	
	2ª Fecha	1,950 b	1,477 b	1,729 b	
	3ª Fecha	1,089 c	1,378 b	1,234 c	
Genotipo	Lat 5031	1,053 c	1,011 b	1,034 c	
	Lat 5038	1,677 b	1,311 b	1,494 b	
	Lat 4815	2,451 a	1,917 a	2,184 a	
	Lat 4810	2,069 ab	2,016 a	2,042 a	
Densidad	30 Pl/m ²	1,603 b	1,614	1,609 b	
	60 Pl/m ²	2,022 a	1,564	1,793 a	
Media general		1,813A	1,588 B	1,703	
Significación global del análisis de varianza					
Campaña (C)				**	
Fecha de siembra (F)				***	
Genotipo (G)				***	
Densidad de siembra (D)				**	
C x F				***	
C x G				ns	
F x G				*	
C x F x G				ns	
C x D				*	
Interacción	F x D				ns
	C x F x D				ns
	G x D				ns
	C x G x D				ns
	F x G x D				ns
	C x F x G x D				ns
	Coefficiente de variación (%)				56
				39	
				49	

ns: No significativo; *.Significación (P<0,05); **.Significación(P<0,01); ***: Significación (p<0,001)

En cada una de las campañas el factor fecha de siembra presenta un efecto significativo sobre el PBT, siendo siempre superiores cuando se siembra más temprano (Tabla 1); Estos resultados están de acuerdo con la opinión de Bernardon

(2005), que afirma que el potencial productivo de los cultivos difiere entre localidades y entre años y épocas en el mismo lugar, porque y según el mismo autor, la capacidad de la planta para producir materia seca está directamente relacionada con la cantidad de energía de la luz disponible y la capacidad de utilizar esa energía, lo que hace que sea importante estudiar el crecimiento y el desarrollo de los cultivos en diferentes situaciones.

Según Hay & Kirby (1991), la producción de biomasa de un cultivo depende de la duración del período de crecimiento y Rao & Northup (2008) afirman que la producción de biomasa de almorta se mostró dependiente de la longitud de la estación de crecimiento y con la cantidad y momento de la precipitación. Los resultados de esta investigación prueban las teorías presentadas anteriormente cuando comparamos el PBT entre fechas de siembra. Considerando que las características de suelo y temperatura fueron similares, pero la precipitación total y su distribución fueron diferentes (Figura 1), se cree que estos resultados se deben, principalmente, a los beneficios de la precipitación acumulada al inicio del año agrícola en 2006/07. En esta campaña, la precipitación ocurrida desde septiembre a enero fue bastante superior que en el mismo período de 2007/08. Hubo una mayor disponibilidad de agua en el suelo en el inicio del ciclo vegetativo, lo que lleva a pensar que el crecimiento inicial fue favorecido, pudiendo afectar la producción final de biomasa de este cultivo.

En 2007/08, el período de crecimiento de la almorta en los tratamientos sembrados en último lugar (F3) fue mayor, de la misma forma que la precipitación caída, comparando con la campaña anterior, por lo que la producción de biomasa fue, lógicamente, superior en esta campaña. Para Sao Chan Cheong (1990), la biomasa está directamente vinculada a la unidad de agua consumida.

El PBT obtenido en la primera campaña se mostró significativamente distinto entre las tres fechas de siembra, lo que no se verificó en la segunda campaña, en la que sólo entre F1 y F3 existen diferencias significativas (Figura 2). Se constata la existencia de una relación significativa y positiva entre la producción de materia seca y la fecha de maduración ($r=0,532^{**}$). Esta relación lleva, una vez más, a pensar que cuanto mayor es el ciclo mayor es el desarrollo vegetativo de la almorta.

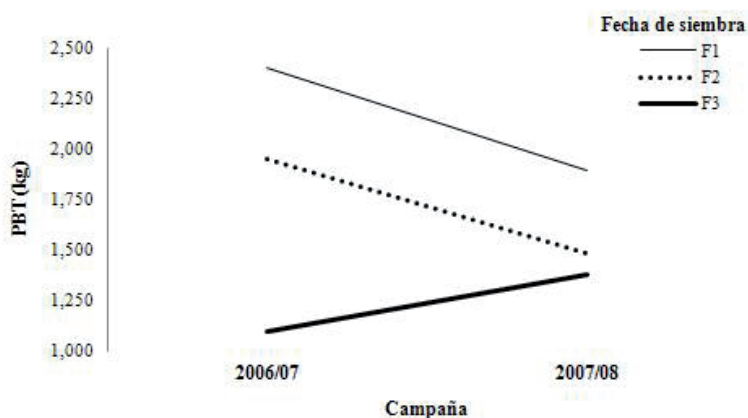


Figura 2. Influencia de la interacción campaña x fecha de siembra en el peso de la biomasa total (PBT – kg) en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con $P < 0,05$

Para los cuatro genotipos los valores de PBT son siempre más elevados en las primeras fechas de siembra (Figura 3a), es decir, se observa una disminución de PBT a medida que el ciclo es menor, de acuerdo con lo expuesto por Rao & Northup (2008). Se deduce que en F1 los resultados de PBT se agrupan por tipo de genotipo: tipo A significativamente mayor de tipo B; En F2 los genotipos 2, 3 y 4 se comportan de forma semejante. En F3, cuando la longitud del ciclo del cultivo es menor y las temperaturas están en ascenso, no se registraron diferencias entre los cuatro genotipos para la variable PBT. Cuando los genotipos son sembrados tarde, es decir, cuando desarrollan ciclos menores, los factores que más afectan la producción de biomasa son: cantidad y distribución de las precipitaciones, cantidad de energía de la luz disponible y la capacidad de utilizar esa energía, no obstante no son suficientes para diferenciar su comportamiento, es decir, obtener PBT significativamente distintos entre ellos. Por lo tanto, se puede decir que la selección del genotipo es tanto más importante cuantos mayores sean los ciclos culturales de la almorta.

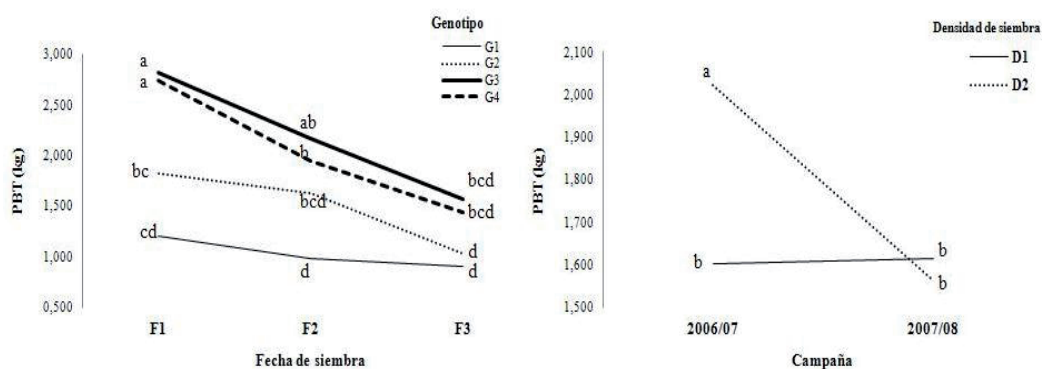


Figura 3. Influencia de la interacción fecha de siembra x genotipo (a-izquierda) y campaña x densidad de siembra (b-derecha) en el peso de la biomasa total en el conjunto de las dos campañas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre medias con $P < 0,05$

A través del manejo de la densidad de población se puede incrementar la producción de biomasa y el rendimiento de los cultivos (Olalde-Gutiérrez *et al.*, 2000), ya que el tamaño y la duración del aparato fotosintético están relacionados con el rendimiento. En la media de las dos campañas y en la primera campaña, la densidad de siembra es un factor influyente, puesto que utilizando la densidad de siembra 60 plantas m^{-2} (D2) se obtienen mayores niveles de PBT (Tabla 1).

La Figura 3-b muestra que la densidad D1 no provoca comportamientos distintos entre campañas y que es similar al resultado de D2 en la segunda campaña. La producción de biomasa es significativamente superior cuando se utiliza D2 en 2006/07, probablemente fue cuando el dosel vegetal presentó mayor crecimiento.

CONCLUSIONES

La fecha de siembra, genotipo y densidad de siembra influyeron significativamente en la producción de biomasa total. Se considera que para obtener una elevada producción de biomasa de almorta, para las condiciones de secano mediterráneo, se debe de sembrar temprano, utilizar un genotipo de flor blanca, semilla grande y clara a la densidad de 60 plantas m^{-2} .

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABD EL-MONEIM A.M. Y COCKS P.S. (1993) Adaptation and yield stability of selected lines of *Lathyrus* spp. under rainfed conditions in West Asia. *Euphytica*, 66: 89-97.

- BERNARDON T. (2005) *Componentes da produtividade de grãos de milho (Zea mays L.), visando obter parâmetros para a agricultura de precisão*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. Centro Ciências rurais. Programa de pós-graduação em geomática. Santa Maria, Brasil. 95 p.
- CAMPBELL C.G. (1997) Grass pea. *Lathyrus sativus* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 18. Institute of Plant Research. Gatersleben/International Plant Genotypic Resources Institute, Roma, Itália. 91p.
- FIRINCIOLU H.K., ÜNAL S, ERBEKTAS E. Y DOGRUYOL L. (2010) Relationships between seed yield and yield components in common vetch (*Vicia sativa* ssp. *sativa*) populations sown in spring and autumn in central Turkey. *Field Crop Research*, 116: 30-37.
- HAY R. Y KIRBY E. (1991) Conservation and synchrony - A review of the coordination of development in wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 42: 661-700.
- LOOMIS R. S. Y CONNOR D. J. (1992) *Crop ecology: Productivity and Management in agricultural Systems*. Cambridge University Press, Cambridge. 538 p.
- OLALDE-GUTIÉRREZ V.M., ESCALANTE-ESTRADA J.A., SÁNCHEZ-GARCÍA P., TIJERINA-CHÁVEZ L., MASTACHE-LAGUNAS A.A. Y CARREÑO-ROMÁN E. (2000) Crecimiento y distribución de biomasa en girasol en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido. *Terra*, 18: 313-323.
- RAO S. Y NORTHUP B. (2008) Planting date affects production and quality of grass pea forage. *Crop Science*, 48: 1629-1635.
- SAO CHAN CHEONG (1990) Mode d'action d'un déficit hydrique sur l'orientation des assimilates chez le pois proteageaux. Diplôme D'Etudes Approfondies de Sciences et techniques du Languedoc. Montpellier. 17 p.
- SKIBA B., GURUNG A. Y PANG E. (2007) *Genome mapping and molecular breeding in Lathyrus*, in *Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants*. Pulses, Sugar and Tuber Crops. Springer, New York, 123 - 131, ISBN: 978-3540345374.
- VAZ PATTO M.C., SKIBA B., PANG E.C.K., OCHATT S.J., LAMBEIN F. Y RUBIALES D. (2006) *Lathyrus* improvement for resistance against biotic and abiotic stresses. *Euphytica* 147, 133-147.

PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL FORRAJE EN ROTACIONES DE MAÍZ CON VARIOS CULTIVOS DE INVIERNO

Dry Matter Yield and Chemical Composition of Forage in Maize Rotations with Different Winter Crops

M. D. BÁEZ BERNAL, M. I. GARCÍA POMAR, A. LOURO LÓPEZ y J. F. CASTRO INSUA

Dpto. de Pastos y Cultivos. CIAM-INGACAL. Apdo. 10, 15080, A Coruña (España), dolores.baez.bernal@xunta.es

Resumen: El establecimiento de un cultivo de invierno en rotación con el maíz, cultivo muy demandante de nitrógeno (N), puede optimizar la producción forrajera evitando riesgos de contaminación ambiental, como la lixiviación de nitratos en periodos de drenaje. El objetivo del presente trabajo es analizar, desde el punto de vista productivo y de calidad forrajera, el tipo de cubierta invernal con presencia de leguminosas en rotación con el maíz, así como el tipo de fertilización, mineral u orgánica con purines, en el cultivo de verano. La incorporación de leguminosas en monocultivo como el trébol encarnado o en mezclas, como trébol encarnado/raigrás italiano o guisante forrajero/triticale, en rotación con el maíz, incrementan la producción de MS obtenida con la rotación raigrás/maíz, manteniendo la calidad forrajera y reduciendo el aporte de fertilizante nitrogenado durante el cultivo de invierno. Esta reducción puede ser mayor si el maíz es fertilizado con purines de vacuno y cerdo debido a que su utilización puede incrementar la eficiencia del N aplicado respecto al fertilizante mineral.

Palabras clave: Raigrás italiano, trébol encarnado, guisante-triticale, purín de vacuno, purín porcino.

Abstract: The establishment of a winter crop in rotation with maize, crop which requires high N inputs, can optimize forage yield avoiding risks of environmental pollution, as nitrate leaching in drainage period. The aim of the present work is to analyze, from productive and quality forage points of view, the effects of i) winter crop with legumes in rotation with maize crop, as well as ii) the type of fertilization, mineral or organic with slurries in summer crop. The incorporation of a legume in monoculture during winter, like crimson clover, or in mixtures like crimson clover/italian ryegrass or pea/triticale increased forage dry matter yield, compared with ryegrass-maize rotation maintaining forage quality. If legumes are incorporated as winter crops, N input from fertilizers can be reduced, and also, this reduction can be higher if maize is fertilized with cattle or pig slurries, because of slurry utilization can increase the efficiency of the N applied with respect to mineral fertilizer.

Key words: Italian ryegrass, crimson clover, pea/triticale, cattle slurry, pig slurry.

INTRODUCCIÓN

El maíz es el segundo cultivo forrajero, después de las praderas, en importancia económica en Galicia, y cada vez con más presencia en las explotaciones gallegas. Es un cultivo que requiere elevados aportes de nitrógeno (N) y que después de la cosecha puede abandonar en el suelo cantidades de N mineral residual no utilizado por el cultivo. El establecimiento de un cultivo de invierno en rotación con el maíz puede optimizar la producción forrajera, a la vez que proporciona una cubierta vegetal extractora de N en momentos de drenaje. El crecimiento de leguminosas o mezclas gramínea/leguminosa que fijan el N atmosférico durante el otoño-invierno es una forma de reducir los aportes de fertilizantes nitrogenados, frente a rotaciones más extendidas en la actualidad, como raigrás-maíz, y en consecuencia reducir otros efectos adversos de la utilización de fertilizantes nitrogenados, como las emisiones de óxidos de N a la atmósfera o la lixiviación del N a los acuíferos. El objetivo del presente trabajo es analizar, desde el punto de vista productivo y de calidad forrajera, el efecto del tipo de cubierta invernal con presencia de leguminosas en rotación con el maíz, así como el del tipo de fertilización, mineral u orgánica con purines.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se inició en otoño de 2011 en una parcela experimental del CIAM (Abegondo, A Coruña, zona costera atlántica de Galicia a 97 m de altitud, latitud 43° N, longitud: 8°O) con la siembra de cuatro cultivos de invierno: raigrás italiano alternativo (RG: *Lolium multiflorum* L., cv. Promenade, dosis 40 kg/ha), trébol encarnado (TE: *Trifolium incarnatum* L., cv Viterbo, dosis 30 kg/ha) y las mezclas de raigrás italiano/trébol encarnado de las mismas especies (RG/TE: dosis 10 kg/ha de RG y 30 kg/ha de TE) y triticale/guisante (Tri/Gui: x *tritico-secale* Witt, cv Colegiale, dosis 70 kg/ha y *Pisum sativum* L., cv Gracia, dosis 125 kg/ha). El diseño experimental fue en bloques al azar, con 4 repeticiones, y un tamaño de parcela elemental de 24 m x 15 m. La siembra de la mezcla RG/TE efectuó el 14 de octubre y el resto de cultivos se sembraron el 21 de octubre. El análisis inicial del suelo (0-15 cm) presentó una textura franco limosa, con un contenido en C de 32,7 g/kg de MS, de N de 2,23 g/kg de MS y una relación C/N de 10. Previo a la siembra todos los cultivos recibieron una fertilización de: 50 kg N/ha, 100 kg P₂O₅/ha y 100 kg

K₂O/ha; a lo largo del crecimiento de los cultivos de invierno sólo el cultivo de RG recibió un aporte de 60 kg N/ha (Nitrato Amónico Cálcico 27%) tras el primer corte. Una vez cosechados los cultivos de invierno se sembró maíz (cv LG 33.85). La parcela elemental fue dividida en cuatro sub-parcelas (tamaño de sub-parcela: 120 m² en los tratamientos de purín y de 60 m² en los tratamientos mineral y control), y para cada cultivo de invierno precedente se aplicaron los siguientes tratamientos de fertilización en el maíz: M: Mineral, aplicado en dos aportes, 60 kg N/ha (Nitrato Amónico Cálcico 27%) en siembra y 100 kg N/ha (Nitrato Amónico Cálcico 27%) cuando el maíz tenía cinco hojas; PV: Purín de vacuno aplicado inmediatamente antes de la siembra, inyectado a 25-30 cm de profundidad; PC: Purín de porcino, aplicado en el mismo momento y de la misma forma que el PV; C: Control, que no recibió aporte de N. La dosis aplicada fue de 54 m³/ha en el PV, con una composición química de: densidad: 1,018 g/cm³; pH: 8,27; MS: 6,1%; MO: 74,9%; N: 3,61%; P: 0,76%; K:7,02%; Ca: 1,69%; Mg: 0,46% y Na:0,82%, y de 47 m³/ha con el PC de composición: densidad: 1,010 g/cm³; pH: 8,34; MS: 1,4%; MO: 59,3%; N: 19,10%; P: 1,84%; K:12,29%; Ca: 1,85%; Mg: 0,66% y Na:2,81%. Los aportes de fósforo y potasio fueron igualados a 100 kg P₂O₅/ha y 250 kg K₂O/ha en todos los tratamientos. En el momento de la cosecha (estado del grano pastoso-vítreo), se muestrearon en dos líneas centrales una longitud de 8 m. En campo, se pesó la producción en fresco y se tomó una muestra de 10 plantas de cada línea, que fueron procesadas de forma independiente. En el laboratorio se separó la mazorca de la parte verde (tallos, hojas y espigas) picando las dos fracciones por separado. De cada línea se tomó una sub-muestra de 300 g que fueron secadas en estufa de aire forzado durante 18 horas a 80 °C, con el fin de calcular la producción de MS total, de mazorca y de parte verde. Posteriormente, fueron molidas con un tamiz de 1mm y escaneadas utilizando un espectrofotómetro modelo NIRSystem 6500 (Foss NIRSystem, Suecia), utilizando cápsulas de cuarzo y la región espectral entre 1100-2500 nm. El programa informático utilizado para la obtención de espectros, calibración, validación y análisis de los resultados fue el WinISI 1.5 (Infrasoft Internacional, USA, 2000). En las muestras fueron analizados los siguientes parámetros: MO, PB, FAD, FND, CSA, CNET, digestibilidad de la materia orgánica *in vitro* (Dvitr MO) y almidón. Para las estimaciones de dichos parámetros se utilizaron las ecuaciones citadas en Campo y Moreno-González (2003).

Se calculó en el maíz la eficiencia del N aportado teniendo en cuenta la diferencia productiva entre los tratamientos fertilizados y el control (sin aporte de N), para cada uno de los cultivos de invierno, y el N aportado. Así mismo, teniendo en cuenta el N extraído por el maíz, y la extracción de N en cada tratamiento control para cada tipo de cubierta invernal, se determinó la recuperación del N aportado para cada tratamiento. El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo mediante análisis de la varianza para un diseño de parcela dividida completamente aleatorio considerando la parcela principal el cultivo de invierno y la sub-parcela el tipo de fertilización en el maíz. Se utilizó el paquete estadístico SPSS (15.0) y para la separación de medias el test de Duncan utilizando un nivel de significación $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cultivo de invierno. El RG, con dos cortes (principios de marzo y finales de abril) y la mezcla RG/TE, en un solo corte (Tabla 1), fueron los cultivos más productivos, proporcionando 7,8 t MS/ha. Con la mezcla Tri/Gui se alcanzó una producción intermedia (6,3 t MS/ha) a la obtenida con los monocultivos de RG y TE.

Tabla 1. Producción de biomasa, separación de especies en gramíneas (Gram), leguminosas (Leg) y otras especies (OtrEsp), y composición química de los cultivos de invierno.

Fecha	¹ Cul Inv	Biomasa		Composición botánica,%								
		% MS	Kg MS/ha	Gram	Leg	OtrEsp	MO	PB	FND	FAD	CSA	CNET
2/3/2012	RG	21,27	2668	94	1	4	91,95	10,22	32,08	16,44	41,24	41,72
23/04/2012	RG	16,48a	5189bc	97a	0c	3bc	87,25a	7,68c	48,83a	27,25b	35,13a	63,57
	TE	9,83b	4628c	3c	90a	7ab	82,29b	17,66a	32,84b	22,34c	13,44c	50,12
	RG/TE	15,61a	7834a	64b	36b	0c	87,40a	7,43c	42,56a	25,24bc	34,95a	48,35
	Gui/Tri	16,21a	6321b	51b	39b	10a	86,64a	11,59b	50,00a	32,63a	17,84b	42,42
	Media	14,53	5993	54	41	5	85,89	11,09	43,56	26,86	25,34	51,12
	² Sig	***	**	***	***	*	***	***	**	**	***	ns

¹Cul Inv: RG: Raigrás italiano, TE: Trébol encarnado, RG/TE: Mezcla RG+TE, Gui/Trit: Mezcla guisante+triticale. ²Sig.:*** (p<0,001); ** (p<0,01); * (p<0,05); ns, no sig. Para cada parámetro valores seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes a p<0,05 test de Duncan. MS: Materia Seca; MO: Materia Orgánica; PB: Proteína bruta; FND y FAD: Fibra neutro y ácido detergente; CSA: Carbohidratos solubles en agua; CNET: Carbohidratos no estructurales totales.

El mayor contenido en PB se obtuvo con el TE (17,66%) seguido del Gui/Tri y finalmente el RG, sólo o en combinación con TE. La presencia de un 36% de leguminosa en la mezcla RG/TE, sin aporte de fertilizante nitrogenado, proporcionó contenidos de proteína similares al RG, que había recibido 60 kg N/ha

de fertilizante mineral tras el primer corte (5/03/2012). Según lo observado por otros autores (Flores *et al.*, 2011), se necesitarían porcentajes de leguminosa superiores al 50% en la mezcla RG/TE (expresado en MS) para alcanzar valores de PB superiores al 12%.

Cultivo de maíz. El cultivo de invierno precedente y el tipo de fertilización en el maíz afectaron significativamente los rendimientos de MS en el maíz (Tabla 2), y por separado en mazorca y parte verde, pero no fue significativa la interacción.

Tabla 2. Rendimientos de MS y extracciones de N en la mazorca, parte verde y total en el maíz para los diferentes cultivos de invierno y tipo de fertilización.

¹ Cul Inv precedente	² Fertilizante Maíz	Kg MS/ha			Kg N/ha		
		Mazorca	Parte Verde	Total	Mazorca	Parte	Total
RG	C	3447	3524	6971	25,17	12,08	37,25
	M	6015	4383	10397	58,81	21,22	80,02
	PV	5017	4716	9733	36,08	15,49	51,57
	PC	6330	5583	11913	50,67	20,49	71,15
	<i>Media</i>	<i>5202b</i>	<i>4552c</i>	<i>9753b</i>	<i>42,68c</i>	<i>17,32c</i>	<i>60,00c</i>
TE	C	6487	5603	12090	52,9	23,52	76,42
	M	7374	6142	13516	67,12	26,61	93,73
	PV	7335	7065	14400	63,26	26,22	89,48
	PC	8260	7523	15784	71,59	34,76	106,35
	<i>Media</i>	<i>7364a</i>	<i>6583a</i>	<i>13947a</i>	<i>63,72a</i>	<i>27,78a</i>	<i>91,50a</i>
RG/TE	C	3342	3431	6772	24,43	11,47	35,9
	M	6226	5044	11270	55,25	21,41	76,66
	PV	5503	6002	11504	37,45	30,23	67,68
	PC	7306	6751	14057	58,35	26,3	84,65
	<i>Media</i>	<i>5594b</i>	<i>5307bc</i>	<i>10901b</i>	<i>43,87c</i>	<i>22,35b</i>	<i>66,22c</i>
GUI/TRI	C	5662	5292	10954	40,7	17,62	58,32
	M	7573	6009	13582	66,22	25,71	91,92
	PV	7266	6565	13831	57,17	23,84	81,01
	PC	7482	6520	14002	67,2	25,9	93,1
	<i>Media</i>	<i>6996a</i>	<i>6096ab</i>	<i>13092a</i>	<i>57,82b</i>	<i>23,27ab</i>	<i>81,09b</i>
³Significaciones							
Cul Inv (C)		***	***	***	***	**	***
Fert maíz (F)		***	***	***	***	***	***
C*F		ns	ns	ns	ns	ns	ns

¹Cul Inv: RG: Raigrás italiano, TE: Trébol encarnado, RG/TE: Mezcla RG+TE, Gui/Trit: Mezcla guisante+triticale. ²Fertilizante maíz: C: Sin aporte de N, M: Nitrato Amónico Cálcico 27%, PV: Purín Vacuno, PC: Purín Porcino. ³Sig.:*** (p<0,001); ** (p<0,01); * (p<0,05); ns, no sig. Para cada parámetro valores seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes a p<0,05 test de Duncan.

Las producciones obtenidas tras el TE y Gui/Tri como cubiertas invernales fueron superiores a las obtenidas tras el RG y la mezcla RG/TE. Considerando la cubierta de RG como control, el hecho de incluir el TE en la mezcla (RG/TE) incrementó en un 12% la producción de MS del maíz; con el cultivo Gui/Tri el incremento fue del 34% y, con el TE en monocultivo fue del 43%. Se observó cómo estos valores se deben a incrementos similares en mazorca y parte verde en el caso del Gui/Tri (valor medio del 34%), y del TE (valor medio del 44%) y, superiores en la parte verde (17%) a la mazorca (7%) en la mezcla RG/TE. Se observa cómo el efecto del cultivo precedente observado en los tratamientos C, al aplicar N disminuye, salvo en el RG/TE, donde se incrementó. La fertilización con PC proporcionó las mayores producciones (13,94 t MS/ha), superiores a las obtenidas con fertilizante mineral y PV (valor medio de 12,28 t MS/ha), y también superiores a las obtenidas en el tratamiento C (9,20 t MS/ha) que no recibió aporte de N. En lo que respecta a la extracción de N, el TE incrementó la extracción de N por la mazorca, parte verde y, por tanto, en el valor total respecto a las cubiertas de Gui/Tri, RG/TE o RG en monocultivo. En la extracción de N, de la misma forma que en la producción de MS, no fue significativa la interacción cultivo invierno*tipo de fertilización. En este caso se obtuvieron extracciones similares para el PC y mineral (87,20 kg N/ha), superiores a las obtenidas con PV (72,43 kg N/ha) y C (51,97 kg N/ha).

En cuanto al valor nutritivo de mazorca (Tabla 3) y parte verde (datos no mostrados), el tipo de cubierta invernal afectó significativamente el contenido de carbohidratos y almidón en la mazorca, mientras que tan sólo a la digestibilidad de la MO en la parte verde. El tipo de fertilización que recibió el maíz afectó al contenido de PB, FND, digestibilidad de la MO, y carbohidratos en la mazorca, mientras que en la parte verde a la PB, fibras y digestibilidad de la MO.

Las recuperaciones del N procedente del fertilizante mineral aplicado (160 kg N/ha) u orgánico: 127 kg N/ha con el PV y 136 kg N/ha con el PC, expresadas en %, así como las eficiencias en kg MS/ha se presentan en la tabla 4. Las recuperaciones se encontraron entre 11 y 37% del N aplicado, valores bajos comparados con los obtenidos por otros autores (Báez, 1999) con nivel de fertilización semejante, hecho probablemente relacionado con el estrés hídrico sufrido por el cultivo de maíz durante el crecimiento y especialmente desde el establecimiento (maíz 5 hojas) hasta la cosecha que también afectó a la producción de MS. El TE como cultivo precedente del maíz provocó una recuperación menor con el

fertilizante mineral que con los abonos orgánicos. El aporte de N con el PC mejoró las recuperaciones obtenidas con el PV y, salvo en el RG, las del fertilizante M. En general, para todos los cultivos de invierno, se observó un incremento de la eficiencia en el uso del N aplicado, respecto al fertilizante M, con el aporte de purines de vacuno y cerdo.

Tabla 3. Valor nutritivo de la mazorca del maíz, para los diferentes cultivos de invierno y tipo de fertilización

¹ Cul Inv precedente	² Fertilizante Maíz	Mazorca, % MS								
		MO	PB	FAD	FND	Dvitr	MO	CNET	CSA	ALM
RG	C	95,82	4,57	9,42	23,79	82,83	70,91	8,2	53,99	
	M	95,77	6,18	10,3	27,36	83,15	66,97	7,45	52,63	
	PV	95,8	4,95	9,78	25,25	83,31	68,28	7,36	54,44	
	PC	95,51	4,49	9,5	25,95	83,25	68,79	8,31	54,38	
	<i>Media</i>	<i>95,73</i>	<i>5,05</i>	<i>9,75</i>	<i>25,59</i>	<i>83,13</i>	<i>68,74ab</i>	<i>7,83a</i>	<i>53,86b</i>	
TE	C	95,44	5,12	9,79	25,59	82,53	68,92	7,44	53,68	
	M	95,65	5,7	9,64	26,42	83,51	67,56	7,14	54,59	
	PV	95,4	5,42	9,28	24,49	83,96	68,4	7,15	55,35	
	PC	95,23	5,4	9,81	25,41	82,91	67,94	6,97	54,52	
	<i>Media</i>	<i>95,43</i>	<i>5,41</i>	<i>9,63</i>	<i>25,48</i>	<i>83,23</i>	<i>68,20b</i>	<i>7,18b</i>	<i>54,54ab</i>	
RG/TE	C	95,8	4,61	9,28	24,23	83,45	71,98	8,82	54,55	
	M	96,08	5,71	10,2	26,65	83,39	68,41	7,43	53,56	
	PV	96,42	4,97	9,58	24,78	83,11	69,16	6,81	55,85	
	PC	96,18	4,27	9,56	23,69	81,86	70,42	7,57	54,90ab	
	<i>Media</i>	<i>96,12</i>	<i>4,89</i>	<i>9,64</i>	<i>24,84</i>	<i>82,95</i>	<i>69,99a</i>	<i>7,66a</i>	<i>54,72</i>	
GUI/TRI	C	95,31	4,49	9,73	24,88	82,12	69,63	7,58	54,35	
	M	95,81	5,48	9,32	25,04	83,66	68,24	6,41	56,61	
	PV	96,05	5,62	9,26	23,71	82,15	69,22	6,29	56,56	
	PC	95,9	4,93	9,65	23,91	81,67	68,63	6,5	55,65	
	<i>Media</i>	<i>95,77</i>	<i>5,13</i>	<i>9,49</i>	<i>24,38</i>	<i>82,4</i>	<i>68,93ab</i>	<i>6,69c</i>	<i>55,79a</i>	
³ Significaciones										
Cul Inv (C)		ns	ns	ns	ns	ns	*	***	*	
Fert maíz (F)		ns	***	ns	*	*	**	***	ns	
C*F		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

¹Cul Inv: RG: Raigrás italiano, TE: Trébol encarnado, RG/TE: Mezcla RG+TE, Gui/Trit: Mezcla guisante+triticale. ²Fertilizante maíz: C: Sin aporte de N, M: Nitrato Amónico Cálcico 27%, PV: Purín Vacuno, PC: Purín Porcino. ³Sig.:*** (p<0,001); ** (p<0,01); * (p<0,05); ns, no sig. Para cada parámetro valores seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes a p<0,05 test de Duncan. MO: Materia Orgánica; PB: Proteína bruta; FAD y FND: Fibra ácido y neutro detergente; Dvitr MO: Digestibilidad *in vitro* de la MO; CNET: Carbohidratos no estructurales totales; CSA: Carbohidratos solubles en agua; ALM: Almidón.

Tabla 4. Recuperaciones (RAN, %) y eficiencias (EAN, kg MS/kg N) del N aplicado.

¹ Cul Inv precedente	² RN, %			³ EN, Kg MS/kg N		
	M	PV	PC	M	PV	PC
RG	27(8)	11(1)	25(7)	21(8)	22(3)	37(8)
TE	14(6)	19(10)	23(14)	14(7)	30(8)	29(26)
RG/TE	25(2)	25(16)	37(15)	28(13)	36(6)	55(21)
GUI/TRI	21(5)	18(4)	26(3)	16(6)	23(14)	23(12)

¹Cul Inv: RG: Raigrás italiano, TE: Trébol encarnado, RG/TE: Mezcla RG+TE, Gui/Trit: Mezcla guisante+triticale. ²RAN: Recuperación del N aplicado; ³EAN: Eficiencia del N aplicado.

CONCLUSIONES

La incorporación de leguminosas en monocultivo, como el trébol encarnado, o en mezclas con gramíneas, como trébol encarnado/raigrás italiano o guisante forrajero/triticale, en rotación con el maíz, incrementan la producción de MS obtenida con la rotación raigrás/maíz, manteniendo la calidad forrajera y reduciendo el aporte de fertilizante nitrogenado durante el cultivo de invierno. Esta reducción puede ser mayor si el maíz es fertilizado con purines de vacuno y cerdo, debido a que su utilización puede incrementar la eficiencia del N aplicado respecto al fertilizante mineral.

AGRADECIMIENTOS

A la Xunta de Galicia por la financiación del proyecto 10MRU503001PR: Emisiones de gases efecto invernadero en cultivos forrajeros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAEZ M.D. (1999) Evaluación de las pérdidas y transformaciones de nitrógeno en un sistema forrajero intensivo. Tesis doctoral, 282 pp. Universidad del País Vasco. Bilbao, España.
- CAMPO L. Y MORENO-GONZÁLEZ J. (2003) Evaluación del rendimiento, digestibilidad y otros caracteres de maíz forrajero en diferentes fechas de recolección. En: et al. (Eds) *Pastos, desarrollo y conservación*, pp 277-283. Granada, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- CASTRO P. (1994) Espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) y evaluación nutritiva de pastos. Tesis doctoral, 121 pp, Universidad de Santiago de Compostela, España.
- FLORES G., DÍAZ N., VALLADARES J., FERNÁNDEZ B., GONZÁLEZ A., BANDE M.J., PEREIRA S., RESCH C., RODRIGEZ X. Y PIÑEIRO J. (2011) Leguminosas anuales en asociación con raigrás italiano como cultivo invernal nas rotacións forraxeiras intensivas. *Afriga*, 94, 86-98.

DEL LABORATORIO AL CAMPO: CARACTERIZACIÓN DE ENSILADOS DE MAÍZ CON SENSORES NIRS PORTÁTILES

Taking NIRS from Laboratory to Farm: Characterization of Maize Silage with Portable NIRS Sensors

A. SOLDADO, I. FONSECA, A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, S. MADROÑO y B. DE LA ROZA DELGADO

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

Resumen: Utilizando dos instrumentos NIRS, uno de laboratorio (*at-line*) y otro portátil (*on-site*) y un total de 261 ensilados de maíz, se evaluaron las posibilidades de transferencia de modelos de predicción entre ambos equipos, para optimizar el uso de sensores NIRS portátiles en la caracterización nutritiva y fermentativa *in-situ* de ensilados de maíz húmedos y en forma intacta. Para la transferencia de los modelos de predicción, se estandarizaron los dos equipos con una matriz desarrollada con diez muestras de ensilado de maíz, aplicando un algoritmo de ajuste de longitudes de onda. El éxito de la estandarización se evaluó en base a la comparación de las distancias medias espectrales entre el equipo *on-site* y el *at-line*, antes y después de la estandarización. La validación externa de la ecuación definitiva a aplicar en el instrumento portátil, se realizó en base a un test de comparación de medias (datos de referencia *vs.* datos predichos) utilizando 10 muestras ajenas a la calibración, no existiendo diferencias significativas entre los métodos de referencia y NIRS, a excepción del almidón, lo que permite demostrar la aplicabilidad de la tecnología NIRS para obtener información nutritiva y fermentativa de ensilados de maíz en tiempo real.

Palabras clave: NIRS, análisis *on site*, transferencia de ecuaciones, control de calidad

Abstract: Using two NIRS instruments, one of them working at laboratory level (*at-line*) and another one a handheld instrument (*on-site*), and a total of 261 maize silages, the possibilities to transfer prediction models between *at-line* and *on-site* instruments were evaluated to optimize the use of NIRS sensors for *in-situ* characterization of nutritive and fermentative parameters on wet and intact maize silages. To transfer the prediction models, both instruments were standardized applying a standardization matrix developed with ten maize silages in order to adjust the differences between wavelengths of both instruments. The success of transference was evaluated by comparing the global and neighbourhood average distances between *on-site* and *at-line* instruments before and after the standardization process. The external validation of the final calibration model was carried out with ten samples, by comparing reference versus predicted values using a mean comparison test (student-t). The results were satisfactory without significant differences between reference and NIRS with the exception of starch. These results have demonstrated the availability of NIRS technology to obtain nutritive and fermentative information of wet intact maize silages in real time.

Keywords: NIRS, *on-site* analysis, transfer equations, quality control

INTRODUCCIÓN

La calidad de un ensilado resulta de la interacción entre la naturaleza del material de origen, su composición química y el proceso de conservación, y viene dada por su contenido en principios nutritivos, la digestibilidad de los mismos y por su fermentación. Su caracterización por métodos tradicionales exige un proceso analítico largo, tedioso y contaminante, por ello, se necesita un cambio radical en los procesos de análisis y control. La búsqueda de nuevas estrategias debería contemplar un alto potencial de muestreo y análisis a bajo coste, características que se encuentran entre los atributos de la Espectroscopía de Infrarrojo Cercano (NIRS).

En la actualidad, las aplicaciones NIRS en laboratorio (*at-line*) sustituyen a la rutina en los laboratorios agrarios, permitiendo una evaluación rápida y precisa de los atributos de calidad. Sin embargo, a pesar de su rapidez, presenta una serie de limitaciones, dado que los instrumentos NIRS tradicionales son muy “sensibles” a variaciones de temperatura y humedad, lo que restringe su uso fuera de las condiciones de laboratorio. Además, es necesario transportar la muestra desde el punto de origen al laboratorio de control de calidad ocasionando una demora entre el proceso de muestreo y el resultado analítico, lo que en muchas ocasiones no posibilita una respuesta inmediata sobre la calidad del producto, pieza clave para la elaboración de raciones.

Para paliar estas limitaciones, los avances en la tecnología NIRS han hecho posible el desarrollo de sensores portátiles capaces de recoger la información espectroscópica directamente en el campo y sobre muestra intacta (Martínez *et al.*, 2010 a,b; Soldado *et al.*, 2013). El desarrollo, la evaluación y la implantación de estas metodologías NIRS *on-site* permitirá incrementar la eficacia en la determinación de los parámetros de interés y proporcionará información relevante para la toma de decisiones en tiempo real. Sin embargo, existen numerosos problemas a resolver antes de la implantación de estos sistemas para el control de calidad en agroalimentación en general, y en la alimentación animal en particular. Por todo ello, el objetivo del presente trabajo ha sido evaluar las posibilidades de transferencia de modelos de predicción entre equipos *at-line* y *on-site*, para optimizar el uso de sensores NIRS portátiles en la caracterización *in-situ* de ensilados de maíz sin pretratamiento de muestra.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han utilizado dos equipos NIRS (*at-line* y *on-site*) y un total de 261 muestras: 241 de calibración recogidas entre 2010-2011 en el equipo *at-line* y 10 de estandarización y 10 de validación externa recogidas en paralelo en ambos equipos durante 2012. Todas las muestras procedían de ganaderías de la comunidad asturiana.

Análisis NIRS: La información espectral del colectivo de calibración se recogió en modo reflectancia como $\log(1/R)$, con un instrumento FOSS-NIRSystem 6500 (*at-line*), equipado con módulo de transporte, en el rango 400-2500 nm, a intervalos constantes de dos nm. Se empleó una cápsula para productos naturales, con una superficie de irradiación de 94 cm². Los espectros se recogieron en muestra fresca por duplicado, siendo el resultado de cada duplicado el promedio de dos barridos promedio de 32 lecturas. Para la recogida de datos espectrales y el análisis quimiométrico se utilizó WinISI II ver.1.50 (Infrasoft International, Port Matilda, PA, USA, 2000).

Las muestras del colectivo de estandarización y validación externa fueron analizadas en el equipo *at-line* y con un sensor portátil (*on-site*) de red de diodos (Corona 45 VisNIR 1.7, Carl Zeiss), equipado con un soporte circular para cargar muestras sólidas de nueve cm de diámetro (superficie de irradiación de 64 cm²). Las medidas se tomaron en reflectancia, realizando 20 barridos espectrales por muestra, en un rango comprendido entre 400 y 1711 nm con un autoincremento no constante de tres nm aproximadamente. Los datos espectrales se recogieron con el software CORA v. 3.2.2 (Carl Zeiss, Inc) y el posterior análisis quimiométrico, tras exportar los datos, se realizó con el programa WinISI II versión 1.50.

Análisis quimiométrico: Como paso previo al desarrollo de los modelos, se realizó un análisis de componentes principales con la información espectral para eliminar las muestras anómalas. Las ecuaciones se desarrollaron mediante regresión de mínimos cuadrados parciales modificada (MPLS) incluyendo cuatro grupos de validación cruzada. Se aplicó una corrección de dispersión de la luz (SNVD; Standard Normal Variate and Detrend) y diferentes tratamientos matemáticos en primera y segunda derivada (Shenk y Westerhaus, 1995), empleando el rango completo (400-2500 nm) y el de solapamiento de ambos equipos (400-1710 nm). Para cada parámetro, se evaluaron el error estándar de validación cruzada (ETVC), el coeficiente de determinación de validación cruzada (1-VR) y los estadísticos de

calidad de la ecuación RER (rango/ETVC) y RPD (SD/ETVC). Las mejores ecuaciones se seleccionaron en base a los mayores coeficientes de determinación y menores errores.

Para transferir el modelo, se estandarizaron ambos equipos con una matriz desarrollada con diez muestras de ensilado de maíz aplicando un algoritmo de ajuste de longitudes de onda patentado por Shenk y Westerhaus (1995), ya que según Fearn (2001), la mejor opción en los procedimientos de normalización consiste en utilizar muestras reales. La validación de la ecuación definitiva se realizó en base a un test de comparación de medias utilizando las 10 muestras del colectivo de validación (datos de referencia *vs.* predichos *on-site*)

Análisis por vía húmeda: La misma fracción de muestra utilizada en el análisis NIRS fue procesada por vía húmeda para determinar los parámetros nutritivos y fermentativos de los ensilados de maíz. Una parte fue prensada y sobre el jugo se determinó el pH, nitrógeno amoniacal (NH_3) por destilación y valoración Kjeldahl y ácidos acético (ACET) y láctico (LAC) por cromatografía líquida de alta resolución (columna Shodex RS PAK KC-L6). Paralelamente, el resto de la muestra se desecó en estufa de aire forzado para la determinación de materia seca (MS; 24h, 60°C) y cenizas (3 h, 550°C) según Van der Meer (1983); N Kjeldahl (Proteína bruta PB = 6,25xN), según TECATOR (1995); fibra neutro detergente (FND, Van Soest *et al.*, 1991), digestibilidad neutro detergente celulasa de la materia orgánica (DEMO, Riveros y Argentería, 1987) y almidón (ALM, Soldado *et al.*, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De todos los tratamientos ensayados, se seleccionó el desarrollado aplicando SNVD como pretratamiento y primera derivada como tratamiento matemático de la información espectral. En estas condiciones, se desarrolló el modelo en el rango completo del equipo *at-line* y en el rango de solapamiento de ambos equipos (400-1700 nm), siendo necesario interpolar la información del equipo *on-site* para transformar los espectros y obtener la información espectral desde 400 a 1710 nm, cada dos nm. Los estadísticos de validación cruzada recogidos en la Tabla 1 (SECV y 1-VR) fueron comparables y satisfactorios para ambos rangos de longitudes de onda, con excepción del pH. Para la proteína, el coeficiente 1-VR mostró un descenso de

0,121 puntos al restringir el rango de longitudes de onda, hecho probablemente relacionado con la eliminación de las bandas de proteína en torno a 1900-2200 nm.

Tabla 1: Estadísticos de calibración NIRS para la predicción de parámetros nutritivos y fermentativos en ensilados de maíz desarrollados en el equipo *at-line*.

	Rango 400 – 2500 nm				Rango 400 – 1710 nm			
	SECV	1-VR	RER	RPD	SECV	1-VR	RER	RPD
pH	0,127	0,354	7,463	1,244	0,127	0,391	7,669	1,279
MS (%)	0,85	0,939	24,334	4,056	0,908	0,942	24,832	4,139
CZ_F (%)	0,126	0,603	9,517	1,587	0,143	0,513	8,621	1,437
PB_F (%)	0,114	0,838	14,919	2,487	0,146	0,717	11,185	1,864
FND_F (%)	1,494	0,833	14,522	2,431	1,409	0,849	15,457	2,576
ALM_F (%)	0,954	0,818	14,065	2,344	0,939	0,829	14,512	2,419
DEMO (%)	1,895	0,604	9,557	1,593	1,876	0,607	9,489	1,582
NH₃ (mg/dl)	3,938	0,858	15,957	2,659	4,675	0,769	12,248	2,041
LACT (mg/dl)	224,839	0,885	17,723	2,954	280,4	0,831	14,538	2,423
ACET (mg/dl)	132,606	0,876	14,725	2,849	177,09	0,807	11,538	2,272

MS: Materia seca; CZ: Cenizas; PB: Proteína bruta; FND: Fibra neutro detergente; ALM: Almidón; F: Fresco; DEMO: Digestibilidad de la materia orgánica; NH₃: Nitrógeno amoniacal. LACT: Ácido láctico; ACET: Ácido acético; SECV: error de validación cruzada; 1-VR: Coeficiente de determinación de la validación cruzada; RER: rango/SECV; RPD: SD/SECV.

Con respecto a la robustez de las calibraciones, en su mayoría presentaron coeficientes satisfactorios, con valores de RER > 10 (Williams y Sobering, 1996). Según Saeys *et al.* (2004), valores de RPD entre 1,75 y 2,0 permiten hacer predicciones semicuantitativas; entre 2,0 y 3,0 la predicción cuantitativa es buena y por encima de 3,0 las calibraciones son excelentes. Para pH, cenizas y DEMO con valores de RPD inferiores a 1,5 la precisión es mínima y la predicción será orientativa.

Una vez evaluada la viabilidad del modelo de calibración, se estableció una estrategia de estandarización para minimizar las diferencias entre los espectros recogidos en ambos instrumentos NIRS en el rango de solapamiento de los mismos, basada en el algoritmo de Shenk y Westerhaus (1995) con el software quimiométrico WinISI v1.50, utilizando las 10 muestras incluidas en el colectivo de estandarización. Este procedimiento corrige las diferencias de los instrumentos en longitudes de onda y absorbancias, ajustándolas a un modelo cuadrático (véase Figura 1).

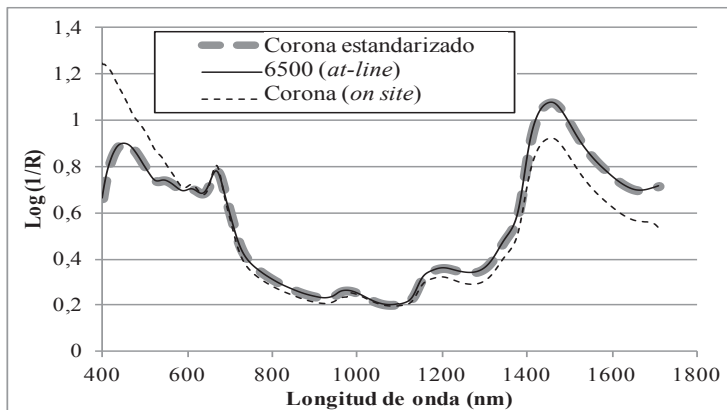


Figura 1: Espectro promedio del colectivo de estandarización para el equipo NIRS 6500 (*at-line*), y Corona (*on-site*) estandarizado y sin estandarizar.

Para realizar la validación externa se evaluó el éxito de la estandarización en base a la comparación de las distancias medias espectrales GH (distancia al centro poblacional) y NH (distancia vecinal) entre el equipo *on-line* y el *at-line* antes y después de la estandarización (Tabla 2). Tras la estandarización los valores de GH y NH disminuyen significativamente hasta valores próximos a los obtenidos en el equipo *at-line* y se ajustan a los valores recomendados ($GH < 3$ y $NH < 1,2$), lo que significa que los espectros de la población de validación no se encuentran alejados de los del colectivo de calibración y, por tanto, es posible utilizar el modelo desarrollado en el equipo *at-line* para llevar a cabo el análisis de muestras en el equipo *on-site*.

Tabla 2: Estadísticos GH (distancia al centro poblacional) y NH (distancia vecinal) para la evaluación de la estandarización de los equipos.

	Equipo <i>at-line</i>	Equipo <i>on-site</i>	
		Sin estandarización	Con estandarización
GH	1,424	136,278	2,013
NH	0,787	120,638	1,341

Para confirmar este hecho se llevó a cabo la predicción de la calidad nutritiva y fermentativa sobre 10 muestras de ensilado de maíz externas y se compararon los resultados utilizando un test de comparación de medias (*t de Student*) entre los valores de referencia y los predichos en el equipo *on-site*, a partir del modelo desarrollado.

Los resultados de calidad obtenidos con ambos equipos fueron similares, hecho que demuestra que las diferencias con respecto a los valores de referencia, si existieran, son inherentes al modelo y no al proceso de transferencia.

En la Tabla 3 se observa que no existen diferencias significativas al comparar los resultados de la medida de cada constituyente, entre los métodos de referencia y NIRS, a excepción del almidón. Los resultados obtenidos para este parámetro, muestran un sesgo positivo que está dentro del margen de error de la incertidumbre del método de referencia, inherente además a la complejidad espectral que supone el análisis NIRS de ensilados de maíz en fresco, puesto que el almidón se almacena en el grano.

Tabla 3: Validación externa mediante comparación de muestras emparejadas (test t de student) entre valores de referencia y predichos NIRS *on-site*.

	Primera derivada	
	$t_{\text{calculado}}$	P
pH	0,812	0,219
MS (%)	1,345	0,106
CZ _F (%)	-0,91	0,193
PB _F (%)	0,088	0,466
FND _F (%)	-1,326	0,109
ALM _F (%)	-2,419	0,019
DEMO (%)	-0,493	0,317
NH ₃ (mg/dl)	-1,087	0,153
LACT (mg/dl)	-1,119	0,146
ACET (mg/dl)	-0,174	0,433

P>0,05: no significativo ($t_{\text{calculado}} < t_{\text{teórico}}$); $t_{\text{teórico}}$ para 9 grados de libertad = 1,83); MS: Materia seca; CZ: Cenizas; PB: Proteína bruta; FND: Fibra neutro detergente; ALM: Almidón; F: Fresco; DEMO: Digestibilidad de la materia orgánica; NH₃: Nitrógeno amoniacal. LACT: Ácido láctico; ACET: Ácido acético

CONCLUSIONES

El presente trabajo ha demostrado que las bibliotecas de espectros recogidos en equipos *at-line* con muestra intacta, pueden ser transferidas a otros equipamientos NIRS portátiles, menos sensibles a cambios de temperatura y humedad, posibilitando su utilización en campo. La metodología desarrollada ha sido validada externamente y ha mostrado su aplicabilidad para obtener información en tiempo real, sobre constituyentes nutricionales y fermentativos de ensilados de maíz de forma intacta a pie de campo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean mostrar su agradecimiento al INIA por la financiación del proyecto RTA-2010-00128. Así mismo desean mostrar su agradecimiento al personal del Laboratorio de Nutrición del SERIDA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FEARN T. (2001) Standardisation and calibration transfer for near infrared instruments: A review, *J. Near Infrared Spectrosc.*, 9, 229-244.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A., SOLDADO A., GONZÁLEZ A., MODROÑO S. Y DE LA ROZA-DELGADO B. (2010a) Transferencia de ecuaciones NIRS desarrolladas en equipos de laboratorio (*at-line*) a equipos portátiles para el control de calidad en campo de ensilados de hierba. En: Calleja A. *et al.* (eds) *Pastos: Fuente natural de energía*, pp161-167. Zamora, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A., SOLDADO A., GONZÁLEZ A., VICENTE F. Y DE LA ROZA-DELGADO B. (2010b) NIRS on site vs. at-line: Transferability and robustness of chemometric models on fresh silages. En: *Proceedings of NIR on the GO IV Conference*. 53-55. Pádova, Italia.
- RIVEROS E. Y ARGAMENTERIA A. (1987) Métodos enzimáticos de la predicción de la digestibilidad in vivo de la materia orgánica de forrajes. I. Forrajes verdes. II. Henos. III. Ensilados y pajas. *Avances en Producción Animal*, 12, 49-75.
- SAEYS W., DARIUS P. Y RAMON H. (2004) Potential for on-site analysis of hog manure using a visual and near infrared diode array reflectance spectrometer. *J. Near Infrared Spectrosc.*, 12, 299-309.
- SHENK J.S. Y WESTERHAUS M.O. (1995) *Analysis of Agriculture and Food Products by Near Infrared Reflectance Spectroscopy*. Monograph, NIRSystems.
- SOLDADO A., FEARN T., MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A. Y DE LA ROZA-DELGADO B. (2013) The transfer of NIR calibrations for undried grass silage from the laboratory to on-site instruments: Comparison of two approaches, *Talanta*, 105, 8-14.
- SOLDADO A., FERNÁNDEZ O., MARTÍNEZ A. Y DE LA ROZA DELGADO B. (2003) Estudio comparativo de métodos analíticos para la determinación del contenido en almidón en ensilados de maíz. En: Robles A. *et al.* (eds) *Pastos, desarrollo y conservación*, pp. 297-303. Granada, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- TECATOR (1995) *Application Note, AN 300. The determination of nitrogen according to Kjeldahl using block digestion and steam distillation*. Sweden: Perstoorp Analytical.
- VAN DER MEER J. M. (1983) *C.E.C. Workshop on methodology of feedingstuffs for ruminants. European in vitro Ringtest Statistical Report*. Concept Report 155. The Netherlands
- VAN SOEST P.J., ROBERTSON J.B. Y LEWIS B.A. (1991) Methods for dietary, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.
- WILLIAMS P.C. Y SOBERING D.C. (1996) How do we do it: a brief summary of the methods we use in developing near infrared calibrations. En: Davies A.M.C. y Williams P.C. (eds) *Near Infrared Spectroscopy: The Future Waves*, pp. 185-188. NIR Publications, Chichester, U.K.

FENOLOGÍA DE LAS GRAMÍNEAS EN TRES ÉPOCAS DE APROVECHAMIENTO FORRAJERO DE LOS PRADOS EN LA VERTIENTE SUR DE LA CORDILLERA CANTÁBRICA (LEÓN)

Phenology of Grasses of the South-Facing Slope Meadows of the Cantabrian Range Harvested at Three Cutting Times Related to their Forage Use

R. GARCÍA, S. DEL RÍO, C. VALDÉS y S. LÓPEZ

Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-Universidad de León)

Finca Marzanas s/n. Grulleros E-24346 León (España), ricardo.gnavarro@unileon.es

Resumen: Se estudia el estado fenológico de 11 gramíneas en 14 prados de la Comarca de Riaño (Montaña de León) en tres momentos de corte relacionados con la gestión de los recursos forrajeros: para aprovechamiento directo “*en verde*”, para conservación mediante ensilado “*ensilado temprano*” y para conservación más tardía “*ensilado tardío*”. La caracterización del estado fenológico de cada especie se realizó mediante la descripción de 5-25 tallos. Los estados fenológicos medios en los distintos momentos de corte fueron: 28,1 (final del alargamiento de los tallos), 31,8 (emergencia de la inflorescencia) y 34,4 (alargamiento del pedúnculo de la espiga). Los tres momentos de corte ligados a los aprovechamientos, pueden identificarse atendiendo al estado fenológico *predominante* que alcanzan tres especies: *Anthoxanthum odoratum*, *Poa pratensis* y *Lolium perenne*. El aprovechamiento temprano “*en verde*” se identifica con las especies *A. odoratum* y *P. pratensis* (en estado de antesis y preantesis respectivamente); el aprovechamiento para “*ensilado temprano*” con *P. pratensis* y *L. perenne* (en preantesis y espiga totalmente emergida) y el aprovechamiento para “*ensilado tardío*” con *A. odoratum* y *P. pratensis* (en estados de postantesis y antesis respectivamente).

Palabras clave: especies forrajeras, fases de crecimiento, momentos de corte, ensilado.

Abstract: Phenological stages of 11 grasses of 14 meadows located in the Area of Riaño (Mountain of León, Cantabrian Range, Spain) were studied at three different harvesting dates, each of them related to a possible management of forage resources: “cutting to feed indoors”, “early silage conservation” and “late silage conservation”. The phenological stage of a given species was determined through the description of 5-25 stems in each. Mean values of growth stages at each cutting time were: 28.1 (end of stem elongation), 31.8 (inflorescence emergence) and 34.4 (elongation of the peduncle of the inflorescence). The three harvesting dates can be identified by the predominant growth stage reached by three species: *Anthoxanthum odoratum*, *Poa pratensis* and *Lolium perenne*: “cutting to feed indoors” would be done when *A. odoratum* and *P. pratensis* reach the growth stages of anthesis and pre-anthesis, respectively; “early silage conservation” when *P. pratensis* and *L. perenne* reach the stages of pre-anthesis and spikelets fully emerged, respectively, and “late silage conservation” when *A. odoratum* and *P. pratensis* reach the stages of postantesis and anthesis, respectively.

Key words: forage species, growth stage, cutting time and conservation, phenological stage.

INTRODUCCIÓN

Los prados en zonas de montaña de la provincia de León tienen una extensión reducida que apenas representa el 4-8% de la superficie total (Calleja, 2004); a pesar de ello proporcionan el forraje de calidad necesario para complementar la ración del ganado asentado en estas regiones. Su importancia es tanto mayor cuanto menor es su extensión lo que obliga a sus gestores a cuidar su manejo que muchas veces va parejo con la intensificación (utilización del riego y de la fertilización).

En las explotaciones, cada vez de mayor tamaño, la importancia de los prados es esencial; conservan el forraje de primavera tradicionalmente como heno y aseguran una importante cantidad de alimento para los momentos de escasez. Actualmente, con el elevado precio de las materias primas, incremento del 66% en el precio del forraje en los últimos dos años (ITG, 2012), la tendencia general es evitar el retraso en su recogida, por encima de la última decena del mes de junio, para asegurarse un mínimo de calidad.

Numerosos ganaderos requieren, además del heno, un forraje más tierno y de mayor calidad para la alimentación de los animales con mayores necesidades (gestantes y/o lactantes). Este forraje puede aportarse directamente al ganado o servir, inicialmente, como materia prima para su conservación mediante ensilado (Peláez *et al.*, 2006). La consecución de este forraje implica la realización de un aprovechamiento temprano que, a su vez, depende de la climatología y de la tecnología de las propias explotaciones y que origina una nueva distribución del trabajo (calendario de cortes). La elección del momento del aprovechamiento es una tarea compleja, sobretodo en comunidades polifitas y los ganaderos consideran como apropiadas fechas a partir de mediados de mayo.

En este trabajo se parte de tres fechas fijas de corte: para aprovechamiento directo por el ganado “*en verde*” y para conservación mediante ensilado, “*ensilado temprano*” o un “*ensilado tardío*”. Para describir estos momentos se utilizan 11 gramíneas y nos planteamos como objetivo describir el **estado fenológico de estas especies** e indicar las **más características** en cada momento de corte, reduciendo lo más posible su número y utilizando estados fenológicos fácilmente reconocibles por los ganaderos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se ha realizado en el municipio de Las Salas, Comarca de Riaño (León) en los prados de la ribera del río Dueñas, situado en el vertiente sur de la Cordillera Cantábrica (1100-1200 m.s.n.m).

El material vegetal procede de **14 parcelas** con comunidades vegetales que desde un punto de vista fitosociológico se clasifican dentro del Orden *Arrhenatheretalia*. Se ha recogido en tres fechas de siega (momentos de corte de la hierba), los días 12, 22 de mayo y 1 de junio, tras alcanzar sumas o integrales térmicas de 728 °C, 884 °C y 1004 °C, considerando las temperaturas medias diarias superiores a 0 °C, desde el comienzo del mes de febrero (Duru *et al.* 1998).

El forraje segado en fechas sucesivas se utiliza, como se describe más detalladamente en García *et al.* (2013) de tres formas diferentes:

1º Para consumo directo por el ganado “**aprovechamiento en verde**” para el ganado vacuno con mayores requerimientos energéticos y proteicos.

2º Para conservación mediante ensilado “**ensilado temprano**”. Se dispone de una mayor cantidad de hierba y se asegura, además, un tiempo de rebrote suficiente para un buen henificado posterior.

3º Para conservación mediante ensilado más tardío “**ensilado tardío**”. Es útil cuando no se puede realizar la conservación más temprana y permite disponer de un material jugoso y de alta calidad para el invierno.

Los **estados fenológicos** se describieron en 11 gramíneas consideradas de “*fondo de prado*” y que en este tipo de comunidades contribuyen a la formación del 80% de la materia seca (García, 1988):

Anthoxanthum odoratum L. subsp. *odoratum* (grama olorosa), *Alopecurus pratensis* L. subsp. *pratensis* (cola de zorro), *Arrhenatherum elatius* (L.) Beauv. ex J. Presl & C. Presl subsp. *bulbosum* (Willd.) Schübler & Martins (fromental), *Cynosurus cristatus* L. (cinosuro, cola de perro), *Dactylis glomerata* L. subsp. *glomerata* (dactilo), *Festuca pratensis* Huds. subsp. *pratensis* (festuca de los prados), *Holcus lanatus* L. (holco), *Lolium perenne* L. (raigras inglés), *Poa pratensis* L. subsp. *pratensis* (poa de los prados), *Poa trivialis* L. subsp. *trivialis* (poa común) y *Trisetum flavescens* (L.) P. Beauv. subsp. *flavescens* (avena dorada).

La caracterización de cada estado fenológico (*estado fenológico medio-EFM*) se realizó según Moore *et al.* (1991), sobre 5-25 tallos por especie en cada prado y

momento de muestreo y que de acuerdo con Cherney *et al.* (2008) es apropiado para este tipo de trabajos. Las fases de desarrollo descritas fueron:

E0.	Inicio de la elongación del tallo.	Índice 20,0
E1.	Un nudo detectable o visible.	Índice 22,3
E2.	Dos nudos detectables o visibles.	Índice 25,6
E3.	Tres nudos detectables o visibles.	Índice 29,0
R1.	Emergencia de la inflorescencia	Índice 31,0
R2.	Espiga totalmente emergida.	Índice 33,0
R3.	Pedúnculo alargado, preantesis	Índice 35,0
R4.	Emergencia de anteras-antesis	Índice 37,0
R5.	Postantesis-fertilización	Índice 39,0

El estado fenológico medio de cada especie en un prado se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$EFM = \frac{\sum_{i=0}^{49} \sum_{j=1}^{N_i} S_{ij}}{C} \quad \text{o su fórmula equivalente:} \quad EFM = \sum_{i=0}^{49} \frac{S_i \times N_i}{C}$$

EFM: Estado fenológico medio. S_i = Fases de desarrollo, con índices de 0 a 49.
 N_i = Número de tallos en fase S_i C = número total de tallos.

El estado fenológico medio de cada especie en cada aprovechamiento es la media en el conjunto de los prados.

Considerando únicamente la presencia de tallos con el *estado de desarrollo más avanzado* en cada muestreo; el estado fenológico **predominante** de una especie es el estado más frecuente en el conjunto de los prados.

Los criterios e selección de especies han sido: 1º) Especies que alcancen o superen la fase de desarrollo R2 (fácilmente identificables por los ganaderos). 2º) El estado fenológico predominante en mayor proporción de prados 3) Elección de dos especies por cada momento de aprovechamiento.

Para el análisis de los datos se ha utilizado el paquete PROC UNIVARIATE (SAS, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 refleja el estado fenológico de las gramíneas (*EFM*) en los tres momentos de siega. Las especies *A. odoratum*, *D. glomerata*, *F. pratensis*, *H. lanatus*, *L. perenne*, *P. pratensis* y *P. trivialis* son especialmente abundantes y destacan por su

presencia en la práctica totalidad de las parcelas. En la Tabla 2 se muestra el estado fenológico *predominante* de las diferentes especies y los prados en que se encontraron.

Tabla 1. Estados fenológicos medios de las gramíneas (EFM) en los distintos momentos de corte.

	Verde		Ensilado Temprano		Ensilado Tardío		
	N	Media	SD	Media	SD	Media	SD
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	13	31,5	1,6	35,9	1	36,8	0,9
<i>Alopecurus pratensis</i>	8	30,9	1,8	33,8	1,6	36,9	0,6
<i>Arrhenatherum elatius</i>	9	25,6	2	28,9	1,3	31,9	1,2
<i>Cynosurus cristatus</i>	7	28,4	1,5	33,3	1,2	35,4	0,9
<i>Dactylis glomerata</i>	14	27	0,2	30,8	1,2	33	1,2
<i>Festuca pratensis</i>	13	27,3	0,3	30,4	0,9	33,1	1,1
<i>Holcus lanatus</i>	14	26,8	1	30,6	0,9	34,6	1,6
<i>Lolium perenne</i>	14	27,2	0,2	31,7	1	34,2	0,7
<i>Poa pratensis</i>	13	30,3	1	34,2	0	36,2	0
<i>Poa trivialis</i>	13	27,8	1,3	30,5	1,5	33,2	1,8
<i>Trisetum flavescens</i>	3	27	0,4	30	0,4	32,6	2,3
Conjunto de gramíneas	-	28,1	1	31,8	1	34,4	1,1

N: número de parcelas con presencia de la especie; SD: desviación estándar.

La siega temprana de la hierba se realiza para un aprovechamiento “*en verde*” e implica su utilización en estado poco evolucionado. El estado fenológico del conjunto de las gramíneas es de 28,1 (E2/E3, en pleno proceso de elongación de los tallos).

La mayoría de las especies se encuentran en fase de encañado (Tabla 1). *H. lanatus* se diferencia de las más productivas (*P. pratensis*, *L. perenne*, *F. pratensis* y *D. glomerata*) por su lento despegue; este comportamiento difiere de lo descrito por Klapp (1987) y García *et al.* (2009) lo que posiblemente se deba a que, en este trabajo, se hace referencia a periodos menos avanzados que los descritos por estos autores. *A. odoratum*, *A. pratensis* y *P. pratensis* son, respectivamente, las especies en estado más adelantado; la primera con valor medio de R1 (inicio de la emergencia de la espiga) y las dos últimas finalizando la elongación de los tallos (E3), confirmándose su rápido crecimiento inicial descrito en la bibliografía. (Klapp, 1987 y Pérez Pinto, 1989).

Respecto al estado predominante más avanzado (Tabla 2), destaca *A. odoratum* que alcanza el estado de antesis (con los estambres perfectamente visibles-

R4) en el 50% de las parcelas y *P. pratensis* en preantesis (con las inflorescencias perfectamente formadas pero sin emitir los estambres-R3) en el 78,6% de las parcelas. Ambas especies, con una amplia distribución, son indicadoras de este momento de siega.

Tabla 2. Estados fenológicos predominantes en los diferentes momentos de corte y proporción de prados en los que se presentan.

	Verde		Ensilado Temprano		Ensilado Tardío		% Prados
<i>Poa pratensis</i>	R3	78,6	R3	92,9	R4	92,9	88,1
<i>Lolium perenne</i>	R1	100	R2	85,7	R3	57,1	80,9
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	R4	50	R4	57,1	R5	71,4	59,5
<i>Alopecurus pratensis</i>	R3	28,6	R5	28,6	R5	50	35,7
<i>Arrhenatherum elatius</i>	E3	57,1	R1	57,1	R2	57,1	57,1
<i>Dactylis glomerata</i>	R1	71,4	R2	50	R3	50	57,1
<i>Holcus lanatus</i>	R1	64,3	R2	42,9	R4	64,3	57,1
<i>Poa trivialis</i>	R1	71,4	R1	71,4	R3	28,6	57,1
<i>Festuca pratensis</i>	R1	71,4	R2	57,1	R3	35,7	54,7
<i>Cynosurus cristatus</i>	R1	42,9	R3	21,4	R4	50	38,1
<i>Trisetum flavescens</i>	E3	14,4	R1	14,4	R3	14,4	14,4

% Prados: valor medio de los tres momentos de corte. E3: elongación de los tallos. R1: emergencia de la inflorescencia. R2: inflorescencia totalmente emergida. R3: pedúnculo totalmente alargado, preantesis. R4: antesis. R5: postantesis.

La siega posterior de la hierba es importante para los ganaderos si quieren conservarla mediante técnicas de ensilado, se realiza unos diez días después en lo que se denomina aprovechamiento “ensilado temprano”. El estado fenológico del conjunto de las gramíneas es de 31,8 (R1/R2, con las espigas emergiendo de los tallos).

C. cristatus (Tabla 1) alcanza un desarrollo similar al de las especies más tempranas (R2/R3) lo que pone en duda la lenta evolución que se le atribuye en las etapas juveniles (Pérez Pinto, 1989). Respecto a las especies más productivas, *H. lanatus* es capaz, en este corto periodo de tiempo, de desarrollarse rápidamente hasta alcanzar el estado de festuca, poa común y dactilo (inflorescencia a punto de emerger del tallo); *L. perenne* supera a todas y muestra un estado fenológico más avanzado (con las inflorescencias ya totalmente emergidas, R1/R2), a pesar de que la bibliografía (Pérez Pinto, 1989 y Denudt, 1975) le atribuye un desarrollo mucho más lento del que describimos, posiblemente la presencia de ecotipos adaptados a la siega sea un factor determinante para ello.

Las fases más avanzadas de desarrollo (Tabla 2) las encontramos en *A. pratensis* y *A. odoratum* (R5 y R4 respectivamente). Poa de los prados, a diferencia de las anteriores, únicamente alcanza la fase de preantesis (R3) y se visualiza fácilmente en la mayoría de las parcelas. *L. perenne*, con sus espigas totalmente emergidas (R2) y presente en el 85,7% de las parcelas es fácilmente identificable y, junto a la especie anterior, es adecuada como indicadora de este momento de corte.

La última siega se corresponde con una utilización del forraje más tardío que permite la realización del ensilado con mejor coyuntura climática y disponer de mayor producción de hierba: aprovechamiento de “ensilado tardío”. El estado fenológico medio es de 34,4 (R2/R3, con espigas emergidas y alargamiento de los pedúnculos).

Las gramíneas de rápido desarrollo alcanzan la etapa de antesis (Tabla 1); la evolución de *H. lanatus*, como cabe esperar, es muy rápida en este periodo superando a *L. perenne* y ambos logran un estado fenológico superior al de dactilo y festuca, confirmándose los resultados descritos para el momento de siega anterior.

Visualmente, son fácilmente identificables los tallos de *A. pratensis* y *A. odoratum* en postantesis y de *P. pratensis* siempre en antesis. Las dos últimas especies, presentes en el 71,4 y 92,9 % de las parcelas sirven como indicadoras de este aprovechamiento (Tabla 2).

CONCLUSIONES

La caracterización del estado fenológico medio de las gramíneas (EFM) es un proceso técnicamente laborioso que permite identificar de forma precisa los diferentes momentos de corte; en este trabajo los índices del EFM fueron: 28,1 para aprovechamiento en verde, 31,8 para ensilado temprano y 34,4 para ensilado tardío.

El estado predominante más avanzado es fácilmente identificable y puede utilizarse por los ganaderos para definir momentos concretos de aprovechamiento forrajero. El aprovechamiento temprano “en verde” se identifica con las especies *A. odoratum* y *P. pratensis* (en estado de antesis y preantesis respectivamente); el aprovechamiento para “ensilado temprano” con *P. pratensis* y *L. perenne* (en preantesis y espiga totalmente emergida respectivamente) y el aprovechamiento para “ensilado tardío” con *A. odoratum* y *P. pratensis* (en estados de postantesis y antesis respectivamente).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se llevó a cabo con la financiación de la Junta de Castilla y León con el programa de ayudas a la actividad investigadora al grupo de excelencia GR158.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CALLEJA A. (2004) *Tipificación, cartografía y evaluación de los pastos españoles. Castilla y León Occidental*. Informe final del proyecto OT 00 037 09. Documento inédito. INIA. Madrid, España.
- CHERNEY E.V. B., COX B., SMITH M. (2008) *NRCCA. Crop Management. Study Guide*. USA: Cornell University.
- DENUDT G. (1975) *Essai de caractérisation de la flore et de la végétation prairiale à l'aide des teneurs minérales*. Thèse. Faculté des Sciences Agronomiques. Université Catholique de Louvain, Bélgica.
- DURU M., BALENT G., GIBON A., MAGDA D., THEAU J. P., CRUZ P., JOUANY C. (1998) Fonctionnement et dynamique des prairies permanentes. Exemple des Pyrénées centrales. *Fourrages*, 153, 97-113.
- GARCÍA R. (1988) *Aspectos agronómicos y composición mineral de henos, gramíneas, leguminosas y otras plantas de prados permanentes de la Montaña de León*. Tesis doctoral. Facultad de Biología. Universidad de León, España.
- GARCÍA R., ALVARENGA J. Y CALLEJA A. (2009) Efecto de la fertilización fosfórica sobre la presencia de especies en forraje de prados de montaña. En: Reine *et al.* (Eds) *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp 197-203. Huesca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- GARCÍA R., DEL RÍO S., HERRERO L. Y LÓPEZ S. (2013) Efecto de la fertilización nitrogenada y fosfórica sobre el estado de desarrollo de gramíneas de prados en la montaña de León. Badajoz, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. En prensa.
- ITG GANADERO. (2012) Precios y mercados. En <http://www.itgganadero.com/itg/portal/seccion.asp?S=7> (24 oct-12).
- KLAPP E. (1987) *Manual de las Gramíneas*. Barcelona, España: Ed. Omega.
- MOORE K.J., MOSER L.E., VOGEL K.P., WALLER S.S., JOHNSON B. E., PEDERSEN J.F. (1991) Describing and quantifying growth stages of perennial forage grasses. *Agron. J.*, 83, 1073-1077.
- PELÁEZ R., GARCÍA R., RODRÍGUEZ M., ANDRÉS S., VALDÉS C. Y, CALLEJA A. (2006) Propuesta de optimización de la producción de carne, en base a pastos, con parda de montaña en la zona norte de la provincia de León. *II Conf. Inter. Ganad. Ecológica*. Zamora, España.
- PÉREZ PINTO J.E. (1989) *Estudio botánico y mineral de prados permanentes de la Cuenca del Bernesga*. Tesis doctoral. Facultad de Biología. Universidad de León, España.
- S.A.S. (2012) *SAS/STAT User's Guide*. Carolina del Norte, USA: Ed. Statistical Analysis System Institute Inc. Cary.

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y FOSFÓRICA SOBRE EL ESTADO DE DESARROLLO DE GRAMÍNEAS DE PRADOS EN LA MONTAÑA DE LEÓN

Effect of Nitrogen and Phosphorous Fertilization on the Growth Stages of Grasses of Meadows of the Mountain of León

R. GARCÍA, S. DEL RÍO, L. HERRERO y S. LÓPEZ.

Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-Universidad de León)
Finca Marzanas s/n. Grulleros E-24346 León, ricardo.gnavarro@unileon.es

Resumen: Se estudia el estado fenológico medio (EFM) de 11 gramíneas en 14 prados (comunidades del Orden *Arrhenatheretalia*) de la Comarca de Riaño (León) que durante los últimos 10 años han recibido fertilización nitrogenada (nivel bajo: <60 kg ha⁻¹ año⁻¹ y alto >60 kg ha⁻¹ año⁻¹) y fosfórica (nivel bajo: <80 kg ha⁻¹ año⁻¹ y alto >80 kg ha⁻¹ año⁻¹). La toma de muestras se realiza en tres momentos sucesivos del ciclo de primavera (previos al tradicional para henificación) que se corresponden con tres formas de aprovechamiento forrajero: corte para aprovechamiento directo “*en verde*”, para conservación mediante ensilado “*ensilado temprano*” y para conservación más tardía “*ensilado tardío*”. La descripción del estado de desarrollo se efectúa sobre 5-25 tallos por especie. La incidencia de la fertilización sobre el estado de desarrollo de la vegetación es reducida en fases tempranas de la producción de forraje; seis especies: *Alopecurus pratensis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Cynosurus cristatus*, *Holcus lanatus*, *Lolium perenne* y *Poa pratensis* presentan una mayor relación entre el abonado y el estado de fenológico. La fertilización nitrogenada y fosfórica afectan positivamente al desarrollo de *C. cristatus* en el momento de corte más temprano (aprovechamiento “*en verde*”), que alcanza la fase final del encañado con una fertilización elevada frente estadios previos de alargamiento de los tallos con fertilización baja. Esta misma fertilización afecta de forma negativa a *A. odoratum* en el aprovechamiento posterior (conservación mediante ensilado “*ensilado temprano*”), que alcanza la fase de antesis con fertilización baja mientras que es de preantesis cuando la fertilización es alta.

Palabras clave: especies forrajeras, estado fenológico, momentos de corte, aprovechamiento del forraje.

Abstract: Growth stages of 11 grasses of 14 meadows (Order *Arrhenatheretalia*) located in the Area of Riaño (Mountain of León, Cantabrian Mountains) were studied. For 10 years, meadows have been fertilized with two levels of N (low level: <60 kg ha⁻¹year⁻¹; and high level: >60 kg ha⁻¹year⁻¹) and P₂O₅ (low level: <80 kg ha⁻¹year⁻¹; and high level: >80 kg ha⁻¹year⁻¹). Samples were taken at three different early harvest dates, each of them related to a possible management of forage resources: *zero grazing*, conservation through *early silage* and conservation through *late silage*. Phenological stage of each species was described through the data from 5-25 stems. Fertilization had little effect on growth stage at early harvest dates; six species: *Alopecurus pratensis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Cynosurus cristatus*, *Holcus lanatus*, *Lolium perenne* and *Poa pratensis* showed a more marked relationship between fertilization and phenological stage. Both nitrogen and phosphorus fertilization had a positive effect on *C. cristatus* growth at zero grazing harvest time: boot stage was reached with high level of fertilization whereas that with low level of fertilization only stem elongation was reached. Fertilization had the opposite

effect on *A.odoratum* at early silage time, which reached a more developed growth stage (anthesis) with a low level of fertilization than with a high level of fertilization (preanthesis – peduncle fully elongated).

Key words: forage species, phenological stage, cutting time, forage conservation

INTRODUCCIÓN

El elevado coste de la alimentación y el precio ajustado que los ganaderos reciben por sus productos hacen que los *prados* sean cada vez más valorados en las exploraciones agrarias de zonas de montaña, en tanto que son superficies muy productivas y capaces de aportar forraje de calidad (Rodríguez *et al.* 2003).

La importación de alimentos de calidad desde fuera de la explotación es cada vez más cara y tiende a reducirse. Los ganaderos optan por la mejora del manejo de los *prados* de forma que, además de recoger la hierba de primavera mediante el henificado tradicional, les permitan disponer de forraje tierno que pueda ser consumido directamente por el ganado o conservado mediante técnicas de ensilado.

La reducida superficie de los prados en la vertiente sur de la Cordillera Cantábrica, 4-8% de la superficie total de acuerdo con Calleja (2004), implica la necesidad de intensificar su aprovechamiento lo que requiere que, entre los cuidados de cultivo, se incluya la correcta realización del riego y el buen uso de la fertilización (con nitrógeno y fósforo fundamentalmente).

La fertilización, que tradicionalmente se relaciona con una mayor intensificación de la producción y del aprovechamiento (Pérez *et al.* 1994, Troxler 1990), puede alterar los procesos fisiológicos necesarios para alcanzar las sucesivas fases de desarrollo de las plantas y sus efectos posiblemente varíen con las especies (Jarvis 2000).

En este trabajo se estudia la incidencia de la fertilización nitrogenada y fosfórica sobre el estado fenológico de la hierba, su influencia sobre 11 especies de gramíneas y en tres momentos de siega (anteriores al tradicional para obtener heno) que posibilitan disponer de forrajes de gran calidad, tanto para su consumo directo por los animales como para su conservación mediante técnicas de ensilado.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se ha realizado en comunidades vegetales (Orden *Arrhenatheretalia*) del municipio de Las Salas (Comarca de Riaño - León) localizadas en la ribera del río Dueñas al sur de la Cordillera Cantábrica (1100-1200 m.s.n.m) y

que se han sometido, durante los últimos 10 años, a un manejo que incluye el riego y la fertilización.

Para este trabajo se han utilizado 14 prados que reciben los aportes de fertilizantes (nitrato amónico cálcico y el superfosfato de cal) a la salida del invierno cuando se marcha la nieve y de una sola vez. La fertilización nitrogenada se diferencia en nivel bajo (<60 kg ha⁻¹) y alto (>60 kg ha⁻¹) y la fosfórica en nivel bajo (<80 kg ha⁻¹) y alto (>80 kg ha⁻¹). Los prados se agrupan de la siguiente forma: 4 prados con N (nivel alto) y P (nivel bajo); 4 prados con N (nivel alto) y P (nivel alto); 4 prados con N (nivel bajo) y P (nivel bajo) y 2 prados con N (nivel bajo) y P (nivel alto).

La toma de muestras se realiza los días 12, 22 de mayo y 1 de junio, tras alcanzar sumas térmicas de 728 °C, 884 °C y 1004 °C, considerándose las temperaturas medias diarias superiores a 0 °C desde el comienzo del mes de febrero de acuerdo con Duru *et al.* (1998). Las fechas se corresponden con tres momentos de siega (previos al tradicional para henificación) y se relacionan con tres formas de aprovechamiento forrajero de interés para las explotaciones ganaderas de la región:

1° Un *aprovechamiento "en verde"*, que permite utilizar una importante cantidad de hierba de máxima calidad especialmente adecuada para el ganado vacuno con máximos requerimientos energéticos y proteicos; especialmente adecuada para madres recién paridas con su ternero. Este aprovechamiento tiene una importante utilidad práctica si se realiza a comienzo de la segunda decena del mes de mayo, con lo que se asegura un periodo de reposo de la hierba suficiente para un posterior henificado.

2° *Aprovechamiento "ensilado temprano"*. Permite disponer de una mayor cantidad de hierba para conservar mediante ensilado (siega diez días después del aprovechamiento anterior, al inicio de la segunda decena del mes de mayo). Se necesita un periodo de dos o tres días sin lluvia para realizar una buena conservación y es especialmente útil en terrenos de elevadas producciones. El corte del forraje en esta fecha asegura una alta producción en el corte siguiente, al mantener un periodo suficiente de reposo entre aprovechamientos y reduciendo, casi en su totalidad, la necesidad de aportar agua mediante el riego.

3° El *aprovechamiento "ensilado tardío"* es útil cuando la climatología del mes de mayo es adversa, cuando la tecnología de la explotación requiere un mayor número de días para la realización del silo, o cuando no se requiere un nivel tal alto

de intensificación. Generalmente se realiza a comienzos del mes de junio y prolongar esas fechas implica alterar demasiado los periodos de descanso entre cortes y el sistema de utilización del agua. Como en el caso anterior permite disponer, durante el invierno, de un material jugoso y de alta calidad que complementa las raciones secas de este periodo.

El material recogido corresponde a las 11 especies de gramíneas consideradas de “fondo de prado” y que conforman, al menos, el 80% de la materia seca total (García *et al.* 2013): *A. odoratum* (grama olorosa), *A. pratensis* (cola de zorro), *A. elatius* (fromental), *C. cristatus* (cinosuro, cola de perro), *D. glomerata* (dactilo), *F. pratensis* (festuca de los prados), *H. lanatus* (holco), *L. perenne* (raigras inglés), *P. pratensis* (poa de los prados), *P. trivialis* (poa común) y *T. flavescens* (avena dorada).

La caracterización del estado fenológico (Estado fenológico medio- EFM) se realizó de acuerdo con Moore *et al.* (1991), sobre 5-25 tallos por especie.

Las fases de desarrollo aplicadas y sus índices fueron:

E0 , inicio de la elongación del tallo. Índice 20,0	E1 , nudo detectable. Índice 22,3
E2 , dos nudos detectables o visibles. Índice 25,6	E3 , tres nudos. Índice 29,0
R1 , emergencia de la inflorescencia. Índice 31,0	R2 , espiga emergida. Índice 33,0
R3 , pedúnculo alargado. Índice 35,0	R4 , anteras-antesis. Índice 37,0
R5 , postantesis-fertilización Índice 39,0	

El estado fenológico medio de cada especie se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$EFM = \frac{\sum_{i=0}^{49} \sum_{j=1}^{N_i} S_{ij}}{C} \quad \text{o su fórmula equivalente:} \quad EFM = \sum_{i=0}^{49} \frac{S_i \times N_i}{C}$$

EFM = Estado fenológico medio. S_i = Fases de desarrollo, con índices de 0 a 49.
 N_i = Número de tallos en fase S_i C = número total de tallos.

El estudio de los datos se efectuó mediante regresión lineal múltiple; la variable dependiente es el estado fenológico medio de cada especie (EFM) en cada momento de corte y las variables independientes: N, P, N^2 , P^2 y NP. El objetivo es discriminar las especies más afectadas por la fertilización en las tres épocas de aprovechamiento. Posteriormente y para los fertilizantes principales, nitrógeno y

fósforo, se realiza un contraste LSD entre niveles (altos y bajos) para conocer el comportamiento de las diferentes especies frente a ellos.

Para el análisis estadístico se ha utilizado los paquetes PROC UNIVARIATE y PROC REG (SAS 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra la relación entre el estado fenológico de las especies (EFM) y la fertilización nitrofosfórica; únicamente seis especies: *A. pratensis*, *A. odoratum*, *C. cristatus*, *P. pratensis*, *H. lanatus* y *L. perenne* presentan modelos de regresión significativos. De ellas, las cuatro primeras se caracterizan por presentar un desarrollo especialmente temprano (Klapp 1987) y las dos últimas (holco y raigrás inglés) por un desarrollo más tardío, cuyo rápido despegue se produce en el momento de corte para “ensilado temprano” (García *et al.*, 2013), coincidiendo con la mayor actuación de los fertilizantes.

Tabla 1. Modelos de regresión. Estado fenológico (EFM) y fertilización nitrofosfórica en tres momentos de aprovechamiento forrajero.

Aprov.	Especie	Ecuación	RSD	R ²	Sig
<i>1º Aprov. en “verde”</i>					
	<i>A. pratensis</i>	$EFM=30,8+0,21N-0,16P+0,001NP-0,001N^2$	0,38	98	**
	<i>C. cristatus</i>	$EFM=27,2+0,02 N+0,01P$	0,28	96	***
	<i>P. pratensis</i>	$EFM=30,5+0,03N-0,01P-0,0001N^2+0,00007NP$	0,37	92	***
<i>2º Ensilado temprano</i>					
	<i>A. odoratum</i>	$EFM=36,5-0,00007NP$	0,56	68	***
	<i>L. perenne</i>	$EFM=31,0+0,01N+0,007P-0,00008NP$	0,8	31	*
	<i>H. lanatus</i>	$EFM=30,1+0,005P$	0,8	24	*
<i>3º Ensilado tardío</i>					
	<i>A. odoratum</i>	$EFM=37,2-0,00004NP$	0,64	50	**
	<i>A. pratensis</i>	$EFM=36,5+0,07N-0,05P-0,0004N^2+0,0003NP$	0,25	81	*
	<i>H. lanatus</i>	$EFM=32,4+0,002P+0,0001N^2-0,00009NP$	0,87	78	**

Aprov.: aprovechamiento; Verde: consumo directo; RSD: desviación estandar de la regresión; R²: coeficiente de determinación; Sig: significación del modelo; *: 95%; **: 98%; ***: 99,9%

El estado de desarrollo de las gramíneas es más avanzado cuando el aporte de nitrógeno es alto en el 41% de los casos y menos en el 23% de los casos. Por el contrario si la fertilización fosfórica es alta sólo es más avanzado en el 20% de los casos y menos en el 43%. Estos datos sugieren el efecto globalmente positivo del nitrógeno sobre el desarrollo de estas plantas frente al efecto contrario por parte del

fósforo. En general, las diferencias atribuibles a la fertilización son escasas en las fases tempranas que engloba este trabajo, de hecho afectan sobre todo a las especies de desarrollo temprano y, posiblemente, la actuación sobre el resto de gramíneas de crecimiento más lento se haga notar en etapas posteriores.

Tabla 2. Estado fenológico (EFM) de las gramíneas de acuerdo con los niveles de fertilización nitrogenada (alta y baja) en los tres momentos sucesivos de siega.

Especies	1°- Verde			2°- Ensilado temprano			3°- Ensilado tardío		
	Bajo	Alto	Sig(t)	Bajo	Alto	Sig(t)	Bajo	Alto	Sig(t)
<i>A. pratensis</i>	30,8	30,9	ns	34,1	33,6	ns	36,6	37,1	ns
<i>C. cristatus</i>	27,8	29,1	*	33,2	33,3	ns	35,9	35,1	ns
<i>P. pratensis</i>	29,9	30,6	ns	34	34	ns	36,2	36,2	ns
<i>A. odoratum</i>	31,6	31,3	ns	36,4	35,4	*	37,1	36,6	ns
<i>L. perenne</i>	27,1	27,3	ns	31,3	32	ns	34,2	34,1	ns
<i>H. lanatus</i>	27	26,6	ns	30,5	30,6	ns	33,8	35,2	ns

Bajo: <60 kg N ha⁻¹ año⁻¹; Alto: >60 kg N ha⁻¹ año⁻¹; t (LSD); ns: sin significación; *: 95%

Las Tablas 2 y 3 muestran el estado de desarrollo de las seis gramíneas, con diferentes niveles de nitrógeno y de fósforo, en las tres épocas de utilización de la hierba.

Tabla 3. Estado fenológico (EFM) de las gramíneas de acuerdo con los niveles de fertilización fosfórica (alto y bajo) en los tres momentos sucesivos de siega.

Especies	1°-Verde			2°- Ensilado temprano			3°- Ensilado tardío		
	Bajo	Alto	Sig(t)	Bajo	Alto	Sig(t)	Bajo	Alto	Sig(t)
<i>A. pratensis</i>	30,8	30,9	ns	34,3	33	ns	37	36,8	ns
<i>C. cristatus</i>	27,2	29,9	*	33,9	32,4	ns	35,9	35,1	ns
<i>P. pratensis</i>	30,7	30	ns	34	34,1	ns	36,1	36,2	ns
<i>A. odoratum</i>	31,7	31,2	ns	36,4	35,1	*	37,1	36,3	ns
<i>L. perenne</i>	27,3	27,2	ns	31,6	31,8	ns	34,1	34,2	ns
<i>H. lanatus</i>	27,1	26,5	ns	30,1	31,2	ns	33,9	35,4	ns

Bajo: <80 kg P ha⁻¹ año⁻¹; Alto: >80 kg P ha⁻¹ año⁻¹; t (LSD); ns: sin significación; *: 95%

La fertilización nitrogenada y fosfórica, en el momento de aprovechamiento más temprano “*en verde*”, afecta positivamente el desarrollo de *C. cristatus* que alcanza las fases finales del encañado-emergencia de las espigas (E3/R1) con una fertilización alta frente la fase de alargamiento de tallos (E2/E3) alcanzada con fertilización baja. En fechas sucesivas de corte las diferencias del estado de desarrollo

atribuibles al nivel de abonado no son significativas. Esta gramínea (cola de perro) generalmente considerada poco productiva, es importante en praderas de siega de zonas de montaña (comunidades de *Cynosurion cristati*), donde es especie de fondo de prado y de gran interés tanto por capacidad productiva (6,5%-11,0% de la biomasa con baja o nula fertilización) como por calidad forrajera en las fases tempranas de desarrollo (Bochi 2001). En general se considera que no tiene requerimientos especiales de abonado (Vivier 1971), aunque Pérez Pinto (1989) ya señalaba que este comportamiento debería reconsiderarse.

El abonado, tanto nitrogenado como fosfórico, en el momento de aprovechamiento más tardío “*ensilado tardío*”, afecta negativamente el desarrollo de *A. odoratum* que alcanza la fase de preantesis (R3/R4) con una fertilización alta mientras que con fertilización baja se encuentra en estado de antesis (R4).

La ralentización del desarrollo se detecta en los tres momentos de siega, si bien sólo es estadísticamente significativa en el segundo corte; esto origina un retraso en la finalización del ciclo de la especie (la emisión de semillas se retrasa) y se propicia la competencia desfavorable con especies de desarrollo más tardío, mejores forrajeras y mejor adaptadas a la fertilización o a suelos más fértiles. Todo ello ayuda a comprender la consideración general que se hace de esta gramínea como propia de suelos de escasa fertilidad (Vivier 1971) y sin requerimientos de abonado (Klapp, 1987; García y Calleja, 2003).

CONCLUSIONES

Las relaciones más estrechas entre estado fenológico y abonado se han encontrado en las especies: *A. pratensis*, *A. odoratum*, *C. cristatus*, *H. lanatus*, *L. perenne* y *P. pratensis*. La fertilización afecta al estado de desarrollo de la vegetación, aunque su actuación es moderada en las fases tempranas de producción de forraje.

Los contrastes entre niveles de fertilización muestran el comportamiento antagónico de *C. cristatus* y *A. odoratum*. Los niveles altos de nitrógeno y de fósforo afectan positivamente al desarrollo de *C. cristatus* en la fase más temprana (aprovechamiento “*en verde*”), que alcanza el final del encañado con los niveles altos mientras que con los niveles bajos solo lo inicia. Los niveles altos de fertilización, afectan negativamente a *A. odoratum* en la fase de aprovechamiento “*ensilado temprano*”, que sólo alcanza la fase de preantesis con los niveles altos mientras que con niveles bajos es de antesis.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó con la financiación de la Junta de Castilla y León dentro del programa de ayudas a la actividad investigadora al grupo de excelencia GR158.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOCHI O. (2001) *Influencia de la época de corte, la fecha de siega y la fertilización mineral de los prados sobre el valor nutritivo de la hierba*. Tesis doctoral. Universidad de León.
- CALLEJA A. (2004) *Tipificación, cartografía y evaluación de los pastos Españoles. Castilla y León Occidental*. Informe final del proyecto OT 00 037 09. Documento inédito. INIA. Madrid. España.
- DURU M., BALENT G., GIBON A., MAGDA D., THEAU J. P., CRUZ P. Y JOUANY C. (1998) Fonctionnement et dynamique des prairies permanentes. Exemple des Pyrénées centrales. *Fourrages*, 153, 97-113.
- GARCÍA R. Y CALLEJA A. (2003) Capacidad de rebrote otoñal de especies de prados de la Montaña de León. Efecto del modo de aprovechamiento y de la fertilización mineral. En: Robles *et al.* (Eds) *Pastos, desarrollo y conservación*, pp 173-177. Granada. España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- GARCÍA R., DEL RÍO S., VALDÉS C. Y LÓPEZ S. (2013) Fenología de las gramíneas en tres épocas de aprovechamiento forrajero de los prados en la vertiente sur de la cordillera cantábrica (león). Badajoz, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. En prensa.
- JARVIS S C. (2000) Soil-plant-animal interactions and impact on nitrogen and phosphorus cycling and recycling ingrazed pastures. En: Lemaire G. *et al.* (Eds), *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*, pp 317-337. Londres, UK: CABI Publishing.
- KLAPP E. (1987) *Manual de las Gramíneas*. Barcelona, España: Ed. Omega.
- MOORE K.J., MOSER L.E., VOGEL K.P., WALLER S.S., JOHNSON B.E., PEDERSEN J.F. (1991) Describing and quantifying growth stages of perennial forage grasses. *Agron. J.*, 83, 1073-1077.
- PÉREZ MT., PÉREZ JE., GARCÍA R., MORO A Y CALLEJA A. (1994) Influencia de la fertilización sobre la evolución de la composición botánica en prados permanentes de la Montaña de León. Actas de la XXXIV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. 97-102.
- PÉREZ PINTO E. (1989) *Estudio botánico y mineral de prados permanentes de la Cuenca del Bernesga*. Tesis doctoral. Universidad de León.
- RODRÍGUEZ M., GARCÍA R., ANDRÉS S. Y CALLEJA A. (2003) Cuarenta años de fertilización en prados de la montaña de León. I. Influencia sobre la producción. *Pastos*, 33 (1), 103-153.
- S.A.S. (2012) *SAS/STAT User's Guide*. Carolina del Norte, USA: Ed. Statistical Analysis System Institute Inc. Cary.
- TROXLER J. (1990) Dynamique de la vegetation et productivité des prairies naturelles de montagne en Suisse. *Herba*, 3, 40-45.
- VIVIER M. (1971) Les prairies permanentes du Bessin et du Pays D'Auge. *Technique et économie agricole du calvados*, 17, 1-395.

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LA ASOCIACIÓN FORRAJERA HABA-COLZA COMO ALTERNATIVA INVERNAL SOSTENIBLE AL RAIGRÁS ITALIANO

Agronomic Performance of the Intercrop Fava Bean-Rapeseed as a Sustainable Winter Forage Alternative to the Italian Ryegrass

A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, M. BENAUDA, F. PRÓSPERO
y F. VICENTE

Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Área de Nutrición Animal, Pastos y Forrajes. 33300 Villaviciosa, admartinez@serida.org

Resumen: En las explotaciones lecheras del norte de España, la rotación de cultivo más habitual, por su elevada productividad, es la de maíz-raigrás italiano, repetida de forma continua. Esta rotación es muy exigente en fertilización nitrogenada, con efectos negativos sobre la fertilidad del suelo. Bajo la premisa de mantener el maíz como cultivo de verano, en este trabajo se ha planteado sustituir en la rotación el raigrás italiano por otro cultivo de invierno menos exigente en fertilización. Se planteó como cultivo de invierno alternativo la asociación forrajera de habas y colza para combinar la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico de la leguminosa y la capacidad de movilizar nutrientes en el suelo además del poder herbicida de la crucífera. Los resultados muestran que la asociación haba-colza puede ser una alternativa viable al raigrás italiano como forraje de invierno, ya que no presenta diferencias estadísticamente significativas relativas a los rendimientos en proteína y energía. Su utilización permite reducir los *inputs* en fertilización de síntesis y herbicidas a la vez que mejora el equilibrio del suelo, a través de un aumento en los contenidos de potasio.

Palabras clave: Sostenibilidad, producción, calidad nutritiva, fertilidad del suelo

Abstract: In the dairy farms of the north of Spain, the most common forage rotation is the maize-italian ryegrass due to its high productivity. This rotation is very demanding in terms of nitrogen fertilization, with negative effects on soil fertility. The aim of this work was evaluate an alternative winter crop (Fava bean and Rapeseed) to the Italian ryegrass, under the premise of keeping the maize as summer crop, in order to combine the legumes ability to fix atmospheric nitrogen and the ability of cruciferous to mobilize soil nutrients besides its herbicide action. The results show that the intercrop fava bean-rapeseed may be a sustainable alternative to the Italian Ryegrass as winter crop, because there are not differences in protein and energy performance between both fodders. It use allows to reduce the inputs of synthetic fertilization and herbicides, and has a positive effect in the balance of soil nutrients, especially increasing the potassium content.

Keywords: Sustainability, production, nutritive quality, soil fertility

INTRODUCCIÓN

La producción de leche se encuentra inmersa en una crisis de rentabilidad, generada por los bajos precios de la leche y elevados costes de las materias primas. Esta complicada situación, está forzando al sector a buscar estrategias para reducir costes, sobre todo en alimentación (Álvarez Pinilla y Pérez Méndez, 2010). Si tenemos en cuenta que los forrajes son una parte importante de la alimentación, pudiendo integrar la totalidad de la dieta en algunos momentos del estado fisiológico de los animales, la solución al problema puede estar en reconducir los sistemas de alimentación, potenciando la utilización de forrajes de calidad en busca de una mejora en la eficiencia de utilización de los recursos propios.

La producción intensiva de forrajes vinculada con variedades de alto rendimiento y el uso de fertilizantes químicos y pesticidas, tiene consecuencias negativas sobre los recursos naturales como pérdida de fertilidad del suelo, contaminación de recursos hídricos, eutrofización de aguas superficiales, impacto sobre la atmósfera, balances negativos de carbono y otros nutrientes. En las explotaciones lecheras del norte de España, la rotación de cultivo más habitual, por su elevada productividad, es maíz-raigrás italiano, que, a pesar de ser muy exigente en cuanto a fertilización nitrogenada y con efectos negativos sobre la fertilidad del suelo, se repite año tras año de forma continua. Por ello, para potenciar la utilización de forrajes de calidad, es necesario plantear estrategias de manejo menos agresivas con el medio ambiente. En este sentido, las leguminosas forrajeras, por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, son especialmente atractivas para la producción sostenible de alimentos para el ganado. Trabajos realizados en el SERIDA destacan el papel de las habas forrajeras por su elevada producción, grandes nódulos de *Rizhobium* fijadores de nitrógeno, porte erguido, aporte de proteína y alta digestibilidad. A diferencia de la mayoría de las leguminosas, su baja capacidad tampón y alto contenido en azúcares solubles les confiere una ensilabilidad aceptable (De la Roza *et al.*, 2004, Martínez-Fernández *et al.*, 2010). Es sabido que la utilización de abonos verdes promueve la recuperación y reequilibrio mineral en los cultivos, así como una mayor eficiencia en el reciclaje de nutrientes mediante su movilización y solubilización. La colza, por ejemplo, dispone de un sistema radicular potente y profundo que moviliza nutrientes (especialmente P y K) de las capas profundas a las superficiales liberándolos gradualmente durante el proceso de descomposición de la materia orgánica (Vance *et al.*, 2003). Su utilización como forraje puede ser efectiva

para suprimir el desarrollo de malas hierbas (Grundy *et al.*, 1999) y mantener la fertilidad del suelo (Liebman y Davis, 2000). Además, tras aprovechar su parte aérea como forraje, su sistema radicular puede ser aprovechado como abono verde para mejorar la estructura del suelo. Otra alternativa es la asociación de cultivos, con los que se obtienen producciones de mayor cantidad y calidad que los monocultivos de las mismas especies en superficies equivalentes (Jolliffe, 1997) y cuyo principal beneficio es el incremento de fertilidad del suelo.

El objetivo del presente trabajo ha sido utilizar un cultivo asociado de habas y colza, menos exigente en fertilización, como una alternativa viable al raigrás italiano como cultivo invernal, sin pérdidas de valor nutritivo del forraje ni de producción y que muestre un efecto positivo sobre la fertilidad del suelo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en la finca experimental del SERIDA de Villaviciosa (43° 28' 50" lat., 5° 26' 27" long., y 10 msnm), entre septiembre de 2011 y septiembre de 2012. Se utilizaron dos parcelas colindantes de 1,5 ha cada una. Una de ellas manejada con criterios de sostenibilidad medioambiental (abonado orgánico y bajos *inputs* de herbicidas; S1MS) y otra bajo manejo convencional (S2MC). La siembra del cultivo de invierno se realizó en septiembre de 2011. La parcela S1MS se sembró con un cultivo asociado de habas forrajeras y colza (*Vicia faba* cv Prothabon-*Brassica napus* cv Fricola, HC) y una dosis de siembra de 150 kg/ha y 8 kg/ha respectivamente y la S2MC con 45 kg/ha de raigrás italiano no alternativo (*Lolium multiflorum* cv Barextra, RI), que no produce espigas el primer año. El primer corte para ensilado del RI se efectuó la segunda semana de marzo, mientras que el segundo corte coincidió con el corte único de la asociación HC, en la segunda semana de mayo con las habas forrajeras en un estado de desarrollo vegetativo de vainas con grano. Tras el cultivo de invierno, se sembró maíz (*Zea mays* cv Crazy) como cultivo de verano de la rotación en ambas parcelas en la segunda semana de junio, con una densidad de siembra de aproximada de 90 000 plantas por ha, que se cosechó para ensilar la segunda semana de septiembre con el grano en estado pastoso-vítreo.

En términos de abonado, S2MC recibió 60 UF de N, 40 UF de P₂O₅ y 120 UF de K₂O en presiembra y 70 UF de N en cobertera después del primer corte para ensilado en forma de fertilizantes de síntesis. En la misma parcela y para el cultivo de verano, se aplicaron 125 UF de N, 144 UF de P₂O₅ y 216 UF de K₂O, previo a la

siembra de maíz y 75 UF de N en cobertera. En S1MS se utilizó estiércol y purín como fertilizantes orgánicos. Ambos se analizaron previamente a ser utilizados, a fin de determinar su contenido en nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) y determinar las dosis de aplicación necesarias para equilibrar los aportes de N en ambos manejos y si fuese preciso complementar con abonos químicos. Con este criterio, se aportaron 36 t/ha de estiércol y 32 m³/ha de purín para el cultivo de invierno y 33 t/ha de estiércol y 84 m³/ha de purín para el cultivo de verano y no se realizó ninguna aplicación en cobertera.

Para el control de especies adventicias en el maíz, en S2MC se utilizó un herbicida selectivo (PRIMEXTRA) a dosis de 4 L/ha, en presiembra. En S1MS, la dosis de herbicida se redujo a la mitad (2 L/ha) para evaluar el efecto de control sobre las malas hierbas de la colza. Para el control de plagas se utilizó en ambos casos un insecticida a base de organofosforados (Clorpirifos 480 g/L; DURSBAN).

En el momento de las cosechas se realizaron controles de producción delimitando dos zonas de muestreo en cada parcela, lo suficientemente distanciadas entre sí para ser consideradas como repeticiones. En la parcela S2MC se realizó un control de producción antes de cada uno de los dos cortes del RI, lanzando un listón de 2 m cinco veces al azar, segando una franja de 0,10 m de anchura. La parcela S1MS se muestreó antes de la cosecha de HC, delimitando en cada zona una superficie de 1m². Para muestrear el maíz, en cada zona se cortaron las plantas de dos líneas a lo largo de 3 m en área de muestreo de 4,5 m². Simultáneamente, se muestreó la flora arvense. Disponiendo finalmente un total de dos muestras por parcela para cada cultivo y corte.

Las muestras de RI, HC y maíz, fueron secadas en estufa a 60°C durante 24 h, registrándose su peso seco y posteriormente molidas a 0,75 mm para determinar por duplicado su contenido en principios nutritivos (cenizas, proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y digestibilidad de la materia orgánica (DMO), además de almidón en el maíz). Las muestras de RI y maíz fueron analizadas por NIRS. Las muestras de HC fueron analizadas por vía húmeda (por no disponer de ecuaciones NIRS específicas para esta asociación forrajera). En todas las muestras se estimó el contenido en energía metabolizable (EM) según ARC (1980).

Para evaluar el cambio en el perfil del suelo por el manejo, se muestreó el suelo en ambas parcelas (dos zonas de muestreo por parcela y dos muestras por zona) antes de la siembra del cultivo de invierno, antes de la siembra del maíz y

después de su cosecha, tomando como referencia la composición del mismo en Mayo de 2011.

La producción, valor nutritivo y contenido energético fueron contrastados mediante análisis de varianza con el procedimiento GLM de SAS, según modelo lineal con el manejo como factor principal. La evolución de las características de fertilidad del suelo fue evaluada mediante análisis de medidas repetidas en el tiempo (SAS, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se resumen las producciones obtenidas en ambos manejos, para los cultivos de invierno y verano así como para el total de la rotación.

La producción de la asociación HC resultó muy superior a la obtenida por De la Roza *et al.* (2004) para las habas forrajeras cuando estudiaron su evolución en asociación con triticale como cereal de invierno (5405 kg MS/ha). No se observaron diferencias significativas del corte único de HC respecto a la producción acumulada de los dos cortes de RI, de forma concordante con los resultados de Martínez-Fernández *et al.* (2005), cuando compararon habas forrajeras en monocultivo frente a raigrás italiano (7,6 t/ha vs. 6,7 t/ha para habas y raigrás respectivamente). La presencia de adventicias asociadas al maíz mostró diferencias significativas entre manejos, demostrando la poca efectividad del herbicida sintético frente al poder herbicida de la colza. Considerando la producción acumulada de la rotación completa, aparece una tendencia ($P=0,08$) hacia una mayor producción total en el manejo sostenible.

Tabla 1. Producción forrajera de la rotación en manejo convencional y sostenible.

	Convencional	Sostenible	r.s.d.²	P³
Cultivo de invierno¹ (t/ha)	7,88 (4)	9,82 (2)	0,921	0,27
Cultivo de verano (Maíz) (t/ha)	10,59 (2)	12,95 (2)	1,05	0,24
Malas hierbas (t/ha)	1,42 (2)	0,28 (2)	0,17	0,01
Rotación completa (t/ha)	18,47 (8)	22,77 (6)	0,923	0,08

¹ Convencional: Raigrás italiano (RI); Sostenible: Cultivo asociado de habas forrajeras y colza (HC); ² Desviación estándar residual. ³ Nivel de significación: $P>0,05$, no significativo; $P\leq 0,05$, significativo.

En la Tabla 2 se muestran los resultados de valor nutritivo de los cultivos de invierno (HC y RI) y de verano (maíz), según su manejo convencional o sostenible.

Tabla 2. Valor nutritivo y aporte energético de los forrajes en manejo convencional (raigrás italiano + maíz) y manejo sostenible (habas-colza + maíz)

		Convencional	Sostenible	r.s.d. ²	P ³
Cultivo de invierno¹	Materia seca (%)	15,84	15,05	0,287	0,19
	Cenizas (%MS)	8,54	11,73	0,615	0,04
	Proteína bruta (%MS)	10	16,57	1,04	0,02
	Fibra neutro detergente (%MS)	41,08	51,27	1,539	0,02
	Fibra ácido detergente (%MS)	19,19	43,75	0,524	<0,001
	Digestibilidad de la materia orgánica (%)	80,8	64,06	0,834	<0,001
	Energía metabolizable (MJ/kg MS)	11,82	9,05	0,052	<0,001
Cultivo de verano (Maíz)	Materia seca (%)	29,87	28,13	0,797	0,25
	Cenizas (%MS)	3,67	4,46	0,247	0,12
	Proteína bruta (%MS)	7,46	7,93	0,3	0,39
	Fibra neutro detergente (%MS)	49,38	50,07	1,486	0,79
	Almidón (%MS)	21,01	21,47	1,293	0,84
	Digestibilidad de la materia orgánica (%)	72,91	72,72	0,854	0,9
	Energía metabolizable (MJ/kg MS)	11,24	11,12	0,12	0,57

¹ Convencional: Raigrás Italiano (RI); Sostenible: Cultivo asociado de habas forrajeras y colza (HC); ² Desviación estándar residual. ³ Nivel de significación: P>0,05, no significativo; P≤0,05, significativo.

El cultivo asociado HC mostró una mayor proporción de cenizas, PB, FND y FAD que el promedio de los dos cortes de RI. La mayor concentración de PB en el cultivo HC fue debida a la presencia de la leguminosa, mientras que la mayor proporción de FND y FAD fueron consecuencia de la alta proporción de fibra en la colza, lo que indujo una menor DMO y concentración energética en la asociación HC que en el RI. Respecto al maíz, no se observaron diferencias significativas entre ambos tipos de manejo. Si evaluamos el rendimiento de las rotaciones en base a producciones de PB y EM por ha según manejo (Tabla 3), observamos que las diferencias se diluyen hasta convertirse en no significativas. Aún así, los kg de PB/ha en S1MS fueron un 46% y un 30% superior a los obtenidos en S2MC para el forraje de invierno y el maíz respectivamente. Estas producciones indujeron una tendencia (P=0,08) a una mayor producción total de proteína bruta por hectárea, en la rotación completa. El menor aporte energético de HC se vio compensado por la mayor producción obtenida, de manera que no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre manejos, si bien, los GJ de EM/ha de la rotación completa fueron un 10% superiores en el manejo sostenible que en el convencional.

En la Figura 1 se muestra la evolución en el suelo del pH y de las concentraciones de materia orgánica (MO), P y K.

Tabla 3. Rendimientos en proteína (PB) y energía (EM) según manejo.

	Convencional	Sostenible	r.s.d. ²	P ³	
PB (kg/ha)	Forraje de invierno¹	1112,01	1628,61	167,058	0,16
	Maíz	789,93	1024,33	81,043	0,24
	Rotación completa	1901,92	2652,96	167,059	0,08
EM (GJ/ha)	Forraje de invierno¹	93,11	88,85	8,473	0,75
	Maíz	118,56	144,07	10,976	0,22
	Rotación completa	211,66	232,92	8,471	0,22

¹ Convencional: Raigrás Italiano (RI); Sostenible: Cultivo asociado de habas forrajeras y colza (HC);

² Desviación estándar residual. ³ Nivel de significación: P>0,05, no significativo; P≤0,05, significativo.

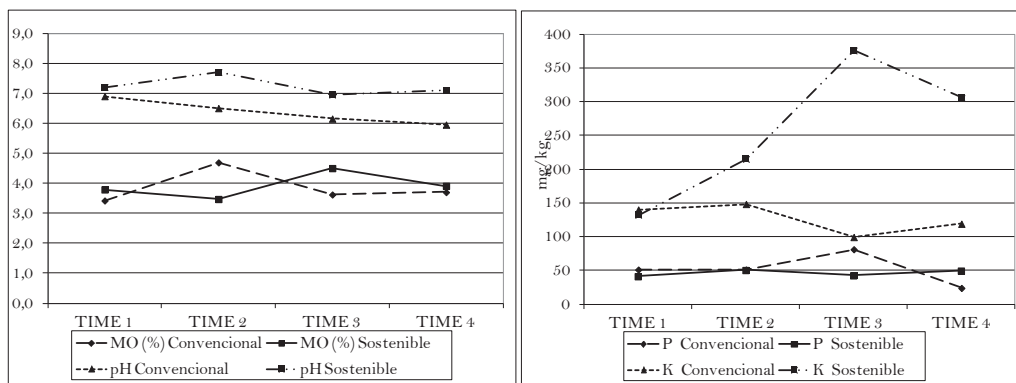


Figura 1. Evolución del pH, MO, P y K del suelo en dos sistemas de manejo: Convencional y Sostenible. (TIME: 1: Referencia a mayo 2011; 2: siembra cultivo de invierno; 3: siembra cultivo de verano; 4: cosecha maíz)

El valor de pH (>6) y el contenido en MO (>2%), garantizan una correcta implantación y desarrollo de los cultivos en ambos manejos. El contenido en P asimilable indica niveles elevados de fertilidad del suelo, sin diferencias significativas entre manejos, mientras que la concentración en K en manejo sostenible, se incrementó significativamente a lo largo del período de estudio, pasando de un suelo clasificado como de fertilidad baja a fertilidad alta según Martínez-Fernández y Argentería (2013). La evolución del contenido en K refleja el efecto de la fertilización orgánica, rica en K, así como la extracción de K de las capas profundas, por parte de la colza.

CONCLUSIONES

La asociación haba-colza puede ser una alternativa viable al raigrás italiano como forraje de invierno, sin diferencias significativas relativas a los rendimientos en proteína y energía. El manejo sostenible permite reducir los *inputs* en fertilización de

síntesis y herbicidas, a la vez que mejora el equilibrio del suelo a través de un aumento en los contenidos de potasio.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por INIA proyecto RTA2011-0012-00. Las estancias de M. Benaouda y F. Próspero están financiados por IAMZ-CIHEAM (España) y CONACYT (México) respectivamente. Los autores agradecen la colaboración del personal del Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ PINILLA A. Y PÉREZ MÉNDEZ J. A. (2010) Acciones de Futuro para el Sector Lechero en la Cornisa Cantábrica. Edita. Centro Nacional de Competencia Tecnológica de la leche. Oviedo (España).65 pp.
- ARC (1980). *The nutrient requirements of ruminant livestock*. Reino Unido: Commonwealth Agricultural Bureaux, 351 pp.
- DE LA ROZA DELGADO B., MARTÍNEZ FERNÁNDEZ A., SOLDADO CABEZUELO A. Y ARGAMENTERÍA GUTIÉRREZ A. (2004). Evolución de la producción y ensilabilidad de la asociación triticale – haboncillos, según estado de desarrollo. En: García Criado B. *et al.* (eds) *Pastos y Ganadería Extensiva*, pp 273-278. Salamanca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- GRUNDY A.C., MEAD A. Y BURNSTON S. (1999) Modelling the effect of cultivation on seed movement with application to the prediction of weed seeding emergence. *Journal of Applied Ecology*. 36, 663-678.
- JOLLIFFE P. A. (1997) Are mixed populations of plant species more productive than pure stands?. *Oikos*, 80, 595-602.
- LIEBMAN M. Y DAVIS, A.S. (2000) Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. *Weed Research*, 40 (1), 27-47.
- MARTÍNEZ FERNÁNDEZ A. Y ARGAMENTERÍA GUTIÉRREZ, A (2013) Recomendaciones para la fertilización de praderas y cultivos forrajeros anuales en zonas templado-húmedas. *Afriga*, 102, 100-110.
- MARTÍNEZ FERNÁNDEZ A., DE LA ROZA DELGADO B., SOLDADO CABEZUELO A. Y ARGAMENTERÍA GUTIÉRREZ A. (2005). Evaluación de producción y valor nutritivo de las habas forrajeras como alternativas al raigrás italiano utilizadas como cultivo de invierno en rotación con el maíz. En: De la Roza Delgado *et al.*(eds) *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural*, pp 681-688. Gijón, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- MARTÍNEZ FERNÁNDEZ A., SOLDADO A., VICENTE F., MARTÍNEZ A. Y DE LA ROZA DELGADO B. (2010) Wilting and inoculation of *Lactobacillus buchmeri* on intercropped triticale fava silage: effects on nutritive, fermentative and aerobic stability characteristics. *Agricultural and Food Science*, 19, 302-312.
- SAS (1999) SAS (Statistical Analysis System) Institute, SAS/STATTM. *User's guide*. North Caroline, USA: SAS Institute, Inc. 10. Carry
- VANCE C.P., UHDE-STONE C. Y ALLAN D.L. (2003) Phosphorus acquisition and use: Critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. *New Phytologist*, 157 (3), 423-447.

EFECTO DEL ABONADO NITROGENADO SOBRE EL PRIMER CORTE DE PRIMAVERA EN UN CULTIVO INVENCAL DE RAIGRÁS ITALIANO

Nitrogen Fertilizer Effect on the First Spring Harvest in a Winter Crop Italian Ryegrass

J.A. OLIVEIRA-PRENDES, E. AFIF-KHOURI, P. PALENCIA-GARCIA
y J.J. GORGOSO-VARELA

Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. Escuela Politécnica de Mieres.
Universidad de Oviedo. C/ Gonzalo Gutiérrez Quirós s/n, 33600 Mieres (España),
oliveira@uniovi.es

Resumen: Se determinó la producción de materia seca y el estado nutricional en el primer corte de biomasa en primavera en un cultivo forrajero invencal mezcla de tres cultivares de raigrás italiano (*Lolium multiflorum* Lam.), cv Jivet y cv Barspirit tetraploides y cv Barprisma diploide en Carreño (Asturias). El cultivo se abonó con tres dosis de nitrógeno (nitrato amónico cálcico): 0 kg N ha⁻¹, 40 kg N ha⁻¹ y 80 kg N ha⁻¹ aplicado manualmente en marzo de 2010, 2011 y 2012. En mayo de 2010, 2011 y 2012, se tomaron de forma aleatoria entre 25 y 30 muestras de vegetación mediante un marco cuadrado de 0,5 m x 0,5 m por tratamiento para determinar la producción de biomasa y evaluar la nutrición mineral del forraje mediante análisis foliar. Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes dosis de N aplicado en la producción de biomasa y el contenido en N y P, pero no en K, Ca y Mg foliares. La aplicación de 80 kg N ha⁻¹ fue la mejor en cuanto a producción de biomasa y contenido en N y P foliares.

Palabras clave: Asturias, análisis foliar, fertilización.

Abstract: Dry matter biomass production and nutritional status were determined in the first harvest of a mixture of three Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) cultivars (the tetraploids 'Jivet' and 'Barspirit' and the diploid 'Barprisma') in Asturias (N Spain). Three nitrogen (calcium ammonium nitrate) fertilization treatments were compared: 0 kg N ha⁻¹, 40 kg N ha⁻¹ or 80 kg N ha⁻¹ applied by hand in March of 2010, 2011 and 2012. In May of each year, samples of vegetation (28-30) were collected at random from each treatment plot to evaluate biomass production and to evaluate the nutritional status of the forage by foliar analysis. The different doses of nitrogen had significantly different effects on production and N and P but not on K, Ca and Mg nutrient contents of the biomass. The application of 80 kg N ha⁻¹ was the best in terms of biomass production and N and P foliar content.

Keywords: Asturias, foliar analysis, fertilization.

INTRODUCCIÓN

Según Ferrer *et al.* (2001) los cultivos forrajeros son pastos sembrados que forman parte de una rotación y se pueden dividir en praderas, formadas por

gramíneas y leguminosas sembradas y aprovechadas bien mediante siega y/o pastoreo y cultivos forrajeros monófitos, anuales o plurianuales y generalmente aprovechados mediante siega.

La gestión de la producción forrajera es un factor importante en la rentabilidad de las explotaciones (Martínez *et al.*, 2003) siendo importante para los ganaderos de leche que la producción y la rentabilidad tanto de los cultivos de invierno como los de verano se optimice.

Los raigrases de corta duración, que incluyen a los italianos alternativos y no alternativos y los híbridos se usan como cultivos forrajeros de altas producciones de invierno y principios de primavera en rotación con maíz forrajero. Esta rotación anual produce la mayor cantidad de materia (MS) (20-25 t MS ha⁻¹ año⁻¹) comparada con 11-15 t MS ha⁻¹ año⁻¹ en praderas y 7-8 t MS ha⁻¹ año⁻¹ en prados (Martínez-Fernández *et al.*, 2008). Los raigrases combinan bien con leguminosas forrajeras de corta duración así como con el trébol violeta (Piñeiro y Pérez, 1993).

En el caso de los forrajes, la comprobación del estado nutricional de los mismos y la determinación del valor nutricional para el consumo de los animales son las dos razones fundamentales para determinar su composición mineral (Alonso y García, 1997). Aunque los análisis foliares nos pueden ayudar a identificar deficiencias o excesos en la nutrición animal, hay que tener mucha precaución a la hora de interpretar los datos, pues la relación entre la composición mineral del alimento y el estatus mineral del ganado es muy débil (Rodríguez-Juliá, 1990).

El principal objetivo de este trabajo fue la evaluación de diferentes dosis de abonado nitrogenado sobre la producción de biomasa y su relación con la composición mineral del forraje en el primer corte de un cultivo forrajero de *Lolium multiflorum* Lam., en zona de costa de Asturias, con el fin de poder recomendar la dosis más adecuada de N.

MATERIAL Y MÉTODOS

Parcelas de ensayo

Se sembraron 40 kg ha⁻¹ de una mezcla de tres cultivares de raigrás italiano, *Lolium multiflorum westerwoldicum* 'Jivet' y 'Barspirit' (tetraploides) y *Lolium multiflorum* 'Barprisma' (diploide), en parcelas de 100 m² en octubre de 2009, 2010 y 2011 (cada año en las mismas parcelas), con un diseño en bloques completos al azar.

La mezcla incluyó 50, 20 y 30% (en peso) de los tres cultivares, respectivamente. Las parcelas pertenecen a la finca “Casero” en Carreño (43° 35' N, 5° 47' W 80 m sobre el nivel del mar), Asturias, España, en un suelo tipo Inceptisol. Las parcelas se abonaron con tres dosis de fertilizante nitrogenado (nitrato amónico cálcico, 27% N y 8% CaO) que fueron: 0 kg N ha⁻¹, 40 kg N ha⁻¹ y 80 kg N ha⁻¹. El fertilizante se aplicó manualmente en marzo del 2010, 2011 y 2012.

Análisis de suelo

Antes de la siembra se tomó en cada parcela una muestra de suelo formada por la mezcla de 10 muestras tomadas a 0-20 cm de profundidad con una sonda holandesa. Sobre el suelo tamizado con un tamiz de 2 mm de luz de malla se determinó, por duplicado, la textura según el método de la pipeta Robinson; el pH potenciométricamente en una suspensión suelo:agua 1:2,5; sales solubles en el extracto 1:5; bases extraíbles con NH₄Cl 1N por absorción atómica y a continuación se calculó la capacidad de intercambio catiónico; nitrógeno total por el método Kjeldahl; el carbono orgánico por ignición y el fósforo disponible se determinó por el método de Mehlich 3.

Producción de biomasa y análisis nutricional

El análisis mineral de los forrajes se realizó tomando entre 28 y 30 muestras recogidas de forma aleatoria en cada tratamiento y parcela en el mes de mayo de 2010, 2011 y 2012, con la ayuda de un marco cuadrado metálico de 0,25 m² de superficie. La biomasa dentro de cada marco se cortó a ras de suelo y se pesó en verde y posteriormente se tomaron submuestras de 100 g colocándolas en una estufa a 70 °C durante 48 h para determinar el porcentaje de materia seca. Al mismo tiempo, las muestras verdes de cada tratamiento se combinaron para obtener tres submuestras de 200 g de peso verde. Estas submuestras se lavaron con agua destilada para eliminar la suciedad y se secaron en estufa a 70 °C durante 48 h antes de analizar por duplicado, el P, Ca, Mg, K y N total siguiendo la metodología de Jones *et al.* (1991).

Tratamiento estadístico

Para comparar el efecto de los diferentes tratamientos sobre las variables evaluadas, se utilizó un análisis de la varianza (ANOVA), primero por año y luego con los tres años combinados (considerando los factores año y repetición, aleatorios y el tratamiento fertilización nitrogenada, fijo). La significación de las diferencias entre medias se evaluó mediante el test DUNCAN. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS 19 (SPSS, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades del suelo

Las propiedades generales del suelo, determinadas antes de la siembra del ensayo en 2009, fueron las siguientes: El suelo fue ligeramente ácido ($\text{pH} = 6,3$), con bajas conductividades eléctricas ($0,11 \text{ dS m}^{-1}$). La textura fue franco arenosa. La relación C / N ($\text{C} / \text{N} = 15,7$) indica una escasa liberación de N. El N total ($0,08\%$) fue bajo (Junta de Extremadura, 1992). El P disponible ($69,0 \text{ mg P kg}^{-1}$), extraído por el método Mehlich 3, estuvo por encima del nivel crítico para este extractante ($> 30 \text{ mg P kg}^{-1}$) (Buondonno *et al.*, 1992).

Considerando la textura del suelo, el K cambiante ($0,20 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) fue bastante bajo (Junta de Extremadura, 1992). El Mg cambiante ($2,12 \text{ Mg cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) estuvo por encima de los niveles críticos ($> 1,60 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) (Junta de Extremadura, 1992). El Na cambiante ($\text{Na } 0,64 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) estuvo dentro de los niveles normales (Junta de Extremadura, 1992). La capacidad de intercambio catiónico ($24,8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) fue alta debido a los altos niveles del Ca cambiante ($21,8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) (Junta de Extremadura, 1992). Las características del suelo son similares a los de otros suelos en zonas de baja altitud de la zona central de Asturias (Afif y Oliveira, 2008).

Análisis de la biomasa

Las medias y las desviaciones estándar de la producción de material seco (g m^{-2}) en cada uno de los tratamientos de abonado nitrogenado se muestran para cada año y para la media de los tres años en la Tabla 1. En el ANOVA, el efecto año así como el contraste del efecto de la dosis de nitrógeno respecto a la interacción dosis de nitrógeno \times año fueron significativos, por lo que el orden de las dosis de nitrógeno no fue diferente de un año a otro y los valores de producción de materia

seca sólo estuvieron influidos por el efecto año, debido a que los niveles de nitrógeno total en el suelo en el momento de los cortes se incrementaron desde 2010 hasta 2012 (0,22% en 2010, 0,37% en 2011 y 0,46% en 2012).

Tabla 1. Medias (desviaciones estándar entre paréntesis) de la producción de Materia seca (g m^{-2}) en cada tratamiento de nitrógeno aplicado. Diferencias significativas entre medias en la misma columna y por cada año se indican con letras diferentes (test Duncan, $p < 0,05$).

Año	(kg ha^{-1})	(Desviaciones)
2010	0	354,6b(114,3)
	40	534,8a(119,7)
	80	538,3a(118,9)
	0	430,1c(114,2)
2011	40	684,7b(80,3)
	80	958,0a(78,6)
	0	772,1c(105,3)
2012	40	1084,7b(80,3)
	80	1358,0a(78,6)
	0	522,7c(213,5)
Año medio	40	784,0b(255,5)
	80	956,1a(384,4)

La producción de biomasa no presentó diferencias significativas en 2010, en las parcelas abonadas con 40 kg N ha^{-1} y 80 kg N ha^{-1} (aunque la producción de biomasa fue más alta en la parcela abonada con 80 kg N ha^{-1}), probablemente debido a que dos días después de la aplicación del abonado nitrogenado se produjo una precipitación importante (14 mm/día , el 14 de marzo de 2010); sin embargo en 2011 y 2012, la producción de biomasa fue significativamente diferente entre los diferentes dosis de N aplicado, aumentando a medida que aumentaba la dosis de N.

El ANOVA considerando los tres años en conjunto reveló que el tratamiento dosis de fertilizante nitrogenado tuvo un efecto significativo ($p < 0,05$) en la producción de materia seca.

El test Duncan ($p < 0,05$) mostró que la producción de MS fue más alta con la dosis de 80 kg N ha^{-1} ($9,56 \text{ t ha}^{-1}$) que con la de 40 kg N ha^{-1} ($7,84 \text{ t ha}^{-1}$) y la de 0 kg N ha^{-1} ($5,23 \text{ t ha}^{-1}$).

Estado nutricional del forraje

El ANOVA reveló un efecto altamente significativo de la dosis fertilizante en relación con el contenido de N en la biomasa producida ($p < 0,01$) y un efecto significativo ($p < 0,05$) en el contenido de P (Tabla 2). Se encontró que el test Duncan ($p < 0,05$) mostró que los contenidos en N y P de la biomasa fueron más altos en respuesta a la dosis de 80 kg N ha⁻¹ que a las dosis de 40 kg N ha⁻¹ y 0 kg N ha⁻¹.

Tabla 2. Medias de tres años (desviaciones estándar entre paréntesis) para contenido en nutrientes (sobre materia seca) de la biomasa producida en respuesta a tres dosis de nitrógeno aplicado. Por cada tratamiento, diferencias significativas entre medias se indican por diferentes letras en la misma fila (test Duncan, $p < 0,05$)

Variabes	0 kg N ha ⁻¹	40 kg N ha ⁻¹	80 kg N ha ⁻¹	Contenidos	Valores
N (mg g ⁻¹)	8,55c(1,99)	18,24b(3,05)	30,99a(3,25)	15-45	28
P (mg g ⁻¹)	1,85c(0,19)	2,09b(0,18)	2,39a(0,15)	1,5-5	4
K (mg g ⁻¹)	16,01(2,58)	15,97(2,89)	16,27(2,88)	Oct-50	5
Ca (mg g ⁻¹)	3,37(0,41)	4,23(0,73)	4,57(0,90)	15-Mar	7
Mg (mg g ⁻¹)	0,84(0,10)	0,83(0,08)	0,77(0,07)	4-Jan	2
N/P	4,62	8,73	12,97		

La producción de MS fue más alta, al igual que los contenidos en N y P en respuesta a la dosis más alta de fertilizante nitrogenado. Este resultado coincide con los estudios de Salette y Huché (1991) sobre los cambios en los contenidos de N y P en raigrás inglés durante el crecimiento primaveral, lo que indica que el contenido de P en el forraje es una función lineal del contenido en N foliar.

El cociente N/P en la biomasa fue más bajo de 10 en respuesta a las dosis de 0 kg N ha⁻¹ y 40 kg N ha⁻¹, por lo que estos nutrientes estuvieron equilibrados (McDonald, 2006), lo que no ocurrió con la dosis de 80 kg N ha⁻¹, en la que el cociente N/P fue mayor de 10. Además, el desequilibrio entre el N y el P en la biomasa puede indicar una interacción negativa entre el exceso relativo de N y la absorción de P. Esta interacción negativa ocurre como resultado de la competencia entre los iones NH₄⁺ e iones ortofosfato (H₂PO₄⁻, monovalente y HPO₄²⁻, bivalente) en los lugares de adsorción en el sistema radicular (Fangmeier *et al.*, 1994).

No se encontró un efecto significativo de las diferentes dosis de abonado nitrogenado sobre los contenidos minerales de K, Ca y Mg en el forraje.

Las concentraciones de todos los elementos analizados estuvieron dentro del intervalo normal en forrajes, excepto en el caso del Mg, en el cual se observaron valores más bajos de lo habitual, probablemente debido a la alta proporción del Ca cambiante en el valor de la capacidad de intercambio catiónico total respecto al Mg, lo que hace que haya más Ca en la solución del suelo y por lo tanto sea más fácilmente absorbido que el Mg por las raíces de las plantas (McLean, 1981).

Si se consideran los contenidos de estos elementos en relación a las necesidades del ganado vacuno lechero (Thélier-Huché *et al.*, 1999), las cantidades de K fueron adecuadas, pero las necesidades de N solo se cubrirán en el tratamiento de la dosis de 80 kg N ha⁻¹. En el caso del P, Ca y Mg, el forraje no cubriría las necesidades de los animales, aunque la cantidad de forraje y, por lo tanto, de minerales consumidos es más importante que la concentración de los mismos en el forraje (Rodríguez-Juliá, 1990).

CONCLUSIONES

La dosis de nitrógeno aplicado al suelo afectó significativamente la producción de biomasa y el contenido en N y P, pero no en K, Ca y Mg foliares. La dosis más alta (80 kg N ha⁻¹) resultó la mejor tanto para la producción como para el contenido en nutrientes de la biomasa.

En relación con las necesidades en minerales del ganado vacuno lechero, el forraje producido con cualquiera de las dosis de nitrógeno aportaría suficientes cantidades de K. En cambio solo aportaría cantidades adecuadas de N en el caso de la dosis más alta de abono nitrogenado (80 kg N ha⁻¹). El forraje no cubriría las necesidades de los animales en P, Ca y Mg, con ninguna de las dosis de nitrógeno aplicado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores están agradecidos a Natalia Ferreira Losa y Omar Menéndez Pérez, por la ayuda en la toma de datos de campo y los análisis de laboratorio y a la Sra Honorina Prendes dueña de la finca "Casero" en Carreño.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AFIF E. Y OLIVEIRA J.A. (2008) Eficiencia agronómica de tres fuentes fosfatadas en césped en condiciones controladas. *Pastos*, 38, 45-63.
- ALONSO I. Y GARCIA O.C. (1997) Mineral composition of soils and vegetation from six Mountain grassland communities in Northern Spain. *J Sci Food Agric*, 73, 200-206.
- BUONDONNO A., COPPLA E., FELLECA D. Y VIOLANTE P. (1992) Comparing test for soil fertility: Conversion equation between Olsen and Mehlich 3 as phosphorus extractants for 120 soils of South Italy. *Soil Sci Plant Anal*, 23, 699-716.
- FANGMEIER A., HADWIGER-FANGMEIER A., VAN DER EERDEN L. Y JÄGER H.J. (1994) Effect on atmospheric ammonia on vegetation-a review. *Environ Pollut*, 86, 43-82.
- FERRER C., SAN MIGUEL A. Y OLEA L. (2001) Nomenclátor básico de pastos en España. *Pastos*, 31(1), 7-44.
- JONES J.B., WOLF B. Y MILL H.A. (1991) *Plant Analysis Handbook: A Practical Sampling Preparation. Analysis and Interpretation Guide*. Athens, GA, USA: Micro-Macro Publishing.
- JUNTA DE EXTREMADURA (1992) *Interpretación de análisis de suelos, foliar y agua de riego. Consejo de abonado. Normas básicas*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A. DE LA ROZA-DELGADO B. MODROÑO-LOZANO S. Y ARGAMENTERÍA A. (2008) Producción y contenido en principios nutritivos de prados, praderas y de la rotación raigrás italiano-maíz en la raza marítima centro-oriental de Asturias. *Pastos*, 38 (2), 187-224.
- MARTÍNEZ A. PEDROL N. Y ALPERI J. (2003) *Siembra de praderas*. Oviedo, España: Ediciones Serida y KRK.
- McDONALD P. (2006) *Nutrición animal*. 6th ed. Zaragoza, España: Ediciones Acribia.
- McLEAN E.O. (1981) Contrasting concepts in soil test interpretation. Sufficiency levels of available nutrients versus basic cation saturation ratios. En: ASA Special publication N° 40 (eds) *Chemistry in the soil environment*, pp. 41-45. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy.
- PIÑEIRO J. Y PÉREZ M. (1993) *Mezclas pratenses para la España húmeda*. Hojas Divulgadoras n° 8/92 HD. Madrid, España: Secretaría General de Estructuras Agrarias. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- RODRIGUEZ-JULIÁ M. (1990) El análisis foliar como método de diagnóstico de la Nutrición mineral. *Sustrai*, 21 (4° trimestre), 54-57.
- SALETTE J. Y HUCHÉ L. (1991) Diagnostic de l'état de nutrition minerale d'une prairie para analyse de vegetal: principes, mise en oeuvre, exemples. *Fourrages*, n° 125, 3-18.
- SPSS for Windows (2011) Versión 19.0. Chicago, USA: SPSS Inc.
- THELIÉR-HUCHÉ L., FARRUGGIA A. Y CASTILLON P. (1999) *L'analyse d'herbe: Un Outil pour le pilotage de la fertilisation phosphatée et potassique des prairies naturelles et temporaires*. Paris, France: Editions Institut de L'élevage.

DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE DILUCIÓN DE NITRÓGENO CRÍTICO Y DEL INDICE DE NUTRICIÓN NITROGENADA EN TRITICALE (CV VERATO)

Determination of the Critical Nitrogen Dilution Curve and the Nitrogen Nutrition Index in Triticale (cv Verato)

F. LLERA CID, V. CRUZ SOBRADO, A. DE SANTIAGO ROLDAN Y
R. A. GALLEGO OLIVENZA.

Centro de Investigación "La Orden-Valdesequera". Consejería de Empleo, Empresa e Innovación. Gobierno de Extremadura. Finca "La Orden". Ctra. N-V. Km 372. 06187 Guadajira. Badajoz (España), fernando.llera@juntaextremadura.net

Resumen: Existen evidencias de que las Curvas de Dilución de Nitrógeno crítico (CDNc) y los Índices de Nutrición Nitrogenada (INN) son buenas herramientas para diagnosticar el contenido de nitrógeno de los cultivos. Para el triticale no se han descrito este tipo de metodologías, por lo tanto, el objetivo fue determinar la CDNc y validar su uso, para estimar así el estatus de nitrógeno del cultivo. El estudio se realizó durante la campaña 2009/2010 y 2010/2011 en una parcela del Centro de Investigación "La Orden-Valdesequera", utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar con tres dosis de nitrógeno (0, 75 y 125 kg/ha). Se realizaron siete muestreos durante el período de desarrollo del cultivo, determinándose la materia seca (MS) y la concentración de nitrógeno de la parte aérea de la planta (Nt). La CDNc estaba representada por la función potencial $Nc (\%) = 68,561 * MS^{-0,4431}$ ($R^2 = 0,9491$). El INN ($INN = Nt/Nc$) fue calculado a partir de la CDNc. Estas herramientas permiten identificar situaciones de deficiencia de nitrógeno en el cultivo y proceder a su corrección mediante la aplicación de un abonado de cobertera.

Palabras clave: Abonado de cobertera, deficiencia de nitrógeno, *X Triticosecale* Wittmack.

Abstract: There is evidence that Critical Nitrogen Dilution Curve (CDNc) and Nitrogen Nutrition Index (INN) are good tools to diagnose the nitrogen content of crops. For triticale are not such methodologies described, therefore, the objective was to determine and validate the use CDNc, estimating crop nitrogen status. The study was conducted during the campaign 2009/2010 and 2010/2011 on a plot of Centro de Investigación "La Orden-Valdesequera", using an experimental design of randomized complete block with three nitrogen doses (0, 75 and 125 kg/ha). Seven samplings were performed during the period of crop development, determining the dry matter and nitrogen concentration in the aerial part of the plant. The CDNc was represented by the potential function $Nc = 68.561 * MS^{-0.4431}$ ($R^2 = 0.9491$). The INN ($INN = Nt / Nc$) was calculated from the CDNc. These tools can identify situations of nitrogen deficiency in growing and proceed to correction by applying a top dressing.

Key words: Top dressing, nitrogen deficiency, *X Triticosecale* Wittmack.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la contaminación por actividades agrícolas, particularmente por el lavado de nitrógeno (N), se ha convertido en un problema muy importante para el medio ambiente. Es necesario un método de diagnóstico rápido que permita determinar el estado del N en planta, detectando el exceso o deficiencia del mismo en el cultivo y determinando así, la necesidad de aplicar o no N adicional mediante un abonado de cobertera. Este método permitiría una gestión óptima del fertilizante nitrogenado que ayudaría a aumentar el rendimiento económico de los cultivos y además, reduciría al mínimo los posibles efectos negativos sobre el medio ambiente, por aportes de N innecesarios.

El suministro de fertilizantes nitrogenados debe calcularse y aplicarse con el máximo rigor científico y técnico (Urbano y Rojo, 1999). En los sistemas de producción vegetal, es imprescindible conocer las necesidades de los cultivos durante su ciclo de desarrollo. Así, la aplicación de fertilizantes nitrogenados se realizará teniendo en cuenta estas necesidades, pero nunca de una sola vez, sino que se debe fraccionar en varias dosis. Como regla general, se llevará a cabo una aplicación antes de la siembra (abonado de fondo) y el resto durante el desarrollo del cultivo (abonado de cobertera) en varias veces. En el caso del triticale, las necesidades de N al principio del ciclo de desarrollo son muy bajas (desde la siembra hasta el inicio de ahijado la planta absorbe el 11% de las necesidades del cultivo) y es a partir de este momento y hasta el inicio del espigado cuando la planta necesita el 53% del máximo absorbido para formar el 53% de su materia seca (Llera, 2002). Por tanto, para este cultivo se debería repartir el abonado nitrogenado de cobertera en al menos dos dosis: una al inicio del ahijado y otra al final del mismo. Desde el inicio del espigado hasta el final de la maduración la planta necesita el 36% restante, pero las aplicaciones tardías en nuestra zona (precipitaciones primaverales escasas) no son aconsejables, ya que después de floración la absorción de N por el grano se realiza en su mayor parte mediante la transferencia de asimilados procedentes de las partes vegetativas (García del Moral y Ramos, 1989).

En la mayoría de los cultivos la concentración de N disminuye con el incremento de la materia seca (Greenwood *et al.*, 1990; Lemaire y Gastal, 1997). Esta dilución de N se describió matemáticamente mediante la Curva de Dilución del N (CDN), a partir de la cual, es posible determinar la “concentración crítica de N expresado como porcentaje de la materia seca del cultivo (N_c), definida como la

concentración mínima de N total necesaria para producir el máximo de materia seca en una fecha dada” (Justes, *et al.*, 1994). Obteniendo las N_c a lo largo de todo el ciclo de desarrollo de la planta es posible determinar la CDNc y establecer el estado nutricional de cultivo.

Aunque se han determinado numerosas CDNc: patata (Greenwood *et al.*, 1990; Belanger *et al.*, 2001), guisante (Ney *et al.*, 1997), arroz (Sheehy *et al.*, 1998), colza (Colnenne *et al.*, 1998), lino (Flenet *et al.*, 2006), variedades de trigo de primavera y de invierno (Justes *et al.*, 1994) y maíz (Ziadi *et al.*, 2008) etc., no se ha descrito ninguna para el triticale (x *Triticosecale Wittmack*) cv Verato.

Para cuantificar el estado nutricional nitrogenado de la planta, Lemaire *et al.* (1989) definieron el Índice de Nutrición Nitrogenada (INN) a partir del contenido N_c , definido en la CDNc. El conocimiento de la evolución del INN a lo largo del ciclo de desarrollo del triticale, puede permitir establecer y corregir las deficiencias de N.

Como en triticale no se han descrito este tipo de metodologías, el objetivo de este trabajo fue determinar la CDNc y el INN, para estimar así el estatus de nitrógeno del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo durante las campañas agrícolas 2009-2010 y 2010-2011 en una parcela del Centro de Investigación Agraria Finca La Orden del término municipal de Guadajira (Badajoz), propiedad de la Junta de Extremadura, en condiciones de secano.

En la campaña 2009-2010, la siembra del ensayo se realizó el 28 de Octubre de 2009 y en la campaña 2010-2011, el 19 de Octubre de 2010. El material vegetal utilizado fue un triticale de doble aptitud cv Verato, obtenido por el Departamento de Cultivos Extensivos del Centro de Investigación “La Orden-Valdesequera”.

El diseño estadístico fue en bloques completos al azar con 12 repeticiones, siendo las dosis de N aplicadas las que se muestran en la Tabla 1. La unidad experimental estaba constituida por dos parcelas de 1,5 m de ancho y 10 m de longitud, utilizando una de ellas para los muestreos destructivos. El número de muestreos fue de siete (a lo largo del ciclo del cultivo), tomando muestras de forraje de 0,25 m² de superficie en cada una de las parcelas del ensayo (n=36). Las muestras se secaron en una estufa a 100-105 °C durante 48 h para determinar el peso de

materia seca y posteriormente, fueron molidas para la obtención del porcentaje de N total mediante el método Dumas.

Tabla 1. Abonos utilizados en el abonado de fondo y en las dos coberteras (kg/ha).

Tratamiento	Abonado de fondo			1ª Cobertera	2ª Cobertera
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	N
	Sulfato amónico del 21%	Superfosfato cálcico del 18%	Cloruro potásico del 60%	Nitrato amónico cálcico del 27%	Nitrato amónico cálcico del 27%
N0 = 0 kgN/ha	0	42	90	0	0
N1 = 75 kgN/ha	25	42	90	50	0
N2 = 125 kgN/ha	50	42	90	50	25

La Curva de Dilución del N crítico (CDNc) está representada por la función potencial siguiente: $\%Nc = aMS^{-b}$ donde, MS es la materia seca total expresada en kg de materia seca/ha, Nc es la concentración total de N expresada en porcentaje de materia seca, a es un parámetro que representa la concentración de N en el total de la materia seca para 1000 kg/ha y el parámetro b , representa el coeficiente de dilución que describe la relación entre la concentración de N y MS.

Para la construcción de la CDNc se empleó la metodología propuesta por Justes *et al.* (1994). De forma que para cada fecha de muestreo, el punto crítico teórico quedaba definido como sigue:

- Cada tratamiento de N está caracterizado por un valor de producción de materia seca y una concentración de N total.
- Los datos pertenecientes al “grupo de los tratamientos limitantes de N” fueron ajustados mediante una regresión lineal simple. Siendo la variable independiente la MS y la variable dependiente el %N.
- Los datos pertenecientes al “grupo de los tratamientos no limitantes de N” fueron utilizados para calcular el valor máximo de la materia seca como el promedio de los mismos.
- El punto crítico queda definido por la cantidad máxima de materia seca calculada y su concentración de N total, como la ordenada de la materia seca máxima en la recta de regresión lineal simple.
- Para determinar la curva de N crítico se ajustaron los puntos teóricos críticos a una ecuación de regresión potencial.

Si el valor obtenido al representar el punto correspondiente a la materia seca y

N del cultivo, en un momento concreto de su ciclo de desarrollo, se sitúa por encima de la curva, se entiende que el cultivo está bien abastecido de N y por tanto, es posible ahorrar fertilizante nitrogenado al realizar el abonado de cobertera. Si está por debajo de la curva, el cultivo tiene deficiencia de N y entonces, deberá realizarse el abonado nitrogenado de cobertera con la cantidad establecida previamente.

Los datos de la segunda campaña (2010-2011), fueron utilizados para validar la CDNc. Además, se procedió al cálculo del INN de cada uno de los puntos de N crítico obtenidos para caracterizar el estatus de N en el cultivo (campaña 2009-2010). El INN se define como el cociente entre la concentración de N total del cultivo en un instante dado (Nt) y la concentración crítica de N correspondiente a la cantidad de materia seca producida (Nc): $INN = Nt/Nc$

Al utilizar el INN, se pueden dar tres casos:

- Si el resultado obtenido es mayor que uno ($INN > 1$), significa que el contenido de N en el cultivo es excesivo. En este caso es posible ahorrar parte del abonado de cobertera, ya que se está produciendo un consumo de lujo.

- Si el resultado obtenido está próximo a uno ($INN \approx 1$), significa que el cultivo está bien abastecido de N y sólo habría que añadir el N necesario para que el rendimiento alcance el óptimo.

- Si el resultado obtenido se encuentra por debajo de uno ($INN < 1$), habrá que actuar rápidamente, mediante un abonado de cobertera, para obtener la máxima tasa de crecimiento del cultivo e intentar conseguir el rendimiento óptimo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Siguiendo el método de Justes *et al.* (1994), se analizaron estadísticamente 252 datos (12 repeticiones x 3 dosis de nitrógeno x 7 muestreos realizados), que se encontraban comprendidos entre 180 kg/ha y 21 805 kg/ha de materia seca. Estos datos se separaron en dos grupos (tratamiento “no limitante de N” y tratamiento “limitante de N”). Para cada fecha de muestreo se obtuvo un punto crítico de la concentración de N (Tabla 2).

Con estos siete puntos, se estimaron los parámetros de la CDNc (Figura 1):

$$Nc = 68,561 MS^{-0,4431}$$

donde Nc es concentración crítica de N expresado en porcentaje y MS es la biomasa total expresada en kg de MS/ha. El modelo posee un coeficiente de determinación de 0,9491.

Tabla 2. Valores de N Crítico (% Nc) para cada fecha de muestreo. Campaña 2009-2010.

Días a Nascencia (DAN)	Materia Seca (kg/ha)						Nitrógeno (%)						
	0 kg N/ha		75 kg N/ha		125 kg N/ha		0 kg N/ha		75 kg N/ha		125 kg N/ha		% Nc
20	240,8	a	287,6	b	298,3	b	4,59	a	4,84	b	4,97	b	
37	723,9	a	935,76	b	973,9	b	3,8	a	4,6	b	4,67	b	3,91
75	1375,1	a	1929,2	b	2277,6	b	2,61	a	3,15	b	3,25	b	2,65
113	3436,3	a	5244,6	b	5594,2	b	1,52	a	2,41	b	2,39	b	1,58
126	4339,3	a	6910,6	b	7958,5	b	1,42	a	2	b	1,9	b	1,36
159	7342,3	a	14 192,3	b	15 643,2	b	0,98	a	1,21	b	1,27	b	1,01
187	12 899,6	a	18 355,45	b	18 456,7	b	0,76	a	0,82	b	0,87	b	0,72

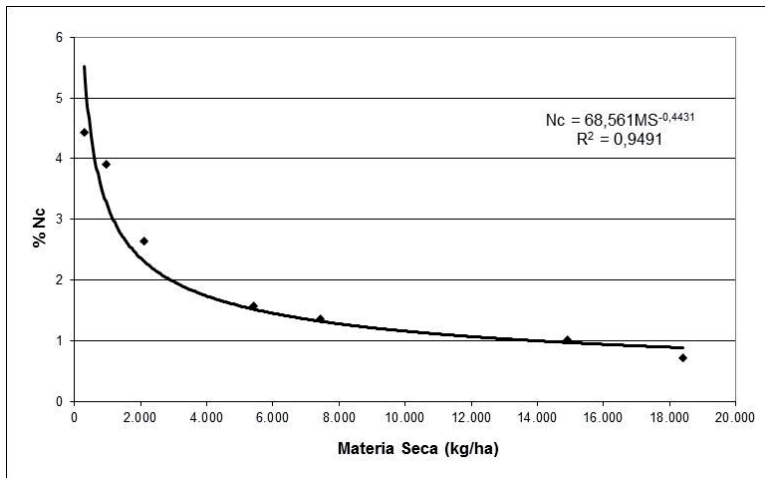


Figura 1. Curva de dilución del N crítico del triticale cv Verato. Campaña 2009-2010.

Los datos de la segunda campaña se utilizaron para validar la CDNc (Figura 2): los puntos que quedaron por encima de la misma, se corresponden con el tratamiento “no limitante de N” y los que aparecen por debajo, al tratamiento “limitante de N”.

Además, para evaluar el estado nutricional del cultivo durante la campaña 2009-2010, se calcularon los INN de cada fecha de muestreo (Figura 3).

En las parcelas con tratamiento N1 y N2, se aprecia que en todos los muestreos realizados excepto en el primero (20 días a nascencia), la planta tuvo un contenido de N por encima del óptimo, mientras que las parcelas N0, se encuentran por debajo del óptimo, salvo en los muestreos (37, 75 y 187 días a nascencia) cuyos

INN se encuentran muy próximos a la unidad y por tanto, poseen un estado nitrogenado cercano al óptimo.

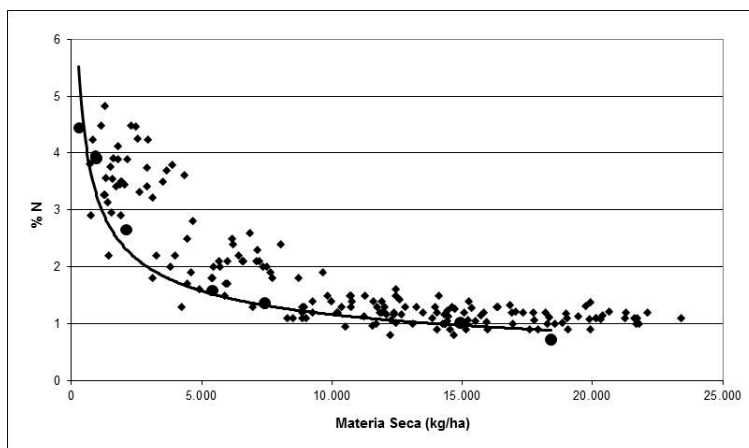


Figura 2. Validación de la Curva de dilución del N crítico del triticale cv Verato con los datos de la campaña 2010-2011.

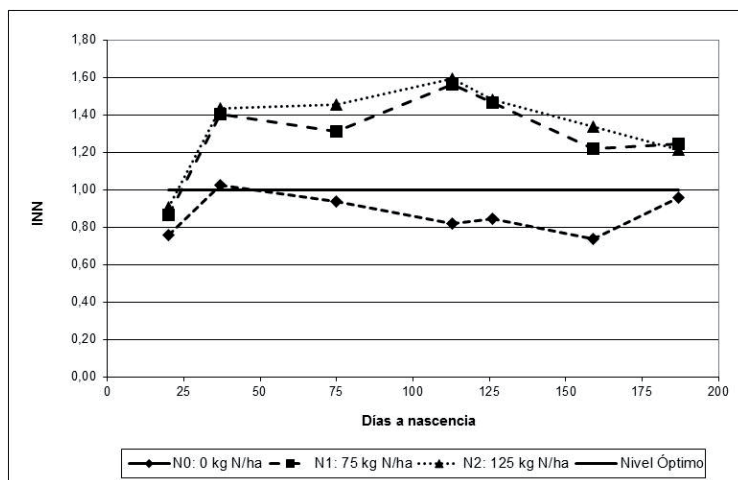


Figura 3.- Índice de Nutrición Nitrogenada del cultivo de triticale cv Verato durante la campaña 2009-2010.

CONCLUSIONES

Se ha definido la curva de dilución de N crítico (CDNc) para el triticale cv Verato, durante un período comprendido entre los 20 y 187 días a nascencia. Sería necesario comprobar si la CDNc obtenida es válida para otros usos y variedades de triticale y otras zonas.

Tanto esta curva como el índice de nutrición nitrogenada pueden ser utilizados para controlar y corregir deficiencias nutricionales de N en planta, mediante la modificación del abonado de cobertera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELANGER G., WALSH J.R., RICHARDS J.E., MILBURN P.H. Y ZIADI N. (2001) Critical nitrogen curve and nitrogen nutrition index for potato in eastern Canada. *American Journal of Potato Research*, 78, 355-364.
- COLNENNE C., MEYNARD J.M., REAU R., JUSTES E. Y MERRIEN A. (1998) Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter oilseed rape. *Annals of Botany*, 81, 311-317.
- FLENET F., GUÉRIF M., BOIFFIN,J., DORVILLEZ D. Y CHAMPOLIVER L. (2006) The critical N dilution curve for linseed (*Linum usitatissimum* L.) is different from other C3 species. *European Journal of Agronomy*, 24, 367-373.
- GARCIA DEL MORAL L.F.Y RAMOS J.M. (1989) Fisiología de producción de grano. En: Molina Cano, J.L. (Ed.). *La cebada. Morfología, fisiología, genética, agronomía y usos industriales*, pp.137-178. Madrid, España: Mundi- Prensa.
- GREENWOOD D.J., LEMAIRE G.,GOSSE G., CRUZ P., DRAYCOTT A. Y NEETESON J.J. (1990) Decline in percentage N of C3 and C4 crops with increasing plant mass. *Annals of Botany*, 66, 425-436.
- JUSTES E., MARY B., MEYNARD J.M., MACHET J.M. Y THELIER-HUCHES L. (1994) Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. *Annals of Botany*, 74, 397-407.
- LEMAIRE G., GASTAL F. Y SALETTE J. (1989) Analysis of the effect of N nutrition on dry matter yield of a sward by reference to potencial yield and optimun N content. *Proceedings XVI International Grassland Congress*, pp. 179-180. Nice, France.
- LEMAIRE G. Y GASTAL F. (1997) N uptake and distribution in plant canopies. En: Lemaire, G. (Ed.). *Diagnosis of Nitrogen status in Crops*, pp. 3-41. Berlin and Heidelberg, Alemania: Springer-Verlag.
- LLERA F. (2002) Triticale: El cereal del futuro. Nuevas perspectivas y variedades: grano, forraje y doble aptitud. (*H.D. n°6/02*). Secretaría General de la Junta de Extremadura. Badajoz (España).56 pp.
- NEY B., DORÉ T. Y SAGAN M. (1997) The N requirement of major agricultural crops: Grain legumes. En : Lemaire G. (Ed.) *Diagnosis of nitrogen status in crops*, pp. 107-118. Berlin, Germany: Springer-Verlag.
- SHEEHY J.E., DIONORA M.J.A, MITCHELL P.L., PENG S., CASSMAN K.G., LEMAIRE G. Y WILLIAMS R.L. (1998) Critical nitrogen concentrations : Implications for high-yield rice (*Oryza sativa*, L.) cultivars in the tropics. *Field Crops Research*, 59, 31-41.
- URBANO P. Y ROJO C. (1999) La producción vegetal en el marco de las medidas agroambientales. *Vida Rural*, 87, 44-46.
- ZIADI N., BRASSARD M., BÉLANGER G., CAMBOURIS A.N., TREMBLAY N., NOLIN M.C., CLAESSENS A. Y PARENT L.E. (2008) Critical nitrogen curve and nitrogen nutrition index for corn in eastern Canada. *Agronomy Journal*, 100, 271-276.

CALIDAD DEL FORRAJE DE TRITICALE DE DOBLE APTITUD EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA, EL NÚMERO DE CORTES Y LA DOSIS DE NITRÓGENO

Forage Quality for Triticale of Dual Purpose According Sowing Density, the Number of Cuts and Nitrogen Dose

F. LLERA CID, V. CRUZ SOBRADO y R. A. GALLEGO OLIVENZA.

Centro de Investigación “La Orden-Valdesequera”. Consejería de Empleo, Empresa e Innovación. Gobierno de Extremadura. Finca “La Orden”. Ctra. A-V. Km 372. 06187 - Guadajira. Badajoz. España, fernando.llera@juntaextremadura.net

Resumen: El triticale de doble aptitud (forraje y grano) es una opción ideal para cultivarlo en la dehesa, que en Extremadura ocupa el 51% de la superficie agraria útil. El conocimiento del valor nutritivo del forraje es fundamental cuando se trata de alimentar al ganado. En este trabajo se estudió la influencia de la densidad de siembra, número de cortes y dosis de nitrógeno en el contenido de proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), lignina ácido detergente (LAD) y valor relativo del forraje (VRF) del triticale. Para ello, se diseñó un ensayo en split-split-plot donde la parcela principal fue la densidad de siembra (400, 500 y 600 plantas/m²), la subparcela el número de cortes (un corte y dos cortes) y la sub-subparcela la dosis de nitrógeno (0, 75 y 125 kg N/ha). Los resultados ponen de manifiesto la influencia significativa del abonado nitrogenado en la PB, FND y FAD, aumentando su cuantía y disminuyendo el VRF. El número de cortes sólo influyó significativamente en el contenido de PB, disminuyéndolo del primer corte (18,58 %) al segundo (13,16 %). La densidad de siembra no afectó significativamente a ninguna de las variables estudiadas.

Palabras clave: *X Triticosecale* Wittmack, proteína, fibra, valor relativo del forraje.

Abstract: The triticale for dual purpose (forage and grain) is an ideal choice for cultivation in the pasturelands, which occupies 51% of the agricultural area of Extremadura. Knowledge of the nutritional value of forage is essential when it comes to feeding livestock. In this work was to study the influence of sowing density, number of cuts and nitrogen dose in the content of crude protein (CP), crude fiber (CF), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), acid detergent lignin (ADL) and relative feed value (RFV) of triticale. To this purpose, a trial split-split-plot was performed where the main plot was sowing density (400, 500 and 600 plants/m²), the subplot was the number of cuts (one cut and two cuts) and the sub-subplot was nitrogen dose (0, 75 and 125 kg N/ha). The results demonstrate the significant influence of nitrogen dose on the PB, NDF and ADF, increasing and decreasing the amount VRF. The number of cuts only significantly influenced the CP content, decreasing the contents of the first cut (18.58%) to the second (13.16%). Sowing density did not significantly affect any of the variables studied.

Key words: *X Triticosecale* Wittmack, protein, fiber, forage relative value.

INTRODUCCIÓN

La práctica desaparición de la trashumancia y la intensificación de las explotaciones han provocado que el sistema de dehesa no pueda cubrir con recursos propios más de un 56% de las necesidades de la ganadería doméstica (Pulido y Escribano, 1998), condicionando los sistemas productivos, la adecuación y el grado de dependencia de la ganadería hacia los recursos del medio externo. Las tremendas fluctuaciones que en los últimos años ha sufrido el precio de los cereales y, por consiguiente, el de los piensos (con incrementos hasta el 40 % en algunos casos), hace que la dependencia de recursos externos al sistema suponga un verdadero riesgo para la rentabilidad de las explotaciones ganaderas asentadas en este entorno (Gil *et al.*, 2009). Una alternativa a la utilización de estos recursos puede ser la introducción de cultivos forrajeros para aprovechamiento a diente o bien mediante ensilado o henificado, para su posterior utilización en épocas en las que la producción de pasto no cubra las necesidades de la explotación (Francia *et al.*, 2006; Gil *et al.*, 2009). Llera *et al.* (1997) pusieron de manifiesto el interés del triticale (*X Triticosecale* Wittmack) de doble aptitud (forraje y grano), como cultivo idóneo para la dehesa, con el fin de paliar la escasez de forraje verde en la época invernal y proporcionar una cosecha de grano al final de su ciclo.

Un aspecto muy importante de la producción de los cereales en la dehesa es su calidad o valor nutritivo, ya que de esto dependerá en gran parte el comportamiento productivo de los animales. Éstos requieren de una dieta compuesta por seis elementos básicos para crecer: fibra, energía, proteína, minerales, vitaminas y agua. El grano de triticale, además de sus ventajas adaptativas, posee una composición nutricional óptima en cuanto a vitaminas, minerales y aminoácidos esenciales se refiere (Lorenz *et al.*, 1974). Pero, además, posee un alto contenido en almidón, lípidos, fibra y proteína comparado con el trigo (Dyson, 2006).

La proteína bruta (PB) es importante no sólo para el crecimiento y producción de leche sino también para el mantenimiento del animal (Hall *et al.*, 2011). Un déficit implica una limitación en la producción de los animales y una menor eficacia en la utilización de la ración (De la Roza, 1994). A mayor cantidad de proteína proveniente del forraje se necesita menor cantidad de suplemento. Algunos autores señalan que es preciso establecer con claridad los niveles de fertilización así como la edad del pasto, ya que afectan de forma clara a la concentración de proteína,

digestibilidad de la pared celular, a la calidad y al consumo de la materia seca del forraje.

La fibra bruta (FB) se considera la fuente principal de energía del forraje ya que los rumiantes son capaces de digerirla. La fibra, representada por sus fracciones, fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD), tiene un efecto importante sobre la digestibilidad de la biomasa (Kozloski *et al.*, 2005), ya que la reduce, descendiendo también la cantidad de ingesta por parte de los animales. La lignina ácido detergente (LAD), que aumenta según avanza el desarrollo del cultivo, está asociada a una baja digestibilidad de la materia seca (Jung y Vogel, 1986).

El valor relativo del forraje (VRF) fue desarrollado por la American Forage and Grassland Council (AFGC) (Rohweder *et al.*, 1978). Para su cálculo no se tiene en cuenta el contenido en proteínas del forraje y dado que la proteína es importante para determinar la calidad, debe ser considerada junto con el VRF cuando se evalúa la calidad del forraje (Dunham, 1998).

El objetivo de este estudio consiste en establecer la influencia de la densidad de siembra, el número de cortes y la dosis de nitrógeno sobre el contenido en PB, FB, FND, FAD, LAD y VRF del triticale de doble aptitud (forraje y grano), cv Verato.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo durante la campaña agrícola 2009-2010 en una parcela de la finca “La Orden” del término municipal de Guadajira (Badajoz), propiedad de la Junta de Extremadura, en condiciones de secano. La precipitación total alcanzó los 731,8 mm, prácticamente el doble de la de un año normal. El suelo, clasificado como Alfisol, presentó una textura franco-arenosa con un bajo porcentaje en materia orgánica oxidable (0,61 %), un pH neutro (6,97), una CIC muy baja (6,12 meq/100 g) y un contenido normal en fósforo asimilable (18,46 ppm).

El material vegetal utilizado fue un triticale de doble aptitud (forraje y grano), cv Verato, obtenido por el Departamento de Cultivos Extensivos del Centro de Investigación “La Orden-Valdesequera”. Las labores preparatorias consistieron en un pase cruzado de grada de discos sobre un rastrojo de cereal y otro pase de fresadora de eje horizontal. No se realizó ningún tipo de tratamiento fitosanitario. Para la siembra se utilizó una sembradora a chorrillo con seis botas separadas 20 cm. Los distintos abonados realizados se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Abonos utilizados en el abonado de fondo y en las dos coberteras (kg/ha)

Tratamiento	Abonado de Fondo			1ª Cobertera	2ª Cobertera
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	N
	Sulfato amónico del 21%	Superfosfato cálcico del 18%	Cloruro potásico del 60%	Nitrato Amónico Cálcico del 27%	Nitrato Amónico Cálcico del 27%
N0 = 0 kgN/ha	0	42	90	0	0
N1 = 75 kgN/ha	25	42	90	50	0
N2 = 125 kgN/ha	50	42	90	50	25

Se realizaron dos pastoreos simulados utilizando una segadora manual de peine frontal con cuchillas alternativas, que realizaba el corte en la planta a una altura de 2-3 cm para el primer corte y de 6-7 cm para el segundo.

El diseño estadístico fue un split split plot con cuatro repeticiones, siendo la parcela principal la densidad de siembra (D1-400 plantas/m² (160 kg/ha), D2- 500 plantas/m² (200 kg/ha) y D3-600 plantas/m² (240 kg/ha)), la subparcela el número de cortes (C1- Un corte y C2-Dos Cortes) y la sub-subparcela las dosis de nitrógeno aplicadas antes de la siembra, después del primer corte y después del segundo corte (N0-SIN nitrógeno (0-0-0), N1-75 kg N/ha (25-50-0) y N2-125 kg/ha (50-50-25)). La unidad experimental estaba constituida por dos parcelas de 1,5 m de ancho y 10 m de longitud, utilizando una de ellas para los muestreos destructivos. Se tomaron dos muestras de forraje de 0,25 m², una en el primer corte (18/01/10) y otra en el segundo corte (10/03/2010), coincidiendo con la fase final del ahijado y principio del encañado (estadio 30 de la escala de Zadoks (Zadoks *et al.*, 1974)).

Las muestras tomadas se secaron en una estufa a 100-105 °C durante 48 horas para determinar el peso seco de la parte aérea de la planta y, posteriormente, fueron molidas (con criba de 1 mm) para obtener la concentración de nitrógeno (método DUMAS). La proteína bruta se calculó según la siguiente fórmula $[\text{N} \times 6,25]$.

Para la obtención de FB, FND, FAD y LAD se utilizó un analizador de fibra ANKOM, empleándose el método oficial AOCS Ba 6a-05 (2006).

El VRF se calculó siguiendo el método propuesto por Dunham (1998), mediante la estimación de la materia seca digestible (MSD) y el consumo de materia seca (CMS) a partir de las siguientes ecuaciones:

- $\text{MSD (\%MS)} = 88,9 - (0,779 \times \text{\%FAD})$
- $\text{CMS (\% PV)} = 120 / \text{\%FND}$
- $\text{VRF} = (\text{MSD} \times \text{CMS}) / 1,29$

Jeranyama y García (2004) advierten de la existencia de algunas limitaciones en su uso:

- CMS y MSD se asumen constantes para todos los forrajes.
- FND y FAD son los únicos valores de laboratorio usados para el cálculo.
- La proteína del forraje no se utiliza.
- VRF no puede ser utilizado en la formulación de raciones o en su evaluación.

La Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA) utiliza este índice y clasifica la calidad del forraje en seis tipos (Tabla 2).

Tabla 2. Calidad del forraje según el Valor Relativo del Forraje (VRF)

Calidad del forraje	VRF	Calidad del forraje	VRF
Excelente	>151	Tercera	87-102
Primera	125-151	Cuarta	75-86
Segunda	103-124	Quinta	<75

El análisis de los datos se llevó a cabo mediante un análisis de la varianza (ANOVA), para determinar el efecto de la densidad de siembra, el corte y la dosis de nitrógeno sobre los contenidos de PB, FB, FND, FAD, LAD y VRF del forraje de triticale. Si el análisis mostraba diferencias significativas, se calculaba la mínima diferencia significativa mediante el test de Fisher para los niveles probabilidad del 90%, 95% y 99%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Densidad de siembra. La influencia de la densidad de siembra no ha resultado significativa para ninguna de las variables estudiadas, posiblemente debido a la falta de competencia de las plantas por el agua, ya que durante el ciclo de desarrollo del cultivo las precipitaciones fueron muy abundantes, prácticamente el doble de las de un año normal.

Cortes. El corte afectó de forma altamente significativa al contenido de proteína. Del primer corte al segundo se produce una disminución importante, pasando de 18,58 % al 13,16 %. La explicación de este descenso puede encontrarse en el hecho de que el contenido de proteína disminuye a medida que avanza la edad de la planta, es lo que se denomina curva de dilución de la proteína (Llera *et al.*, 2012; Llera y Cruz, 2012). Además, las proteínas se encuentran en mayor proporción en las hojas (Andueza, 2000), siendo superior el área foliar en el primer corte que en el

segundo, lo que unido a su estado más avanzado provoca este descenso tan brusco del contenido de proteína.

Tabla 3. Proteína bruta, fibra bruta, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente, lignina ácido detergente y valor relativo del forraje en función de la densidad de siembra, el número de cortes y la dosis de abonado nitrogenado

	PB (%)		FB (%)		FND		FAD		LAD		VRF	
Densidad												
400 pl/m ²	15,73	a	26,70	a	51,01	a	30,01	a	9,39	a	119,73	a
500 pl/m ²	15,51	a	26,41	a	51,45	a	30,48	a	9,67	a	118,02	a
600 pl/m ²	16,37	a	26,70	a	51,88	a	30,34	a	9,64	a	117,26	a
Cortes												
1 corte	18,58	a	25,94	a	51,76	a	30,31	a	9,73	a	117,65	a
2 cortes	13,16	b	27,27	a	51,14	a	30,25	a	9,40	a	119,02	a
Nitrógeno												
0 kg N/ha	13,56	b	26,82	a	50,31	b	29,47	b	10,07	a	122,19	a
75 kg N/ha	16,95	a	26,62	a	52,04	a	30,41	a	9,20	a	116,76	b
125 kg N/ha	17,10	a	26,38	a	51,99	a	30,95	a	9,43	a	116,06	b
Media	15,87		26,61		51,45		30,28		9,56		118,34	
C.V. (%)	10,78		6,42		3,32		4,98		25,31		4,76	
Significación												
Densidad (D)	N.S		N.S		N.S		N.S		N.S		N.S	
Corte (C)	***		N.S		N.S		N.S		N.S		N.S	
Nitrógeno (N)	***		N.S		**		**		N.S		***	
DxC	N.S		N.S		N.S		N.S		N.S		N.S	
DxN	N.S		N.S		N.S		N.S		N.S		N.S	
CxN	N.S		*		N.S		*		**		N.S	
DxCxN	N.S		N.S		N.S		N.S		N.S		N.S	

*, ** y *** significativo al 0,05; 0,01 y 0,001 respectivamente.

Dosis de nitrógeno. Como era de esperar, la dosis de nitrógeno influyó positiva y significativamente sobre el contenido de proteína bruta, pero sólo existieron diferencias entre la dosis testigo (0 kg N/ha) y las otras dos (75 kg N/ha y 125 kg N/ha), entre las que no se observaron diferencias significativas.

Con el fin de aumentar la degradabilidad de los forrajes, los programas de mejora y selección deben concentrarse en reducir el contenido de fibra y en aumentar su digestibilidad (Barahona y Sánchez, 2005). En la Tabla 3 se observa como la FND y la FAD aumentan significativamente cuando se pasa de 0 kg N/ha a 75 kg N/ha, pero entre esta última y la dosis de 125 kg N/ha no se advierten diferencias. Contrariamente a lo que comprobaron Balabanli *et al.* (2010), en este estudio la FAD y FND aumentaron al aumentar la dosis de nitrógeno. Como consecuencia de lo anterior, la dosis de nitrógeno afecta negativa y significativamente al VRF, disminuyendo, por tanto, la calidad del forraje. Posiblemente, esto se deba al aumento de la FND y FAD, que afectan directamente a la materia seca digestible y su consumo. La FAD está estrechamente relacionada con la digestibilidad y la FND

lo está con el consumo de forraje por el animal, luego a medida que aumentan la FAD y la FND, la digestibilidad y el consumo deben ser menores.

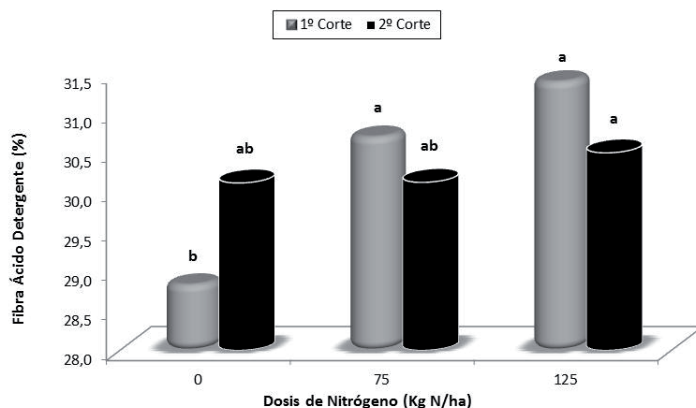


Figura 1. Interacción número de cortes por dosis de nitrógeno

Interacción número de cortes por dosis de nitrógeno. Aunque la interacción número de cortes por dosis de nitrógeno resulta significativa para la FB, FAD y LAD, sólo se observan diferencias entre las medias de la FAD. Como se aprecia en la figura 1, existe una tendencia a aumentar la FAD al hacerlo la dosis de nitrógeno y en ambos cortes, aunque más claramente en el primer corte. Sin embargo, no se muestran diferencias significativas entre los dos cortes para ninguna dosis de nitrógeno.

CONCLUSIONES

En las condiciones climáticas en las que se desarrolló el ensayo, la densidad de siembra no afectó significativamente a ninguna de las variables analizadas. El corte ejerció una gran influencia sobre la PB, disminuyendo su valor al pasar del primer corte al segundo. La dosis de nitrógeno influyó positivamente en la calidad del forraje, aumentando el contenido de PB y negativamente, disminuyendo el VRF, como consecuencia del aumento experimentado en los contenidos de FND y FAD.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDUEZA D. (2000) Producción de material seca y valor nutritivo de cereales de invierno en zonas semiáridas. Tesis doctoral. Departamento de Producción Animal. Universitat de Lleida.
- AOCS Ba 6a-05 (2006) Crude Fiber Analysis in Feeds By Filter Bag Technique. American Oil Chemists' Society.

- BALABANLI C., ALBAYRAK S., YÜKSEL O. (2010) A research on determination of hay yields and silage qualities of some vetch+cereal mixtures. *Turkish Journal of Field Crops*, 15(2), 204-208.
- BARAHONA R. Y SÁNCHEZ S. (2005) Limitaciones Físicas y Químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. *Revista Corpoica*, 6(1), 69-82.
- DE LA ROZA B. Y MARTÍNEZ A. (1994) *Alimentos para el ganado. Parámetros de calidad y normas de recogida de muestras para análisis. Serie informes técnicos, n°2/94*. Principado de Asturias, España: Consejería de Medio Rural y Pesca.
- DUNHAM J.R. (1998) Relative feed value measures forage quality. *Kansas State University, Research and Extension*, 41, 3.
- DYSON C., (2006) Triticale grain for feed – Nutrition information. *Alberta Agriculture, Food and Rural Development*, 12.
- FRANCIA E., PECCHIONI N., LI DESTRI NICOSIA O., PAOLETTA G., TAIBI L., FRANCOV., ODOARDI M., STANCA A. Y DELOGU G. (2006) Dual-purpose barley and oat in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 99, 158-166.
- GÍL A., LLERA F., GARCÍA A.M. Y RUFO S. (2009). Nuevas oportunidades de alimentación en la dehesa: el triticale. *La agricultura y la ganadería extremeñas, informe 2008*. pp. 173-189. Badajoz, España: Caja de Badajoz
- HALL J., SEAY W. Y BAKER S. (2011) Nutrition and Feeding of the Cow-Calf Herd: Essential Nutrients Feed Classification and Nutrient Content of Feeds. *Virginia Cooperative Extension*, 400-011, 1-6.
- JERANYAMA P. Y GARCIA A. (2004) Understanding Relative Feed Value (RFV) and Relative Forage Quality (RFQ). *Cooperative Extension service. College of agriculture and biological sciences. South Dakota state University*, ExEx8149, 1-3.
- JUNG H. G., AND VOGEL K. P. (1986) Influence of lignin on digestibility of forage cell wall material. *Journal of Animal Science*, 62,1703.
- KOZLOSKI G.V., PEROTTONI J. Y SÁNCHEZ L.M.B. (2005) Influence of regrowth age on the nutritive value of dwarf elephant grass hay (*Pennisetum Purpureum* Schum. Cv. Mott) consumed by lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 119, 1-11.
- LLERA F. Y CRUZ V. (2012) El triticale: una interesante alternativa forrajera. *Agricultura*, 955, 656-659.
- LLERA F., DE SANTIAGO A., RIVERA A.M^a, GALLEGO R.A. Y CRUZ, V. (2012) Curvas de dilución de la proteína en un triticale de doble aptitud: influencia de la densidad de siembra, la dosis de nitrógeno y el número de cortes. En: Canals R. y San Emeterio L. (Eds) *Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción*, pp. 417-423. Pamplona, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- LLERA F., PÉREZ F. Y AYUSO A. (1997) Fertilización de triticale para forraje y grano. *Vida Rural*, 42, 42-43.
- LORENZ K., REUTER F. Y SIZER C. (1974) The mineral composition of triticales and triticale milling fractions by X-ray fluorescence and atomic absorption. *Cereal Chem. Journal*, 51, 534.
- PULIDO F. Y ESCRIBANO M. (1998). *La dehesa en Extremadura. Estructura económica y recursos naturales. Colección Monografías*. Badajoz, España: SGT-Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Junta de Extremadura.
- ROHWEDER D.A., BARNES R.F. Y JORGENSEN N. (1978) Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. *Journal of Animal Science*. 47, 747-759.
- ZADOKS, J.C., CHANG, T.T., KONZAK, C.F., (1974) A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14, 415-421.

CALIDAD DE LOS PASTOS DE LA DEHESA

Quality of the Spanish Wooded Rangelands (Dehesas) Pastures

A. ESPEJO GUTIÉRREZ DE TENA, F. GONZÁLEZ LÓPEZ y
M. ESPEJO DÍAZ

Departamento de Producción Forestal y Pastos. Centro de Investigación Agraria La Orden –
Valdesequera. Gobierno de Extremadura. 06187 - Guadajira (Badajoz). espejo@iies.es

Resumen: El objetivo del estudio es conocer la calidad de los pastos de dehesa en función de sus componentes químicos: materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína, fibra bruta y digestibilidad (DMO), determinados por métodos de laboratorio oficiales. El año agrícola 2006-2007 se recogieron 235 muestras de pastos en cinco dehesas de Badajoz. Se compararon los datos de calidad por especies y por familias en primavera y verano y los de pasto natural según su estado por análisis de varianza. La evolución a lo largo del año se estudió por análisis de regresión. Se encontraron diferencias entre familias en todos los parámetros. El agostamiento de los pastos aumentó el porcentaje de fibra y disminuyó la proteína y DMO, principalmente en Gramíneas y Leguminosas. Se encontraron diferencias respecto al estado del pasto en todos los parámetros excepto MO. El heno presentó valores de calidad próximos al pasto seco. Se detectaron dos fases en la evolución de los parámetros separadas por el momento del agostamiento. En primavera aumentó la MS y la fibra y decreció la proteína y la DMO. En verano los parámetros permanecieron estables. Se concluye que la calidad de pasto producido es estacional y presenta un gran deterioro tras el agostamiento.

Palabras clave: Especies botánicas, materia seca, proteína, fibra, digestibilidad.

Abstract: The aim of the study was to determine the quality of the Dehesa pasture depending on their chemical components: dry matter (DM), organic matter (OM), protein, fiber and digestibility of organic matter (DOM), determined by official methods of laboratory. 235 samples were collected in five dehesas of Badajoz throughout 2006-2007 agricultural year. Were compared quality data by species and families in spring and summer and natural pasture sorted by the phenological stage by analysis of variance. The evolution over the year was studied by regression analysis. Differences between families were found in all parameters. The withering of pasture increased the percentage of fiber and decreased both protein and DOM, mainly in Gramineae and Leguminosae families. Differences were found regarding the stage of the pasture in all parameters except in organic matter. The values of quality hay are similar to the quality values of the dry grass. In the evolution of the parameters were detected two phases separated by the moment of withering. In spring, DM and fiber increased and protein and DOM decreased. In summer the parameters remained stable. It is concluded that the quality of pasture is seasonal and it suffers a significant deterioration after withering.

Keywords: Botanical species, dry matter, protein, fiber, digestibility of organic matter (DOM)

INTRODUCCIÓN

En el proyecto INTERREG IIIA Dehesa /Montado, se estudió la dehesa en todos sus aspectos (Espejo Díaz *et al.*, 2008), entre los que se incluyó la producción

potencial, la disponibilidad por el método de los Rangos (López Carrión *et al.*, 1982) y la calidad de los pastos. En este trabajo, se presentan los resultados obtenidos en este último punto, determinando la calidad de los pastos por sus principios nutritivos.

Numerosos autores, como Vázquez Aldana *et al.* (2002) indican que los principales componentes de la calidad son la digestibilidad, la fibra y la proteína. La digestibilidad de la materia orgánica (DMO) es el parámetro que mayor influencia tiene en el valor nutritivo. La fibra tiene un efecto directo sobre la digestibilidad, pues si la fibra aumenta, esta disminuye. Por otra parte es el componente principal de la ración de volumen de los rumiantes para el buen funcionamiento de la panza. La digestibilidad, en producciones estacionales como la de los pastos en la dehesa disminuye cuando se produce el agostamiento del pasto. La proteína es necesaria para el crecimiento del animal y la producción láctea, y mejora la digestibilidad de la materia orgánica (MO).

El objetivo de este estudio es conocer la calidad de los pastos de la dehesa según sus componentes químicos en función de la estación, de la especie y del estado del pasto.

MATERIAL Y METODOS

Para evaluar la calidad de los pastos se han recogido muestras de pasto natural y de las principales especies pascícolas en cinco dehesas de la provincia de Badajoz durante los meses del año agrícola 2006-2007, que fue de lluvia abundante (660 mm), con un otoño lluvioso y una primavera de pluviometría escasa pero de larga duración.

Las 235 muestras recolectadas se han analizado en el Laboratorio General del Centro de Investigación La Orden usando los métodos oficiales del Gobierno español (MAPA, 1993) para obtener los parámetros de la calidad del pasto: materia seca (MS) en porcentaje respecto a peso fresco, y materia orgánica (MO), proteína bruta y fibra bruta respecto a MS. La digestibilidad (DMO) en porcentaje respecto a la materia orgánica se ha estimado utilizando la ecuación de de Andrieu *et al.* (1981).

En un primer experimento se recogieron 97 muestras de distintas especies en cinco dehesas, y se agruparon por familias o grupos afines comparándolas por análisis de varianza.

En un segundo experimento se recogieron entre abril y noviembre 138 muestras de pasto natural en dos dehesas y se compararon los parámetros citados

por análisis de varianza teniendo en cuenta los estados: hierba verde (primavera), pasto seco (verano), mezcla (parte seca y parte verde) y heno (pasto henificado en abril-mayo y analizado en octubre). Además, se ha estudiado por análisis de regresión la evolución de parámetros en función de la fecha de recogida contando el día a partir del 1 de octubre de 2006 (inicio del año agrícola).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad de las especies pascícolas de la Dehesa en invierno. El desarrollo de la hierba de dehesa en invierno es lento. La identificación de las especies es difícil, aunque es posible en algunos casos (gramíneas, tréboles y medicagos), pero la mayoría de las plantas son pequeñas y de imposible identificación, por lo que en esta estación no se ha estudiado la calidad por especies.

Calidad de las especies pascícolas de la Dehesa en primavera. En el mes de abril se produce una explosión en el crecimiento de la hierba de la dehesa, que tiene una buena calidad. Para estudiar los componentes del pasto se tuvieron en cuenta las principales familias: Leguminosas, Gramíneas, Compuestas, Umbelíferas, Borragináceas Crucíferas, y Plantagináceas o grupos de familias: Nitrófilas (Malváceas y Geraniáceas), y Otras Familias en las que se engloban al resto.

Tabla 1. Parámetros en especies representativas de la Dehesa en primavera

<i>Especie</i>	<i>Familia</i>	MS	MO	Proteína	Fibra bruta	DMO
<i>Trifolium subterraneum</i>	LEGUMINOSAS	20,3	82,7	24,2	19,6	73,16
<i>Ornithopus compressus</i>	LEGUMINOSAS	25,19	89,4	18,4	26,2	71,54
<i>Poa pratensis</i>	GRAMÍNEAS	22,08	89,2	18,3	18,5	79,35
<i>Vulpia geniculata</i>	GRAMÍNEAS	27,77	94,8	8,5	27,5	68,84
<i>Anthemis arvensis</i>	COMPUESTAS	17,27	87,7	15,2	17,3	80,32
<i>Calendula arvensis</i>	COMPUESTAS	19,77	89,9	11	19,9	76,83
<i>Amni viznaga</i>	UMBELÍFERAS	26,29	88,6	10,1	17,1	79,03
<i>Pimpinella villosa</i>	UMBELÍFERAS	20,96	90,7	18,5	10,4	87,82
<i>Malva rotundifolia</i>	MALVÁCEAS	21,62	87,4	16,1	14,8	82,92
<i>Erodium cicutarium</i>	GERANIÁCEAS	11,76	86,8	25,2	9,9	84,52
<i>Echium vulgare</i>	BORRAGINÁCEAS	18,27	81,8	13,1	15,6	80,74
<i>Borrago officinalis</i>	BORRAGINÁCEAS	9,81	80	21,7	14	80,12
<i>Diplotaxis muralis</i>	CRUCÍFERAS	16,92	87,2	25,2	13,4	81
<i>Raphanus raphanistrum</i>	CRUCÍFERAS	16,74	87,9	21,2	20,3	76,37
<i>Plantago coronopus</i>	PLANTAGINÁCEAS	25,43	86,6	12,4	20,9	75,74
<i>Spergularia rubra</i>	CARIOFILÁCEAS	21,56	89,7	15,7	18,9	79,11
<i>Rumex bucephaloforum</i>	POLIGONÁCEAS	14,54	85,3	33,6	7,5	76,5

Todos los datos son porcentajes. MS= materia seca; MO= materia orgánica; DMO= digestibilidad de la materia orgánica

El análisis de varianza determina que el efecto familia es altamente significativo para todos los componentes de la calidad del pasto, como se ve en la Tabla 2.

En la Tabla 1 se presentan los parámetros de calidad de algunas especies, apreciándose que hay diferencias entre familias y entre especies de la misma familia.

Se aprecia un mayor contenido en proteína en las Borragináceas, en las plantas de zonas nitrófilas (Geraniáceas y Malváceas), en las Crucíferas y en las Leguminosas y las que presentan menores valores son las Plantagináceas y las Compuestas. El mayor contenido en fibra aparece en las Gramíneas, en las Plantagináceas, en las Leguminosas y en las Compuestas, y el menor en las Nitrófilas y Umbelíferas. La mayor DMO aparece en Umbelíferas y Nitrófilas y la menor en las Gramíneas.

Tabla 2. Parámetros en el pasto por familias en primavera

<i>FAMILIA</i>	Num	MS	MO	PROTEINA	FIBRA	DMO
<i>BORRAGINACEAS</i>	3	12,13 a	80,93 a	22,03 bcd	14,87abc	76,49 ab
<i>NITROFILAS</i>	5	16,66 ab	86,00 b	22,82 cd	12,06 a	80,85 b
<i>COMPUESTAS</i>	10	17,96 ab	89,41 bcd	13,68 ab	19,07 abcd	78,20 ab
<i>CRUCIFERAS</i>	5	18,03 ab	87,94 bc	23,16 d	18,36 abcd	77,21 ab
<i>UMBELIFERAS</i>	4	19,64 bc	89,08 bcd	20,20 bcd	12,95 ab	81,61 b
<i>LEGUMINOSAS</i>	10	21,56 bc	89,61 bcd	21,55 bcd	19,74 bcd	76,87 ab
<i>PLANTAGINACEAS</i>	2	23,13 bc	88,75 bcd	11,00 a	20,95 cd	75,45 ab
<i>GRAMINEAS</i>	17	25,61 c	92,07d	14,04 abc	24,04 d	72,77 a
<i>OTRAS</i>	11	21,92 bc	90,38 cd	15,55 abcd	18,55 abcd	76,97 ab
Error estándar		3,08	0,84	4,68	3,17	3,45

Todos los datos son porcentajes. MS= materia seca; MO= materia orgánica; DMO= digestibilidad de la materia orgánica. **Comparación de medias por el método de DUNCAN:** Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4,910. Dentro de la misma columna valores con la misma letra no difieren significativamente. Alfa = 0,5. Núm. de datos N = 67.

Calidad de las especies pascícolas de la Dehesa en Verano. El efecto familia es altamente significativo para todos los componentes de la calidad del pasto, excepto para la proteína. Los resultados por familia se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Parámetros en el pasto por familias en verano.

<i>FAMILIA</i>	Num	MS	MO	PROTEINA	FIBRA	DMO
<i>UMBELIFERAS</i>	2	25,05 a	88,70 a	11,30 a	17,90 a	78,58 ab
<i>OTRAS</i>	6	27,81 a	90,98 ab	13,25 a	17,32 a	79,63 b
<i>COMPUESTAS</i>	8	28,51 a	90,61 ab	11,23 a	22,81 ab	73,49 ab
<i>LEGUMINOSAS</i>	6	44,49 ab	94,93 b	12,84 a	29,60 b	68,50 ab
<i>GRAMINEAS</i>	8	64,14 b	93,48 b	7,23 a	30,53 b	64,26 a
Error estándar		40.89	1,75	3,65	9,39	11,35

Todos los datos son porcentajes. MS= materia seca; MO= materia orgánica; DMO= digestibilidad de la materia orgánica **Comparación de medias por el método de DUNCAN:** Tamaño muestral: media armónica = 4,615. Dentro de la misma columna valores con la misma letra no difieren significativamente. Alfa = 0,5. Núm. de datos N = 30.

En la segunda quincena de mayo se inicia la sequía y el agostamiento, con aumento del porcentaje de fibra y pérdida de proteínas y digestibilidad, como se constata en la Tabla 4. Comparando estos datos con los de primavera, las familias que mayor acusan este fenómeno son las Gramíneas (MS: 64,1 vs 25,6, Fibra: 30,5 vs 24 y Proteína: 7,2 vs 14) y las Leguminosas y las que menos las Umbelíferas (plantas de verano) y Otras (mayor capacidad de rebrote) que en junio están como en abril.

Calidad de los pastos de composición polifita en función de su estado.

En todas las variables, excepto en la materia orgánica, las diferencias fueron altamente significativas (Tabla 4), siendo los valores encontrados similares a los descritos por Olea *et al.* (1990). Hay gran diferencia entre hierba verde y seca, confirmando lo sucedido con el agostamiento por familias. El heno es de baja calidad, de acuerdo con Viguera *et al.* (1999). Sus valores son próximos al pasto seco (baja DMO y proteína y alta fibra), porque en la región el heno se hace tarde.

Tabla 4. Calidad del pasto según los estados: hierba verde (primavera), pasto seco (verano), mezcla (parte seca y parte verde) y heno (analizado en otoño)

ESTADO	NUM	MS	MO	PROTEINA BRUTA	DMO	
<i>VERDE</i>	60	30,42 a	86,36 a	11,88 c	25,08 a	71,25 c
<i>MEZCLA</i>	21	42,38 b	90,96 a	8,99 b	30,40 b	65,39 b
<i>SECO</i>	47	82,09 c	91,24 a	5,76 a	33,99 b	58,40 a
<i>HENO</i>	10	91,39 d	91,75 a	6,15 a	32,10 b	61,60 ab
Error		12,63	9,61	0,57	3,33	5,91

Todos los datos son porcentajes. MS= materia seca; MO= materia orgánica; DMO= digestibilidad de la materia orgánica. **Comparación de medias por el método de DUNCAN:** Tamaño muestral (media armónica) = 21,56. Dentro de la misma columna valores con la misma letra no difieren significativamente. Alfa = 0,5. Núm. de datos N = 138.

Variación de la Calidad de los pastos con el tiempo. Los estudios de la regresión entre los parámetros y la fecha de corte (de abril a noviembre) realizados con los 138 datos, muestran que hay una alta regresión cuadrática (ver Figura 1).

En esta figura se muestra la MS, donde se ve que la correlación es altamente significativa ($P < 0,001$). Esto indica que hay dos fases con diferente tendencia en los parámetros de calidad

La primera, del 14 de abril (día 195, a partir del 1 de octubre de 2006) al 10 de julio (día 282) cubre el periodo de máxima producción hasta el agostamiento. La segunda fase va desde el 10 de agosto (día 313) al 18 de noviembre (día 413) cubre la sequía estival y la otoñada.

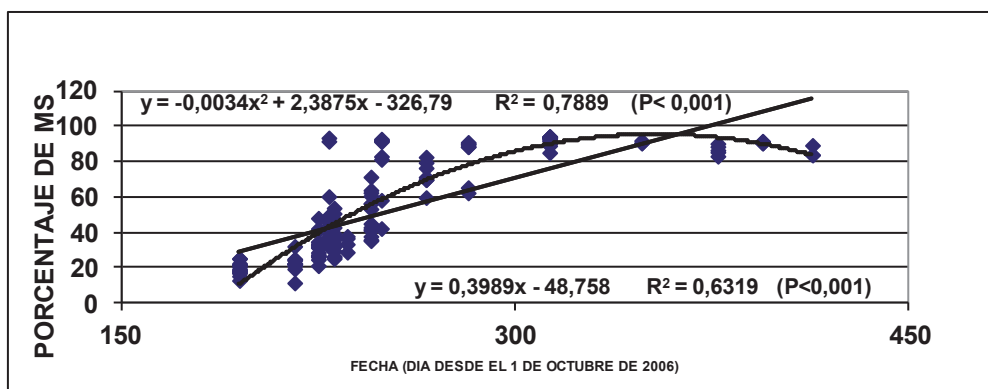


Figura 1. Variación de la materia seca de abril a noviembre.

Teniendo en cuenta esto, la tendencia de los distintos parámetros de calidad ha sido estudiada por la regresión lineal encontrada en las dos fases citadas, siendo el coeficiente de correlación (R) siempre altamente significativo ($P < 0,001$).

- 1) **Materia seca:** En la primera fase se incrementa linealmente a medida que el tiempo es más caluroso según la ecuación: $MS = 0,82 \times DIA + 146,51$, con $R^2 = 0,633$. El nivel de significación (N. S.) del coeficiente B es $P < 0,001$. En la segunda fase el pasto seco permanece estable aumentando ligeramente la humedad a principios del otoño, siendo la recta: $MS = -0,05 \times DIA + 108,04$, con $R^2 = 0,344$. N. S. de B: $P < 0,001$.
- 2) **Proteína:** Desde la explosión primaveral hasta el inicio del agostamiento la tasa de proteína sufre un claro decrecimiento que obedece a la ecuación $Proteína = -0,109 \times DIA + 35,16$ ($R^2 = 0,417$). N. S. de B: $P < 0,001$.

Durante el verano este parámetro permanece casi constante: Proteína = $0,015 \times \text{DIA} + 0,59$ ($R^2 = 0,237$). B: $P < 0,01$.

- 3) **Fibra:** Durante la primavera hasta el agostamiento la fibra creció según la recta $\text{FIBRA} = 0,186 \times \text{DIA} - 14,53$ ($R^2=0,342$). B: $P < 0,001$. En la segunda fase este parámetro disminuyó: $\text{FIBRA} = - 0,095 \times \text{DIA} + 65,22$ ($R^2=0,221$).B: $P < 0,01$.
- 4) **Digestibilidad (DMO):** Durante el final de la primavera la digestibilidad (Figura 2), disminuye desde el 75% el 14 de Abril al 54% el 10 de julio.

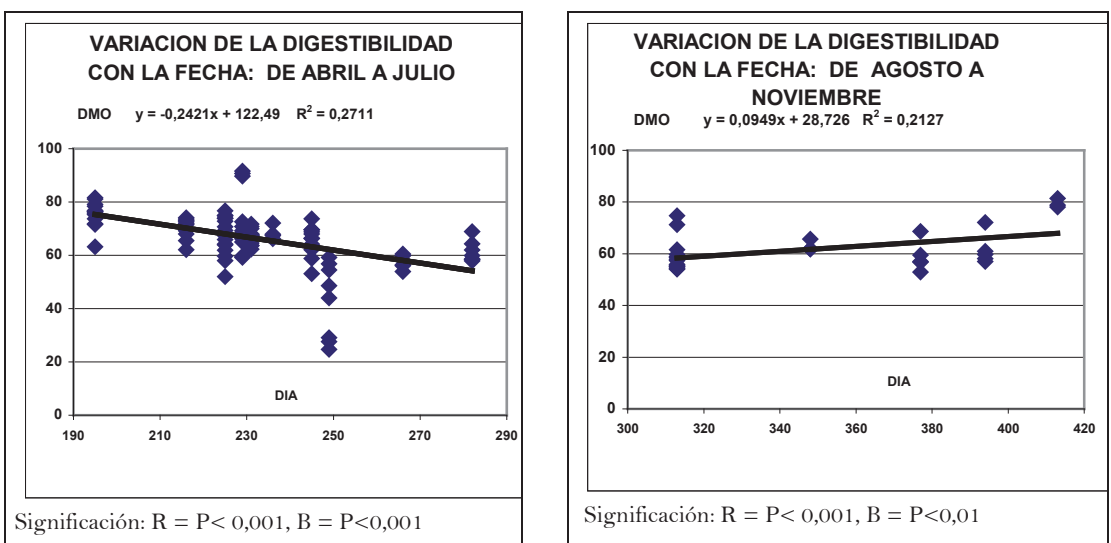


Figura 2. Variación de la digestibilidad de la hierba con el tiempo.

En la segunda fase este parámetro se incrementa ligeramente pasando del 58% el 10 de agosto al 68% el 18 de noviembre con la aparición de la nueva otoñada. Los valores aquí encontrados son ligeramente superiores a los descritos por Martín Bellido *et al.* (1986) y por Olea *et al.* (1990). Esto puede ser debido a que ellos evalúan en otoño la digestibilidad del pasto seco del año anterior y aquí las muestras contienen hierba verde recién nacida.

CONCLUSIONES

- 1) Existen diferencias de calidad entre especies y entre familias, que hay que conocer para planificar la mejora y el aprovechamiento de los recursos.
- 2) La producción de la dehesa es muy estacional en cantidad y calidad, por lo

que es preciso tener en cuenta estas variaciones.

- 3) El agostamiento se produce en mayo y ocasiona una pérdida de la calidad que es muy precoz en algunas especies como las gramíneas y leguminosas.
- 4) La calidad del pasto seco es baja, pero se mantiene constante varios meses.
- 5) Es necesario adelantar la fecha del henificado para no perder calidad.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido cofinanciado por la Iniciativa Comunitaria INTERREG III-A de la Unión Europea, dentro del proyecto Montado/Dehesa II SP4.E127/03, titulado “Desarrollo de un Sistema de Información para la gestión ambiental y económica del ecosistema Dehesa / Montado en Extremadura y Alentejo”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRIEU J., DEMARQUILLY C. Y WEGAT-LITRE E. (1981) Tables de prévision de la valeur alimentaire des fourrages. En: Demarquilly C. (Ed): *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminant*, pp. 345-577. Versailles, France: INRA Publications.
- ESPEJO DÍAZ M., MARTÍN BELLIDO M., ESPEJO GUTIÉRREZ DE TENA A. Y MATOS C. (2008) Development of an information system for the environmental and economic management of the dehesa/montado ecosystem in Extremadura and Alentejo. *Options méditerranéennes Serie A*. Núm. 78: 409-414. 2008.
- LÓPEZ CARRIÓN T., MARTÍN BELLIDO M., MORENO CRUZ V., MARTÍN JAVATO J., GARCÍA VILLALÓN M. Y GONZALEZ CRESPO J. (1982) El método de los rangos en la composición botánica de los pastos de dehesa. *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias*. Serie Agrícola. Núm. 18: 19-28.
- MAPA (1993) *Métodos oficiales de análisis*. Madrid, España: Secretaría General Técnica.
- MARTIN BELLIDO M., ESPEJO DIAZ M., PLAZA GONZALO J. Y LOPEZ CARRION T. (1986) *Metodología para la determinación de la carga ganadera en pastos extensivos*. Monografías INIA. Madrid, España: INIA.
- OLEA L., PAREDES J. Y VERDASCO M. P. (1990-1991) Características y producción de los pastos de las dehesas del S. O. de la Península Ibérica. *Pastos*, 20-21 (1-2): 131-156.
- VÁZQUEZ DE ALDANA B. R., GARCÍA CIUDAD A., PÉREZ CORONA M. E., GARCÍA CRIADO B. (2002). Pastos de dehesa: Calidad nutritiva. En: Chocarro C. *et al.* (Eds) *Producción de Pastos, Forrajes y Céspedes*, pp. 463-468. Lleida, España: Universitat de Lleida.
- VIGUERA F. J., PASCUAL M. J., OLEA L., MARTÍN J. A., FERRERA E., COLETO J. M., Y BARTOLOMÉ T. (1999) Calidad de los henos producidos en la dehesa de Extremadura. *Proceedings de la 39 Reunión de la SEEP*, Almería. 297-303.

ESTADO ACTUAL DE LOS ECOTIPOS ESPAÑOLES CULTIVADOS DE ALFALFA

Current State of the Spanish Cultivated Ecotypes of Alfalfa

I. DELGADO¹, F. MUÑOZ¹ y D. ANDUEZA^{2,3}

¹Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Avda. Montañana 930. 5059 Zaragoza (España). ²INRA-UMR1213 Herbivores, F-63122 Saint Genès Champanelle (France). ³Clermont Université, VetAgro Sup,-UMR Herbivores, F-63000 Clermont-Ferrand (France), idelgado@aragon.es

Resumen: Se evaluaron 30 muestras de semillas de ecotipos españoles de alfalfa, recogidas entre los agricultores y casas comerciales que habitualmente los multiplican, con el fin de conocer su analogía con respecto a la definición tradicional de los mismos y el estado actual de su cultivo. El estudio se llevó a cabo en condiciones de regadío en Zaragoza, durante 2010 y 2011. Los parámetros medidos fueron: rapidez de rebrote otoñal, primaveral y estival, proporción de flores fuera de tipo, producción de forraje y mortalidad. Los resultados permitieron comprobar la permanencia en el tiempo de los caracteres que definen a los ecotipos españoles.

Palabras clave: *Medicago sativa* L., producción de forraje, capacidad de rebrote, mortalidad.

Abstract: Thirty seed samples of Spanish alfalfa ecotypes were collected from farmers and nursery enterprises that usually multiply them in order to evaluate their analogy with the traditional definition of them. This study was carried out under irrigation conditions in Zaragoza in 2010-2011. The assessed parameters were their autumn, spring and summer regrowth, off-type flowers rate, forage yield, and mortality. Results proved the similarity of the samples to their respective ecotypes.

Key words: *Medicago sativa* L., forage yield, winter dormancy, regrowth, mortality.

INTRODUCCIÓN

Se entiende por ecotipo cultivado de alfalfa (*Medicago sativa* L.), una población de plantas que, por haberse desarrollado en una región de características ambientales homogéneas y sometidas a formas parecidas de explotación, al cabo de los años ostenta características más o menos definidas y constantes. Dentro del ecotipo se encuentran formas bastante distintas de la especie, aunque siempre obedeciendo a un patrón común (Del Pozo, 1977).

La clasificación de los ecotipos españoles fue llevada a cabo por Hidalgo (1966), el cual diferenció siete: 'Aragón', 'Navarra', 'Logroño', 'Urgel', 'Tierra de

Campos', 'Ampurdán' y 'Mediterránea'. Posteriormente, Del Pozo (1977) mencionó un nuevo ecotipo local 'Alcoroches', originario de la localidad del mismo nombre, a 1400 metros de altitud, a instancias de A. Casallo (comunicación personal). De éstos, solamente cuatro: 'Aragón', 'Tierra de Campos', 'Ampurdán' y 'Mediterránea' fueron inscritos en el Catálogo de Variedades Comerciales del Ministerio de Agricultura. Posiblemente, por su similitud, 'Navarra' y 'Urgel' quedaron englobados dentro de 'Aragón', y 'Logroño' dentro de 'Tierra de Campos' (Hidalgo, 1969). 'Alcoroches' nunca fue reconocido oficialmente como tal, aunque fue estudiado por Delgado (1990) y los resultados obtenidos mostraron notables diferencias con respecto al resto de ecotipos españoles, situándolo más próximo a los de origen flamenco.

A partir de dichos estudios se han llevado a cabo diferentes trabajos de caracterización para la mejora de conservación de 'Aragón' (Hidalgo, 1979) y 'Tierra de Campos' (Hidalgo y Martínez, 1986; Cordero y Crespo, 1995; Fombellida, 2001). En 'Ampurdán', se llevó a cabo un estudio de caracterización y descripción morfológica para su posterior conservación (Salvia et al., 2006). 'Alcoroches' y 'Mediterránea' no han tenido estudios similares para la conservación y el descenso del cultivo de alfalfa en su zona de origen, pone en peligro su permanencia; de ellos, 'Mediterránea' fue objeto de un plan de multiplicación de semilla para su preservación en el Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA) (E. Correal, comunicación personal). Actualmente, solo permanecen en el Catálogo de Variedades Comerciales, 'Aragón', 'Tierra de Campos' y 'Ampurdán' (MARM, 2011).

Una peculiaridad de estos ecotipos es que permite disponer de una base genética amplia que puede ser de utilidad en programas de mejora genética para obtener variedades tolerantes a plagas y enfermedades o adaptadas a diferentes condiciones medioambientales. Son, por tanto, un recurso de incalculable valor para todos los sistemas de agricultura tradicional, convencional y ecológica (De la Cuadra, 2004). Además, continúan evolucionando hacia nuevas combinaciones genéticas, algunas de las cuales pueden resultar eficaces frente a las inminentes amenazas de cambios ambientales globales (Egea-Fernández y Egea-Sánchez, 2008). Por todo lo cual, su estudio, caracterización y conservación, debe ser una labor continuada en el tiempo. El objetivo de esta comunicación es la caracterización agronómica de una colección de procedencias de los distintos ecotipos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo sobre 30 muestras de semilla, obtenidas de casas comerciales y agricultores que tradicionalmente producían semilla del ecotipo, en las cinco zonas que comprenden los ecotipos ‘Aragón’, ‘Tierra de Campos’, ‘Ampurdán’, ‘Mediterránea’ y ‘Alcoroches’, dentro del plan de trabajo de los proyectos de investigación INIA-7659 “Obtención de alfalfas de secano adaptadas al pastoreo (1987-1990)” y RF2007-00006 “Recolección y recuperación de semilla de ecotipos locales de alfalfa y esparceta y de sus accesiones silvestres de esparceta (2007-2009)”. Su distribución y procedencia es la siguiente:

Ecotipo ‘Aragón’. Nueve procedencias proporcionadas en 2008 por la Asociación para la Investigación y Mejora de la Alfalfa (AIMA) (1), Semillas Mur (2), Semillas Oliver (3), Semillas Monzón (4), cooperativas ‘San Miguel’ de Fuentes de Ebro (Zaragoza) (5) y ‘Joaquín Costa’ de Binefar (Huesca) (6), deshidratadora Pascual Sanz de La Puebla de Alfinden (Zaragoza) (7), y agricultores de Tauste (Zaragoza) (8) y Montañana (Zaragoza) (9).

Ecotipo ‘Tierra de Campos’. Seis procedencias proporcionadas en 2008 por AIMA (10), Semillas Batlle (11), Semillas Villarramiel (12), y agricultores de Villarramiel (Palencia) (13), Guaza (Palencia) (14) y Revenga de Campos (Palencia) (15).

Ecotipo ‘Ampurdán’. Siete procedencias recogidas entre agricultores de la provincia de Girona: Tres en Castelló d’Ampuries (16), Pedret i Marzá (17) y Vilademat (18), en 1987, y cuatro en Belcaire (19), Fontanilles (20), Armentera (21) y Vilademat (22), en 2008.

Ecotipo ‘Alcoroches’. Cinco procedencias, todas de la provincia de Guadalajara: Tres proporcionadas por agricultores de Alustante (23) y Alcoroches (24), en 1987, y dos por la cooperativa Proal de Alcoroches (25), en 1994 (26), y un agricultor de Checa, en 2008 (27).

Ecotipo ‘Mediterránea’. Tres procedencias: Una multiplicada por Semillas Gil Mascarel en San Felipe Neri (Alicante) (28) en 1987 y dos, propiciada su multiplicación por IMIDA en Totana (Murcia), en 2004 (29) y 2008 (30).

El estudio se llevó a cabo en una parcela de 500 m² preparada para riego por inundación, en el CITA en Zaragoza, durante 2010-2011. Las temperaturas medias mensuales en los 21 meses de duración del experimento (marzo de 2010-noviembre de 2011) fueron 22,5 °C de máxima y 8,9 °C de mínima; la mínima extrema diaria fue

de $-7,2$ °C, el 27 de diciembre de 2010, y la suma de precipitaciones 455,9 mm. Las características edafológicas medias de las parcelas en los primeros 30 cm correspondieron a un suelo de textura franco-arcillo-limosa, pH al agua 8,26, salinidad (C.E. 1:5) 0,30 dSm⁻¹, contenido en materia orgánica por colorimetría 2,48%, fósforo Olsen por espectroscopia 23,39 mg kg⁻¹ y potasio (extracto en acetato amónico) 322,0 mg kg⁻¹. Como abonado de fondo se aportaron 400 kg ha⁻¹ del complejo 8-24-8. La parcela se regó por inundación en periodos de 12 días, a capacidad de campo para mantener el experimento en condiciones de no estrés hídrico.

La siembra se efectuó en alvéolos individuales en invernadero. Las plántulas, con 10 cm de altura, se transplantaron al campo, el 18 de marzo de 2010, en hileras de 3,30 m, distanciadas 1,2 m entre sí, y 12 plántulas por hilera a 30 cm de separación. Cada hilera constituyó una repetición, siendo el diseño estadístico de bloques al azar con tres repeticiones.

Entre otoño de 2010 y otoño de 2011 se realizaron seis cortes, los días 28 de abril, 8 de junio, 12 de julio, 10 de agosto, 12 de septiembre y 18 de octubre, y se tomaron las siguientes mediciones: Altura del rebrote primaveral (RP) en cm, a mediados de marzo; rebrote estival (RE) diez días después del tercer corte y rebrote otoñal (RO) a mediados de noviembre, un mes después del último corte; porcentaje de flores variegadas; producción de materia seca (MS) y mortalidad al final del periodo. La producción de MS por planta se estimó mediante el promedio de los seis cortes, secando dos plantas por procedencia y repetición, secadas en estufa a 60 °C hasta peso constante.

Los resultados se compararon mediante el análisis de la varianza por el procedimiento ANOVA y el test de Mínima Diferencia Significativa. A las determinaciones expresadas en porcentajes se les aplicó la transformación del arcoseno. La distribución de procedencias en grupos homogéneos se realizó a partir de un análisis en componentes principales, utilizando las variables agronómicas citadas anteriormente. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SAS (2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos, agrupados por ecotipos, se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Altura (cm) de los rebrotes otoñal (RO), primaveral (RP) y estival (RE), porcentajes de mortalidad y flores violeta oscuro, y producción anual de materia seca (MS), en g planta⁻¹, de diferentes procedencias de alfalfa, en Zaragoza, durante 2011.

Ecotipo y procedencia	Nº	R O	R P	R E	% Mort.	% Fl v.osc.	MS/planta
Aragón AIMA	1	17	16,8	19,7	11,1	8,6	359,4
Aragón Semillas Mur	2	18,7	16,7	21,5	2,8	5,6	377,1
Aragón Semillas Oliver	3	17,4	16	20	5,6	7,6	383,5
Aragón Agricultor Tauste	4	15,6	15,5	21,6	19,4	16	316,8
Aragón Cooperativa Fuentes de Ebro	5	17,4	16,1	20,3	33,3	11,1	367,1
Aragón Deshidratadora Pascual	6	16	16,8	23,4	0	6,9	441,7
Aragón Semillas Monzón	7	15,2	16	19,9	2,8	8,3	376,2
Aragón Coop. Binefar	8	16,6	16,3	21,7	5,6	7,2	356,8
Aragón Agr. Montañana	9	19,4	16,6	20,6	13,9	10,3	373,4
Tierra de Campos AIMA	10	9,5	11,8	14,5	47,2	23,6	303,1
Tierra de Campos Semillas Batlle	11	8,5	11,4	16,3	27,8	22,3	345,7
Tierra de Campos Agr. Revenga de C.	12	9,3	12,3	16,6	25	15,3	298,8
Tierra de Campos Sem. Villarramiel	13	8,4	11,2	14	30,6	21,9	302,2
Tierra de Campos Agr. Villarramiel	14	9,5	10,8	14,6	36,1	26,7	281,5
Tierra de Campos Agr. Guaza	15	7,1	13	12,9	30,6	29,4	316,3
Ampurdán Agr. Castelló d'Empuries	16	8,9	13,6	14,7	33,3	12,3	321,2
Ampurdán Agr. Pedret i Marzá	17	11	14,7	13,6	27,8	23,8	385,4
Ampurdán Agr. Vilademat (1987)	18	10,4	14	13,3	16,7	8,1	236,9
Ampurdán Agr. Belleaire	19	9,2	13,1	13,5	38,9	10,2	316
Ampurdán Agr. Fontanilles	20	11,7	12,3	14	22,2	8,7	409,8
Ampurdán Agr. Vilademat (2008)	21	11,6	14,1	13,3	25	16,7	415,1
Ampurdán Agr. Armentera	22	12,2	12,8	13,4	25	23,5	314
Alcoroches Agr. Checa	23	5,4	9,4	10,5	47,2	47,9	215
Alcoroches Agr. Alustante1	24	7,1	9,4	11,2	52,8	39,4	280,7
Alcoroches Agr. Alcoroches	25	7,6	9	12,7	36,1	31,9	288,1
Alcoroches Agr. Alustante2	26	6,6	9,9	12,2	55,6	40,5	306,9
Alcoroches Coop. Proal	27	6,6	10	12,6	38,9	31,8	294,8
Mediterránea Totana 2008 (IMIDA)	28	24,2	15,3	19,8	30,6	5,2	298,9
Mediterránea Agr. S. Felipe Neri	29	23,2	16,4	19,1	27,8	7	300,4
Mediterránea Totana 2004 (IMIDA)	30	27	16,5	20,3	16,7	4,2	363
Significación		***	***	***	***	***	*
Mínima diferencia signific. (P<0,05)		2,59	2,9	4,14	23,95	20,14	120,51

*: P<0,05; ***: P<0,001.

Su agrupación, en un análisis de componentes principales, se presenta en la Figura 1.

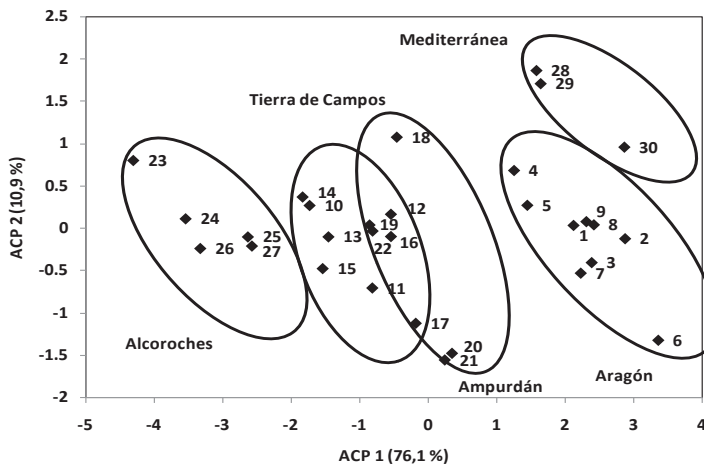


Figura 1. Análisis de componentes principales realizado sobre 30 procedencias de ecotipos españoles de alfalfa, según criterios agronómicos. Entre paréntesis se indica la variabilidad explicada por cada eje. Las elipses se han dibujado sin asignación estadística para una mejor visualización de resultados.

Los dos primeros componentes explican el 87% de la variabilidad (el eje 1, que recoge la variabilidad entre ecotipos, explica el 76,1 % y el eje 2, que recoge la variabilidad intra ecotipos, explica el 10,9%). Las variables más importantes representadas en el eje 1 son RP, RE, y RO mientras que en el segundo eje la variable más importante es la producción anual por planta. La evolución de la producción de MS por ecotipos, en 2011, se muestra en la Figura 2.

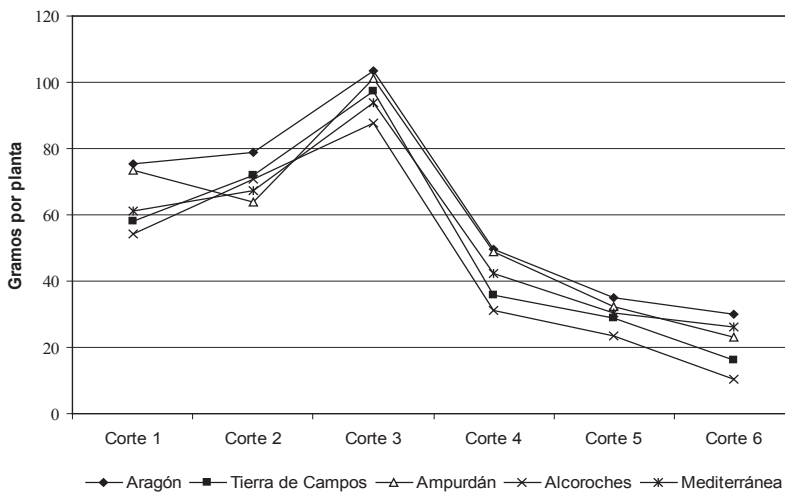


Figura 2. Evolución anual de la producción de forraje de los ecotipos españoles de alfalfa, durante 2011

Del análisis de los resultados se aprecia que el comportamiento agronómico de las muestras se asemejó a la descripción de los ecotipos españoles realizada por Hidalgo (1966) y su evaluación efectuada por Delgado (1990). ‘Mediterránea’ presentó el mayor crecimiento otoñal, seguido por ‘Aragón’. Ambos fueron los que más precozmente iniciaron su salida de invierno aunque, en este estudio, las alturas alcanzadas en otoño y salida de invierno en ‘Mediterránea’ pueden haber sido minusvaloradas, dado que no presenta parada invernal y las heladas le afectaron, reduciendo su altura. ‘Tierra de Campos’ y ‘Ampurdán’ tuvieron una rapidez de rebrote intermedia, muy similar en ambas, lo que justificaría la mezcla de procedencias de ambos ecotipos que se presenta en el análisis de componentes principales de la Figura 1. Ello también fue apreciado por Salviá et al. (2006). ‘Alcoroches’ fue el de menor rapidez de rebrote, coincidiendo con los resultados aportados por Delgado (1990). La rapidez del RP, la capacidad de RE después del corte y la entrada en reposo invernal son tres de las características agronómicas que mejor definen a los ecotipos según diversos autores (Hidalgo, 1966; Delgado, 1990; Cordero y Crespo, 1995; Fombellida, 2001 y Salviá et al., 2006).

Una característica morfológica, que también contribuye a su descripción, es el porcentaje de flores variegadas (verdeamarillentas). Estas no se apreciaron en nuestro estudio, en sentido estricto, pero si un color violeta intenso en algunas plantas que, en el caso de ‘Alcoroches’, se tornaba púrpura y viraba a amarillo cuando se marchitaba. Todas ellas se consideraron fuera de tipo y su porcentaje utilizado como discriminatorio, asemejándolo al carácter flor variegada de Hidalgo (1966).

Finalmente, los resultados obtenidos en dos caracteres, producción de forraje y mortalidad, que diversos autores (Hidalgo, 1966; Delgado, 1990 y Fombellida, 2001) califican como propios de la adaptación de los ecotipos al medio, fueron los mejores en ‘Aragón’, $P < 0,10$ y $P < 0,01$ respectivamente, coincidente con la ubicación del experimento

CONCLUSIONES

Los resultados muestran la permanencia en el tiempo de los caracteres que definen a los ecotipos españoles de alfalfa, cuando la semilla pertenece a casas comerciales o agricultores que mantienen una tradición en la multiplicación de los ecotipos. Aunque el cultivo de, ‘Mediterránea’ y ‘Alcoroches’ ha desaparecido

prácticamente, la singularidad de los mismos, aconseja su conservación para futuros programas de mejora.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y FEDER, dentro del proyecto RTA2009-00063-C02-01.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DELGADO I. (1990) Variabilidad de los ecotipos cultivados de alfalfa. En: Actas de la XXX Reunión Científica de la SEEP: 216-223. San Sebastian, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- CORDERO S. Y CRESPO, M.C. (1995) Caracterización del ecotipo Tierra de Campos. *Pastos*, 25 (1), 57-86.
- DE LA CUADRA C. (2004) Utilización de los recursos fitogenéticos en agroecología. En: Actas del Sexto Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica, 729-739. Almería, España: Sociedad Española de Agricultura Ecológica.
- DEL POZO M. (1977) La alfalfa. Su cultivo y aprovechamiento. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- EGEA-FERNÁNDEZ J.M. Y EGEA-SÁNCHEZ J.M. (2008) Biodiversidad, cambio climático y agricultura ecológica. En: Jornadas de verano sobre Agricultura Ecológica y lucha contra el Calentamiento Global. Zaragoza, España: Edición Expo Zaragoza.
- FOMBELLIDA A. (2001) Variabilidad del ecotipo "Tierra de Campos". *Pastos*, 31(2), 187-200.
- HIDALGO F. (1966) Clasificación de las alfalfas españolas. Zaragoza, España: Edición de la Asociación de Investigación para la Mejora de la Alfalfa.
- HIDALGO F. (1969) Variedades de alfalfa y sus áreas de adaptación en España. Zaragoza, España: Edición de la Asociación de Investigación para la Mejora de la Alfalfa.
- HIDALGO F. (1979) La alfalfa Aragón y su mejora de conservación. *Pastos*, 9 (1), 58-79.
- HIDALGO F. Y MARTÍNEZ A. (1986) La conservación genética de la alfalfa Tierra de Campos. *Pastos*, 16 (1), 233-257.
- MARM (2011) Catálogo nacional de variedades comerciales. Madrid, España: Edición del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- SALVIA J., SERRA J., DELGADO I., CAPARRÓS G. Y LLOVERAS J. (2006) Morphology characterization of the alfalfa ecotype 'Ampurdan'. En: Rosellini D.y Veronesi F. (Eds.) Proceedings of XXVI Meeting of the EUCARPIA Fodder Crops and Amenity Grasses Section and XVI meeting of the EUCARPIA Medicago spp Group, pp. 169-171. Perugia, Italia: Università degli Studi di Perugia.
- SAS (2003) SAS user's guide: Statistics version 9.1. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.

LONGITUD DEL CICLO DE FLORACIÓN DE LEGUMINOSAS PRATENSES ANUALES Y SU RELACIÓN CON EL ORIGEN GEOGRÁFICO

Length of Flowering Cycle in Annual Pasture Legumes and Variability Associated with Geographic Origin

V. MAYA BLANCO, F. GONZÁLEZ LÓPEZ y A. GONZÁLEZ MARTÍNEZ

Departamento de Producción Forestal y Pastos. Centro de Investigación La Orden Valdesequera. Ctra N-V Km 372. 06187 Guadajira (Badajoz)
valentin.maya@juntaextremadura.net

Resumen: Las distintas colectas de material genético realizadas por el Banco de Germoplasma La Orden-Valdesequera, han servido para crear una de las colecciones de referencia de nivel mundial, en lo que a leguminosas pratenses anuales se refiere. El material almacenado, recolectado en su mayoría en zonas adehesadas del suroeste peninsular, ha sido sometido a estudios de caracterización durante al menos 3 años, con el objetivo de analizar su diversidad genética. El factor estudiado, ha sido el ciclo de floración de las distintas especies y su variabilidad asociada al origen geográfico. Para proceder al análisis de la información obtenida, se ha llevado a cabo una zonificación, clasificando el área pascícola del suroeste peninsular en cinco zonas relativamente homogéneas, realizadas a partir de distintas variables como son latitud, altitud, temperatura y precipitación media anual, para posteriormente estudiar el factor indicado, en las principales especies recolectadas en esas zonas. Los resultados obtenidos demuestran que existen especies como *Biserrulla pelecinus* L., *Ornithopus compressus* L. y *Medicago polymorpha* L. donde el ciclo de floración muestra valores similares en las zonas estudiadas, sin embargo otras especies como *Trifolium glomeratum* L., *Trifolium striatum* y *Trifolium subterraneum* ssp. *subterraneum* Katz. et Morley presentan valores muchos más dispersos de ciclo de floración difiriendo bastante de unas zonas a otras.

Palabras clave: banco de germoplasma, ecotipos, suroeste peninsular.

Abstract: La Orden-Valdesequera Genebank Seed is a world reference centre for having wider collections of annual pasture legumes. The material, collected mostly in pasture of southwestern peninsular areas, has been subjected to characterization studies for at least three years, in order to analyze their genetic diversity. In this study we have analyzed the length of flowering cycle of different ecotypes of seven species and their variability associated with geographic origin. The area where the plant material was collected, was classified into five zones according to latitude, altitude, temperature and mean annual precipitation. for later study the indicated factor in the main species collected in that area. The results obtained show that there are species such as *Biserrulla pelecinus* L., *Ornithopus compressus* L. y *Medicago polymorpha* L. wich present very similar flowering cycles in the areas studied, however other species such as *Trifolium glomeratum* L., *Trifolium striatum* y *Trifolium subterraneum* ssp. *subterraneum* Katz. et Morley showed a flowering cycle value much more dispersed with quite different value from one area to another.

Key words: genebank, ecotypes, southwest peninsular.

INTRODUCCIÓN

Los trabajos de recolección de material llevados desde el Banco de Germoplasma de semillas del Centro de Investigación La Orden-Valdesequera, tradicionalmente se han centrado en áreas adeshadas del suroeste peninsular. A estas áreas pertenecen la mayor parte de los ecotipos recolectados en Extremadura, y las provincias de Comunidades limítrofes como Andalucía (Huelva, Córdoba, Sevilla, Cádiz y Jaén), Castilla la Mancha (Ciudad Real y Toledo) y Castilla León (Salamanca, Ávila y Zamora) y los distritos portugueses de Castelo Branco, Portalegre, Beja y Évora (Maya, 2012).

Una forma de poner en valor el material almacenado, es su caracterización, lo que aporta un conocimiento más preciso de las especies estudiadas, que permite ampliar el conocimiento en torno a la dinámica de los pastos en las áreas de origen. La supervivencia de las leguminosas pratenses anuales, y como consecuencia, la regeneración anual de los pastos, está principalmente asociada a la producción de semillas, y esta depende de la adaptación del ciclo de floración al ambiente en que se desarrolla. El ciclo de floración es una característica clave para la persistencia de estas plantas y ha sido el parámetro analizado en el presente estudio.

Estudios similares, aplicados en la especie *Trifolium subterrenaum L.*, con origen en Extremadura han sido realizados con anterioridad (Gómez y Ramos, 1980), concluyendo que más del 70% del *Trifolium subterraneum ssp. brachycalycinum Katzn. et Morley* florecía con un ciclo entre 160 y 165 días, mientras que el 85% de la subespecie *subterraneum L. Katz. et Morley* se extendía uniformemente en ciclos que iban desde 125 a 155 días. Este mismo estudio fue realizado por Piano (1984) con material recolectado en la región italiana de Cerdeña.

González *et al.* (2008) desarrollaron un estudio similar aplicado a las accesiones del Banco de Germoplasma hasta esa fecha, pero el trabajo solo incluía la especie *Biserrulla pelecinus L.* y *Ornithopus compressus L.*

Con el fin de profundizar en el conocimiento de la dinámica de los pastos, y el de seleccionar ecotipos y variedades adaptadas a cada área de recogida y garantizar su persistencia, se ha procedido a analizar el material disponible analizando la influencia del origen geográfico sobre el parámetro ciclo de floración. Los resultados además servirán de orientación en la elección de las variedades comerciales a utilizar, en proyectos de mejora de pastos, tratando de asemejar las

características fisiológicas del material varietal comercial en uso, con el material autóctono existente.

MATERIAL Y MÉTODOS

El origen geográfico de cada uno de los ecotipos estudiados, se ha obtenido de los datos de pasaporte consignados en la recolección. Para proceder al análisis del material, se ha llevado a cabo una clasificación del área de recolección en 5 zonas relativamente homogéneas, realizada a partir de distintas variables como son latitud, altitud, temperatura y precipitación media anual, para posteriormente estudiar los ciclos de floración de las principales especies recolectadas en esas zonas (Figura 1).



Figura 1. Zonificación de las áreas del suroeste peninsular.

Zona I: Clima variable dependiendo de la sierra, la vertiente y la altitud. Los inviernos son duros presentando áreas en las que no se superan los 0°C de temperatura media, con precipitaciones abundantes superando los 1000 mm anuales, siendo en forma de nieve a partir de los 900 m de altitud.

Zona II: Conjunto de sierras y estribaciones con microclimas debido a su altitud y orientación, presentando unas precipitaciones medias anuales que se sitúan entre los 700 y 1100 mm anuales y una temperatura media anual entre los 12 y 17 °C.

Zona III: Típico clima Mediterráneo, las temperaturas medias anuales, se sitúan entre los 15 y 17 °C las precipitaciones son algo más heterogéneas, situándose entre los 400 y 500 mm en las zonas centrales, y alcanzando los 700-800 mm en zonas de sierras de mayor altitud.

Zona IV: Con clima tipo Mediterráneo semiárido presenta cierto grado de continentalidad, La temperatura anual media se sitúa entre los 12 y 17 °C. La

pluviometría va desde los 600–800 mm de media anual en las zonas periféricas, hasta más de los 1400 mm en las cumbres más elevadas de la zona más occidental.

Zona V: Clima Mediterráneo Oceánico, con inviernos suaves donde apenas se baja de los 5 °C; y un verano caluroso. La temperatura media anual, ronda los 20 °C y las precipitaciones anuales están en torno a los 500 mm.

El estudio se ha basado en el análisis de las 7 especies de mayor valor forrajero y con mayor representación en el Banco de Germoplasma de Leguminosas Pratenses de la Finca La Orden y que tienen su origen geográfico en el suroeste peninsular (Tabla 1).

Tabla 1. Número de entradas analizadas con origen en las distintas zonas.

	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV	Zona V
<i>Trifolium subterraneum L.ssp subterraneum</i>	148	29	872	56	13
<i>Trifolium subterraneum L.ssp brachycalycinum</i>	34	ns	472	33	12
<i>Trifolium subterraneum L.ssp yanninicum</i>	ns	ns	23	ns	ns
<i>Trifolium glomeratum L.</i>	25	37	389	55	41
<i>Ornithopus compressus L.</i>	25	30	194	51	34
<i>Medicago polymorpha L.</i>	ns	14	198	37	14
<i>Trifolium cherleri L.</i>	ns	31	107	36	10
<i>Biserrulla pelecinus L.</i>	11	37	75	22	19
<i>Trifolium striatum L.</i>	ns	33	86	34	ns

ns: Sin presencia en la zona

El material disponible fue multiplicado en campo en la finca La Orden en líneas de 2 metros, al menos durante 3 años, con el objeto de evaluar caracteres con influencia sobre la persistencia (Ramos y Gómez, 1977), como es el ciclo de floración (número de días transcurridos desde la nascencia hasta el comienzo de la floración).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Analizando la especie *Ornithopus compressus L.* (Figura 2), se puede apreciar que el rango 140-149 días es el más frecuente en todas las zonas, aunque en la zona IV se puede apreciar una ligera tendencia a acortar este ciclo posiblemente debido a las otoñadas tempranas típicas en el área estudiada. Los resultados medios de la especie coinciden con los aportados por González *et al.* (2008) pero sin zonificar el estudio.

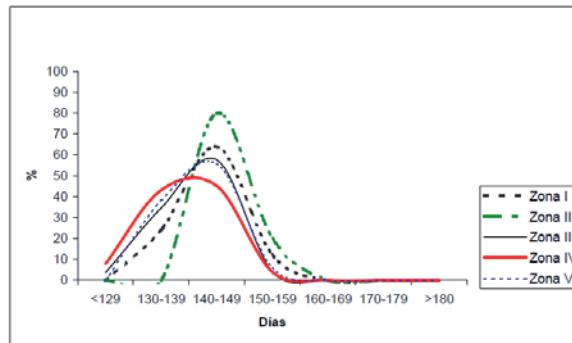


Figura 2. Ciclo de floración *O. compressus* L.

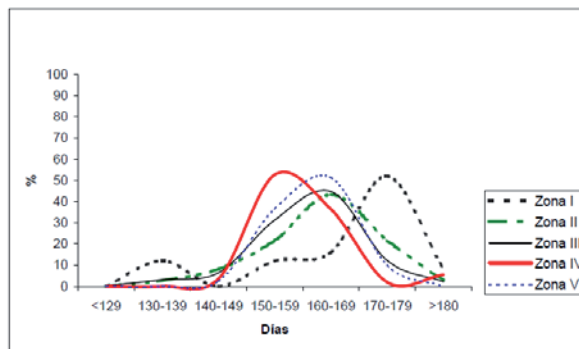


Figura 3. Ciclo de floración *T. glomeratum* L.

La especie *Trifolium glomeratum* L. (Figura 3), presenta el ciclo de floración más largo de entre las especies analizadas, con especial incidencia en la zona I donde el rango más frecuente se encuentra en los 170-179 días. En la zona I, podría verse afectado su ciclo por las bajas temperaturas invernales que provocan una parada invernal y un crecimiento más lento. La zona IV podría ver acortado su ciclo a causa de las otoñadas tempranas características del área.

La especie *Medicago polymorpha* L. (Figura 4), no tiene representación en la zona I, pero en el resto de zonas presenta los ciclos más cortos de las especies estudiadas. Este acortamiento es especialmente acusado en la zona IV, donde el 65% de los ecotipos presenta un rango inferior a 129 días. En el resto de zonas el rango 130-139 días es el más frecuente.

La especie *Trifolium striatum* L. (Figura 5), no tiene representación en las zonas I y V. En el resto de zonas, puede apreciarse como el ciclo de floración presenta una gran variabilidad, acortándose en la zona IV, donde en torno al 50% de los ecotipos se sitúan en el rango 150-159 días, y extendiéndose en la zona II.

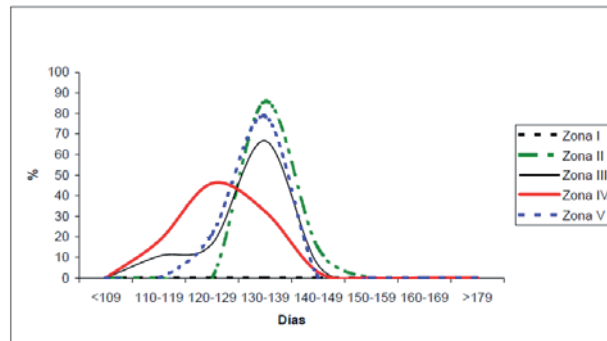


Figura 4. Ciclo de floración *M. polymorpha* L.

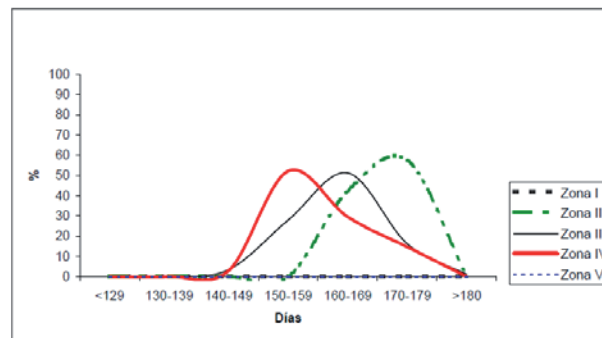


Figura 5. Ciclo de floración *Trifolium striatum* L.

La especie *Trifolium cherleri* L. (Figura 6) no está representada en la zona I, pero se trata de una especie de ciclos de floración largos, siendo el más frecuente el rango 150-159 días. Al igual que ocurría en la especie *Trifolium striatum* L. en la zona II existe una tendencia a prolongar el ciclo.

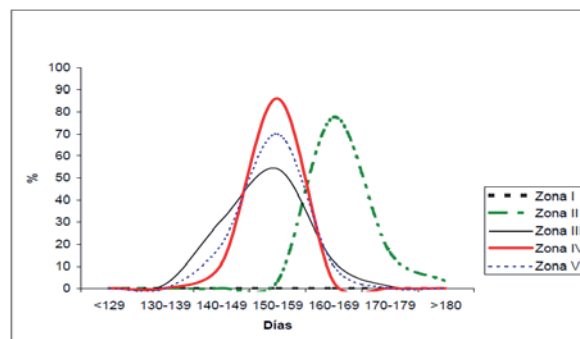


Figura 6. Ciclo de floración *Trifolium cherleri* L.

La especie *Biserrulla pelecinus* L. (Figura 7), no muestra una excesiva variabilidad en el ciclo de floración entre zonas, además presenta unos datos algo contradictorios en la zonas I y IV, pudiendo estar influenciada esta situación por la baja representatividad de los datos debido al escaso número de ecotipos analizados. Los resultados medios, al igual que ocurre con la especie *Ornithopus compressus* L. son muy similares a los obtenidos por González *et al.* (2008).

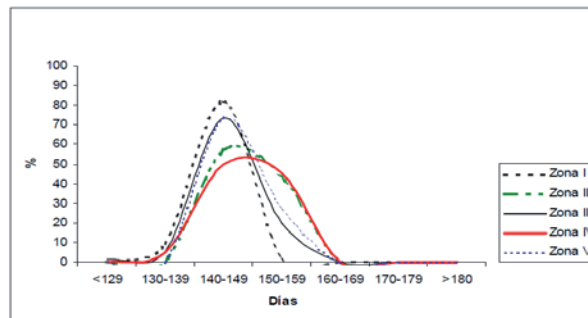


Figura 7. Ciclo de floración *Biserrulla pelecinus* L.

Los ecotipos de la especie *Trifolium subterraneum ssp. subterraneum* Katz. *et* Morley (Figura 8) son los que mayor diversidad presentan en cuanto a ciclo de floración. La zona I es la de mayor ciclo, asociado quizás a las bajas temperaturas invernales que paralizan el crecimiento. El resto de zonas presentan un comportamiento muy variable en el ciclo de floración, destacando su acortamiento en la zona V posiblemente debido a la influencia oceánica del clima de esa área.

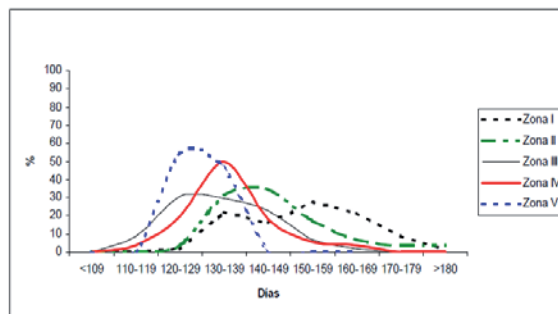


Figura 8. Ciclo de floración *Trifolium subterraneum ssp. subterraneum* Katz. *et* Morley

En el *Trifolium subterraneum ssp. brachycalycinum* Katz. *et* Morley (Figura 9) los ciclos de floración están más concentrados que en la *ssp. subterraneum* Katz. *et* Morley,

estando la mayor parte comprendido entre los 140 y 160 días presentando una variación menos acusada entre zonas.

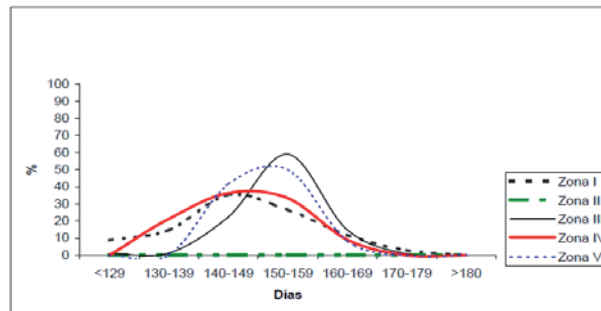


Figura 9. Ciclo de floración *Trifolium subterraneum ssp. brachycalycinum* Katz. et Morley

CONCLUSIONES

- Las especies *Trifolium glomeratum* L., *Trifolium striatum* L. y *Trifolium subterraneum ssp. subterraneum* Katz. et Morley presentan una gran variación de su ciclo de floración en las zonas estudiadas.

- Otras especies como *Trifolium cherleri* L. presentan una variación que tan solo afecta a alguna zona puntual.

- *Biserrulla pelecinus* L., *Ornithopus compressus* L. y *Medicago polymorpha* L. no muestran una variación significativa de su ciclo de floración entre las zonas estudiadas.

- La variación del parámetro ciclo de floración de las especies autóctonas entre zonas, justifica la necesidad de un estudio previo del material comercial a utilizar en las mejoras de pastos de la dehesa.

REFERENCIAS BIBIOGRÁFICAS

- PIANO E. (1984) *Preliminary observations on the structure and variability of Sardinian populations of subterranean clover*. Genet. Agr. 38. 77-90
- GOMEZ C., RAMOS A. (1980) *Estudio sobre la madurez en la colección de tréboles subterráneos extremeños*. Pastos 10 (2) 63-74.
- GONZÁLEZ F., MURILLO M., POLANCO E., y MAYA V. (2008) *Distribución de ecotipos de Ornithopus compressus y Biserrulla pelecinus en pastos del suroeste de la Península Ibérica*. En: Pastos, clave en la gestión de los territorios: Integrando disciplinas. Sociedad española para el estudio de pastos. 195-202.
- MAYA V. (2012) Banco de Germoplasma de Leguminosas Pratenses Anuales del Centro de Investigación La Orden-Valdesequera. Gobierno de Extremadura (ed) *Catálogo de especies conservadas en el Centro de Investigación La Orden-Valdesequera*. 21-52.

ESTIMACIÓN DE LOS EFECTOS GÉNICOS EN LÍNEAS PURAS E HÍBRIDOS DE MAÍZ FORRAJERO DE ALTO VALOR NUTRITIVO

Estimation of Gene Effects of Forage Maize Inbred Lines and Hybrids for High Forage Quality

L. CAMPO RAMÍREZ y J. MORENO-GONZÁLEZ

Departamento de Pastos y Cultivos. CIAM-INGACAL. Apartado 10, 15080 A Coruña (España), laura.campo.ramirez@xunta.es

Resumen: El objetivo de este estudio fue estimar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) en los cruzamientos de dos grupos heteróticos de líneas puras (LP) de maíz, con objeto de valorar su potencial en el programa de selección de maíz forrajero del CIAM. En el año 2009 se realizaron los cruzamientos entre los dos grupos heteróticos, "A" relacionado con germoplasma liso Europeo y *Sure Crop Lancaster* y "B" relacionado con el germoplasma *Reid Yellow Dent*. En los años 2010 y 2011 se evaluaron los cruzamientos para valor nutritivo. Las ACG y ACE fueron estimadas mediante un diseño North Carolina II. En el grupo "A" destacaron por su alta ACG para los caracteres de valor nutritivo las líneas puras H99 y EC47, y en el grupo "B" fueron las LP EC151, EC136 y EC168. Los mayores efectos de ACE para la digestibilidad de la materia orgánica in vitro (IVMOD) fueron para los cruzamientos relacionados con las LP americanas más tardías y los mayores efectos de ACE en relación al alto contenido en almidón con LP del CIAM tempranas. Los resultados indicaron que existe una amplia variación genética entre las LP evaluadas como para iniciar un programa de mejora genético efectivo con el fin de conseguir híbridos de alta calidad nutritiva.

Palabras clave: *Zea mays* L., cruzamientos, Aptitud Combinatoria General, Aptitud Combinatoria Específica

Abstract: The objective of this study was to estimate the effects of general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) in 24 maize inbred lines belonging to two heterotic groups for assessing their potential in a breeding program. In 2009, crosses were made between the two heterotic groups: "A" with germplasm related to European flint and *Lancaster Sure Crop*, and "B" related to *Reid Yellow Dent* germplasm. Crosses were evaluated for forage quality in years 2010 and 2011. The genetic parameters GCA and SCA were estimated by a North Carolina II design. Inbreds H99 and EC47 showed the highest GCA effects for forage quality in group "A", whereas inbreds EC151, EC136 and EC168 did it in group "B". The major SCA effects for in vitro dry organic matter digestibility were showed in crosses related to American late maturity inbreds, and the highest ACE effects for starch content were present in early flint CIAM inbreds. The results showed that a wide genetic variation exists among the evaluated inbreds, which may be used for effective genetic improvement of high forage quality hybrids.

Key words: *Zea mays* L., hybrids, specific combining ability and general combining ability.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de abaratar costes en las explotaciones lecheras gallegas ha hecho que la demanda de forraje para la alimentación animal sea cada vez mayor, lo que ha incrementado el cultivo de maíz forrajero para ensilado en Galicia. Los híbridos forrajeros se diferencian de los híbridos grano por el desarrollo de la parte verde, el llenado de grano, el mantenimiento de la planta verde en el momento de corte, el porcentaje de materia seca y la digestibilidad de la planta entera. Un buen indicador de la calidad nutritiva del forraje es su digestibilidad, que está directamente relacionada con el contenido de materia seca de la mazorca y el valor nutritivo de la parte verde (Barrière *et al.*, 1993; Argillier *et al.*, 1995). Por lo tanto evaluar la calidad del forraje es fundamental para la selección de progenitores e híbridos, ya que existen diferencias en contenidos proteicos, fibra y digestibilidad de la materia seca entre los híbridos de maíz para forraje (Allen *et al.*, 1995). En definitiva, es importante buscar genotipos que aseguren altos rendimientos forrajeros y mayor calidad nutritiva (Clark *et al.*, 2002).

El éxito de cualquier programa de mejora diseñado para desarrollar LP para la formación de híbridos de alto rendimiento y calidad, dependerá de la elección del germoplasma base. El estimar los efectos de ACG y ACE, nos permiten conocer los tipos de acción génica que controlan a los diferentes caracteres (Hallauer y Miranda, 1988). La ACG explica la proporción de la varianza genética debida a los efectos aditivos de los genes, mientras que la ACE explica la proporción de la varianza genotípica debida principalmente a efectos de dominancia. La mejora genética por hibridación tendrá éxito si las dos o al menos una de las LP del híbrido presentan alta ACG, condición que por sí misma asegura un alto rendimiento. Si además el cruzamiento presenta un alto efecto positivo de ACE, su capacidad de rendimiento aumentará (Guerrero *et al.*, 2011). El objetivo de este estudio fue estimar los efectos de ACG entre LP de endospermo liso europeo y germoplasma LSC y LP dentadas relacionado con el germoplasma RYD, y estimar la ACE de sus cruzamientos para alto valor nutritivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Dos grupos heteróticos de maíz A y B se evaluaron mediante un Diseño North Carolina II (NCII) en dos años. El grupo A incluía material de mejora procedente de germoplasma liso Europeo y germoplasma de USA *Sure Crop*

Lancaster (LSC), mientras que el grupo B estaba formado por material relacionado con el germoplasma *Reid Yellow Dent* (RYD) del Corn Belt de USA. Doce LP élite de cada grupo se utilizaron en este estudio. Las LP se dividieron en tres bloques de cuatro líneas y se cruzaron en el año 2009 de acuerdo con el diseño NCII dentro de cada conjunto (Tabla 1), obteniéndose 48 cruces (Tabla 4). El Grupo A incluía dos LP americanas, Mo17 y H99, además de otras 10 líneas del CIAM relacionadas con germoplasma liso europeo y LSC. El Grupo B incluía cuatro líneas de Norte América, B73, A632, CM105 y B37, ampliamente utilizados como progenitores híbridos en todo el mundo, además de ocho líneas derivadas de poblaciones dentadas adaptados a las regiones frías de Europa desarrolladas en el CIAM.

El diseño experimental fue un diseño NCII con tres repeticiones y fue sembrado en un ambiente en el año 2010 y dos ambientes en el 2011. Se realizó un análisis estadístico combinado con los datos recogidos en los tres ensayos mediante el Proc GLM del paquete estadístico SAS. Los componentes de la varianza se estimaron mediante el diseño propuesto por Comstock y Robinson (1948). Se estimaron los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) para los grupos A y B y sus cruzamientos para cada variable de calidad estudiada en la planta entera de maíz forrajero (Ordás y Malvar, 2012). En los tres ensayos se determinó el contenido de proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND), carbohidratos solubles en agua y no estructurales (CSA y CNET), almidón (ALM) y la digestibilidad de la materia orgánica in vitro (IVMOD), mediante espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano, previamente calibrado mediante los análisis químicos tradicionales (Campo *et al.*, 2007). En la comparación de medias se utilizó la prueba de mínimas diferencias significativas (LSD) al 0,05 de probabilidad.

Tabla 1. Cruzamientos realizados en el año 2009 entre dos grupos heteróticos de líneas.

Grupo heterótico A: material de mejora procedente de germoplasma liso europeo y LSC			Grupo heterótico B: material de mejora relacionado con el germoplasma RYD		
Macho			Hembra		
Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
EC49	EC49A	EC215A	EC136	EC169	EC151
EC213	EC47	EC220	EC149B	EC133A	A632
EC212	EC218	H99	EC175	EC168	B73
EC214	EC18	Mo17	EC179	CM105	B37

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en la descomposición de la suma de cuadrados de la fuente de variación (Tabla 2), la ACG_A del grupo A fue significativa ($p < 0,05$) para los caracteres de PB e IVMOD, lo que indica que debido a las diferencias entre las líneas lisas en sus cruzamientos con el grupo dentado, se pueden seleccionar aquellas líneas que transmiten a sus cruzamientos contenidos más altos de proteína y mayor digestibilidad. Las LP que presentaron mayores efectos positivos para el carácter de contenido proteico fueron EC151, H99, CM105 y A632 ($p < 0,001$). Las LP con efectos positivos significativos para la digestibilidad fueron H99, EC133A, EC47, EC212 y Mo17 ($p < 0,001$) (Tabla 3).

Tabla 2. Análisis de varianza de un diseño de cruzamientos North Carolina II entre líneas puras de dos grupos heteróticos A y B para valor nutritivo: proteína bruta (PB), digestibilidad de la materia orgánica in vitro (IVMOD), fibra neutro detergente (FND), carbohidratos solubles en agua y no estructurales (CSA y CNET) y almidón (ALM).

	Cuadrados medios esperados						
	gl	PB	IVMOD	FND	CSA	CNET	ALM
Ambiente (E)	2	2,88	417,9***	629,7***	249,79*	1885,8***	2317***
Rep(E)	6	2,19**	14,82*	27,21*	7,69	30,71	16,11
Bloque(E*Rep)	12	0,39**	4,50*	8,57*	3,89	10,32	9,34
ACG_A	9	1,11*	25,80*	30,69	21,77	21,11	32,14
ACG_B	9	2,12	12,31	40,64*	72,94	42,81*	97,87
ACE_{AxB}	27	0,2	3,29	7,89*	6,2	10,11*	17,83
$ACE_{A(E)}$	18	0,36**	8,67***	15,34***	11,10**	15,82**	20,78*
$ACE_{B(E)}$	18	1,46***	9,23***	12,89***	35,41***	13,31**	36,85***
E*A*B(Bloque)	54	0,13	2,03	4,22	4,51**	5,62	10,91
Error	270	0,14	2,19	4,34	2,52	6,19	8,86

gl: grados de libertad; ACG: aptitud combinatoria general; ACE: aptitud combinatoria específica. Significación estadística * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

En cuanto a los caracteres PB, IVMOD, CSA y ALM, no se han encontrado diferencias significativas en la ACE_{AxB} lo que sugiere que los cruzamientos dentro de cada bloque poseen el mismo contenido proteico, carbohidratos solubles en agua, almidón y similar digestibilidad. La interacción positiva Bloque (E*R) para los caracteres PB, FND e IVMOD señala que el contenido de PB, FND y la digestibilidad entre los bloques evaluados si que es diferente. Las diferencias entre los bloques dos y tres no fueron significativas para los caracteres PB y FND con valores de 5,6 y 5,7% para PB y 49,6 y 49,5% para FND, pero sí con el bloque uno (6,1 y 47,2% respectivamente) que es el bloque más temprano.

Tabla 3. Valores medios de los efectos genéticos de las líneas puras de los grupos heteróticos A y B dentro de cada bloque en un diseño NCII evaluado en tres ambientes para la calidad forrajera analizada mediante NIRS en la planta entera: proteína bruta (PB), digestibilidad de la materia orgánica *in vitro* (IVMOD), fibra neutro detergente (FND), carbohidratos solubles en agua y no estructurales (CSA y CNET) y almidón (ALM).

Grupo								
Heterotico	Bloque	Línea pura	PB	IVOMD	FND	CSA	CNET	ALM
A	1	EC212	0,00	0,83 ***	-0,33	0,90 ***	0,58	-0,25
		EC213	-0,036	-0,19	-0,11 * *	-0,41	-0,02	0,68
		EC214	0,15 **	-0,47 *	-0,08	-0,39	-0,32	-0,22
		EC49	-0,11 *	-0,17	0,52	-0,09	-0,23	-0,21
	2	EC18	-0,22 ***	-0,29	-0,65 *	-0,05	0,80 *	0,71
		EC218A	0,030	-0,50 *	1,50 ***	0,14	-1,78 ***	-1,58 ***
		EC47	0,05	0,83 ***	-0,92 **	1,20 ***	0,52	-0,93 *
		EC49A	0,14 **	-0,04	0,07	-1,29 ***	0,45	1,80 ***
	3	EC215A	-0,27 ***	-0,89 ***	0,47	0,05	0,45	0,45
		EC220	-0,10	-1,19 ***	0,98 **	-0,90 ***	-0,47	0,06
		H99	0,29 ***	1,27 ***	-1,60 ***	0,34	0,21	-0,21
		Mo17	0,07	0,80 ***	0,14	0,51 *	-0,19	-0,30
B	1	EC136	-0,13 *	0,05	-1,4 ***	-1,03 ***	1,94 ***	2,59 ***
		EC149B	-0,02	0,29	0,14	0,92	-0,60	-1,33 **
		EC175	-0,03	0,17	0,11	1,26 ***	-0,41	-1,62 ***
		EC179	0,18 **	-0,51 *	1,17 ***	-1,16 ***	-0,93 *	0,35
	2	CM105	0,20 ***	-0,91 ***	1,32 ***	-0,93 ***	-1,24 ***	-0,23
		EC133A	-0,38 ***	0,96 ***	-0,48	1,88 ***	0,68	-1,31 **
		EC168	0,01	0,47 *	-1,14 ***	0,60 *	0,76 *	-0,18
		EC169	0,17 **	-0,53 *	0,30	-1,55 ***	-0,19	1,71 ***
	3	A632	0,22 ***	-0,59 **	1,25 ***	-1,60 ***	-1,20 ***	0,69
		B37	-0,17 **	0,26	0,49	1,61 ***	-0,37	-2,29 ***
		B73	-0,34 ***	0,13	-0,69 *	0,77 **	0,84 *	0,06
		EC151	0,29 ***	0,20	-1,06 ***	-0,77 **	0,73 *	1,54 ***
Error		0,05	0,21	0,30	0,24	0,36	0,44	

*, ** y ***diferencias significativas al $p < 0,05$, $0,001$ and $0,001$, respectivamente. † Los efectos genéticos fueron estimados mediante funciones lineales entre las líneas puras y los cruzamientos dentro de cada bloque. ‡ Medias entre los tres híbridos comerciales y los cruzamientos NCII seguidas de la misma letra no fueron significativamente diferentes al $p < =0,05$

Las diferencias en la digestibilidad entre el bloque uno y tres, 68,2 y 68,1% respectivamente, no fueron significativas, pero si que lo fueron con el bloque dos (66,6%) (Tabla 4). Para la $ACE_{A(E)}$ y $ACE_{B(E)}$ se encontraron diferencias significativas en todas las variables evaluadas. De la Cruz Lázaro *et al* (2007) también hallaron diferencias estadísticas para la ACE en todas las variables agronómicas y de calidad forrajera evaluadas excepto IVMOD, en un análisis de varianza dialélico. La no significancia para IVMOD en los cruzamientos indica la escasa variación genética existente en este carácter de valor nutritivo, tal como señalan Nuñez *et al* (2001) en poblaciones de maíz grano normal, Peña *et al* (2004) en poblaciones de maíz grano de alto contenido protéico (ACP) y De la Cruz-Lázaro *et al* (2007) en poblaciones de

maíz forrajero y ACP. Argillier *et al* (2000) si que encontraron diferencias significativas en los cruzamientos de maíz normal.

Los cruzamientos con mejor digestibilidad están relacionados con las LP H99, EC133A, EC47, EC212 y Mo17, y los cruzamientos con mayor contenido en ALM con las LP EC136, EC49A, EC169 y EC151 ($p < 0,001$, Tabla 3).

Tabla 4. Valores medios de los cruzamientos evaluados en tres ambientes para los caracteres de calidad nutritiva.

Cruzamiento B1	PB	IVMOD	FND	CSA	CNET	ALM	Cruzamiento B2	PB	IVMOD	FND	CSA	CNET	ALM
EC212xEC136	5,9	68,4	44,4	8,2	43,8	35,1	EC18xCM105	5,4	64,6	50,4	8,3	37,9	29,3
EC212xEC149B	6,2	68,2	47,4	10,2	39,5	29,8	EC18xEC133A	4,9	65,5	48,7	9,8	39,8	29,3
EC212xEC175	6,0	68,3	47,0	11,7	40,9	29,2	EC18xEC168	5,6	65,5	47,3	8,6	40,4	30,7
EC212xEC179	6,2	67,2	48,7	8,7	39,2	30,6	EC18xEC169	5,8	64,5	49,6	6,7	38,3	31,4
EC213xEC136	6,0	67,1	45,4	7,8	42,2	34,3	EC218AxCM105	5,7	63,4	53,6	8,4	33,9	25,6
EC213xEC149B	6,1	67,1	47,7	9,5	39,0	29,8	EC218AxEC133A	5,4	65,9	49,7	9,9	37,8	27,8
EC213xEC175	6,0	66,4	47,9	8,4	39,6	31,8	EC218AxEC168	5,7	65,6	50,2	9,4	37,2	27,6
EC213xEC179	6,1	67,3	47,5	7,9	40,1	32,5	EC218AxEC169	5,8	64,2	51,2	6,5	37,2	30,6
EC214xEC136	6,0	66,4	46,5	7,6	41,4	33,1	EC47xCM105	6,1	66,0	47,9	7,7	40,1	31,5
EC214xEC149B	6,1	67,5	46,3	9,6	40,5	30,7	EC47xEC133A	5,3	67,4	49,2	12,8	38,5	24,9
EC214xEC175	6,3	66,8	47,0	9,0	39,5	30,0	EC47xEC168	5,7	65,9	48,3	9,7	38,7	28,0
EC214xEC179	6,5	66,0	48,8	7,4	38,4	30,9	EC47xEC169	5,6	65,2	49,5	8,1	38,1	29,7
EC49xEC136	5,9	67,0	46,9	7,5	41,4	33,4	EC49AxCM105	6,0	63,6	52,1	5,5	36,3	30,6
EC49xEC149B	5,8	67,1	48,0	9,5	39,6	30,1	EC49AxEC133A	5,4	66,2	49,0	8,6	39,8	30,6
EC49xEC175	6,0	67,8	47,4	11,2	39,5	28,2	EC49AxEC168	5,6	66,0	48,3	8,3	40,0	30,8
EC49xEC179	6,3	66,1	48,7	6,6	39,6	33,1	EC49AxEC169	6,0	65,2	49,5	6,1	38,8	32,9
Media B1	6,1	67,2	47,2	8,8	40,2	31,4	Media B2	5,6	65,3	49,7	8,4	38,3	29,5

Cruzamiento B3	PB	IVMOD	FND	CSA	CNET	ALM
EC215AxA632	5,6	65,4	51,0	7,9	37,6	30,1
EC215AxB37	5,3	66,8	50,8	12,5	36,9	24,1
EC215AxB73	5,2	65,9	50,0	9,8	37,6	27,9
EC215AxEC151	5,7	67,5	48,2	8,6	39,2	31,0
EC220xA632	5,9	66,5	51,3	7,7	36,1	28,3
EC220xB37	5,3	66,1	50,2	9,9	37,6	27,1
EC220xB73	5,2	65,8	50,9	9,1	37,0	27,5
EC220xEC151	6,1	66,1	49,8	8,2	37,0	28,6
H99xA632	6,2	68,2	49,0	8,8	36,4	27,9
H99xB37	6,0	68,9	48,5	10,4	37,4	26,9
H99xB73	5,7	68,9	46,7	11,5	38,8	27,0
H99xEC151	6,2	68,3	47,6	9,1	37,9	28,6
Mo17xA632	6,1	66,7	52,0	7,7	34,7	27,7
Mo17xB37	5,6	68,5	50,6	12,2	36,1	24,0
Mo17xB73	5,4	69,1	47,8	11,2	39,7	29,1
Mo17xEC151	6,0	68,1	48,4	9,5	38,3	29,3
Media B3	5,7	67,3	49,6	9,6	37,4	27,8

B: bloque; PB: proteína bruta; IVMOD: digestibilidad de la materia orgánica in vitro; CSA y CNET: carbohidratos solubles en agua y no estructurales; ALM: almidón; FND: fibra neutro detergente.

En general han destacado por su alto potencial nutritivo la LP americana H99, con alta ACG para contenido PB e IVMOD y bajo contenido en FND, y la LP del CIAM EC151 con alta ACG en el carácter PB, ALM, CNET y bajo contenido en FND. La LP EC133A también ha destacado por su alto potencial para conseguir cruzamientos con buena digestibilidad y altos contenidos en CSA. Esta LP ya ha sido relacionada con cruzamientos de alto potencial para la producción de forraje (Campo *et al.*, 2012). La LP EC136 ha mostrado un gran potencial para la producción de cruzamientos con alta ACG para los caracteres ALM, CNET y FND. Esta LP ha sido relacionada con caracteres de precocidad y alto contenido de materia seca (Campo *et al.*, 2012). Los valores de todos los caracteres de calidad nutritiva en los cruzamientos evaluados, se muestran en la Tabla 4. En cuando a la ACE que determina el potencial del cruzamiento, para la digestibilidad los mayores efectos fueron para los cruzamientos relacionados con las LP americanas más tardías: Mo17xB73 (69,1%), H99xB73 y H99xB37 (68,9%), Mo17xB37 (68,5%) y los mayores efectos de ACE en relación al alto contenido en almidón con LP del CIAM tempranas: EC212xEC136 (35,1%), EC213xEC136 (34,3%), EC49xEC136 (33,4%) y EC214xEC136 (33,1%) (Tabla 4).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que existe una amplia variación genética entre las LP evaluadas como para iniciar un programa de mejora genético efectivo con el fin de conseguir híbridos de alta calidad nutritiva.

Se han identificado LP con altos potenciales para la selección de caracteres de valor nutritivo en planta entera de maíz forrajero. La LP americana H99 y la LP del CIAM EC151 han destacado tanto por su alta ACG como ACE de sus cruzamientos y, por lo tanto, poseen un gran potencial para la producción de cruzamientos con un alto valor nutritivo ya que han destacado en la mayoría de los caracteres de calidad deseables en los híbridos forrajeros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN M., FORD S., HARRISON J., HUNT J., LAUER J., MUCK R. Y SODERLUND S. (1995) *Corn silage production, management and feeding*. Madison, USA: American Soc. of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Sci. of America.

- ARGILLIER O., HÈBERT Y. Y BARRIÈRE Y. (1995) Relationships between biomass yield grain production, lodging susceptibility and feeding value in silage maize. *Maydica*, 40, 125-136.
- ARGILLIER O., MÉCHIN V. Y BARRIÈRE Y. (2000) Inbred line evaluation and breeding for digestibility-related traits in forage maize. *Crop Sci.* 40(6), 1596-1600.
- BARRIÈRE Y., HÈBERT Y., JULIER B., YOUNG E., FURTOSS V. (1993) Genetic variation for silage and NIRS traits in a half-diallel desing of 21 inbred lines of maize. *Maydica*, 38, 7-13.
- CAMPO RAMÍREZ L., CASTRO GARCÍA P., MORENO-GONZÁLEZ J. (2007) Calibración NIRS para estimar la digestibilidad de la materia orgánica de la planta entera de maíz en híbridos seleccionados para forraje. En: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (Eds) *Los sistemas forrajeros: Entre la producción y el paisaje*, pp 461-467. Vitoria-Gasteiz, España.
- CAMPO RAMIREZ, L., MONTEAGUDO A.B. Y MORENO-GONZÁLEZ, J. (2012) Aptitud combinatoria entre líneas puras de maíz para alto rendimiento forrajero. *Acta Hort*, 62, 43-45.
- CLARK P.W., KELM S. Y ENDRES M.L. (2002) Effect of feeding a corn hybrid selected for leafiness as silage or grain to lactating dairy cattle. *J. dairy Sci.*, 85, 607-612.
- COMSTOCK R.E. Y ROBINSON H.F. (1948) The componets of genetic variance in populations of biparental progenie and their use in estimating the average degrees of dominance. *Biometrics*, 4, 254-266.
- DE LA CRUZ-LÁZARO E., RODRÍGUEZ-HERRERA S.A., PALOMO-GIL A., LÓPEZ BENÍTEZ A., ROBLEDO-TORRES V., GÓMEZ-VÁZQUEZ A. Y OSORIO-OSORIO R. (2007) Combining ability of protein high quality maize inbred lines for forage characteristics. www.ujat.mx/publicaciones/uciencia, 23 (1), 57-68.
- GUERRERO C., ESPINOZA A., PALOMO A., GUTIÉRREZ E., ZERMEÑO H. Y GONZÁLEZ M.P. (2011) Aptitud combinatoria del rendimiento y sus componentes en dos grupos de líneas de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 257-267.
- HALLAUER A.R. Y MIRANDA FILHO J.B. (1988) *Quantitative genetics in Plant breeding*. Ames, Iowa, USA: Iowa State University Press.
- NÚÑEZ H.G., FAZ C.R., TOVAR G.M.R. Y ZAVALA G.A. (2001) Híbridos de maíz para la producción de forraje con alta digestibilidad en el norte de México. *Téc. Pecu. Mex.* 39(2), 77-88
- ORDÁS B. Y MALVAR R.A. (2012). Métodos clásicos de análisis de caracteres cuantitativos en plantas. En: Ferreira J.J. *et al.* (Eds) *La genética de los caracteres cuantitativos en la mejora vegetal del siglo XXI*, pp. 81-119. Asturias, España: Sociedad Española de Genética.
- PEÑA R.A., GONZÁLEZ C.F., NÚÑEZ H.G. Y JIMÉNEZ G.C. (2004) Aptitud combinatoria de líneas de maíz para alta producción y calidad forrajera. *Rev. Fitotec. Mex.* 27(1), 1-6.

Tercera parte

**Producción Animal
con Base a Pastos**

LA GANADERÍA EXTREMEÑA

The Livestock in Extremadura

J. TOVAR ANDRADA¹ y A.I. ROJAS LÓPEZ²

Departamento de Producción Animal y Ciencias de los Alimentos. ¹Facultad de Veterinaria
Avda. Universidad s/n. Campus Universitario, 10003 Cáceres ²Escuela de Ingenierías
Agrarias. Avda. Adolfo Suárez s/n C.P. 06007 Badajoz jjtovan@unex.es

INTRODUCCIÓN

Hace dos ó tres décadas hubiera sido meritorio hablar de la ganadería extremeña, se hubiera necesitado una persona especialmente conocedora de la cabaña ganadera, pues es un tema de una diversidad extraordinaria y las estadísticas ganaderas de entonces en España eran escasas en cantidad y en calidad; sin embargo, desde el ingreso de nuestro país en la UE, con la implantación de un sistema de identificación animal común en toda la UE, la trazabilidad, el establecimiento del REGA y la expansión de las nuevas tecnologías, permite disponer de abundantes fuentes de una calidad excelente donde buscar la información que nos pueda interesar, para ello, baste revisar la colección anual de La Agricultura y la Ganadería Extremeña, de Caja Badajoz ó las publicaciones de estadística ganadera del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente en cualquiera de sus formas: anuarios, encuestas, boletines, informes etc., en todas ellas obtendremos los parámetros necesarios para elaborar esta exposición.

Por otra parte, el conocimiento de la cabaña ganadera de una región no se puede limitar al conocimiento de sus censos, su estructura ó sus producciones reflejados en frías s, que son muy importantes, pero sólo constituyen una parte del asunto, para completarlo es necesario conocer sus aptitudes, sus estrategias de explotación, su comercialización, y su significado biológico, social y cultural, es decir, el alma del ganado.

En principio, consideramos a Extremadura una comunidad eminentemente ganadera, lo ha sido, lo es y si somos capaces de evolucionar con los tiempos lo

seguirá siendo, y lo es, fundamentalmente, por sus condicionantes medioambientales y climáticos. Sus suelos áridos, poco profundos, poco fértiles, variados, que salvo alguna comarca como Tierra de Barros, las Vegas del Guadiana y la Campiña Sur, son poco aptos para la agricultura; su clima errático y extremado, y su cultura la predestinan a esa vocación ganadera en la cual muchos de nosotros nos encontramos muy a gusto.

Así mismo, me gustaría destacar la evolución que ha sufrido la ganadería extremeña desde que el ganado español se integra al contexto Europeo, la tremenda influencia que la PAC ha tenido sobre ella, y cómo han cambiado las infraestructuras de las fincas, las estrategias de explotación de los ganaderos; si recordamos aquellas conferencias de ilustres zootécnicos de principio de los ochenta, donde se predecía el futuro de nuestros ganados, solo podemos reconocer nuestra ignorancia de entonces, los avances actuales y la cintura de nuestros ganaderos para evolucionar.

Por tanto, parece prudente para iniciar esta exposición definir aquellos hitos más sobresalientes que van a enmarcar la ganadería extremeña y sus producciones sin compararse con nadie, a mi entender “per se” ya son importantes, baste tener la reseña nacional, simplemente como referencia. En este sentido, procuraremos cuantificar los ganados, sus producciones y su importancia económica, social y cultural, para a continuación abordar las especies más significativas, en sus sistemas de explotación y gestión. En la Tabla 1, exponemos los censos de las principales especies de renta, así como su significado dentro de la cabaña nacional, en el año 2011, en la mencionada no aparecen conejos y abejas pues entendemos que merecen otro tratamiento, por su diferente significación, sus sistemas de explotación, duración de ciclos productivos y las distintas magnitudes que se manejan.

Tabla 1. Cabaña ganadera de 2011

	España	Extremadura	Extrem./España
Bovino	5.923.112	787.237	13,29
Ovino	17.002.721	3.511.750	20,65
Caprino	2.692.898	275.611	10,23
Cerdos	25.634.869	1.102.477	4,3
Gallinas de puesta	51.109.000	1.414.000	0,27
Gallinas de carne	4.365.000	—	—
Equinos	748.622	50.805	6,78

Fuente: Elaborada a partir de los censos ganaderos de la agricultura y la ganadería extremeña 2011

Podemos decir sin temor a equivocarnos que la cabaña ganadera de Extremadura es importante para el país tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo, en especial, en lo que a los rumiantes se refiere, sin olvidar el porcino pero éste por otros motivos.

Más del 13% de los bovinos de España, más del 20% de las ovejas y del 10% de las cabras pacen a Extremadura una comunidad autónoma de mucho peso en el sector ganadero nacional de rumiantes, y más, repito, cuando veamos el sistema de explotación, siempre muy ligado a la tierra y respetuoso con el medioambiente y el bienestar de los animales.

La trascendencia de la población porcina, por su parte, es debido a las repercusiones económicas, gastronómicas y culturales que tiene para la región, al igual que en el resto del país, es el sector económicamente más importante, importancia que se hace más relevante cuando consideramos la trascendencia de la raza explotada mayoritariamente la Ibérica, en ella, se produce una sinergia espectacular entre su valoración económica, biológica, social ó medioambiental. Por su parte, el censo de aves, tanto de puesta y como de carne, es poco significativo si lo comparamos en el contexto nacional, podríamos considerarlo casi testimonial.

Los equinos de nuestra región en su mayoría son animales relacionados con el ocio, el deporte ó la exhibición, son animales de calidad, muchos de razas puras, inscritos en los libros genealógicos de las razas española, árabe, pura sangre ingles u otras razas adecuadas a los distintos deportes, los censos más recientes a los que hemos tenido acceso nos indican que en Extremadura hay 50.805 cabezas, y su importancia se deriva de la calidad de sus yeguas.

Los conejos merecen un tratamiento diferente, sus ciclos de producción, sus particularidades reproductivas, su fecundidad, su prolificidad hacen que el censo cunícola en un momento dado tenga un valor relativo, por ello hemos preferido cuantificar la especie, de un modo indirecto, que consideramos que es más real y estable, y por tanto más acertado en el tiempo, a través del número de explotaciones y sus capacidades.

El número de explotaciones cunícolas inscritas en el REGA en 2011, así como el número de jaulas capaces de albergar conejos de que disponen son 3.806 granjas en España y de ellas 214 están en Extremadura, en cuanto al número de jaulas, en España hay 1.325.646 y en Extremadura son 9001 las que hay instaladas.

De ello, y de la falta de mataderos de esta especie en la región, podemos deducir que Extremadura no es una potencia en España en la producción de conejos, en realidad la producción de conejos no es comparable con otras carnes de abasto, aves ó cerdos, el número de granjas es aceptable en relación a nuestra nación, pero el número de jaulas donde albergarlos es muy bajo, por tanto, hay suficientes granjas pero son pequeñas.

Me gustaría abordar a las abejas de modo singular, pues lo son como especie, y por su significación biológica también, no se puede olvidar que además de sus producciones de miel, polen etc., que pueden aportar al producto final ganadero cerca del 0.5%, está el papel polinizador que estos insectos tienen en nuestras explotaciones de frutales, nuestras dehesas ó simplemente en nuestros pastizales.

El número de explotaciones de abejas inscritas en el REGA en 2011, clasificadas por el grado de profesionalización del apicultor son 24.251 las que hay en España, de ellas 5.542 están en manos de profesionales, 17.105 en manos de personas que tienen otro modo de vida, 1.604 no está bien definida la cualificación de sus gestores, en el caso de Extremadura son 976 las explotaciones censadas, la gran mayoría 785, en manos de profesionales, unas pocas 171 en manos de personas con ingresos de otro tipo y solo 11 no las tenemos calificadas

Todo ello nos hacen pensar que el sector apícola extremeño, tiene buena salud, no es demasiado grande en relación al resto de España, pero pensamos que es equilibrado y que está muy profesionalizado, lo que le permitirá evolucionar de forma razonable, movido por un grupo humano que es conocedor de las circunstancias que lo rodean, muy especializado y muy profesional.

Una vez cuantificados los censos generales, el otro hito esencial que define la ganadería extremeña son sus producciones, es decir, qué producimos y cuanto producimos; fundamentalmente producimos carne y leche, algunos huevos, algo de miel y poco más dado que la producción de lana hoy es una práctica zootécnica de higiene, pero hoy también hay que considerara el importante papel que juegan nuestros ganados en la formación y mantenimiento de los ecosistemas extremeños, cuestión esta, importante, pero que en estos momentos no es principal.

En la siguiente tabla exponemos las grandes cifras que determinan la producción de carne en Extremadura, diferenciada por especies, provincias, y la de España para que sirva de referencia.

Tabla 2. Producción de carne por especies de 2011 (Tm.)

	Total	Vacuno	Ovino	Caprino	Porcino	Aves
Badajoz	76.736	540	1.640	67	55.110	19.355
Cáceres	62.318	21.879	2.256	237	9.345	20.602
Extremadura	139.054	22.418	3.920	304	64.455	47.957
España	5.664.197	604.112	130.587	11.142	3.469.348	1.373.604
%Extrem./España	2,45	3,71	3	2,72	1,85	3,49

Fuente: Elaborada a partir del anuario de estadística de 2011

La primera observación que se puede hacer es que el componente en el sector primario el valor añadido se encuentra en la industrialización como en la distribución y en nuestro caso es escaso.

A partir de aquí se aprecia la diferencia tan marcada en la estructura de la producción en cada provincia. Por ejemplo, Badajoz produce más carne que Cáceres pero las especies con que cada provincia produce su carne son diferentes: en Badajoz priman los cerdos y las aves, de tal modo que ellos solos producen más carne que el total de Cáceres. Badajoz produce carne de cerdo, algo de aves y trazas del resto de especies, en Cáceres el vacuno y las aves son las estrellas en producción con magnitudes semejantes, un poco más el vacuno, la producción de carne de porcino también es significativa, pero más modesta; más alejada está la aportación del ovino y por supuesto el caprino, aunque mantienen su importancia relativa.

En Extremadura no conocemos mataderos de conejos ni de caballos en activo, por lo que estas especies se sacrifican fuera de la región y su producción no aparece en las estadísticas regionales, sin duda por su escasa incidencia.

Analizando la Tabla 2 por provincias encontramos que, en Badajoz, la producción que destaca sobre manera de las demás y de la otra provincia es la carne de cerdos, esta incidencia podría llevarnos a confusión si olvidamos que la inmensa mayoría de esa carne producida es de cerdo ibérico, en un tanto por ciento muy alto, es fruto de las montaneras y de las granjas de cebo de cerdos y por tanto materia prima de una industria chacinera de calidad.

Cáceres por su parte, destaca en producción de carne bovina, pero sin la polarización tan marcada de Badajoz hacia el cerdo, en ella siguen teniendo importancia las aves, el cerdo y los pequeños rumiantes.

En relación a España, la cantidad de carne que Extremadura aporta no se corresponde con el potencial que nos haría intuir sus censos, Extremadura es una comunidad exportadora de animales vivos a otras comunidades como ponen de

manifiesto las cifras que nos aporta esta Tabla 4, pues más del 13% del vacuno nacional produce poco más del 2% de la carne de esta especie; mas del 20% del censo ovino produce el 3,7 %, realmente poco, y las cabras, por su parte, son más del 10% nacional y su producción la estimamos en el 2,7% , en porcinos y aves el planteamiento es distinto.

Los cerdos producen el 1,85 de la carne de esta especie pero es una carne que se destina en su mayoría a la elaboración de salazones y embutidos de una calidad extraordinaria.

La interpretación que hacemos de las estadísticas de las aves es que si bien su producción es considerable, se centraliza en la producción de carne y solo alguna granja, importante pero aislada es de producción de huevos.

En cuanto a la otra gran producción de nuestra cabaña, la leche, las condiciones estructurales y medioambientales hacen que el aporte al montante nacional sea mínimo.

En la Tabla 3 se exponen las producciones de leche por especies del año 2011 en Extremadura y España, así como las producciones por provincias y el tanto por ciento que significa la leche extremeña en el contexto español.

Tabla 3. Producción de leche por especies de 2011 (1000 Tm.)

	Vaca	Oveja	Cabra
Badajoz	13,95	2,78	3,31
Cáceres	17,37	3,01	23,01
Extremadura	31,3	5,59	26,32
España	6.298,72	503,57	466,7
%Extrem./España	0,49	1,11	5,64

Fuente: Elaborada a partir del anuario de estadística de 2011

Por otra parte, hemos de diferenciar la producción de leche de vaca que es mínima y su comercialización hacia el consumo humano a través de industrias transformadoras de fuera de la región, y la leche de ovejas y cabras que se emplea en la elaboración de quesos de gran calidad, en gran medida amparados por denominaciones de origen suficientemente conocidas.

La producción de leche de vaca está concentrada en el caso de Badajoz en las vegas de Gadiana y en el caso de Cáceres en el Casar de Cáceres, quedando algún núcleo residual en ambas provincias fuera de estas demarcaciones, esto es debido al

sistema de comercialización que requiere una masa crítica para que su comercialización se atraiga.

La leche de oveja producida es el sustrato sobre el que asientan las producciones de los quesos protegidos por las denominaciones Torta del Casar y Quesos de la Serena, la producción en ambas provincias es similar, con una pequeña diferencia a favor de Cáceres.

La producción de leche de cabra soporta la denominación de origen de quesos de los Ibores, pero a diferencia de la leche de oveja en este caso, se elaboran otros quesos sin el amparo de ninguna denominación pero también de excelente calidad, y muy apreciados, las diferencias en producción son importantes a favor de la provincia de Cáceres.

En cuanto a la producción de huevos se refiere, tanto el censo de gallinas como la producción de huevos en el año 2010 significaron el 2,8% del censo nacional y el 2,6 % de los huevos tal como se refleja en la Tabla 4.

Tabla 4. Censo de gallinas de puesta y docenas de huevos producidas

	Gallinas (x1000)	Docenas de huevos (x1000)
Extremadura	1.414	29.431
España	51.109	1.111.548
%Extre/España	2,8	2,6

Fuente: Elaborada a partir del anuario de estadística de 2011

Pero nuestros ganados tienen otras características y funciones a las cuales no puedo dejar de, al menos, hacer referencia a ellas por la trascendencia que, en mi opinión tienen y, que constituyen el alma de nuestros ganados como ya he dicho antes:

- Las razas autóctonas, y sus cruces son de una rusticidad extrema como corresponde a animales que viven en un ecosistema complicado, errático y extremo como es el extremeño, pero las razas integradas, se han adaptado a las estrategias de explotación de tal manera que hoy ni se duda de la capacidad de razas como la duroc, charoles, merino precoz, u otras razas que se emplean en los cruces industriales
- Los ganados que se explotan ligados a la tierra, cerca del 60% del territorio extremeño se explota con ganado en extensividad, tienen una capacidad de integración fenomenal, me atrevería a decir que la raza Merina, por ejemplo,

- no tiene que adaptarse a la dehesa ella es parte de la dehesa, de su formación y mantenimiento, la dehesa es su casa y nadie necesita adaptarse a su casa.
- Generan productos alimenticios muy variados, de gran calidad y soportan una industria transformadora de prestigio.
 - Permiten utilizar y conservar ecosistemas de gran valor ecológico y medioambiental sin dañarlos cuando se hace con sentido común.
 - Aprovechan superficies del territorio a las que difícilmente podría sacárseles mayor provecho, transformando productos de escaso valor económico y biológico, en otros muy valorados y de gran calidad biológica.
 - Las ovejas son formadoras y mejoradores del suelo en zonas de climas áridos o semiáridos (pastoreo, redileo, majadeo).
 - Las razas explotadas en extensivo contribuyen a amortiguar el cambio climático.
 - Las cabras, ovejas y vacas con el ramoneo son un arma eficaz para el control y la prevención de incendios.
 - La ganadería colabora en fijar núcleos urbanos en el medio rural
 - De sus producciones dependen otros sectores económicos, industrias de transformación de alimentos, artesanía, turismo y hostelería.
 - Su explotación permite el mantenimiento de numerosos paisajes y ecosistemas cuya biodiversidad depende del pastoreo.
 - Contribuyen a la diversidad genética.
 - Son origen en muchos casos de nuestras costumbres y actividades etnográficas.

El sector bovino

Desde la entrada de España en la UE la cabaña vacuna de Extremadura ha crecido sustancialmente, alcanzando la cifra actual de 787.237 cabezas censadas, que ponen a esta región entre las más importantes en este tipo de ganado en España.

En Extremadura, la distribución del vacuno por la geografía regional no es uniforme, la provincia de Cáceres dobla en censo a la de Badajoz, y si bien en la provincia cacereña hay una cierta uniformidad en la distribución geográfica, no sucede así en la provincia pacense, en Badajoz podemos decir que los bovinos se concentran en el área de la dehesa, es decir norte, oeste y sur de la provincia de tal

modo que el centro y el este de la provincia no tiene este ganado ó es poco significativo.

La provincia de Cáceres por su parte tiene una distribución geográfica más homogénea, en Cáceres en todas las comarcas agrarias hay una presencia considerable de ganado vacuno

Tabla 5. Censos de bovinos por comunidades autónomas.

	2011	2010
Galicia	937.216	949.766
Asturias	386.030	401.038
Cantabria	277.227	275.736
País Vasco	145.874	150.353
Navarra	111.403	111.468
La Rioja	40.248	36.776
Aragón	297.692	284.016
Cataluña	552.349	555.829
Baleares	32.048	26.772
Castilla y León	1.250.050	1.266.013
Madrid	92.330	106.658
Castilla la Mancha	353.650	360.120
C Valenciana	48.666	54.066
Murcia	57.349	67.940
Extremadura	787.237	803.482
Andalucía	534.356	605.105
Canarias	19.387	19.943
España	5.923.112	6.075.081

Fuente: Elaborada a partir de encuesta nacional de bovino noviembre 2012

En la Tabla 6, se expone los censos del ganado de más de dos años para España, Extremadura, Badajoz y Cáceres, en mi opinión lo más destacable es la tremenda reconversión que ha sufrido el vacuno de leche, Extremadura ha pasado de cifras próximas a las 20.000 reproductoras a la situación actual, donde solo Casar de Cáceres y las Vegas de Gadiana pueden con dificultad sumar la masa crítica de cuota láctea como para que a las industrias les interese venir a por la leche, podemos afirmar sin temor, que a partir del año 2000, en Extremadura se entra en un periodo de reconversión del sector lácteo brutal, se elimina producción de leche, por acogerse a los planes de abandono ó directamente la venta de la cuota láctea a otras

comunidades, el resultado es que la situación del sector lácteo en Extremadura es tal, que debería ser estudiado por la administración, por si entiende que hay que diseñar una política de fomento que impida su desaparición.

Tabla 6. Censo bovino de Extremadura y España de 2012 (más de 24 meses)

	Total	Novi. Sacr.	Resto Nov.	Vacas Leche	Resto de vacas
Badajoz	282.618	10.706	10.406	1.605	147.878
Cáceres	512.032	15.908	15.355	2.066	206.127
Extremadura	794.650	26.614	25.761	3.671	408.005
España	6.003.033	146.161	147.182	835.749	1.802.503

Fuente: Elaborada a partir de los censos ganaderos de la agricultura y la ganadería extremeña 2011

En la misma tabla se puede comprobar el crecimiento importantísimo de las vacas nodrizas hasta alcanzar los 408.005 animales censados como vacas de no ordeño, de hecho en el bovino la gran producción en Extremadura es la vaca nodriza, sin duda una parte de este crecimiento se debe al descenso de la vaca de leche, pero hay otras razones también importantes para ello como puede ser la calidad de vida que permite la explotación de vacas nodrizas, la poca mano de obra que necesita ó la cultura popular que tiende hacia ellas.

La vaca en nuestra comunidad se explota en rebaños de 45-50 vacas de media, sobre una superficie de pastoreo con cargas ganaderas próximas a las 3 ha/vaca, y suplementación complementaria de 160-170 días, coincidiendo los meses de penuria alimentaria, fin de verano, otoñadas secas, e inicio del invierno.

En cuanto al genotipo de las vacadas, hemos de manifestar la importancia que tienen los animales cruzados, más del 80% de las vacas son cruces en distinto grado de vacas de razas autóctonas, avileña, retinta, morucha u otras razas con padres charoles ó limousin, incluso, llegando a la absorción de las razas autóctonas por la raza especializada.

Estas vacadas están sometidas a unos planes de reproducción que se caracterizan por la monta natural, con paridera continua durante todo el año, en ganaderías pequeñas y medianas, ó bien paridera controlada, desde diciembre a julio, cuando la ganadería es de un tamaño un poco mayor y tiene mejores infraestructuras, esto nos lleva a partos de septiembre a abril. La entrada en reproducción de las hembras es próxima a los 24 meses, aunque es frecuente encontrarnos edades más

juveniles, con los perjuicios que de ello se derivan; en los machos la edad de iniciar sus tareas reproductivas es similar.

Con intervalos de partos de catorce meses ó superiores, la productividad numérica de los rebaños es superior al 80%, los terneros son comercializados como terneros pasteros, con más de 5 meses y más de 200 kg de peso vivo, van a otras comunidades autónomas donde se ceban y dejan el valor añadido correspondiente. En este momento, me gustaría indicar la escasa organización del sector a la hora de comercializar el producto en cooperativas, estimo que no más del 30% del sector está agrupado en la actualidad.

De la producción de carne extremeña, nos podemos hacer una idea cuando observamos las Tablas 7 y 8.

Tabla 7. Censo bovino 2011 (menos de 12 meses)

	Total	Sacrificio	Machos	Hembras
Badajoz	282.618	63.235	7.440	12.978
Cáceres	512.032	121.305	13.533	23.551
Extremadura	794.650	184.540	20.973	36.525
España	6.003.033	1.324.750	269.391	489.667

Fuente: Elaborada a partir de los censos ganaderos de la agricultura y la ganadería extremeña 2011

En ellas se pone de manifiesto que Extremadura no es una región transformadora, pese a su potencial, su producción de canales es muy baja y como consecuencia no ha desarrollado canales de comercialización adecuados.

Tabla 8. Censo bovino de Extremadura y España de 2012 (12-24 meses)

	Total	Machos	Hembras Sacr.	Hembras Rep.
Badajoz	282.618	5.980	4.886	15.578
Cáceres	512.032	16.980	12.347	27.982
Extremadura	794.650	22.952	17.233	43.560
España	6.003.033	256.520	201.041	404.822

Fuente: Elaborada a partir de los censos ganaderos de la agricultura y la ganadería extremeña 2011

En realidad, el sector del vacuno de Extremadura ha vendido sus terneros al destete para que sean otras comunidades con mejores estructuras para estas actividades y desde luego más tradición en ellas las que los ceben y acaben su ciclo productivo, los industrialicen y los comercialicen.

El sector ovino

Extremadura con más de tres millones y medio de cabezas es la comunidad autónoma con más ovinos de España, en realidad junto con Castilla y León, Castilla La Mancha, Andalucía y Aragón son las regiones de ovino de nuestro país con el 80% del censo, y pese a la trascendencia que tuvo la oveja Merina como formadora de razas y su producción de lana, hoy podemos considerar la como un ovino productor de carne mediante el cruce industrial, dado que la esquila se debe entender como una práctica zootécnica de higiene pues el valor del vellón de una oveja no cubre los costos que genera su obtención, en resumen, por ello hoy hemos de considerar que los ovinos extremeños producen carne y unos pocos productores de leche.

En la Tabla 9 una disminución generalizada del censo de ovinos en España y por supuesto en Extremadura. Este descenso tiene razones evidentes, por una parte, y de un peso específico tremendo, está el desacoplamiento total de los ovinos en la PAC, y por otra las barreras económicas y comerciales que han significado la afectación de los diferentes genotipos del virus de la lengua azul que ha sufrido nuestra cabaña, amén del incremento de los costes de producción sufrido en los últimos años.

Tabla 9. Evolución del censo ovino en España

	2011	2010	2009
Galicia	205.182	234.104	264.526
Asturias	61.368	56.938	55.786
Cantabria	62.422	74.416	83.230
País Vasco	308.129	324.223	333.255
Navarra	562.400	646.790	625.238
La Rioja	121.953	127.260	134.513
Aragón	2.004.561	2.052.438	2.092.812
Cataluña	607.887	638.804	633.232
Baleares	328.965	341.463	364.192
Castilla y León	3.278.618	3.573.539	3.886.665
Madrid	101.307	91.812	104.290
Castilla la Mancha	2.695.177	2.936.263	3.282.605
C Valenciana	360.716	365.174	378.768
Murcia	525.375	527.896	676.728
Extremadura	3.511.750	3.809.398	3.903.442
Andalucía	2.212.590	2.670.810	2.822.473
Canarias	91.321	80.304	76.460
España	17.002.721	18.551.642	19.718.195

Fuente: Elaborada a partir de encuesta nacional de ovino noviembre 2012

En cuanto a la distribución geográfica, tal y como se aprecia en la Tabla 10, es la provincia de Badajoz la que aporta un mayor número de animales, sus 2.201.037 de reses son dos tercios del censo extremeño, son animales que se explotan ligados a la tierra en su inmensa mayoría, a veces en su explotación se produce una asociación muy interesante con el cerdo, especialmente en el área de la dehesa que la hacen especialmente eficaz. La asociación ovino-porcina, al menos en montanera, es de los mejores diseños ó estrategias para aprovechar los recursos de la dehesa, al ser especies poco competitivas entre sí.

Tabla 10. Censo ovino por provincias

	Total	Sementales	Reproductoras
Badajoz	2.201.037	56.408	1.789.607
Cáceres	1.310.713	36.190	1.028.621
Extremadura	3.511.750	92.588	2.818.228
España	117.002.721	407.140	13.788.926

Fuente: Elaborada a partir de los censos ganaderos de la agricultura y la ganadería extremeña 2011

Se explota en rebaños de 250 a 800 ovejas, pastando a razón de 0.5 a 1 ha por cabeza y suplementando con concentrado en función de sus necesidades, sus planes de reproducción tienen como objetivo en el caso de la producción de carne incrementar el número de corderos obtenidos por oveja y los kg de carne, para ello se intentan acortar los intervalos de partos y se cruzan las ovejas de raza mayoritariamente merina con moruecos de razas cárnicas, landschaf, fleischaf, ile de france, berrincho du cher, u otras razas especializadas en producción de carne.

En cuanto a la producción de leche, los planes de reproducción tienen como objetivo el aportar a las industrias queseras una cantidad de leche lo más constante y uniforme posible a lo largo de todo el año, cuestión muy difícil dado que el medio no es favorable y en especial en verano, donde las temperaturas son muy altas para esta producción; en lo que a los genotipos empleados se refiere, como es natural priman aquellos que están considerados en los pliegos de condiciones de producción de las denominaciones de origen Quesos de la Serena y Torta del Casar

La comercialización de los corderos está bastante bien organizada pues son las grandes cooperativas de Extremadura las que lo realizan en sus centros de clasificación y tipificación. Los ganaderos de ovino están concienciados del papel de las cooperativas y en su inmensa mayoría están asociados a alguna de ellas.

La leche por su parte, también tiene en manos de las cooperativas su comercialización lo cual evita movimientos económicos especulativos en épocas de sobreproducción, ó de déficit y da seguridad al ganadero.

El sector caprino

Extremadura junto con Andalucía, Castilla La Mancha, Canarias, Murcia y Castilla y León forman el núcleo de producción del caprino español; en cuanto al censo de caprino, Extremadura es una comunidad de cierta importancia pues sus 275.661 animales en noviembre de 2011, la ponen por meritos propios entre las comunidades con más peso específico dentro del país aunque lejos del millón de las cabras andaluzas.

Pese a ello, el censo de cabras está sufriendo en los últimos años un descenso paulatino que podríamos achacar a las mismas razones que en el caso de la oveja, el desacoplamiento, la lengua azul, los costes elevados de las fincas, la falta de relevo generacional y la calidad de vida del trabajo tan sacrificado que genera la producción de leche en general, y la de cabra en particular.

Tabla 11. Censo caprino por comunidades autónomas.

	2011	2010
Galicia	43.932	48.102
Asturias	29.839	28.835
Cantabria	21.505	23.822
País Vasco	30.283	26.539
Navarra	10.859	11.100
La Rioja	12.842	10.708
Aragón	63.913	57.215
Cataluña	74.685	91.023
Baleares	14.700	14.212
Castilla y León	145.808	166.596
Madrid	25.307	17.049
Castilla la Mancha	415.019	430.062
C Valenciana	75.614	81.898
Murcia	169.924	203.199
Extremadura	275.611	287.042
Andalucía	961.407	1.072.458
Canarias	321.646	333.919
España	2.692.898	2.903.780

Fuente: Elaborada a partir de encuesta nacional de caprino noviembre 2012

Las producciones de las cabras extremeñas son esencialmente dos, carne y leche; la carne mediante un cabrito de producción muy estacional, de poco peso canal y comercializado a través de carniceros locales y en dos épocas claves, la paridera de otoño, próximo a Navidad y la paridera de primavera, próximo a Semana Santa y la leche pues todas las cabras de una u otra manera se acaban ordeñando, y comercializándose a las industrias del queso, en realidad la leche es su gran producción, en especial de la parida temprana.

En Extremadura la mayoría del censo de cabras se explota en fincas marginales, de orografía difícil y, en no pocas ocasiones, compitiendo con la actividad cinegética, en estas explotaciones se emplean razas autóctonas como la verata, la retinta, la hurdana ó cruces de estas con malagueña ó murcianas en distintos grados, en estos casos las cabras se ordeñan desde el parto, pues en su estrategia de explotación se mantienen los cabritos a *media teta* hasta el sacrificio y a partir de este momento se ordeña para la producción de queso.

Pero también existen explotaciones intensivas próximas a los núcleos urbanos y en este caso las explotaciones son intensivas y se explotan razas especializadas nacionales ó extranjeras, del tipo de la malagueña, murciana, pirenaica, saneen, ó togenbur, en este caso se emplea para la crianza de los chivos la lactancia artificial en la mayoría de los casos.

En resumen, la explotación típica extremeña de cabras se caracteriza por el manejo del rebaño en pastoreo, solo ó asociado a otra especie, frecuentemente los cerdos, suplementando casi todo el año con concentrado, con un parto al año que a su vez se produce en dos picos ó parideras, uno a principio de otoño la temprana y más favorable, y el otro a principio de primavera la tardía y con la curva de lactación más corta, en ambos casos, el cabrito permanece con la madre poco tiempo, 45-55 días, con dos tetadas al día hasta su sacrificio, ordeñándose la leche residual desde el inicio de la lactación.

En la Tabla 12, se exponen los censos de caprino más significativos del año 2011 para Extremadura, sus provincias y España como marco de referencia

Tabla 12. Censo caprino por provincias

	Total	Semanales	Reproductoras
Badajoz	119.267	4.461	98.563
Cáceres	156.344	4.797	1.274.792
Extremadura	275.611	9.258	226.042
España	2.692.898	88.699	2.223.035

Fuente: Elaborada a partir de los censos ganaderos de la agricultura y la ganadería extremeña 2011

La distribución geográfica de las cabras en Extremadura no es homogénea entre las provincias, ni en cantidad, ni en producción, ni en genotipos. Cáceres es la provincia de mayor censo, donde más leche se produce y los genotipos que se explotan son la raza verata, la de las mesetas, y cruces autóctonos mas ó menos arraigados, sin olvidar a las diferentes razas especializadas de producción de leche de las explotaciones intensivas, que hay pocas pero las hay, en este caso los genotipos son la malagueña, la murciano-granadina u otras de importación.

En la provincia de Badajoz, el censo es algo menor y el genotipo predominante es la raza retinta, cuya vocación es un poco más carnífera que la verata, se ordeña menos tiempo ó no se ordeña, el cabrito se mama toda su leche durante su crianza y se explota en rebaños más grandes.

El sector porcino

No cabe la menor duda que Extremadura es una comunidad donde la producción de cerdos es importante, en la siguiente se aprecia el censo de cerdos de España, y de todas las comunidades autónomas, donde destacan Cataluña, Aragón, Castilla y León, Murcia ó Andalucía entre otras sin que Extremadura ocupe un lugar destacado desde el punto de vista cuantitativo, sin embargo, la producción porcina en Extremadura es clave, llegando a ser la bandera de nuestra ganadería por diversas razones; la primera y que por sí misma justifica la importancia del cerdo en Extremadura es la producción de cerdo Ibérico, materia prima de embutidos y salazones de una calidad extraordinaria, y la segunda por el papel que el cerdo Ibérico juega como soporte de un medio tan envidiable como la dehesa.

Tabla 13. Censo de porcino por comunidades autónomas en 2011

	Total	Cebo	Reproductoras
Galicia	1.071.809	474.744	118.199
Asturias	14.280	5.500	1.930
Cantabria	2.026	427	450
País Vasco	17.445	6.741	3.433
Navarra	478.781	186.920	66.423
La Rioja	91.327	48.091	5.619
Aragón	5.474.601	1.897.376	411.325
Cataluña	6.991.542	2.744.088	551.824
Baleares	55.920	9.984	14.615
Castilla y León	3.606.620	1.432.132	422.607
Madrid	14.054	4.317	2.444
Castilla la Mancha	1.510.171	634.786	166.112
C Valenciana	1.071.856	550.834	83.785
Murcia	1.781.188	906.724	165.585
Extremadura	1.102.477	505.749	168.582
Andalucía	2.273.516	940.269	210.916
Canarias	67.256	21.791	10.451
España	25.634.869	10.370.518	2.404.304

Fuente: Elaborada a partir de encuesta nacional de caprino noviembre 2012

La producción porcina en Extremadura la define la Tabla 14 con claridad, en ella se puede hacer la comparación de cerdos entre España y Extremadura, entre Badajoz y Cáceres y entre todos los porcinos que se explotan y los Ibéricos; los porcinos extremeños son ibéricos en su mayoría, y la provincia donde de verdad tiene la producción de cerdo importancia es Badajoz, las diferencias son abismales.

Tabla 14. Censo por porcino 2012

	Total	Ibéricos
Badajoz	995.673	779.785
Cáceres	129.564	118.049
Extremadura	1.085.237	897.829
España	25.161.080	2.187.639

Fuente: Elaborada a partir de los censos ganaderos de la agricultura y la ganadería extremeña 2011

Pero Extremadura también explota cerdos de razas precoces, que se explotan con estrategias similares a las del resto de España, con los mismos canales de

comercialización y sus mismos problemas; son los que aparecen en la Tabla 15, y que producen la carne de cerdo que consumimos habitualmente. En la citada tabla se sigue poniendo de manifiesto que Badajoz es la gran productora de cerdo de Extremadura, pues también en cerdo precoz, Badajoz lidera la producción porcina dentro de nuestra comunidad.

Tabla 15. Censo extremeño de cerdos no Ibéricos del año 2011

	Total	Cebo	Verracos	Reproductoras
Badajoz	157.436	62.490	1.931	32.609
Cáceres	9.548	4.940	92	1.137
Extremadura	166.984	67.430	2.023	33.746
España	23.010.863	9.055.176	-	—

Fuente: Elaborada a partir de los censos ganaderos de la agricultura y la ganadería extremeña 2011

Pero la estrella de la ganadería extremeña es el cerdo ibérico que merece un apartado para sí mismo, por su cantidad, su calidad y lo que significa desde el punto de vista medioambiental, cultural, social y económico.

La cabaña porcina Ibérica independientemente del sistema de explotación que se emplee debe recibir un trato diferente porque sus producciones, su comportamiento, su fisiología, sus índices técnicos, su industrialización y comercialización así lo merecen.

El porcino Ibérico ha soportado diversas crisis que no hace muchas décadas parecía que desaparecería, la desaparición de la raya roja y la bonanza económica nacional llevó a la raza a niveles que quizás no le correspondían hasta el año 2007, a partir de esta fecha se inicia un proceso crítico donde los piensos incrementan sus precios, los cerdos pierden valor, a los industriales se les dificulta la financiación, el mercado no tiene capacidad para consumir los productos fundamentales, jamones y lomos, en resumidas cuentas que en estos momentos estamos en un proceso tremendo de reconversión del sector, por supuesto la primera medida que toman los ganaderos es disminuir sustancialmente el censo y otros directamente han cerrado sus explotaciones.

Para Extremadura, la situación del sector es dramática pues como se aprecia en la Tabla 16, Extremadura produce casi la mitad de los cerdos Ibéricos de España y su industria transformadora es muy importante.

Tabla 16. Censo extremeño de cerdos Ibéricos del año 2011

	Total	Cebo	Verracos	Reproductoras
Badajoz	796.555	371636	8697	119.215
Cáceres	138.938	66.683	1.197	15.621
Extremadura	935.493	438.319	9.894	134.826
España	2.624.006	1.296.862	20.258	303.672

Fuente: Elaborada a partir de los censos ganaderos de la agricultura y la ganadería extremeña 2011

En cuanto al sistema de explotación, evidentemente ha evolucionado en función de los conocimientos de los hombres, pero el cerdo ibérico es un animal con tal versatilidad que, en función de los mercados, acepta sistemas de producción tan distantes como lo pueda ser desde el intensivo más tecnificado hasta el extensivo más puro, como puede ser la montanera como sistema de cebo, en síntesis podemos determinar las siguientes estrategias de producción:

- Granjas de producción industrial, no ligadas al medio, de tamaño medio a grande, donde se aplican los criterios técnicos del sistema intensivo clásico, en este caso los cerdos no tienen dependencia del medio en ningún momento
- Granjas ligadas al medio en distinto grado, que se caracterizan por tener a los animales en el, las parideras con las salas de parto, las transición con los locales de recría, la premontanera con la preparación del animal para la montanera, en estos momentos se adaptan conceptos fruto de las explotaciones intensivas de un modo puntual, pero el cerdo ibérico debe sus características al medio donde mejor se desenvuelve: la dehesa.

Estas últimas forman el tejido ganadero extremeño, en ellas se puede diferenciar tres grandes tipos de ganaderías, las de producción, las de ciclo cerrado y las de cebo y en éste a su vez se diferencian distintas estrategias: montanera, cebo a campo y pienso, pues, en mi opinión, el recebo es una mala planificación de la montanera, y por tanto pese a que genera un producto de calidad no debe ser considerada como estrategia de explotación.

Se caracterizan por unos planes de reproducción basados en la monta dirigida en lotes de cerdas formados por 8-10 cerdas y un macho durante un mes para que los partos se produzcan con cierta concentración, en general se tiende a dos partos al año, se suele emplear machos duroc como raza de elección para el cruce industrial, y el ibérico para pureza, pues en base a la norma de calidad, las hembras deben ser siempre ibéricas.

La comercialización es una de las asignaturas pendientes de los porcicultores de ibérico, el obscurantismo que genera quizás sea debido a las dificultades que se tienen por la longitud de su ciclo productivo, la tremenda variabilidad de la raza, su industrialización mal financiada y con procesos comerciales largos y también que el consumidor toma sus productos como símbolo de un estatus social sin un conocimiento claro de él.

Permítanme para acabar que califique a Extremadura como una región eminentemente ganadera donde se respeta el medio ambiente, el bienestar animal y la salud pública que son el trípode sobre el que se sustenta el comercio actual, por ello Extremadura ha sido ganadera, es ganadera y la seguirá siendo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CENSOS GANADEROS (2011) Informe de 2011 de la Agricultura y la Ganadería Extremeña. Badajoz
- MAGRAMA (2012) Resultados de la encuesta de ganado bovino mayo 2012. Secretaria General Técnica del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.
- MAGRAMA (2012) Anuario de estadística de 2011. Secretaria General Técnica del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.
- MAGRAMA (2012) Resultados de la encuesta de ganado ovino-caprino mayo 2012. Secretaria General Técnica del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.
- MAGRAMA (2012) Resultados de la encuesta de ganado caprino mayo 2012. Secretaria General Técnica del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.
- MAGRAMA (2012) Resultados de la encuesta de ganado porcino mayo 2012. Secretaria General Técnica del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.
- MUSIERA E. (2006).El sector carnicol extremeño. Boletín económico del ICE, nº 2889.
- SERRANO VICENTE R. (1994) Contribución al estudio de la ganadería bovina de Extremadura, la cabaña de reproductoras bovinas en la provincia de Cáceres.

INFLUENCIA DE LOS ÍNDICES TÉRMICOS EN LA PRODUCCIÓN DE CERDOS IBÉRICOS DE “MONTANERA” EN LA PROVINCIA DE BADAJOZ (EXTREMADURA, ESPAÑA)

Influence of Termic Factors on the “Montanera” (Iberian Pig Production) in Badajoz Region (Extremadura, Spain)

J. GONZALO¹, M.J. POBLACIONES², S.M. RODRIGO² y L. OLEA²

¹Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Energía. Dirección General de Política Agraria Comunitaria. Servicio de Ayudas Sectoriales. ² Dpto. Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal. Escuela de Ingenierías Agrarias. Avda. Adolfo Suárez s/n. C.P. 06007 Badajoz, javier.gonzalo@adr.juntaex.es.

Resumen: Con el objetivo de definir los índices productivos de montanera para determinar las zonas de mayor interés y evaluar la influencia de los factores climáticos en los mismos, se obtuvieron los cerdos de engorde en montanera en la Provincia de Badajoz que habían ido a sacrificio por cada término municipal desde las montaneras de los años 2003-2004 hasta la de 2006-2007. Para ello se definieron, en función de las comarcas y los censos ganaderos, ocho zonas en la Provincia de Badajoz. Cada una de ellas se dividió además en cuatro subzonas, agrupando los términos municipales por su cercanía. Se estudió la influencia de la media mensual diaria de las temperaturas mínimas y de la media diaria de las temperaturas máximas de cada mes, además de otros índices climáticos que no se contemplan en este trabajo. Mientras que la media diaria de temperaturas mínimas presentó una correlación positiva con los índices productivos de montanera en los meses de invierno y principios de primavera, la media diaria de temperaturas máximas se correlacionó negativamente con los índices productivos en los meses de verano.

Palabras clave: dehesa, *quercus*, pastoreo extensivo

Abstract: To define the productive parameters of montanera to determine the zones of major interest and to evaluate the influence of the climatic factors in the montanera of Badajoz area (Extremadura, Spain) on the number of slaughtered Iberians pig fed between 2003-2004 and 2006-2007. Four of eight zones were selected for investigation, depending on an index of production. Each zone was divided into four subzones. Climatic variables including monthly average of daily maximum and minimum temperatures were measured for each subzones. Temperature is the climatic factor with greatest influence on productivity: Average daily minimum temperatures correlate positively with productivity of the province in the winter months and early spring and average daily maximum temperatures correlate negatively with the productivity of the province in the summer.

Key words: grassland, *quercus*, extensive production

INTRODUCCIÓN

La dehesa es un ecosistema pastoral silvoagrario donde coexisten especies herbáceas, arbustivas y arbóreas en ambiente semiárido mediterráneo, donde todos los estratos vegetales contribuyen a la alimentación de los animales en régimen extensivo y con respeto al medio ambiente (Olea *et al.*, 1986). Los factores suelo y especialmente el clima determinan la dehesa y van a condicionar tanto la productividad como la distribución. En Extremadura se ha encontrado correlación entre las temperaturas de enero a mayo y la fecha de la última helada con el estado fenológico de la floración y la concentración polínica de los *Quercus*, cuyo máximo se alcanza entre marzo y abril (Silva *et al.*, 1999). Además, en Sierra Morena (Córdoba) a lo largo de un estudio de seis años se ha comprobado que las variables que más influyen positivamente, dentro de las características termométricas, sobre la producción de bellota son: la temperatura mínima y la temperatura media de junio (García-Mozo *et al.*, 2007). Las temperaturas extremas (altas y bajas), el granizo y la niebla tienen efectos negativos en la polinización (Cecich y Sullivan, 1999). Las heladas tardías (abril, mayo) dañan la floración de *Q. suber* (alcornoque) y acaban con la floración de *Q. ilex ssp. ballota* (encina). Las hojas jóvenes de encinas, sin esclerificar, pueden sufrir daños irreversibles a temperaturas del orden de -5° C (Terradas, 2001). Finalmente, en la dehesa de encina se ha encontrado que la producción de bellota está correlacionada positivamente con la temperatura mínima, la humedad relativa y la lluvia de enero; la lluvia de marzo, la humedad relativa de abril, la temperatura media de junio y la lluvia de septiembre (García-Mozo *et al.*, 2007). Por tanto, el objetivo de este estudio fue definir los índices productivos de montanera para determinar las zonas de mayor interés y evaluar la influencia de los índices térmicos en los cerdos de cebo de montanera producidos en la Provincia de Badajoz.

MATERIAL Y MÉTODOS

Situación geográfica. El trabajo se realizó durante cuatro años agrícolas (2003/04 a 2006/07), en la provincia de Badajoz, Extremadura. La provincia se dividió en diferentes zonas, siguiendo la misma delimitación que las Oficinas Veterinarias de Zona (Figura 1). En cada zona se determinaron cuatro subzonas o repeticiones, con un diseño experimental de bloques al azar.



Figura 1. Distribución de las Oficinas Veterinarias de Zona en la Provincia de Badajoz

Climatología. Los datos climáticos considerados fueron: la media de 30 años de las temperaturas mínimas diarias (t) y máximas diarias (T) de cada uno de los meses del año como año medio teóricos a esperar, tomados de las estaciones climatológicas más importantes (no todas tenían informaciones completas) y representativas de cada subzona.

Determinación de la superficie de dehesa. Para su determinación se han utilizado los mismos criterios que los establecidos por la Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Energía de la Junta de Extremadura para la inclusión de las parcelas que soliciten los ganaderos en la capa montanera del Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC).

Esta metodología consta de las siguientes fases:

1. Extracción del Mapa Forestal 3 (MF3) de las áreas con tipo estructural “dehesa”. El tipo estructural “dehesa” se ajusta bastante bien a lo que son las “formaciones adehesadas ibéricas”.
2. Se añaden teselas del MF3 que cumplen los siguientes requisitos:
 - Especie principal: Encina (*Quercus ilex ssp ballota*), rebollo (*Quercus pyrenaica*), quejigo (*Quercus faginea*), alcornoque (*Quercus suber*).
 - Fracción de cabida cubierta arbolada (FCCA) entre 5% y 70%.

- Arbolado en cualquier estado de desarrollo.
- Cruce del resultado anterior con cartografía de pendientes y eliminación de las teselas con pendiente > 25 %.
- Eliminación de teselas asiladas con una superficie inferior a 2 ha.

3. Con objeto de dotar de un enfoque permanente en el tiempo, se utiliza como unidad de estudio la parcela SIGPAC. Además de la superficie real de dehesa, denominada en adelante “*superficie de dehesa método*” (SDM), obtenida aplicando los criterios anteriores, se utilizará el concepto de “*superficie dehesa explotación*” (SDE). Para hallar esta superficie se utiliza como unidad de estudio las parcelas SIGPAC declaradas anualmente al Registro de Explotaciones de la Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Energía por los agricultores. Se considera una parcela SIGPAC de dehesa, cuando al menos, el 20 % de su superficie es superficie real de dehesa (obtenida aplicando las fases 1 y 2 anteriores). Es decir, la “*superficie de dehesa método*” (SDM), es la superficie de dehesa resultante de aplicar las fases anteriores (superficie real, mientras que la “*superficie dehesa explotación*” (SDE)” es la superficie de las parcelas declarada por los ganaderos al Registro de Explotaciones, con la condición de que al menos un 20 % de la superficie de esa parcela sea *superficie de dehesa método*” (SDM).

Estimación de la producción. Se estima contabilizando la producción cada uno de los cuatro años del estudio de cerdo de raza de tronco ibérico de “montanera”, por lo tanto de origen en explotaciones de dehesa y con destino a sacrificio (1 de diciembre a 31 de marzo), de acuerdo con la Base de Datos de Ganadería de Extremadura (Badigex). Con el objetivo de centrar mejor la investigación se excluirán las zonas en las que las producciones de cerdo de “montanera” no alcanzaron el 1% total provincial.

Fracción de cabida cubierta. La fracción de cabida cubierta arbolada es la relación porcentual entre la superficie ocupada por especies arbóreas y la superficie de la parcela.

Los datos de la superficie de arbolado se seleccionarán de las teselas del MF3. Al ser el índice de superficie de arbolado un valor medio obtenido por tesela y al tener éstas muy diferente tamaño, para obtener el valor medio por término

municipal se ha ponderado en función de la superficie de cada tesela, igual que en las subzonas.

Análisis Estadístico. Los resultados fueron sometidos a un análisis de la varianza (ANOVA) mediante el paquete estadístico Statistix 8.0. El tratamiento de las medias se realizó utilizando el test de *Fischer* de mínima diferencia significativa (MDS) a $P \leq 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índices de producción mínima. Con el criterio establecido para seleccionar aquellas zonas que tengan un aprovechamiento mínimo de montanera, las zonas de Castuera, Don Benito, Mérida y Herrera del Duque se excluyen del estudio estadístico ya que no llegan al índice de producción de montanera mínimo fijado en el 1% del total provincial, y por tanto, debido a la baja representatividad de la montanera

Índices productivos de montanera en las zonas. La media anual de animales de “montanera” para cada una de las zonas se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Número de cerdos producidos en montanera al año por zona

ZONA	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	MEDIA
Azuaga	5.295	6.800	5.177	5.503	5.694
Badajoz	37.782	32.781	38.840	37.668	36.768
Jerez de los Caballeros	121.274	118.351	88.891	100.939	107.364
Zafra	37.259	30.084	28.230	34.189	32.441
Media anual	50.403	47.004	40.285	44.575	45.566
Total	201.610	188.610	161.138	178.299	182.266

Influencia de las temperaturas mínimas en la producción. La Tabla 2 muestra el resumen de las correlaciones entre la media de las temperaturas mínimas en cada uno de los meses y los índices productivos de montanera. En todos los casos los índices productivos son mayores cuanto mayor es la media diaria de temperaturas mínimas. La influencia es mayor en el mes de febrero y para el índice productivo carga ganadera por FCCA- SDM (Tabla 2). En este sentido *Sharp* y

Chisman, (1961) y *Koenig et al.* (1996), encontraron que las condiciones meteorológicas del otoño-invierno previo a la floración, en concreto la combinación de una temperatura suave con lluvia abundante, aumenta la probabilidad de una alta floración.

Tabla 2. Influencia de la media diaria de temperaturas mínimas (t) por cada mes en los índices de producción de montanera en las cuatro zonas con significación estadística.

	Animal	Animal ha ⁻¹	Animal ha ⁻¹	Animal ha ⁻¹	Animal ha ⁻¹
		SDE	SDM	(FCCA-SDE)	(FCCA-SDM)
Ene	*	*	*	**	**
Feb	**	**	**	**	***
Mar	**	**	**	**	**
Abr	**	**	**	*	*
May					
Jun					
Jul					
Agos					
Sep					
Oct					
Nov					
Dic					

* Significación a un 0,05 nivel de probabilidad. ** Significación a un 0,01 nivel de probabilidad.

*** Significación a un 0,001 nivel de probabilidad.

Animal ha⁻¹ SDE: Por ha de superficie dehesa explotaciones

Animal ha⁻¹ SDM: Por ha de superficie dehesa método

Animal ha⁻¹ (FCCA-SDE): Por ha de FCC con índice superficie dehesa explotaciones.

Animal ha⁻¹ (FCCA-SDM): Por ha de FCC con índice superficie dehesa método

Influencia en la producción de las temperaturas máximas. La Tabla 3 muestra el resumen de las correlaciones encontradas (significativas) entre la media diaria de las temperaturas máximas (T) de cada uno de los meses del año con los índices productivos de montanera, con los datos de las cuatro zonas estudiadas. En todos los meses de verano se ha encontrado correlación negativa con los índices productivos, a diferencia de la temperatura mínima. El mes de septiembre es en el que se produce una disminución mayor de la producción cuando se registran altas temperaturas. Estos resultados coinciden con los obtenidos por *Sork et al.* (1993) que encontraron correlaciones negativas entre la producción de bellota y la severidad de la sequía estival, en cuanto a la combinación entre temperatura y déficit hídrico, *Alejano et al.* (2008) en investigaciones realizadas en dehesas de Huelva, encuentran

que la evapotranspiración de septiembre del año anterior a agosto, es uno de los factores de mayor influencia

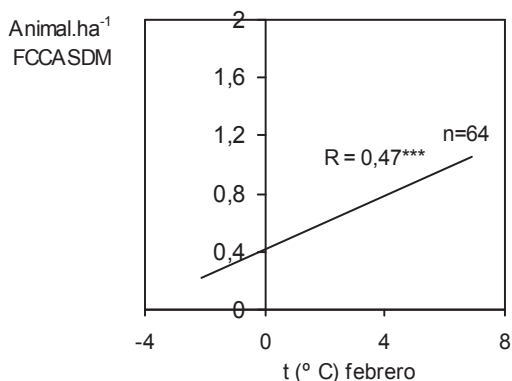


Figura 2. Relación entre la carga de montanera por fracción de cabida cubierta arbolada (animales ha⁻¹ FCCA-SDM) y la media de temperaturas mínimas del mes de febrero (t) en las zonas de Azuaga, Badajoz, Jerez de los Caballeros y Zafra.

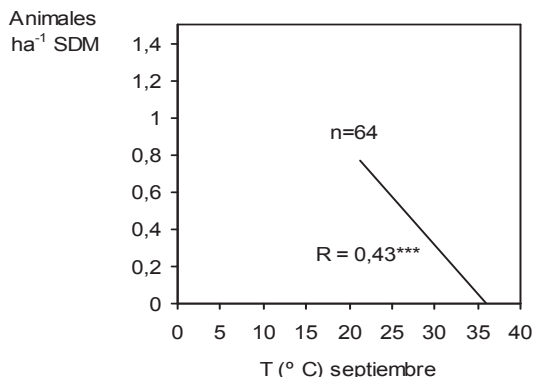


Figura 3. Relación entre carga de montanera (animales ha⁻¹ SDM) y la media de temperaturas máximas del mes de septiembre (T) en las zonas de Azuaga, Badajoz, Jerez de los Caballeros y Zafra.

Tabla 3. Resumen de la influencia de la media diaria de temperaturas máximas (T) mensual en los índices de producción de montanera en las cuatro zonas.

	Animal	Animal ha ⁻¹	Animal ha ⁻¹	Animal ha ⁻¹	Animal ha ⁻¹
		SDE	SDM	(FCCA-SDE)	(FCCA-SDM)
Ene					
Feb					
Mar					
Abr			*		
May					
Jun					
Jul		**	**	*	**
Agos		*	**	*	*
Sep	**	***	***	**	***
Oct					
Nov					
Dic					

* Significación a un 0,05 nivel de probabilidad. ** Significación a un 0,01 nivel de probabilidad. *** Significación a un 0,001 nivel de probabilidad. Leyenda: Igual que en Tabla 2

CONCLUSIONES

1. La temperatura influye de forma manifiesta en la producción de cerdos de montanera.
2. La media diaria de temperaturas mínimas de los meses de invierno y principio de primavera presenta correlación positiva con los índices productivos de cerdos de montanera. Por el contrario, estas temperaturas de los meses de verano y otoño no tienen influencia en la producción de cerdos de montanera.
3. La media diaria de temperaturas máximas de los meses de verano y de primavera están correlacionadas negativamente con los índices productivos de cerdos de montanera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEJANO R., TAPIAS R., FERNANDEZ M., TORRES E., ALAEJOS J. Y DOMINGO J. (2008) Influencia de la poda y las condiciones climáticas en la producción de bellota en la encina (*Quercus ilex* L.) dehesas en el SO de España. *Annual Science*, 65(2).
- CECICH R.A. Y SULLIVAN N.H. (1999) Influence of weather at time of pollination on acorn production of *Quercus alba* and *Quercus velutina*. *Canadian Journal of Forest Research*, 29, 1817-1823.
- GARCÍA-MOZO H., GÓMEZ-CASERO M.T., DOMÍNGUEZ E. Y GALÁN C. (2007) Influence of pollen emission and weather-related factor on variations in holm-oak (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) acorn production. *Environmental and Experimental Botany* 61, 35-40.
- KOENING W.D., KNOPS J.M.H., CARMEN W.J., STANBACK M. Y MUMME R.L. (1996) Acorn production by oaks in central coastal California: influence of weather at three levels. *Canadian Journal of Forest Research*, 26, 1677-1683.
- OLEA L., PAREDES J. Y VERDASCO P. (1986) Mejora de los pastos de la dehesa. En: Conservación y desarrollo de las dehesas portuguesa y española. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Madrid. pp. 87-100.
- SHARP W.M. Y CHISMAN H.H. (1961) Flowering and fruiting in the white oaks. Staminate flowering through pollen dispersal. *Ecology*, 42, 365-372.
- SILVA I., MUÑOZ A.F., TORMO R. Y OLEA L. (1999) Study of the incidence of meteorological parameters on the flowering of *Quercus* by means of its pollen production. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 39, 277-281.
- SORK V.L., BRAMBLE J.E. Y SEXTON O. (1993) Ecology of mast-fruiting in three species of North American deciduous oaks. *Ecology*, 74, 528-541.
- TERRADAS J. (2001) Ecología de la vegetación. Ed. Omega, Barcelona.

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL USO DE PRADERAS CULTIVADAS POR PEQUEÑOS PRODUCTORES DE LECHE DEL ALTIPLANO CENTRAL MEXICANO

Factors Influencing the Use of Cultivated Pastures in Small-Scale Dairy Producers in the Highlands of Central Mexico

C.G. MARTINEZ-GARCIA¹, C.M. ARRIAGA-JORDAN¹, P. DORWARD² y T. REHMAN²

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Instituto Literario # 100, Col. Centro, 50000 Toluca, Estado de México, México. cgmartinezg@uaemex.mx. ²School of Agriculture, Policy and Development, University of Reading, PO Box 237, Reading RG6 6AR, UK.

Resumen: El objetivo del trabajo fue identificar variables socioeconómicas, de la unidad de producción, factores cognoscitivos y sociales que influyen en el uso de praderas cultivadas por productores de leche en pequeña escala. Los datos se obtuvieron a través de un cuestionario que se aplicó a 80 productores, quienes hacen uso de la innovación. El análisis de los datos con la Teoría de la Acción Razonada (TRA) mostró que la presión social de los referentes sociales (padres y tíos) influyó en la intención de los productores veteranos para usar praderas cultivadas; mientras que los productores con reciente implementación se vieron influenciados por las características de la unidad de producción y las creencias positivas de la innovación, tales como: disminuye costos de alimentación del hato, incrementa la producción de forraje, incrementa la producción de leche, forma económica de alimentar al hato, proporciona forraje de buena calidad nutritiva, proporciona disponibilidad de forraje durante el año y el manejo de praderas cultivadas es sencillo. Se concluye que las creencias y referentes sociales identificados en el trabajo deberían ser considerados por los servicios de extensión, como fuentes de conocimiento y canales de comunicación para la promoción de praderas cultivadas, especialmente con productores que no están familiarizados con la innovación.

Palabras clave: Teoría del comportamiento planeado, factores socio-psicológicos, intención de productores, extensión, innovaciones.

Abstract: A study was conducted with 80 farmers who are already engaged with the use of cultivated pastures to identify socioeconomic and farm variables, as well as cognitive (beliefs), and social psychological factors (social norms) associated with the use of the innovation. The analysis of the data with the Theory of Reasoned Action (TRA) showed that social pressure of the social referents (father and uncle) played an important role on established users' intention to use cultivate pastures in the farm; whereas, recent users' intention was influenced by the farm characteristics and the positive beliefs of the innovation (i.e. the use of cultivated pastures decreases animal feeding expenses, increases fodder production, increases milk production, offers a cheap way to feed the herd, provides fodder of good nutritive quality, provides fodder availability throughout of the year and the management of the cultivated pastures is easy). It is concluded that the positive beliefs and social referents identified in the research could be taken into account by government in the design of extension activities for cultivated pastures to small-scale dairy farmers. The TRA offers potential means of improving the design of more effective extension approaches both in Mexico and in other contexts and systems.

Key words: Theory of Reasoned Action (TRA), social psychological factors, farmers' intention, extension, innovations.

INTRODUCCIÓN

En México, los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) han sido caracterizados por un tamaño de hato de 3-20 cabezas (Espinoza-Ortega et al., 2007). Estos sistemas están distribuidos a lo largo del país ya que las unidades de producción de leche a nivel nacional cuentan con un tamaño de hato promedio de 19 cabezas, y para el Estado de México es de 10 cabezas (INEGI, 2007). Los SPLPE juegan un papel importante en la producción de leche nacional, contribución de empleos de tiempo completo y la generación de ingresos diarios; por lo que han sido considerados como una alternativa de desarrollo rural (Arriaga-Jordán et al., 2002). La problemática que enfrentan estos sistemas son los altos costos de producción; ya que por concepto de alimentación representan hasta el 70% (Espinoza-Ortega et al., 2005). Fadul-Pacheco et al. (2011) afirman que el uso de praderas cultivadas brinda una mayor sustentabilidad económica de los sistemas de producción de leche en pequeña escala. Así mismo, es una innovación que ha sido adoptada por los pequeños productores de leche del noroeste del Estado de México (Martínez-García et al., 2012). En la adopción de innovación, las creencias de los productores y la presión social juegan un papel importante (Garforth et al., 2004). Por tal motivo, el objetivo del trabajo fue identificar variables socioeconómicas, de la unidad de producción, factores cognoscitivos y sociales asociados con el uso de praderas cultivadas por productores de leche en pequeña escala del Estado de México.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio.

La investigación se llevó a cabo en el municipio de Aculco, el cual está localizado al noroeste del Estado de México. Aculco cuenta con 484.7 km², lo que representa el 2% de la superficie total del Estado de México, su altitud es de 2000 a 3400 m.s.n.m., y una precipitación pluvial anual de 700-1000 mm. Su producción diaria de leche se encuentra entre los 49,000 litros (con 4,084 cabezas), lo que representa el 8.7% de la producción total diaria del Estado de México (INEGI, 2007).

Selección de productores y toma de datos.

El criterio de selección se basó en dos características: a) productores que estuvieran usando praderas cultivadas en sus unidades de producción, y b) productores con un tamaño de hato de 3 a 20 animales. Ochenta productores participaron en el trabajo, representado el 8.1% de productores del área de estudio. Los participantes se identificaron a través de un muestreo de bola de nieve (Vogt, 2005). Los datos fueron tomados en dos fases siguiendo lo establecido en el marco teórico de la Teoría de la Acción Razonada (TRA, por sus siglas en inglés) (Ajzen y Fishbein, 1980). En la primera se realizaron entrevistas semi estructuradas con 15 productores, en las cuales se obtuvieron las creencias (ventajas y desventajas del uso de praderas cultivadas en las unidades de producción) y referentes sociales (personas u organizaciones) que influyen en la decisión de los productores para usar praderas cultivadas. Las 11 creencias y los 10 referentes sociales que se obtuvieron en las entrevistas fueron utilizados para la elaboración del cuestionario que se aplicó a los 80 productores (los cuales incluyen a los 15 iniciales) participantes en la segunda fase de colección de datos. El cuestionario también recabó información referente a características socioeconómicas del productor y características de la unidad de producción.

Análisis de los datos.

La muestra fue dividida en productores ($n=64$) con muchos años de implementación de praderas cultivadas (22 años en promedio) y productores ($n=16$) con reciente implementación (4 años en promedio). Para identificar diferencias entre grupos, las variables socioeconómicas (edad, educación, experiencia, número de integrantes de la familia y mano de obra familiar) y las que describen a la unidad de producción (tamaño del hato, número de vacas en producción, producción total de leche por hato por año, número de hectáreas, área usada para praderas cultivadas y años de estar usando praderas cultivadas) fueron analizadas a través de una prueba de t de Student. Correlaciones de Spearman (Field, 2009) fueron realizadas para identificar variables socioeconómicas y de la unidad de producción que estuvieran correlacionadas con la intención de los productores de cada grupo en el uso de praderas cultivadas. Los componentes de la Teoría de la Acción Razonada (TRA) (creencias del comportamiento (Actitud), creencias normativas (norma subjetiva) e intención hacia el comportamiento) fueron analizados de forma independiente, a

través de correlaciones de Spearman. La prueba de Mann-Whitney U fue utilizada para identificar diferencias entre grupos con respecto a la percepción del uso de praderas cultivadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Manejo de las praderas cultivadas por los productores.

La siembra de la pradera se realiza con una variedad anual de Westerwolds ryegrass (*Lolium multiflorum*), asociado con trébol blanco (*Trifolium repens*) y se mantiene unos 10 años antes de ser replantada. Los productores dejan manchones de pasto distribuidos de forma estratégica a lo largo y ancho del terreno, permitiendo que el pasto madure y tire la semilla, originando una replantación de forma natural. Durante la época de lluvias (Abril-Septiembre), la pradera es cortada por franjas todos los días, y después de cada corte los productores colocan estiércol, el cual contiene semillas de trébol, permitiendo su replantación natural. La recuperación de la pradera para dar un nuevo corte requiere de 25 a 30 días.

Características generales de los grupos de productores.

La Tabla 1 describe las características generales y las diferencias entre grupos de productores con muchos años de implementación y reciente implementación de praderas cultivadas en su unidad de producción.

Intención de los productores para usar praderas cultivadas.

Ambos grupos de productores expresaron una intención positiva para el uso de praderas cultivadas en su unidad de producción en los próximos 12 meses; sin embargo, la prueba de Mann-Whitney U mostró que la intención de los productores con muchos años de implementación (mediana=1.47) fue significativamente mayor ($U=300.00$ $P<0.05$) que la de los productores con reciente implementación (mediana=0.69). Esto puede ser atribuido a la mayor experiencia en el uso de praderas cultivadas por los productores con muchos años de implementación.

Tabla 1. Características generales y diferencias entre los dos grupos de productores que usan praderas cultivadas

Variable	Muchos años de implementación (n=64)		Reciente implementación (n=16)		Valor P^2
	Media	DE ¹	Media	DE ¹	
Socioeconómicos					
Edad del productor, años	49.0	13.2	49.3	12.8	.946
Educación del productor, años	5.9	3.1	8.9	4.7	<.002
Experiencia del productor, años	30.91	12.9	22.7	15.4	<.031
Miembros de la familia, número	5.3	2.0	5.3	2.0	.932
Mano de obra familiar, número	2.7	1.1	2.7	1.1	.932
Características de la unidad de producción					
Tamaño del hato, número	12.4	5.5	13.3	6.0	.569
Vacas en producción, número	5.9	3.0	5.2	2.3	.408
Producción de leche por hato por año, litros	20,142	13,912	15,819	9,305	.257
Número de hectáreas	4.6	4.5	2.8	1.9	.179
Área usada para pradera, hectáreas	1.4	0.8	0.9	0.6	.090
Tiempo usando praderas cultivadas, años	22.6	9.8	4.1	4.7	<.001

¹DE=desviación estándar; ² prueba de t ($P<0.05$)

Variables correlacionadas con la intención del productor para usar praderas.

La Tabla 2 muestra las variables socioeconómicas y de la unidad de producción correlacionadas con la intención del productor para usar praderas cultivadas en los próximos 12 meses. Los resultados indican que la intención de uso de praderas cultivadas en los productores con muchos años de implantación está principalmente relacionada con la disponibilidad de mano de obra; mientras que para los productores con reciente implementación, la mayoría de las variables que caracterizan la unidad de producción juegan un papel importante.

Tabla 2. Variables asociadas con la intención del productor de ambos grupos

Variable	Muchos años de implementación (n=64)		Reciente implementación (n=16)		Valor P^2
	Media	DE ¹	Media	DE ¹	
Socioeconómicos					
Edad del productor, años	49.0	13.2	49.3	12.8	.946
Educación del productor, años	5.9	3.1	8.9	4.7	<.002
Experiencia del productor, años	30.91	12.9	22.7	15.4	<.031
Miembros de la familia, número	5.3	2.0	5.3	2.0	.932
Mano de obra familiar, número	2.7	1.1	2.7	1.1	.932
Características de la unidad de producción					
Tamaño del hato, número	12.4	5.5	13.3	6.0	.569
Vacas en producción, número	5.9	3.0	5.2	2.3	.408
Producción de leche por hato por año, litros	20,142	13,912	15,819	9,305	.257
Número de hectáreas	4.6	4.5	2.8	1.9	.179
Área usada para pradera, hectáreas	1.4	0.8	0.9	0.6	.090
Tiempo usando praderas cultivadas, años	22.6	9.8	4.1	4.7	<.001

ns: no significación, * Correlación significativa al nivel de 0.05 (2-colas)

** Correlación significativa al nivel de 0.01 (2-colas)

Creencias que influyen en la actitud del productor para usar praderas cultivadas

En general el uso de praderas cultivadas en la unidad de producción fue visto por los productores de ambos grupos como un beneficio económico y productivo; ya que la mayoría percibe un incremento en la producción de forraje, proporciona forraje de buena calidad, proporciona disponibilidad de forraje a lo largo del año, disminuye costos de alimentación del hato, es una forma económica de alimentar al hato, incrementa la producción de leche y el manejo es fácil. Así mismo, algunas creencias negativas también fueron reconocidas; las cuales fueron: demanda una alta inversión económica, la inversión no se recupera con la venta de la leche, requiere disponibilidad de tierra y con buena calidad de suelo.

Barreras y conductores del uso de praderas cultivadas.

Se identificó una barrera en ambos grupos para el uso de praderas cultivadas, la cual fue que la inversión por la siembra de la pradera no es recuperada con la venta de la leche. Por lo tanto, los productores que asumen esta creencia, tendrán una menor intención para usar la innovación. Sin embargo, las ventajas positivas del uso

de praderas fueron identificadas como conductores; es decir, el uso de praderas cultivadas puede ser promovido a través de la comunicación de sus ventajas en la unidad de producción; así mismo combatir las creencias que fueron identificadas como barreras, como lo menciona Garforth et al. (2004).

Referentes sociales que influyen en la intención de los productores para usar praderas

De los 10 referentes sociales identificados (iniciativa del productor, observación del productor, padre, otros productores, hermano, tío, universidad, gobierno, veterinario local y abuelo) solo el padre y el tío fueron los referentes sociales con mayor influencia para motivar a los productores para usar praderas cultivadas en su unidad de producción. Es decir, los productores con muchos años de implantación de la innovación fueron mayormente motivados por sus padres respecto a los productores con reciente implementación (medianas=0.88 y 0.24, respectivamente $U=218.00$ $P<0.001$), y también por sus tíos (medianas=0.53 y 0.19, respectivamente $U=262.50$ $P<0.001$). Por lo tanto, dichos referentes sociales deben de ser considerados como la principal fuente de comunicación y difusión de la innovación, como lo establece Garforth et al, (2004).

CONCLUSIONES

Los resultados muestran que la intención de los productores con muchos años de implementación se vio principalmente influenciada por la presión de los referentes sociales como fueron padres y tíos. Mientras que la intención de los productores con reciente implementación, estuvo influenciada por las características de la unidad de producción y las creencias positivas de las praderas cultivadas. Los conductores y los referentes sociales identificados pueden ser considerados como canales y fuentes de conocimiento y comunicación por los servicios de extensión, para promover el uso de praderas cultivadas, particularmente en productores que no tienen experiencia con la innovación. La TRA prueba ser un enfoque de utilidad en el entendimiento de factores que influyen en la toma de decisiones por los productores de leche en pequeña escala; además sus hallazgos permiten el desarrollo de enfoques más efectivos para la comunicación y diseminación de innovaciones bajo diferentes contextos.

AGRADECIMIENTOS

Los agradecen a todos los productores por su participación en el estudio. El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de doctorado 183885/301969 y a la Universidad Autónoma del Estado de México por el apoyo en la realización de la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AJZEN I. AND FISHBEIN M. (1980). *Understanding attitudes and predicting social behaviour*. Nueva Jersey, USA: Prentice-Hall, Upper Saddle River.
- ARRIAGA-JORDÁN C., ALBARRÁN-PORTILLO B., ESPINOZA-ORTEGA A., GARCÍA-MARTÍNEZ A. AND CASTELÁN-ORTEGA O.A. (2002). On-farm comparison feeding strategies based on forages for small dairy production systems in the highlands of central Mexico. *Experimental Agriculture*, 38, 375-388.
- ESPINOZA-ORTEGA A., ÁLVAREZ-MACÍAS A., DEL VALLE M.C. Y CHAUVETE M. (2005). La economía de los sistemas campesinos de producción de leche en el Estado de México. *Técnica Pecuaria México*, 43, 39-56.
- ESPINOZA-ORTEGA A., ESPINOSA-AYALA E., BASTIDA-LÓPEZ J., CASTAÑEDA-MARTÍNEZ T. AND ARRIAGA- JORDÁN C.M. (2007). Small-scale dairy farming in the highlands of Central Mexico: Technical, economic and social aspects and their impact on poverty. *Experimental Agriculture*, 43, 241-256.
- FADUL-PACHECO L., ALFONSO-ÁVILA R.A., ESPINOZA-ORTEGA A., SÁNCHEZ-VERA E. Y ARRIAGA-JORDÁN C.M. (2011). Evaluación de la sustentabilidad en sistemas de producción de leche en pequeña escala. En: Cavallotti-Vázquez B.A., Marcof-Álvarez C.F. y Ramírez-Valverde B. (eds). *La ganadería ante el agotamiento de los paradigmas dominantes, volumen 2*, pp 173-186. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- FIELD A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. 3rd ed. Thousand Oaks, California: SAGE Publications.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2007). Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. Unidades de producción con bovinos y producción media de leche según actividad zootécnica del ganado por entidad y municipio.
- GARFORTH C., REHMAN T., MCKEMEY K., TRANTER R., COOKE R., YATES C., PARK J., DORWARD P. (2004). Improving the design of knowledge transfer strategies by understanding farmer attitudes and behaviour. *Journal of Farm Management*, 12, 17-32.
- MARTÍNEZ-GARCÍA C.G., DORWARD P. AND REHMAN T. (2012). Farm and socioeconomic characteristics of small-holder milk producers and their influence on the technology adoption in Central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 44, 1119-1211.
- VOGT W.P. (2005). *Dictionary of statistics and methodology: a non-technical guide for the social sciences*. 3rd ed. United States of America: Sage publications.

ANÁLISIS ESPECTRAL NIRS DE HECES OVINAS COMO INDICADOR DE LA CALIDAD DEL PASTO CONSUMIDO POR OVEJAS

NIRS Spectral Analysis of Sheep Feces as Indicator of Grass Quality Intaked by Sheep

A. COLLADO¹, M.A. CHASO¹, M.R. PASCUAL¹, M.J. GUERRERO¹
y P.L. RODRIGUEZ¹

¹Dpto. de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Nutrición Animal, Facultad de Veterinaria de la Universidad de Extremadura, 10004, Cáceres.
e-mail: nutpedro@unex.es

Resumen: El ganado ovino en pastoreo pone en marcha estrategias de selección del pasto, por lo que un análisis químico-nutritivo del pasto disponible, puede ofrecer una información limitada para valorar su capacidad nutritiva. Las heces ovinas son el resultado del proceso completo de digestión y, por ello, son una evidencia de la labor selectiva realizada por la oveja en pastoreo, además de una prueba de la digestibilidad real del alimento. En el presente trabajo planteamos el análisis espectral NIRS de muestras fecales de ovejas pastoreando durante los meses de febrero a marzo sobre pastos naturales. Un análisis de componentes principales de los espectros obtenidos, pone de manifiesto que las heces reflejan una evolución lógica a lo largo del tiempo y que, por lo tanto, sirven de indicadoras del pasto ingerido por las ovejas. Ello abre la posibilidad de predecir la composición químico-nutritiva del pasto ingerido directamente a partir del análisis NIRS fecal.

Palabras clave: ovejas, pastoreo, heces, NIRS, clasificación.

Abstract: Grazing sheep launches pasture selection strategies, so chemical-nutritional analysis of available pasture, can provide limited information to determine their nutritive value. Ovine's faeces are the result of the total digestion process and, for this, they are an evidence of natural selection makes by the sheep in the grazing. Furthermore the ovine's faeces are the real digestibility test of the intake feed. On the other hand, the NIR spectroscopy makes a fast analysis in almost any material. These spectra have summarized the physical and chemical information about analyzed material, although not always is evident and require chemical-statistical techniques (chemometrics) for evaluation. In this paper we propose NIR spectral analysis of sheep fecal samples from grazing sheep during the months of February to March on natural pastures. A principal component analysis of the obtained spectra, demonstrates that the faeces reflects a logical evolution over time and, therefore, serve as indicators of the feeding carried by the sheep. This opens the possibility of predicting the chemical composition of the eaten pasture directly from fecal NIRS analysis.

Key words: sheep, grazing, faeces, NIRS, classification.

INTRODUCCIÓN

Extremadura es la primera región española en censos ovinos, con un 20,7% de los 17.000.000 de ovinos existentes en España (MAGRAMA, 2012). Los rebaños de madres se mantienen, en la medida de lo posible, a partir de los recursos pastables, procediendo a la suplementación de las ovejas cuando es necesario en función de la disponibilidad de pastos y de las necesidades de las ovejas.

Un indicador sencillo y fiable del balance nutritivo real del rebaño (pastoreo + suplementación) es la evolución de la condición corporal, pero requiere un cierto adiestramiento y manejar los animales (Phythian *et al.*, 2012).

Por otra parte, estudios realizados inicialmente en Australia (Coates, 2000) y Estados Unidos (Stuth *et al.*, 2002) en bovinos y, posteriormente, en ovinos (Decandia *et al.*, 2009) indican la posibilidad de estimar este balance nutritivo directamente a partir de las heces de ovejas en pastoreo, utilizando un análisis espectral mediante reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS). Este sistema de trabajo, una vez ajustado, permitiría evaluar el estado nutricional de las ovejas sin necesidad de utilizar personal específicamente adiestrado para ello.

El objetivo inmediato de este trabajo es comprobar la capacidad que tienen los espectros NIRS de heces de ovejas para reflejar los cambios en la calidad de las plantas pastoreadas por ovejas. Es el paso previo para desarrollar un procedimiento integral de evaluación del balance nutritivo de ovejas en pastoreo a partir de la información espectral NIRS de sus heces. El objetivo futuro es establecer, de una manera rápida y sencilla, las necesidades reales de suplementación de ovejas en pastoreo, integrando esta información dentro de un sistema de ayuda a la decisión, S.A.D., para el manejo de rebaños ovinos en extensivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante la primera mitad del año 2012 se recogieron 58 muestras de heces en distintas explotaciones de La Serena (Badajoz, España) con ovejas en pastoreo sobre pasto natural, identificadas con el número del mes de recogida (2=febrero, 3=marzo, 4=abril, 5=mayo). Además se añadieron, a modo de contraste, 10 muestras procedentes del rebaño experimental de la finca La Orden-Valdesequera (Junta de Extremadura): 4 de corderos de cebo, 2 de ovejas alimentadas con heno y 4 de ovejas alimentadas con ensilado de pulpa de tomate y paja. En total se ha trabajado con 68 muestras.

Cada muestra fecal se desecó a 65°C en estufa de aire forzado (Indelab Labolan-EI208) y se molió en un molino ciclónico con tamiz de 1mm Ø (Retsch ZM-200). Posteriormente se obtuvieron dos espectros NIRS de cada muestra (1000 a 2500 nm, Büchi NIRFlex N-500) en forma de reflectancia R que se transformó en absorbancia $A = \log(1/R)$ y se promediaron. Cada espectro está definido por un total de 1501 puntos. Dado el alto efecto dispersivo de luz observado en los espectros originales, se trataron mediante corrección multiplicativa de la señal (MSC) (Martens y Naes, 1989) y corrección multiplicativa de la señal extendida (E-MSC) (Martens y Starck, 1991) con la finalidad de obtener espectros menos ruidosos. Ambos procedimientos permiten conservar la información química básica eliminando el ruido presente en los espectros.

Los distintos espectros así obtenidos se sometieron a un análisis de componentes principales (PCA) que proporciona un gráfico de puntuación (*scores plot*) de las muestras, mostrando la posición y distancia relativa entre ellas. Los distintos tratamientos espectrales y el análisis de componentes principales se realizaron mediante el software The Unscrambler 10.2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 recoge el gráfico de puntuación de los espectros originales de las muestras fecales utilizadas. Estadísticamente es un resultado satisfactorio y esperable dada la alta colinealidad de la información espectral NIRS (Bjorsvik y Martens, 2008), de manera que los dos primeros componentes explican más del 99% de la variación total.

El análisis de los datos hay que hacerlo bajo dos consideraciones, la escasez de precipitaciones durante la primavera del año 2012 y que los meses sirven de referencia aproximada en cuanto a la evolución fenológica del pasto, pero no son una variable exacta: pueden ser más parecidos pastos de final de febrero y principio de marzo que de marzo al comienzo y final.

El estudio lo centramos en la proyección de las muestras sobre los ejes definidos por las dos primeras componentes, estudiando la agrupación de las muestras y su evolución en el tiempo. De esta manera, las heces procedentes de la ingestión de concentrado (cuadrados azules) se sitúan claramente separadas del resto en el cuadrante superior izquierdo.

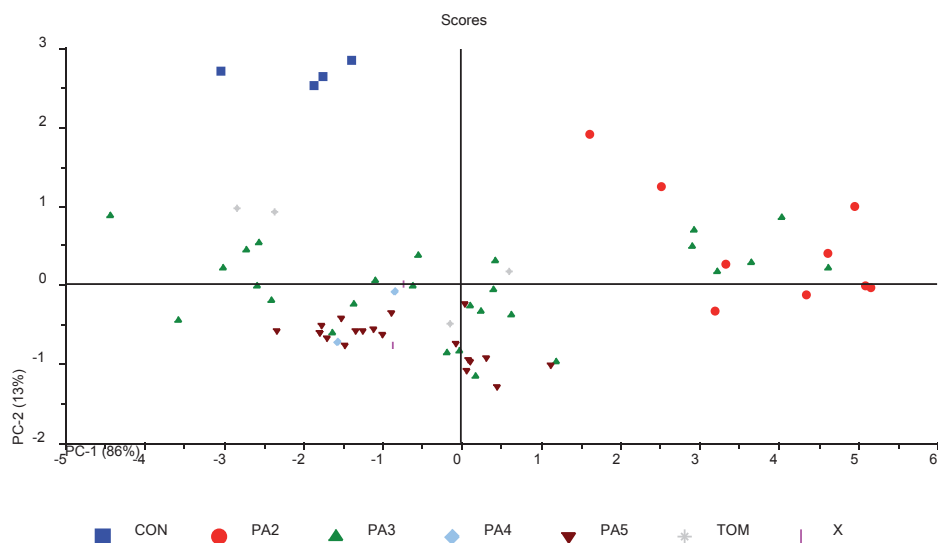


Figura 1. Situación de las muestras en el espacio definido por las 2 primeras componentes principales (espectros originales). CON= concentrado, PA2, PA3, PA4, PA5 = Pastos de febrero-mayo. Tom= ensilado de pulpa de tomate y paja. X= heno.

Las muestras de heces procedentes pastos de los distintos meses y explotaciones muestran una clara evolución a lo largo de los dos ejes. El mes de febrero (puntos rojos) se sitúa a la derecha, con cargas positivas en el primer componente. El mes de marzo (triángulos verdes) muestra la mayor parte de sus muestras en el centro o izquierda del primer componente, estando algunas muestras mezcladas con las del mes de febrero. Las muestras de abril (rombos grises) están situadas entre los meses de marzo y mayo. Finalmente, las muestras de mayo (triángulos marrones) aparecen todas con cargas negativas en el segundo componente y cargas neutras y/o negativas en el primero. De esta manera se describe una evolución temporal en la posición de las distintas muestras que resume e indica la flecha roja. Las dos muestras fecales procedentes de heno (rayas rosa) se sitúan en la zona de los pastos de marzo-mayo.

La figura 2 muestra el resultado del PCA con los espectros tras la corrección MSC. Estadísticamente es un resultado diferente del anterior ya que el primer componente explica, el 97% de la variación, en tanto el segundo apenas llega al 1%. Este tratamiento deriva en una peor agrupación de las muestras fecales, de manera que únicamente las muestras procedentes de corderos de cebo están claramente diferenciadas. El resto de muestras aparecen entremezcladas, de manera que ni el

primer ni el segundo componentes resultan especialmente relevantes a la hora de diferenciarlas.

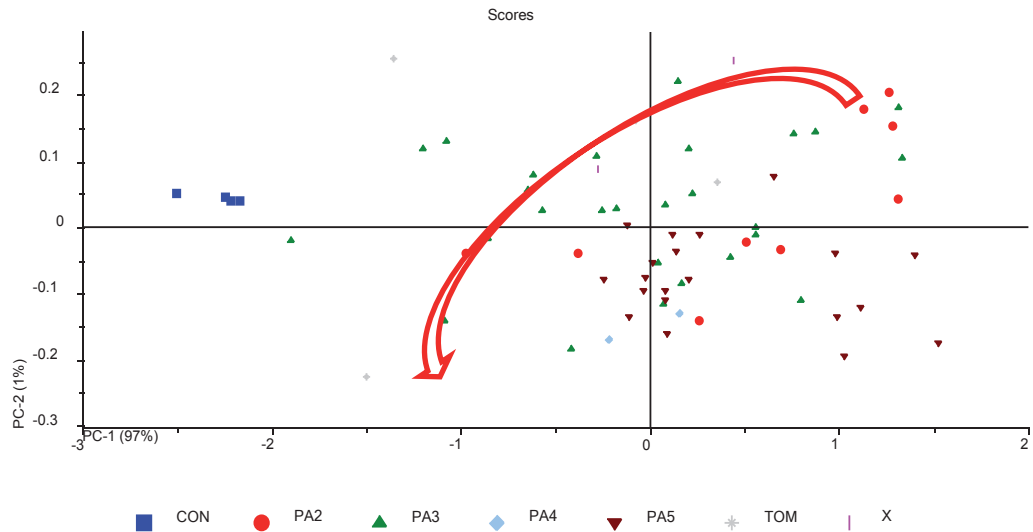


Figura 2. Situación de las muestras en el espacio definido por las 2 primeras componentes principales (espectros corregidos MSC). CON= concentrado, PA2, PA3, PA4, PA5 = Pastos de febrero-mayo. Tom= ensilado de pulpa de tomate y paja. X= heno.

En la figura 3 observamos las puntuaciones de las muestras en el espacio de los dos primeros componentes principales tras la corrección espectral E-MSC. Estadísticamente el resultado es bastante más complejo, ya que la primera componente explica un 63% de la variación en tanto que la segunda explica un 18%, un 81% en total. Al igual que en el caso previo, las heces procedentes de corderos de cebo están claramente separadas del resto, pero existe una gran mezcla de los distintos tipos de heces en el espacio definido por los dos primeros componentes principales, dificultando la observación o explicación de un patrón de comportamiento claro.

La discusión de estos resultados es muy difícil dada la escasez de trabajos publicados al respecto. Con todo, Rodríguez (2009) apunta la posibilidad de que, para trabajos de clasificación, los espectros originales pueden contener más información que los corregidos mediante MSC/E-MSC, a pesar de que estos últimos resulten más adecuados para hacer modelos de predicción de la composición química. Indhal *et al.* (1999) no utilizan corrección espectral alguna en sus trabajos de clasificación de mayonesas. Esta misma situación se comprueba en otras publicaciones y para diferentes materiales: Cocchi *et al.* (2005) en trigos; Galtier *et al.* (2007) en aceites de

oliva, Said *et al.*, 2011 en tabletas de paracetamol. De todo ello se deduce que, a efectos de clasificación, la textura física de los materiales aporta información relevante en el espectro NIRS, debido al diferente tamaño final de partícula obtenido tras el molido, a pesar de utilizar un tamiz constante de 1mm de diámetro (Mark, 2008).

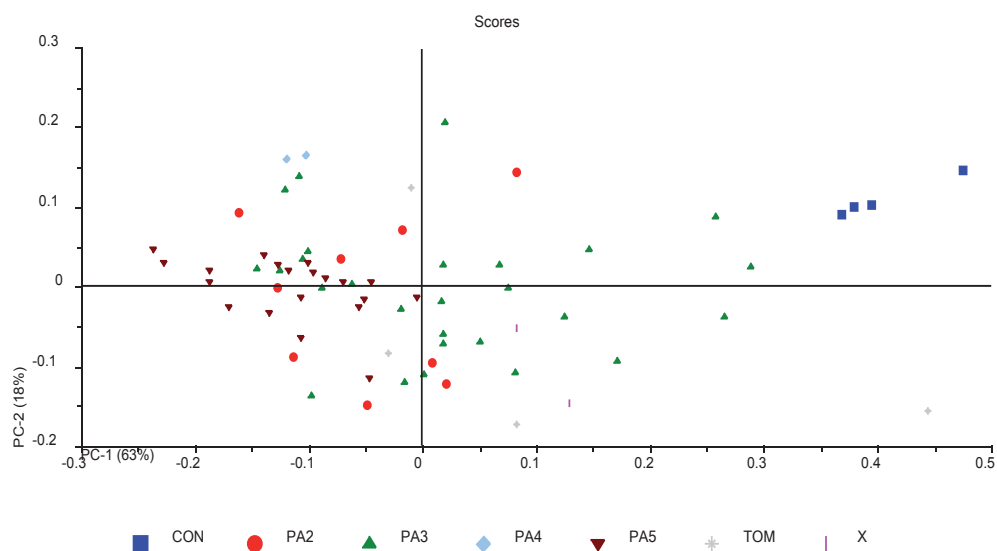


Figura 3. Situación de las muestras en el espacio definido por las 2 primeras componentes principales (espectros corregidos E-MSC). CON= concentrado, PA2, PA3, PA4, PA5 = Pastos de febrero-mayo. Tom= ensilado de pulpa de tomate y paja. X= heno.

CONCLUSIONES

El mapa de puntuación de los casos en el espacio definido por dos primeros componentes principales permite seguir la evolución temporal de las muestras. Los espectros NIRS originales resultan los más adecuados al respecto. La proyección de nuevos casos sobre este mapa permitiría ubicar dichas muestras en el entorno de alguno de los grupos formados y, por lo tanto, estimar su procedencia.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto de investigación del IV Plan de investigación del Gobierno de Extremadura. Código PCJ1009: “Desarrollo de un sistema de apoyo a la decisión (S.A.D.) para la gestión cooperativa de explotaciones

ganaderas de ovino en régimen extensivo”, cofinanciado por la Unión Europea a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORKSVIK H.R. Y MARTENS H. (2008) Data analysis: calibration of NIR instruments by PLS regression. En: *Handbook of Near Infrared Analysis*. Burns, D.A. y E.W. Ciurczak, E.W. (Eds). CRC Press, Boca Raton, Florida. USA.
- COATES D.B. (2000) Faecal NIRS-what does it offer today's grazer?. *Tropical Grasslands*, 34: 230-239.
- COCCHI M., CORBELLINI M., FOCA G., LUCISANO M., PAGANI M. A., TASSI L. Y ULRICI A. (2005) Classification of bread wheat flours in different quality categories by a wavelet-based feature selection/classification algorithm on NIR spectra. *Analytica Chimica Acta*, 544 (1-2): 100-107.
- DECANDIA M., GIOVANETTI V., BOE F., SCANU G., CABIDDU A., MOLLE G., CANNAS A. Y LANDAU S. (2009) Faecal NIRS to assess the chemical composition and the nutritive value of dairy sheep diets. *Options Mediterraneennes*, A, 85. *Nutritional and foraging ecology of sheep and goats*: 135-139.
- GALTIER O., DUPUY N., LE DREAU Y., OLLIVER D., PINATEL C., KISTE J. Y ARTAUD J. (2007) Geographic origins and compositions of virgin olive oils determined by chemometric analysis of NIR spectra. *Analytica Chimica Acta*, 595 (1-2): 136-144
- INDAHL U.G., SAHNI N.S., KIRKHUS B. Y NAEST T. (1999) Multivariate strategies for classification based on NIR spectra, with application to mayonnaise. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 49: 19-31.
- MAGRAMA (2012) Resultado de la encuesta nacional de ganado ovino-caprino. Informe de noviembre de 2011. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- MARK H. (2008) Qualitative discriminant analysis. En: *Handbook of Near Infrared Analysis*. Burns, D.A. y Ciurczak, E.W.(Eds.). CRC Press, Boca Raton, Florida. USA.
- MARTENS H. Y NAES T. (1989) *Multivariate Calibration*. John Wiley & Sons. Chichester, Reino Unido.
- MARTENS H. Y STARK E. (1991) Extended multiplicative signal correction and spectral interference subtraction: new preprocessing methods for near infrared spectroscopy, *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 9: 625-635.
- PHYTHIAN C.J., HUGHES D., MICHALOPOULO E., CRIPPS P.J. Y DUNCAN J.S. (2012) Reliability of body condition scoring of sheep for cross-farm assessments. *Small Ruminant Research*, 104: 156-162.
- RODRÍGUEZ P.L. (2009) Evaluación de la calidad en el cerdo ibérico: uso de la técnica NIRS. Jornadas Técnicas en Espectroscopía y Ciencia Sensorial. Bonsai Technologies, Madrid.
- SAID M. M.; GIBBONS S.; MOFFAT A. C. Y ZLOH M. (2011) Near infrared spectroscopy (NIRS) and chemometric analysis of Malaysian and UK paracetamol tablets: a spectral database study. *International Journal of Pharmaceutics*, 415: 102-109.

STUTH J.W., HAMILTON W.T. Y CONNER R. (2002) Insights in development and deployment of the GLA and NUTBAL decision support systems for grazing lands. *Agricultural Systems*, 74: 99-113.

CONTENIDOS DE VITAMINAS A Y E DE LA LECHE DE CABRA DE LA RAZA PAYOYA EN SISTEMAS DE PASTOREO TIPO ARBUSTIVO-MEDITERRÁNEO

Vitamin A and E Contents in Payoya Goat Milk under Mediterranean Shrublands Grazin-Based Livestock Production Systems

R. GUTIERREZ¹, M. DELGADO-PERTIÑEZ¹, V.M. FERNÁNDEZ-CABANÁS¹, Y. MENA¹ y F.A. RUIZ²

¹Departamento de Ciencias Agroforestales, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Universidad de Sevilla, Ctra. Utrera km 1, 41013 Sevilla (España). ²Área de Economía y Sociología Agrarias, IFAPA, Junta de Andalucía, Camino de Purchil s/n, 18080, Granada (España). franciscoa.ruiz@juntadeandalucia.es

Resumen: Apenas hay trabajos sobre el consumo de pastos arbustivo-mediterráneos y su relación con la calidad de los productos caprinos en Andalucía. El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto del nivel de pastoreo sobre el contenido en vitaminas A y E en leche de cabras de raza Payoya. Se seleccionaron 16 explotaciones situadas en Sierra de Cádiz. De enero a mayo se realizó una monitorización para caracterizar el manejo alimenticio. Según el porcentaje de necesidades cubiertas por el pastoreo (NEP), las explotaciones se clasificaron en tres grupos: alto, medio y bajo pastoreo. Mensualmente se recogieron muestras de leche de tanque y fueron analizados los contenidos en vitaminas A y E. No se encontraron diferencias significativas entre grupos para la suma de las formas β y γ tocoferol, ni para el retinol. En cambio, si ha habido diferencias significativas para el contenido de α -tocoferol (176,8 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ - alto pastoreo; 132,2 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ - medio; 92,7 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ - bajo). Además, existe una correlación positiva entre el NEP y el contenido de α -tocoferol ($r = 0.42$). En conclusión, el mayor nivel de pastoreo ha tenido un efecto positivo sobre la calidad de la leche, con mayor contenido del componente funcional α -tocoferol.

Palabras clave: Antioxidantes, calidad leche, retinol, tocoferol.

Abstract: Information about consumption of Mediterranean bush pastures and its relationship to the quality of goat products in Andalusia is scarce. The aim of this study was to evaluate the effect of grazing level on vitamins A and E contents in milk of Payoya goats. 16 farms in the Sierra de Cadiz were selected and surveyed to characterize feeding systems from January to May. According to the percentage of energy needs covered by grazing (NEP), farms were classified into three groups: high, medium and low grazing. In this period, milk samples were collected from the bulk tank and analyzed for vitamin A and E contents. Retinol and $\beta+\gamma$ -tocopherol contents were not affected by the grazing level. α -tocopherol content was higher in the higher grazing group (176,8 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ for high grazing; 132,2 for medium; 92,7 for low). In addition, the NEP was correlated positively with the contents of α -tocopherol ($r = 0.42$). In conclusion, the highest level of grazing had a positive effect on the quality of milk from Payoya breed, with higher amount of functional component α -tocopherol.

Key words: Antioxidants, milk quality, retinol, tocopherol.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas vinculados a la raza Payoya, localizados en la Sierra de Cádiz y Serranía de Ronda, han conservado un manejo tradicional basado en el pastoreo. Sin embargo, estos sistemas pastorales peligran si no se consiguen revalorizar, desde un punto de vista monetario, otras externalidades del sistema, como son su papel medioambiental o la alta calidad de sus productos de cara a la salud humana (Ruiz *et al.*, 2008).

Varios trabajos en caprino lechero han puesto en evidencia el potencial del pastoreo en pastos herbáceos, en comparación con los sistemas estabulados, para aumentar en la leche la proporción de antioxidantes solubles en grasa (Morand-Fehr *et al.*, 2007; Pizzoferrato *et al.*, 2007). Estos componentes (α -tocoferol, carotenoides) se han relacionado con beneficios importantes para la salud (Wilcox *et al.*, 2004). Sin embargo, existe poca información de cómo las especies forrajeras de tipo arbustivo del Mediterráneo afectan a los contenidos en estos componentes de la leche y del queso de oveja y cabra. En este sentido, en un trabajo reciente se observó que explotaciones con mayor grado de pastoreo en verano en matorrales mediterráneos presentaron mayores contenidos en α -tocoferol en la leche (Delgado-Pertíñez *et al.*, 2012). Es importante continuar con el estudio de la relación entre el manejo alimentario y la calidad de los productos si se quieren valorizar estos sistemas pastorales. Por ello, el objetivo de este estudio ha sido evaluar el efecto del sistema de producción con respecto al nivel de pastoreo (alto, medio y bajo) en pastos mediterráneos, durante los meses de enero a mayo, sobre los contenidos en vitaminas A y E de la leche de cabra de raza Payoya.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio. Explotaciones. Elaboración de indicadores

El estudio se ha realizado en la comarca geográfica de la Sierra de Cádiz, donde fueron seleccionadas 16 explotaciones caprinas de la raza Payoya. El periodo de estudio abarcó desde principios de enero hasta finales de mayo de 2011. En cada mes se realizó una visita por explotación para recabar información, con objeto de caracterizar el manejo alimenticio, según la metodología FAO-CIHEAM adaptada a los sistemas caprinos lecheros en pastoreo por Ruiz *et al.* (2008). Se determinó mensualmente el porcentaje de necesidades de energía neta de las cabras en ordeño

cubierto por el pastoreo (NEP), según la metodología descrita por Ruiz *et al.* (2008). Según trabajos previos (Nahed *et al.*, 2006), el grado de pastoreo es uno de los principales factores que diferencia las explotaciones en el área de estudio. En este sentido y en base a la clasificación propuesta por Ruiz *et al.* (2008), las explotaciones se dividieron en tres grupos según el grado de pastoreo: alto, medio y bajo. La principal diferencia entre explotaciones está en la cantidad de concentrado suministrada por animal/año (Céspedes, 2012). También se han encontrado diferencias en los tipos de concentrado y forraje suplementados (Céspedes, 2012).

Toma de muestras de leche y análisis de vitaminas

De cada explotación y de forma mensual se tomaron muestras de leche, en botes de plástico de 50 ml y envueltos en papel de aluminio, del tanque de refrigeración y fueron conservadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ en laboratorio hasta su análisis.

El método de extracción de vitaminas de las muestras utilizado es el descrito por Herrera-Barbudo *et al.* (2005), con ligeras diferencias. De 1,5 a 2 ml de muestra, homogeneizada y atemperada a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, se someten a hidrólisis alcalina, mediante el siguiente procedimiento: se añaden 1,5 ml de una solución de ácido ascórbico 0,3 M y γ -tocoferol (patrón interno en solución etanólica). Posteriormente, se añaden 2 ml de potasa metanólica (KOH/MeOH) al 40 %. Esta mezcla se agita en baño maría a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 200 rpm durante 40 min. Para la extracción de las formas ya libres de retinol y tocoferol, se procede a añadirle una mezcla de dos disolventes orgánicos en proporción 4:1: el primero, n-Hexano (al 0,01 % de BHT) con diclorometano en proporción 5:1; el segundo, isopropanol. La emulsión se centrifuga con refrigeración a 5000 rpm durante 4 min. La fase acuosa se vuelve a someter a la extracción hasta 4 veces. Las fases orgánicas se recogen y reúnen, y se lavan con 3 ml de agua fría y se vuelve a centrifugar 2 min a 2000 rpm. La fase orgánica se evapora bajo corriente de nitrógeno y finalmente, el extracto se reconstituye en 1 ml de una mezcla de acetonitrilo/metanol 85:15 y se filtra por un filtro de jeringa de $0,2\text{ }\mu\text{m}$ de poro.

Para el método de análisis cromatográfico se ha utilizado el descrito en Chauveau-Duriot *et al.* (2010), pero con modificaciones. El análisis se ha llevado a cabo en un equipo Acquity UPLC de Waters, dotado con un detector Fluorimétrico, una bomba isocrática, un PDA en serie, una columna Acquity UPLC HSST3 de fase reversa de $1,8\text{ }\mu\text{m}$ de partícula y dimensiones de $2,1\times 150\text{ mm}$. Para la separación del retinol, se utilizó el siguiente método cromatográfico: régimen isocrático, fase móvil

con acetonitrilo:metanol (85:15)/Isopropanol:agua (50:50) en proporción 80/20 y detección fluorimétrica con $\lambda_{exc} = 325$ nm y emisión = 475 nm, respectivamente. Para la separación de las distintas formas de tocoferol, la fase móvil estuvo compuesta por acetonitrilo:metanol (85:15)/isopropanol en proporción 90/10 y para la detección fluorimétrica, $\lambda_{exc} = 295$ nm y emisión = 330 nm, respectivamente. En ambos casos el flujo fue de 0,4 ml/min y la temperatura de la columna 35 °C. El rango de longitudes de onda para el PDA en serie fue de 275 a 465 nm. La pureza de todos los patrones utilizados se monitorizó periódicamente mediante un espectrofotómetro UV-Vis, Thermo Helios Alfa. La cuantificación ($\mu\text{g}/100$ g) se realizó a partir de una cantidad conocida de los distintos patrones de las sustancias cuantificadas (todo trans-retinol, acetato de retinilo, palmitato de retinilo, α -tocoferol, γ -tocoferol, acetato de tocoferilo, Sigma Chemical Co., España; CRM 122, Vitamin-fortified Margarine, certificado por el Institute for Reference Materials and Measurements del JRC, Joint Research Center de la CE), utilizándose el resto como patrones internos y para los ensayos previos de saponificación y de recuperación. Como con el tipo de columna y presiones usadas resultó imposible separar las formas β y γ tocoferol, estas formas se expresaron de forma conjunta.

Análisis estadístico

Las características en el manejo alimenticio de las explotaciones y los parámetros de composición en vitaminas A y E de la leche, fueron analizados mediante un análisis ANOVA, usando el modelo lineal general (GLM) del paquete estadístico SPSS software ver. 20.00 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA), incluyendo como factores fijos el grado de pastoreo y el mes. En caso de encontrar diferencias significativas entre medias en los factores con más de dos niveles, estos fueron sometidos a la comparación múltiple de promedios mediante HSD-Tukey. Entre diferentes variables fue determinado el coeficiente de correlación de Pearson.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En función del porcentaje de energía neta cubierta por el pastoreo (NEP) y de la superficie de pastoreo por cabra (Ruiz *et al.* 2008), se clasificaron tres explotaciones como alto pastoreo, nueve como pastoreo medio y cuatro como pastoreo bajo (Tabla 1). Las de alto y medio eran de mayor tamaño, tanto en cabras

como en superficie de pasto natural, que las de bajo. Sin embargo, no ha habido diferencias para estas variables entre los meses del estudio.

Tabla 1. Diferencias en el manejo alimenticio y contenido en vitaminas de la leche según el grado de pastoreo de las explotaciones

	Grado de pastoreo (GP)				Efectos ($p =$) ^c		
	Alto	Medio	Bajo	SEM ^b	GP	M	GP x M
Características manejo alimenticio^a							
Número de explotaciones	3	9	4				
Número de cabras en lactación	407a	300ab	184b	21	**	ns	ns
Superficie de pasto natural/cabra, ha	0,43a	0,46a	0,10b	0,03	***	ns	ns
Energía neta aportada por el pastoreo (%)	61a	39b	21c	2	***	**	ns
Concentrado suplementado (kg/cabra día)	0,61c	1,12b	1,39 ^a	0,05	***	**	ns
Forraje suplementado (kg/cabra día)	0,03b	0,05b	0,37 ^a	0,03	***	**	ns
Contenido en vitaminas (μg/ 100g de leche)							
α -tocoferol	176,8a	132,2b	92,7c	5,8	***	ns	ns
β + γ -tocoferol	5,8	8,1	8,4	0,7	ns	***	ns
Retinol	89,1	80,2	80	2,5	ns	ns	ns

Letras diferentes en la misma fila (a, b, c) indican diferencias significativas ($p < 0,05$). ^a En % se expresa las necesidades de energía neta cubiertas por el pastoreo. Los tipos de concentrado y forraje suplementados principalmente en las explotaciones fueron los siguientes (Céspedes, 2012): pienso compuesto y paja de cereal (alto pastoreo); pienso compuesto, mezcla de granos y heno de alfalfa (medio y bajo pastoreo, respectivamente). Respecto a la utilización de complementos vitamínicos no se han encontrado diferencias entre las explotaciones, pues la mayoría no suplementa a lo largo del año (datos no publicados). ^b Error estándar de la media. ^c M: Mes; GP x M: interacción grado de pastoreo por mes. P: significación estadística, * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; ns: no significativo, $P > 0,05$.

Se han encontrado diferencias significativas, según el grado de pastoreo y mes (Tablas 1 y 2), en el NEP ($P < 0,001$ y $P < 0,01$, respectivamente) (20 y 40 % mayores en las de alto pastoreo, en comparación a las de medio y bajo pastoreo, respectivamente) y en el aporte de concentrado ($P < 0,001$ y $P < 0,01$, respectivamente) (0,4 y 0,8 kg/cabra y día menos en las de alto pastoreo, en comparación a las de medio y bajo, respectivamente) y en el suplemento de forraje ($P < 0,001$ y $P < 0,01$, respectivamente) (0,3 kg/cabra y día menos en las de alto y medio pastoreo, en comparación a las de bajo) suministrados en pesebre. Aquellos resultados están en concordancia con los encontrados por Nahed *et al.* (2006), que establecieron tres grupos de explotaciones dependiendo del nivel de pastoreo: alto pastoreo con 53 % of NEP, bajo pastoreo con 31 % y estabulado con 1 %. Respecto al valor de NEP en los meses del estudio, éste ha aumentado significativamente de enero a mayo, como era de esperar teniendo en cuenta la climatología del área de estudio.

Tabla 2. Diferencias en el manejo alimenticio y contenido en vitaminas de la leche según el mes de muestreo

	Mes				
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Características manejo alimenticio^a					
Número de explotaciones	16	16	16	16	16
Número de cabras en lactación	216	273	309	328	330
Superficie de pasto natural/cabra, ha	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
Energía neta aportada por el pastoreo (%)	31,7b,c	29,2c	38,2abc	45,3ab	49,5a
Concentrado suplementado (kg/cabra día)	1,24ab	1,32 ^a	1,09abc	0,95bc	0,86c
Forraje suplementado (kg/cabra día)	0,23a	0,22 ^a	0,09ab	0,05b	0,04b
Contenido en vitaminas ($\mu\text{g}/100\text{g}$ de leche)					
α -tocoferol	122,7	130,1	156	124,1	113,1
$\beta+\gamma$ -tocoferol	14,2a	10,7 ^a	4,1b	3,4b	4,4b
Retinol	90,8	85,9	78,2	76,5	76

Letras diferentes en la misma fila (a, b, c) indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

^a En % se expresa las necesidades de energía neta cubiertas por el pastoreo.

No ha habido diferencias significativas entre grupos según el grado de pastoreo para la suma de las formas β y γ tocoferol, ni para el retinol ($P > 0,05$) (Tabla 1). En cambio, si ha habido diferencias significativas para el contenido de α -tocoferol ($P < 0,001$) (176,8 $\mu\text{g}/100\text{g}$ en las de alto pastoreo, 132,2 $\mu\text{g}/100\text{g}$ en las de medio y 92,7 $\mu\text{g}/100\text{g}$ en las de bajo, respectivamente). Con respecto al efecto mes, aunque se observa una disminución de todos los contenidos vitamínicos hacia los meses de primavera, sólo ha habido diferencias significativas para la suma conjunta de β y γ tocoferol ($P < 0,001$), con mayores valores en los meses de enero y febrero. Además, se ha encontrado una correlación positiva entre el NEP y el contenido de α -tocoferol ($r = 0,42$, $P < 0,001$) y negativa entre el NEP y el contenido de β y γ tocoferol ($r = -0,27$, $P < 0,05$).

Con respecto al α -tocoferol, los resultados del presente estudio concuerdan con los obtenidos en un trabajo previo bajo pastoreo a base de arbustos y especies leñosas (Delgado-Pertíñez *et al.*, 2012) y con los obtenidos con pastos herbáceos (Pizzoferrato *et al.*, 2007). Con respecto al retinol en cambio, varios trabajos (Pizzoferrato *et al.*, 2000; Fedele *et al.* 2004) obtienen mayores contenidos en leche de cabras en pastoreo en pastos herbáceos, en comparación a animales estabulados. Estos resultados se pueden explicar por un menor suministro de xantofilas, α -caroteno (provitamina A) y α -tocoferol de los forrajes conservados y por la nula o escasa suplementación de vitaminas en los sistemas con menor nivel de pastoreo

(Iwanska *et al.*, 1997). También pueden estar relacionados con diferencias en la composición nutricional y botánica del pasto ingerido, especialmente entre especies herbáceas y arbustivas-leñosas, los cuales pueden marcar diferencias en el contenido vitamínico de las plantas y, por ello, en la transferencia a los productos animales. Así por ejemplo, durante la primavera las plantas tienden a sintetizar compuestos secundarios de defensa (Strauss *et al.*, 2004), disminuyendo probablemente la síntesis de vitaminas. También pueden sintetizar compuestos no completamente bio-disponibles a los microorganismos del rumen. Como consecuencia, disminuiría la concentración vitamínica en la leche.

CONCLUSIONES

El mayor nivel de pastoreo ha tenido un efecto positivo sobre la calidad de la leche, con mayor contenido del componente funcional α -tocoferol. No obstante, son necesarios más estudios, incluyendo más meses del año y otros productos lácteos, como el queso, para poder establecer una mejor relación entre calidad y alimentación.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al “Instituto Nacional de Investigación Agraria”, que ha financiado este trabajo mediante el Proyecto INIA- RTA2010-00064-C04-02. Y, sobre todo, dar gracias a todos los ganaderos de la Sierra de Cádiz que amablemente han participado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CÉSPEDES F.N. (2012) Relación entre la composición de la leche y el valor nutritivo de la alimentación en sistemas caprinos en pastoreo. Proyecto Final de Carrera. E.T.S.I.A., Universidad de Sevilla. 112 pp.
- CHAUVEAU-DURIOT B., DOREAU M., NOZIÈRE P., GRAULET B. (2010) Simultaneous quantification of carotenoids, retinol, and tocopherols in forages, bovine plasma, and milk: validation of a novel UPLC method. *Anal. Bioanal. Chem.*, 397, 777–790.
- DELGADO-PERTÍÑEZ M., SILES A., VALENCIA E., MENA Y., FERNÁNDEZ-CABANÁS V.M. Y LABEYRIE D. (2012) Calidad de la leche de cabra de raza payoya durante el verano, en sistemas de pastoreo tipo arbustivo-mediterráneo. En: 51ª Reunión Científica de la SEEP, Pamplona, 14-18 de mayo, pp. 287-293.
- FEDELE V., CLAPS S., RUBINO R., MANZI P., MARCONI S. Y PIZZOFERRATO L. (2004) Seasonal variation in retinol concentration of goat milk associated with grazing compared to indoor feeding. *South Afr. J. Anim. Sci.*, 34 (Suppl. 1), 148–150.

- HERRERO-BARBUDO M. C., GRANADO-LORENCIO, F., BLANCO-NAVARRO, I., OLMEDILLA-ALONSO, B. (2005) Retinol, α - and γ -tocopherol and carotenoids in natural and vitamin A- and E-fortified dairy products commercialized in Spain. *Int. Dairy J.*, 15, 521–526.
- IWANSKA S., PYSERA B. Y STRUSINSKA D. (1997) Carotenoids content of green forages and preserved feeds. *Acta Acad. Agric. Techn. Olst. Zootech.*, 47, 117–128.
- MORAND-FEHR P., FEDELE V., DECANDIA M. Y LE FRILEUX Y. (2007) Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.*, 68, 20–34.
- NAHED J., CASTEL J.M., MENA Y. Y CARAVACA, F. (2006) Appraisal of the sustainability of dairy goat systems in Southern Spain according to their degree of intensification. *Livest. Sci.*, 101, 10–23.
- PIZZOFERRATO L., MANZI P., RUBINO R., FEDELE V., PIZILLO M. (2000) Degree of antioxidant protection in goat milk and cheese: the effect of feeding systems. En: 7th International Conference on Goats, Tours (Fr), 15–21 May 2000, pp. 580–582.
- PIZZOFERRATO L., MANZI P., MARCONI S., FEDELE V., CLAP S. Y RUBINO R. (2007) Degree of antioxidant protection: A parameter to trace the origin and quality of goat's milk and cheese. *J. Dairy Sci.*, 90, 4569–4574.
- RUIZ F.A., CASTEL J.M., MENA Y., CAMÚÑEZ J. Y GONZALEZ-REDONDO P. (2008) Application of the technico-economic analysis for characterizing, making diagnoses and improvising pastoral dairy goat systems in Andalucía (Spain). *Small Rumin. Res.*, 77, 208–220.
- STRASS S.Y., IRWIN R.E. Y LAMBRIX V.M. (2004) Optimal defense theory and flower petal colour predict variation in the secondary chemistry of wild radish. *Ecology*, 92, 132–141.
- WILLCOX J.K., ASH S.L. Y CATIGNANI G.L. (2004) Antioxidants and Prevention of Chronic Disease. *Crit. Rev. Food Sci.*, 44, 275–295.

CARACTERIZACIÓN DEL MANEJO ALIMENTARIO Y REPRODUCTIVO DE LOS SISTEMAS CAPRINOS PASTORALES DE TIPO ARBUSTIVO-MEDITERRÁNEO

Characterization of Feeding and Reproductive Management of Goat Systems Grazing in Mediterranean Shrublands

R. GUTIERREZ¹, Y. MENA¹, M. DELGADO-PERTÍÑEZ¹, V.M. FERNÁNDEZ-CABANÁS¹ y F.A. RUIZ²

¹Departamento de Ciencias Agroforestales, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Universidad de Sevilla, Ctra. Utrera km 1, 41013 Sevilla (España). ²Área de Economía y Sociología Agrarias, IFAPA, Junta de Andalucía, Camino de Purchil s/n, 18080, Granada (España). franciscoa.ruiz@juntadeandalucia.es

Resumen: Los sistemas caprinos lecheros tradicionalmente han tenido un manejo basado en el máximo aprovechamiento de los pastos, haciendo coincidir el periodo del año de máximas necesidades de las reproductoras con aquel en el que ofrecen un mayor rendimiento. Con la intensificación de la ganadería, este manejo había tendido a desaparecer, pero, con la actual crisis del sector, volver a este sistema de optimización de los recursos podría ser una oportunidad para mejorar su viabilidad. Durante 2011 se realizó una monitorización mensual a 16 explotaciones caprinas pastorales de la Sierra de Cádiz, con objeto de caracterizar su manejo alimenticio y reproductivo. Se estimó el porcentaje de necesidades energéticas de las cabras cubiertas por el pastoreo (NEP), clasificándose las explotaciones en tres grupos: alto (AP: >55%), medio (MP: 25-55%) y bajo (BP: <25%) pastoreo. Las explotaciones del grupo MP son las que tienen mayor superficie de pastoreo por animal, y consiguen una mejor producción de leche con un aporte medio de concentrados. La estacionalidad reproductiva característica de estas explotaciones resulta interesante para aquellas de medio y alto pastoreo, haciéndolas menos dependientes de la compra de insumos externos, pero no es tan adecuada para las de bajo pastoreo.

Palabras clave: Caprino, pastoreo, gestión, necesidades energéticas.

Abstract: Traditional management of dairy goat systems has been designed to the optimization in the use of grazing, matching periods of maximum energy needs of milking goats with those in which the grass provides higher performance. With the intensification of livestock, this traditional management has become scarce, but, in the current economical crisis context, the return to that resource optimization system could be an opportunity to improve profits in the sector. During 2011, 16 goat farms located in rangelands at Sierra de Cádiz were monitored monthly, in order to characterize their feeding and reproductive management. Percentage of milking goats' energy needs covered by grazing (NEP) was estimated, classifying farms into three groups: high (AP:> 55%), medium (MP: 25 and 55%) and low (BP: <25 %) grazing level. Farms belonging to MP class have larger grazing surface per animal and obtain a higher milk production with a medium concentrate supply. Reproductive seasonality characteristic of these holdings is interesting for farms of medium and high grazing,

making them less dependent on the purchase of external inputs, but is not as suitable for low-grazing ones.

Keywords: Goat, grazing, management, energy requirements.

INTRODUCCIÓN

La ganadería caprina ha estado tradicionalmente basada en el pastoreo. Sin embargo, la alta demanda de leche por parte de la industria, junto a unos precios no muy elevados de los concentrados, dieron lugar a una intensificación generalizada de los sistemas, reduciéndose, e incluso eliminándose, el pastoreo como fuente de la alimentación de los animales. Sin embargo, la subida del precio de los cereales iniciada en 2008, que ha provocado un incremento constante de los costes de producción, ha hecho que tanto técnicos como ganaderos vuelvan a plantearse el interés del pastoreo en la ganadería caprina. Este tipo de manejo, si se realiza adecuadamente, conlleva ventajas no sólo desde el punto de vista económico y de calidad de los productos, sino también desde el ambiental y social, ya que contribuye a mejorar la biodiversidad y a conservar los paisajes, así como a fijar la población rural (De Rancourt *et al.*, 2006).

Los ganaderos de la Sierra de Cádiz, al igual que los de otras explotaciones situadas en la Cuenca Mediterránea (Ruiz *et al.*, 2009), llevan manejando las cabras en pastoreo durante generaciones y poseen un conocimiento tradicional que, complementado con los avances técnicos en nutrición y reproducción, pueden contribuir a mejorar la sostenibilidad de las explotaciones.

El objetivo de este trabajo es analizar el manejo alimentario-reproductivo tradicional de las explotaciones caprinas lecheras de la Sierra de Cádiz y proponer acciones que mejoren la viabilidad de las mismas.

Este trabajo forma parte del proyecto de investigación INIA RTA2010-00064-C04-02 cuyo objetivo es evaluar la sostenibilidad de sistemas de pequeños rumiantes lecheros españoles.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio se ha desarrollado en la comarca de la Sierra de Cádiz (provincia de Cádiz, Andalucía), en la que se pueden distinguir dos zonas geográficas según su orografía y climatología: la denominada “campiña”, con relieves poco prominentes y clima de tipo mediterráneo (veranos calurosos, inviernos suaves y

escasas precipitaciones); y la zona de Sierra, donde abunda el ganado caprino, caracterizada por tener relieves abruptos y precipitaciones anuales elevadas, en general de más de 800 mm, aunque distribuidas irregularmente, al estar concentradas sobre todo entre los meses de octubre y abril (Ruiz *et al.*, 2008). El ecosistema típico es el bosque mediterráneo, con poco pasto herbáceo y más pasto de tipo leñoso, con predominio de masas boscosas, donde están presentes especies tales como encinas, alcornoques y acebuches.

Las explotaciones caprinas de la Sierra de Cádiz tienen como base genética la raza Payoya, raza autóctona catalogada en peligro de extinción, frecuentemente en combinación con otras especies ganaderas como son la ovina, vacuna y porcina. En su mayoría son explotaciones de carácter familiar, con un régimen de titularidad de la tierra heterogéneo.

La alimentación del rebaño está basada en el aprovechamiento de los pastos naturales, herbáceos y arbustivos, durante todo el año. Si bien, al tratarse de ganado de aptitud lechera, es necesario aportar concentrados, en mayor o menor medida, como suplemento diario para poder cubrir las necesidades de los animales. Las cabras tienen como término medio un parto al año, con una lactación media que oscila entre seis y ocho meses. La mayor parte de los partos se concentran entre noviembre y febrero, generando una marcada estacionalidad productiva.

Los datos se han registrado mensualmente con el programa GESCAPRI (Mena *et al.* 2011) procedentes de 16 explotaciones con diferente grado de pastoreo. A partir de esta información se han elaborado un total de 25 indicadores de los que se seleccionaron 11, todos ellos referidos al año 2011.

Para cada explotación se ha calculado el *Porcentaje de necesidades de energía neta de las cabras en ordeño cubierta por el pastoreo* (ENP), estimado como la diferencia entre las necesidades de energía neta de las cabras en ordeño y la energía neta aportada por los suplementos en pesebre (concentrados y forrajes) (Ruiz *et al.*, 2008). Posteriormente, se han establecido tres grupos de explotaciones en función del grado de pastoreo: alto (AP; n=3; ENP>55%), medio (MP, n=9; ENP <55% y >25%) y bajo (BP, n=4; ENP<25%), donde “n” corresponde al número de explotaciones en cada grupo.

En cuanto al análisis estadístico se realizó un ANOVA, usando el modelo lineal general (GLM) del paquete estadístico SPSS software ver. 20.00 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). En caso de encontrar diferencias

significativas entre medias en los factores con más de dos niveles, estos fueron sometidos a la comparación múltiple de promedios mediante HSD-Tukey. Entre diferentes variables fue determinado el coeficiente de correlación de Pearson.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Clasificación de las explotaciones según el grado de pastoreo

En la Tabla 1 se observa cómo el grado de pastoreo, medido en ENP, tiene un adecuado valor para todas las explotaciones del estudio, aunque existen diferencias significativas entre explotaciones, variando este valor entre un 16%, como media para las explotaciones del grupo de bajo pastoreo, un 39% para las de medio pastoreo y un 60% para las de alto pastoreo.

Tabla 1. Diferencias en el manejo alimenticio y en la producción de leche según el grado de pastoreo de las explotaciones

	Grado de Pastoreo (GP)				SEM ¹	P ²
	Total	Bajo	Medio	Alto		
Número de explotaciones	16	4	9	3		
Tamaño del rebaño (cabras presentes)	371	263 ^c	347 ^b	593 ^a	16	***
Superficie total por cabra. (ha/cabra presente)	0,43	0,14 ^b	0,55 ^a	0,50 ^a	0,021	***
Superficie de pasto natural por cabra. (ha/cabra presente)	0,36	0,11 ^b	0,44 ^a	0,43 ^a	0,069	***
Superficie de pasto arbustivo por cabra. (ha/cabra presente)	0,3	0,08 ^b	0,37 ^a	0,41 ^a	0,074	***
Superficie de pasto herbáceo por cabra. (ha/cabra presente)	0,05	0,03 ^b	0,08 ^a	0,02 ^b	0,026	**
Superficie cultivada por cabra. (ha/cabra presente)	0,06	0,02 ^b	0,08 ^a	0,05 ^{ab}	0,016	***
Necesidades de energía neta de las cabras en ordeño cubiertas por el pastoreo (%)	35,22	16,24 ^c	38,72 ^b	59,88 ^a	1,752	***
Concentrado consumido (Kg/cabra presente y año)	337	455 ^a	333 ^b	187 ^c	8,4	***
Forraje anual consumido (Kg/ cabra presente y año)	66	188 ^a	22 ^b	26 ^b	6,1	***
Leche vendida por cabra presente (l/ cabra presente y año)	300	321 ^a	323 ^a	198 ^b	7,1	***
Estacionalidad de la venta de leche (%) ³	0,25	0,30 ^a	0,24 ^b	0,19 ^b	0,001	**

Letras diferentes en la misma fila (a, b, c) indican diferencias significativas entre grados de pastoreo ($P < 0,05$). ¹ Error estándar de la media. ² P: significación estadística, * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$.

³ Cociente entre los litros vendidos durante el trimestre de menor venta y los litros vendidos durante el trimestre de mayor.

Con respecto al uso de las superficies, cabe destacar que la superficie total por cabra es mucho menor en las explotaciones de bajo pastoreo, con sólo 0,14 ha/cabra presente, en comparación con las 0,55 y 0,50 ha/cabra presente de las explotaciones de medio y alto pastoreo. Para los tres grupos, el tipo de superficie

predominante es el pasto de tipo arbustivo, siendo poca la superficie dedicada a los cultivos, incluyéndose en este tipo de superficie tanto aquella cultivada para posterior cosecha de forrajes para el ganado o grano (de la cual pueden aprovechar los rastrojos), como la cultivada para el consumo directo por los animales mediante pastoreo. La falta de superficies cultivadas para los pequeños rumiantes es una debilidad en toda la cuenca Mediterránea (De Rancourt *et al.*, 2005)

En cuanto a los aportes de concentrados en pesebre, la cantidad aportada es mayor en el grupo BP (455 kg/cabra presente y año) que en el resto de explotaciones, siendo mayor en las del grupo MP que en las del AP. El consumo de forraje es en general bajo en todas las explotaciones (66 kg/cabra presente y año) y también es mayor para las explotaciones del grupo BP (188 kg/cabra presente y año), que para los otros dos grupos. A pesar de ello la cantidad de alimento aportado en pesebre en todos los grupos es menor a la de las explotaciones más intensivas (Ruiz *et al.*, 2012).

En relación a la producción de leche media anual, ésta es significativamente mayor para las explotaciones del grupo MP y BP. En el caso de las explotaciones del grupo BP la mayor producción está justificada por un elevado empleo de concentrados y forrajes, pero el grupo MP consigue las mismas producciones con un aporte de concentrados mucho menor. En el grupo MP, al tener las cabras una mayor producción, también tienen unas necesidades energéticas mayores, lo que justifica el mayor aporte de concentrados en comparación con las de AP, pero sin llegar a alcanzar los niveles de las explotaciones de BP.

Ante estos resultados, resaltar que las explotaciones del grupo MP poseen mayor superficie por animal, ajustando así la carga ganadera a la capacidad sustentadora de la finca y, además, dedican una mayor parte de su superficie a los cultivos, con lo que pueden compensar en cierta medida la estacionalidad productiva de los pastos naturales. Estas explotaciones aportan una mayor cantidad de concentrado pero, a cambio, producen una mayor cantidad de leche. Tratan, por tanto, de reducir el uso de insumos externos mediante el pastoreo, pero aportando el concentrado necesario para obtener buenas producciones de leche, buscando con ello un equilibrio entre gastos e ingresos. En un estudio económico anterior de este mismo grupo de explotaciones (Gutiérrez *et al.*, 2012), se comprobó como aquellas explotaciones que tenían un grado de pastoreo medio eran también las que generaban un mayor margen neto por cabra y año.

Como se observa en la Tabla 1, existe una marcada estacionalidad (expresada por el indicador “Estacionalidad de la venta de leche”) en todos los grupos, siendo ésta menor en el grupo BP. Esta estacionalidad se debe al manejo de las cubriciones que tradicionalmente se ha dado en la zona, con el objetivo estratégico de hacer coincidir la época en que las necesidades energéticas de las reproductoras son mayores con aquella en que el pasto natural puede aportar más energía neta, dada la estacionalidad productiva de los pastos mediterráneos. Pero esta estrategia puede no ser efectiva para todas las explotaciones, dada la heterogeneidad que existe respecto a la superficie disponible y la calidad de los pastos.

2. Análisis de caso

Para entender mejor la relación entre el manejo reproductivo y alimentario de las explotaciones, se presentan tres estudios de caso, cada uno representativo de un grado de pastoreo (alto, medio y bajo, según Tabla 1). En la Figura 1 se observa cómo, en los tres casos, los partos se concentran en dos épocas al año, octubre-noviembre y enero-febrero (aunque con ligeras diferencias entre ellos) lo que origina en todos los casos una concentración de la producción de leche en primavera, que es cuando peor se paga. Esta estrategia reproductiva tiene grandes ventajas para la explotación AP, ya que durante los meses de más producción de leche las altas necesidades energéticas de las cabras se cubren en gran medida con el pastoreo. Algo similar ocurre en la de MP, en menor medida, pero con mayores producciones. Sin embargo, no resulta tan favorable para la BP, que se ve obligada a comprar grandes cantidades de alimentos durante todo el año. En este último caso, puede ser más interesante para el ganadero tratar de producir más leche en los meses en los que la mayoría de los ganaderos no producen (final del verano y otoño) y conseguir así precios más elevados por la misma.

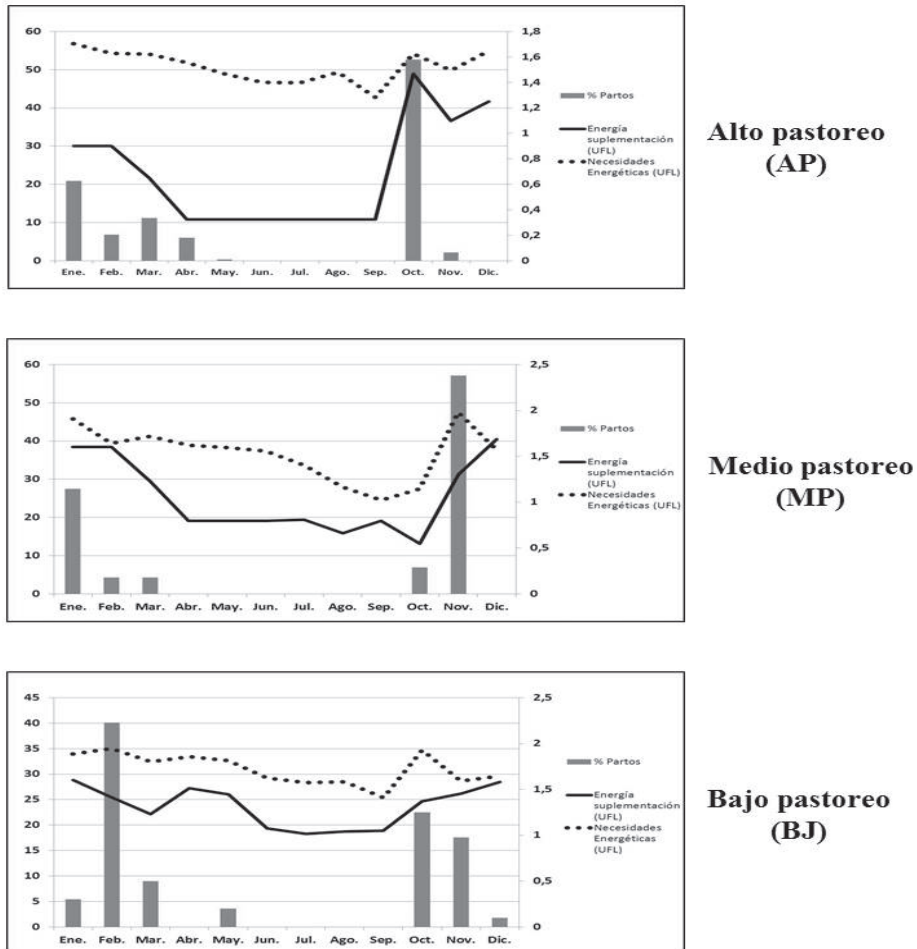


Figura 1. Evolución anual de los partos y de las necesidades y aportes de Energía Neta (Media mensual de EN por cabra) en tres explotaciones con diferente grado de pastoreo

CONCLUSIONES

Las explotaciones caprinas de la Sierra de Cádiz, al igual que otras de la Cuenca Mediterránea, poseen un manejo basado en el pastoreo continuo de las cabras, siendo las superficies pastoreadas principalmente de tipo arbustivo.

Los ganaderos concentran las parideras en los meses de invierno consiguiendo con ello que gran parte de las necesidades nutricionales anuales del rebaño se cubran con el pastoreo. No obstante, hay diferencias entre explotaciones, en función de la disponibilidad de pastos y de calidad de los mismos, dando lugar a

diferencias en las necesidades energéticas que son cubiertas por el pastoreo, variando así desde un 16% para las de bajo pastoreo, un 39% para las de medio y un 60% para las de alto. Las mayores diferencias encontradas entre explotaciones corresponden a los meses entre Febrero y Agosto, ya que en otoño-invierno, cuando tienen lugar los partos, todos los ganaderos aportan una cantidad similar de alimentos en pesebre.

Es necesario implementar estrategias que tengan como objetivo disminuir aún más la dependencia en la compra de alimentos. Para ello habría que realizar un pastoreo más controlado, usar técnicas agronómicas para la mejora de los pastos naturales y/o cultivar praderas que puedan alimentar a los animales en épocas de mayor escasez.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a los financiadores (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria y Junta de Andalucía), gracias a las instituciones que han participado (S.C.A. Los Remedios-Picasat) y gracias sobre todo a los ganaderos que nos abren sus puertas y nos aportan esta información tan valiosa

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- DE RANCOURT M., FOIS N., LAVÍN M.P., TCHAKÉRIAN E. Y VALLERAND F. (2006) Mediterranean sheep and goat production: An uncertain future. *Small Rumin. Res.* 62, 167-179.
- GUTIERREZ R., MENA Y., RUIZ F.A. Y CASTEL J.M. (2012) Análisis de la sostenibilidad de las explotaciones caprinas pastorales andaluzas. *IV Congreso Internacional de Agroecología y Agricultura Ecológica (Vigo)*
- MENA Y., RUIZ F.A. Y CASTEL J.M. (2011) Programa de apoyo a la gestión de explotaciones caprinas: GESCAPRI v.11., 55 pp.
- RUIZ F.A., CASTEL J.M., MENA Y., CAMUÑEZ J. Y GONZALEZ-REDONDO P. (2008) Application of the técnico-economic análisis for characterizing, making diagnoses and improvising pastoral dairy goat systems in Andalucía (Spain). *Small Rumin. Res.*, 77, 208-220.
- RUIZ F.A., MENA Y., CASTEL J.M., GUINAMARD C., BOSSIS N., CARMELLE-HOLTZ E., CONTU M. Y SITZIA M. (2009) Dairy goat grazing systems in Mediterranean regions: a comparative analysis in Spain, France and Italy *Small Rumin. Res.*, 85, 42-49.
- RUIZ F.A., CASTEL J.M., PLEGUEZUELOS J., CAMUÑEZ J., MENA Y. Y GUTIERREZ R. (2012) Evolution of production costs, incomes and economic margins in Murciano-Granadina breed farms. Prediction equations. Proceeding of XI International Conference on Goats.

COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LA DIETA, RESPUESTA PRODUCTIVA Y ECONÓMICA DE VACAS EN PASTOREO EN LA ÉPOCA DE LLUVIAS, EN EL SUROESTE DEL ESTADO DE MÉXICO

Botanical Composition of the Diet, Productive and Economic Response of Grazing Dairy Cows during Rainy Season in the Southeast of the State of Mexico

F.S. JIMÉNEZ PERALTA¹, I.G. SALAS REYES¹, M. GONZÁLEZ RONQUILLO², A. GONZÁLEZ EMBARCADERO³, C.M. ARRIAGA-JORDÁN⁴ y B. ALBARRÁN PORTILLO¹

¹Centro Universitario UAEM-Temascaltepec. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México, ³Departamento de Estudios de Investigación y Servicio de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. ⁴Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). cmarriagaj@uaemex.mx.

Resumen: El objetivo fue conocer la composición botánica de la dieta, la respuesta productiva y económica de vacas en pastoreo en el sur del Estado de México. El estudio se realizó en la época de lluvias (2011). Se muestreó un rebaño de 25 vacas Pardo Suizo en lactación, de las que se siguieron 5 vacas durante el pastoreo para identificar áreas de consumo determinando así la composición botánica de la superficie pratense (CBP). De estas vacas se tomaron muestras de heces para determinar la composición botánica de la dieta (CBD), mediante la técnica de microhistología. Las variables de respuesta fueron rendimiento de leche ($\text{kg}^{-1} \text{ vaca}^{-1} \text{ d}^{-1}$), grasa y proteína en leche (g/kg), peso vivo (kg) y condición corporal. La CBD estuvo compuesta por *Cynodon plectostachyus*, *Aeschinomene sp.*, *Paspalum convexum*, y *Paspalum notatum*, que representaron 44%, 19%, 17% y 7%, respectivamente. La producción de leche promedio fue $6,9 \text{ kg}^{-1} \text{ vaca}^{-1} \text{ d}^{-1}$, con 31,1 g/kg de grasa y proteína en leche. El PV fue 419,5 (kg) y la CC fue de 1,5. El costo de producción por L de leche fue de 0,15€. Se concluye que la producción de leche en la época de lluvias es sostenible al tener bajos costos de producción y basar la alimentación en recursos locales.

Palabras clave: pradera, recursos locales, pastos.

Abstract: The aim was to determine the botanical composition of the diet, productive and economic response of grazing dairy cows in the southeast of the State of Mexico. A herd of 25 lactating cows were monitored during the rainy season of 2011, from which 5 cows were followed while grazing in order to identify the botanical composition of the pasture (BCP). Feces samples were taken from these cows in order to identify the botanical composition of the diet (BCD) using the microhistology technique. Response variables were milk yield ($\text{kg}/\text{cow}/\text{day}$), milk's fat and protein (g/kg), liveweight (LW) (kg/cow), and body condition score (BCS). The BCD was consist of *Cynodon plectostachyus*, *Aeschinomene sp.*, *Paspalum convexum*, and *Paspalum notatum*, representing 44%, 19%, 17% and 7%, respectively. Average milk production was $6.9 \text{ kg}/\text{cow}/\text{day}$, with 31.1 g/kg of mil's fat and protein. LW and BCS were 419.5 and 1.5, respectively. Milk production cost was 0,15€. It can be concluded that

milk production during rainy season is sustainable due to their low production cost because of the feeding is based on local resources.

Key words: Rangeland, local resources, grasses.

INTRODUCCIÓN

La alimentación de bovinos en el sur del Estado de México durante la época de lluvias se basa en el pastoreo libre en praderas, en los cuales se encuentran especies nativas, especies introducidas y otras herbáceas. La producción está determinada por una marcada estacionalidad en la disponibilidad de forrajes teniendo: la época seca y la época de lluvias, siendo en esta última donde hay abundancia de forraje verde (pastos y herbáceas), resultando en bajos costos de producción.

El manejo de la nutrición de rumiantes en pastoreo es difícil ya que es complicado saber la composición botánica de la dieta (CBD) consumida (Galt *et al.*, 1980), fundamental para conocer su respuesta y eficiencia productiva y económica, que permita diseñar estrategias de manejo de los recursos forrajeros. Existen diferentes metodologías para la determinación de la CBD que permiten identificar las especies forrajeras preferidas, el efecto de variación botánica sobre la selectividad del consumo, y su variación en el valor nutritivo durante el pastoreo (Holechek *et al.*, 1989), teniendo como base la composición botánica de la pradera (CBP). Una de ellas es la técnica microhistológica a partir de muestras de heces, ampliamente utilizada para estudiar la CBD.

Más allá de las ventajas de utilizar la técnica microhistológica (Holechek *et al.*, 1982), es importante saber que el uso de heces se recomienda por la facilidad en la obtención de las muestras, y porque es un método no invasivo que no implica manipulación o sacrificio de los animales. Ésta se basa en la elaboración de dos tipos de preparados microhistológicos: permanentes, elaboradas con material vegetal de las especies que se encuentran en el área de estudio, y temporales, que se elaboran con las muestras provenientes de las heces del animal (González y Améndola, 2010), con el objetivo de la identificación bajo microscopio de fragmentos epidérmicos vegetales, que poseen caracteres diagnósticos que permiten diferenciar las especies vegetales (Sepúlveda *et al.*, 2004). Por lo tanto, se planteó como objetivo conocer la CBD de vacas en lactación en pastoreo en la época de lluvias, que permita desarrollar estrategias de alimentación eficientes basadas en forrajes, así como determinar la respuesta productiva y económica.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el municipio de Zacazonapan, ubicado al suroeste del Estado de México, teniendo un clima cálido sub-húmedo, una altura de 1 470 msnm, con una temperatura media anual de 23°C, y una precipitación anual de 1 800 mm. El estudio se realizó de agosto a octubre del año 2011, dividiéndose la época de lluvias en tres periodos experimentales (PE) (28 días cada uno): P1: inicio (Agosto), P2: mediados (Septiembre) y P3 finales (Octubre).

Se seleccionaron cinco vacas pardo suizo multíparas de un hato de 25, con un peso de 400 kg \pm 50 kg, encontrándose en la primera mitad de lactación. Los animales permanecieron las 24 h del día en una pradera de 100 ha.

El muestreo de la CBP se midió los últimos cinco días de cada PE, coincidiendo con el registro de los rendimientos productivos de las vacas, i.e. rendimiento de leche (kg⁻¹ vaca⁻¹ d⁻¹), contenido de grasa y proteína en la leche (g/kg) con el equipo Lactoscan milk analyzer®, peso vivo (kg/vaca) y condición corporal (escala de 1 a 5 puntos, donde 1 es muy flaco y 5 es muy gordo) (Wildman *et al.*, 1982). La CBP, se determinó a partir de observación directa del forraje consumido por las vacas experimentales, colocando un cuadrante metálico (0,5 x 0,5 m²) en el lugar de consumo, dentro del cual se contó el número de plantas. Los resultados fueron reportados como frecuencia acumulada (FA) y frecuencia relativa (FR) de acuerdo a González y Améndola (2010). Posteriormente se cortó el forraje dentro del cuadrante a ras de suelo. A partir de lo anterior, se determinó masa herbácea (kg/MS/ha) y composición botánica (especies de pastos). El forraje cortado dentro del cuadrante fue separado por especies, a partir de los cuales se realizaron preparados microhistológicos permanentes (muestras patrón), de las especies de plantas presentes en el área de pastoreo. Además, se procedió a separar cada especie de pasto por tallo, vaina, lámina e inflorescencia, con el objetivo de facilitar la identificación específica. Después, se procedió a realizar la identificación taxonómica de cada una de las especies.

Composición botánica de la dieta (CBD): con el propósito de que el análisis de la dieta fuera representativo de la CBP, las muestras de heces se recolectaron durante el ordeño, en el mismo periodo en que se realizó la evaluación botánica del agostadero, así como el registro de variables de respuesta animal. Las muestras de heces se tomaron directamente del recto de cada animal, estas se

deshidrataron en una estufa de aire forzado a 70°C por 48 h, y posteriormente se molieron en un molino Willey con una malla de 1mm. A continuación, se procedió a la elaboración de preparados microhistológicos temporales. Las especies que quedaron dentro de los campos de las laminillas fueron contabilizadas para obtener la CBD. Se prepararon 14 portaobjetos por muestra, por periodo de heces del animal, en los cuales se evaluaron 280 campos en microscopio óptico de 10x. En cada campo se determinó la frecuencia relativa (Fr), densidad relativa (Dr) y tasa de selección (TS) o índice de preferencia (IP), que es una relación entre la vegetación que compone la dieta y la vegetación presente en la pradera. Este indicador fluctúa entre -1 y +1 con valores negativos para componentes rechazados y valores positivos para componentes preferidos (González y Améndola, 2010).

Análisis económico: el análisis económico se realizó mediante la metodología de presupuestos por actividad, que permite determinar el costo de producción de leche considerando los costos y retornos económicos de la actividad de producción de leche, que en este caso fueron: alimentación (forraje de pradera), mano de obra (familiar y contratada), combustible, costos varios (i.e. asistencia técnica, medicinas etc.), y costos fijos (depreciación de instalaciones), de acuerdo a Wiggins *et al.* (2001).

Diseño experimental: las variables de la composición botánica del agostadero y de la dieta se analizaron utilizando una estadística descriptiva (Steel y Torrie, 1989).

Medición de las variables productivas. Se utilizó un diseño completamente al azar, de las especies presentes en los tres periodos. Los tratamientos fueron los periodos de muestreo (inicio, mediados y finales de lluvias) y las especies las unidades de muestreo (Steel y Torrie, 1988).

Modelo estadístico: $Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$: donde: Y_{ij} = variable respuesta en tratamiento i , repetición j , μ = media general t_i = efecto del periodo ($j = 1, 2, 3$), e_{ij} = error aleatorio. Las variables respuesta animal fueron analizadas utilizando el procedimiento GLM, del paquete estadístico SAS (2010). La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tuckey ($P < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan las especies forrajeras identificadas dentro del potrero, para los tres periodos experimentales.

Tabla 1. Especies identificadas en el potrero, por periodo durante los meses de Agosto, Septiembre y Octubre en Zacazonapan, Estado de México.

Forma biológica	Especie	Ago	Sep	Oct
Gramíneas	<i>Acacia farnesiana</i>	X	X	
	<i>Brachiaria hibrido</i>	X	X	X
	<i>Brachiaria humidicola</i>	X	X	X
	<i>Cynodon plectostachyus</i>	X	X	X
	<i>Digitaria bicornis</i>	X	X	X
	<i>Paspalum convexum</i>	X	X	X
	<i>Paspalum nonatum</i>	X	X	X
Leguminosa	<i>Aeschynomene sp.</i>	X	X	X
Herbáceas	<i>Bidens pilosa</i>		X	X
	<i>Cyperus sp.</i>	X		X
	<i>Gymnosperma glutinosum</i>		X	X
	<i>Ipomea sp.</i>	X	X	
	<i>Ipomea tricolor</i>	X	X	
	<i>Labiada sp.</i>	X		
	<i>Senna sp.</i>	X		
Leñosas	<i>Tagetes lunuata</i>	X	X	X
	<i>Ceiba pentandra</i>	X	X	
	<i>Crescentia alata</i>	X	X	X
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	X	X	X
	<i>Ipomea murucoides</i>	X	X	X
	<i>Leucaena leucocephala</i>	X	X	X
	<i>Lysoloma acapulcencis</i>	X	X	X
	<i>Morus nigra</i>	X	X	X
<i>Phitecellobium lanceolatum</i>	X	X	X	

A partir del análisis microhistológico en heces se encontró que las gramíneas *Cynodon plectostachyus*, *Paspalum convexum* y *Paspalum notatum* representaron el 68% de la CBD, la leguminosa *Aeschynomene sp* estuvo presente en 19%, mientras que dos especies del grupo de las dicotiledóneas constituyeron 13% de la CBD (Tabla 2).

Tabla 2. Composición botánica de la pradera (CBP) y de la dieta (CBD) de vacas en pastoreo en la época de lluvias.

Forma biológica	Especie	Composición botánica %					
		P ₁ CBP	P ₁ CBD	P ₂ CBP	P ₂ CBD	P ₃ CBP	P ₃ CBD
Gramíneas	<i>Cynodon plectostachyus</i>	38,7	44,5	44,1	44,4	44,1	44,2
	<i>Paspalum convexum</i>	19,4	21,3	16,5	18,4	18,9	14
	<i>Paspalum nonatum</i>			14	4,8	6,7	9,8
Leguminosa	<i>Aeschynomene sp.</i>	2,3	2,2	1,2	1,4	1,5	1,8
Otras herbáceas*		18,8	11	12,3	14	15,4	14

P1: Agosto P2: Septiembre P3: Octubre *En ciertos casos, solo fue posible identificar las partículas epidérmicas a nivel de clase. (CBA)

La gramínea *Cynodon plectostachyus* fue la especie con mayor IP en el PE1 (agosto), mientras que en el PE2 *Aeschynomene sp.*, fue la más preferida (1,40), y *Paspalum nonatum* en el PE3 fue la especie con mayor IP (1,47). Las dicotiledóneas en el P2 alcanzaron un IP de 1,14, siendo estas rechazadas en el P1 y P3 (Tabla 3).

Tabla 3. Índice de preferencia de las especies que componen la dieta de vacas en pastoreo.

Forma biológica	Especie	Tasa de selección		
		PE1	PE2	PE3
Herbáceas	<i>Aeschynomene sp.</i>	1,01	1,4	1,21
Gramíneas	<i>Cynodon plectostachyus</i>	1,15	1,01	1
	<i>Paspalum convexum</i>	1,1	1,12	0,74
	<i>Paspalum nonatum</i>		0,34	1,47
Dicotiledóneas*		0,58	1,14	0,91

P1: Inicio lluvias P2: Medios de lluvias P3: Finales de lluvias *En ciertos casos, solo fue posible identificar las partículas epidérmicas a nivel de clase. Valores menores a uno: Especies rechazados por el animal y mayores a uno: Especies preferidas por el animal.

En la Tabla 4., se presenta las variables productivas de las vacas. Existieron diferencias significativas entre PE, registrándose los mayores niveles de producción de leche ($\text{kg}^{-1} \text{ vaca}^{-1} \text{ d}^{-1}$) y grasa en leche (g/kg), en los PE 2 y 3. De igual forma, el peso vivo y la condición corporal de las vacas se incrementaron hacia finales de la época de lluvias.

Los costos y los retornos de producción para el hato productor de leche se presentan en la Tabla 5. El promedio de producción de 6,9 leche ($\text{kg}^{-1} \text{ vaca}^{-1} \text{ d}^{-1}$). El

precio pagado al productor fue de 0,43€/kg de leche. Teniendo entonces que el costo de producción por kg de leche para esta época fue de 0,18€. Resultados similares fueron encontrados por Albarrán *et al.* (2009), quienes reportaron que el costo de producción de 1 kg de leche para la época de lluvias fue de 0,16€. El margen de ganancia sí se ha incrementado con respecto a lo reportado en 2009 por Albarrán y colaboradores. En ese entonces era de 0,09€ por kg de leche vendido, mientras que ahora el margen de ganancia se duplicó (0,21€), debido al incremento en el precio pagado al productor, mientras que los costos se han mantenido con muy poca variación (0,16 € vs 0,17€).

Tabla 4. Variables de respuesta de vacas en pastoreo en la época de lluvias.

Variable/Periodo	Ago	Sep	Promedio	EEM
Producción leche (kg)	5,0 ^a	8,3 ^b	6,9	0,32
Grasa (g/kg)	25,3 ^a	34,7 ^b	31,1	2,7
Proteína (g/kg)	31,3	30,5	31	0,75
Peso Vivo (kg)	391,6 ^a	425,2 ^{ab}	419,5	13,2
Condición Corporal (1-5 pts)	1,5	1,5	1,6	

PE = Periodo experimental1 (Ago), 2 (Sep) y 3 (Oct). Letras diferentes en filas indican diferencias significativas ($P < 0.05$)

Tabla 5. Análisis económico costos y retornos producción de leche de vacas en pastoreo en la época de lluvias.

Concepto	
Kg leche producida	11 016
Precio de venta/kg de leche	0,37
Total de retornos en efectivo	4 132 €
Costo de producción/kg de leche	0,18
Costo total de producción	1 997 €
Margen neto	2 135 €
Margen/kg de leche	0,19

CONCLUSIONES

La composición de la dieta de vacas lactantes en la época de lluvias se compuso en su mayoría por gramíneas previamente considerada como representativa de las superficies pratenses de esta zona. Sin embargo se encontró que la leguminosa *Aeschynomene sp.*, representó el 19% de la composición botánica de la dieta (MS)

durante los meses de estudio. Por lo que es importante, a partir de esto desarrollar estrategias para incrementar la presencia de esta especie en las praderas de forma que pueda tener un impacto positivo en los niveles de producción animal. El costo de producción de leche es altamente competitivo, basado en el uso de forrajes de bajo costo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBARRÁN PORTILLO B., SALAS REYES I.G., ESPARZA JIMÉNEZ S., HERNÁNDEZ MARTÍNEZ J., REBOLLAR REBOLLAR S., Y A. GARCÍA MARTÍNEZ. (2009) Caracterización Socioeconómica de un sistema de producción de Doble Propósito en el Sur del Estado de México. En: Cavallotti Vázquez B.A. *et al.* (Eds). *Ganadería y Seguridad Alimentaria en Tiempo de Crisis*. Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo, 179-190.
- GALT H.D., OGDEN P.R., EHRENREICH J.H., THEURER B. AND CLARK M. (1980) Estimación de la composición botánica de muestras de forraje obtenidas de novillos con fistula esofágica, por el método de punteado microscópico. En: Rendimiento del pastizal. 173-177.
- GONZÁLEZ-EMBARCADERO A. Y AMÉNDOLA-MASSIOTTI R. (2010) *Técnica microhistológica para la determinación de la composición botánica de la dieta de herbívoros*. Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- HOLECHECK J.L., VAVRA M. AND PIEPER R.D. (1982) Botanical composition determination or range herbivore diet: a review. *Journal of Range Management*, 35, 309-315.
- HOLECHECK J.L., PIEPER R.D. AND HERBEL C.H. (1989) *Range Management. Principles and practices*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 501.
- SAS Institute. (2002) SAS User's Guide: Statistics. Ver 9.0. SAS Institute. Cary, N.C. USA. 956 p.
- SEPÚLVEDA P.L., PELLIZA DE S.A. Y MANACORDA M. (2004) La importancia de los tejidos no epidérmicos en el microanálisis de la dieta de herbívoros. *Ecología Austral*, 14, 31-38.
- STEEL R.G.D. Y TORRIE J.H. (1989) *Bioestadística: Principios y procedimientos*. McGraw-Hill. México. pp. 181-184.
- WIGGINS S., TZINTZUN-RASCÓN R., RAMÍREZ-GONZÁLEZ M., RAMÍREZ-VALENCIA F.J., ORTÍZ-ORTÍZ G., PIÑA-CÁRDENAS B., AGUILAR-BARRADAS U., ESPINOZA-ORTEGA A., PEDRAZA-FUENTES A., RIVERA-HERREJÓN G. Y ARRIAGA-JORDÁN C.M. (2001) *Costos y retornos de la producción de leche en pequeña escala en la zona central de México. La lechería como empresa*. Toluca, México. Serie Cuadernos de Investigación. Cuarta Época 19. Universidad Autónoma del Estado de México.
- WILDMAN E.E., JONES G.M., WAGNER P.E., BOMAS R.L., TROUTT H.F. JR. AND LESCH T.N. (1982) A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *Journal of Dairy Science*, 65, 495-501.

VARIACIÓN ESTACIONAL EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y EN EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA LECHE DE VACA

Seasonal Variation in Chemical Composition and Fatty Acids Profile of Cows' Milk

A.I. ROCA-FERNÁNDEZ y A. GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ

Departamento de Producción Animal. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). INGACAL. Xunta de Galicia. Apdo. 10 – 15080 La Coruña, anairf@ciam.es

Resumen: A pesar de que los ganaderos tratan de mantener una calidad homogénea de la leche para satisfacer los requerimientos de las industrias lácteas, la composición química y el perfil de ácidos grasos (AG) de la leche de vaca sufren variaciones estacionales debido a cambios en los integrantes de la ración. El objetivo de este estudio fue evaluar la variación estacional en la calidad de la leche en respuesta a cambios en la alimentación, motivados por variaciones en las condiciones climáticas (temperatura media y precipitación acumulada), cuando las vacas pasan de una ración con hierba fresca en pastoreo a otra con ensilado y concentrado en establo. Se determinaron los contenidos de proteína, grasa y AG saturados de la leche durante dos años en los Países Bajos encontrándose valores bajos en pastoreo ($p < 0,001$) de primavera-verano y altos con ensilado y concentrado ($p < 0,001$) en otoño-invierno. Lo contrario ocurrió con los AG insaturados y el ácido linoleico conjugado (CLA), que fueron superiores ($p < 0,001$) en primavera-verano con pasto que en otoño-invierno con ensilado y concentrado. Es importante analizar el efecto de las variaciones climáticas estacionales para poder actuar sobre la alimentación animal y la calidad de la leche de vaca en sistemas de pastoreo.

Palabras clave: vacuno, pastoreo, leche, ácido linoleico conjugado, fluctuaciones.

Abstract: Instead of the fact that producers try to keep homogeneous milk quality for satisfying dairy industry requirements, chemical composition and fatty acids (FA) profile of cow's milk undergoes seasonal variations due to changes in feed ingredients. The objective of this study was to evaluate seasonal variations in milk quality in response to changes on cows' nutrition, motivated by variations on weather conditions (average temperature and accumulated precipitation), when cows are moved from a ration with fresh forage at grazing to another with silage and concentrate in stable. Protein, fat and saturated FA content were measured in milk during two years in The Netherlands showing low values at grazing ($p < 0.001$) in spring-summer and high values when animals feed silage and concentrate ration ($p < 0.001$) in autumn-winter. The opposite occurred with unsaturated FA and conjugated linoleic acid (CLA) which were higher ($p < 0.001$) in spring-summer with fresh forage than in autumn-winter with silage and concentrate. It is important to analyze the effect of seasonal weather variations on milk quality to act on animal nutrition and cow's milk quality in grazing systems.

Keywords: cattle, grazing, milk, conjugated linoleic acid, fluctuations.

INTRODUCCIÓN

Los cambios en la alimentación animal y en el manejo del rebaño en pastoreo condicionan a corto plazo la calidad y el perfil de ácidos grasos de la leche, mientras que la raza de vaca y las variaciones climáticas estacionales lo hacen a largo plazo (Roca-Fernández, 2011). Se establece una correlación inversamente proporcional entre la temperatura ambiental y la cantidad de leche, proteína y grasa producidas (Ozrenk y Selcuk, 2008), ya que al parecer, los niveles de ácidos grasos saturados (AGS) en leche alcanzan valores máximos en invierno, cuando las vacas se estabulan y son alimentadas con ensilado y concentrado, mientras que en verano, cuando los animales están en pastoreo y se alimentan de hierba verde, los ácidos grasos insaturados (AGI), como el ácido linoleico conjugado (CLA, C18:2 cis-9, trans-11), muestran valores máximos. Estas oscilaciones periódicas en el perfil de ácidos grasos de la leche de vaca podrían ser explicadas porque las variaciones climáticas estacionales son un reflejo de cambios en la alimentación de los animales (Roca-Fernández, 2011). El objetivo de este estudio, realizado con recogida de datos en dos años en los Países Bajos, fue evaluar el efecto de las variaciones climáticas (temperatura media y precipitación acumulada) sobre la composición química (contenido en proteína y grasa) y el perfil de ácidos grasos de la leche de vaca (AGS, AGI y CLA) comparando dos sistemas de alimentación (pastoreo con hierba fresca en primavera-verano *vs.* establo con ensilado y concentrado en otoño-invierno).

Área de estudio. En 2005 se observó un descenso (25%) en el uso de las praderas permanentes para la producción de leche en las explotaciones de los Países Bajos, con relación a 1992 (Tabla 1) debido a un incremento en el uso de las praderas temporales (84%), el empleo del silo de maíz (7%) y el cultivo de cereales (3%). El área total de pastoreo fue la misma, pero aumentó (5%) la superficie dedicada a silo de hierba en 2005 con respecto a 1992 (<http://statline.cbs.nl/statweb>).

Tabla 1. Uso de la tierra en los Países Bajos en 1992 y 2005.

	Área total bajo cultivo (x 1.000 ha)				Área total a pasto (x 1.000 ha)	
	Praderas permanentes	Praderas temporales	Silo de maíz	Cereales	En pastoreo	Silo de
1992	1.030	33	218	704	978	1.865
2005	771	205	235	727	980	1.965

Manejo del rebaño lechero. En 2005 descendió el número de explotaciones (41%) y el número de vacas lactantes (18%) con respecto a 1992 (Tabla 2), y aumentó (15%) la producción de leche por vaca, con un descenso en el número de vacas en pastoreo (13%) y un aumento de las alimentadas con silo de hierba (14%) en 2005.

Tabla 2. Manejo de las explotaciones lecheras de los Países Bajos en 1992 y 2005.

	Nº (x 1.000)	Rebaño lechero (x 1.000)		Producción de leche (kg/vaca/día)
		Vacas lactantes (nº cabezas)	Vacas no lactantes (nº cabezas)	
		1992	63	
2005	37	1.263	158	28,2

El alto potencial genético de las Holstein-Friesian y el mayor empleo del concentrado en las raciones aumentó la producción de leche (+4,3 kg/vaca/día) pero disminuyó la proporción de pasto en la ración en 2005 (12%), cuando en 1992 era del 34%, al tiempo que el uso del silo de maíz pasó del 15% al 25% (Van Bruggen, 2007).

MATERIAL Y MÉTODOS

Toma de muestras. Se recogieron un total de 52 muestras de leche anuales (1 muestra por semana), en cada uno de los años, de los tanques de refrigeración de una industria holandesa, que englobaba a 4 centrales lecheras en 1992 y a 17 en 2005.

Métodos de análisis. Se determinó el contenido de grasa en la leche de vaca por el método ISO 1211 (ISO, 1999) y la proteína por electroforesis capilar. El perfil de ácidos grasos de la leche se determinó por cromatografía de gases tras extracción de la grasa láctea siguiendo el protocolo establecido por la industria láctea.

Registro de variables climáticas. Se registraron semanalmente la temperatura media (°C) y la precipitación acumulada (mm) en la estación De Bilt.

Análisis estadístico. Para determinar la variación estacional en la composición química y en el perfil de ácidos grasos de la leche y relacionarla con las variables climáticas, se consideró al año y a la estación como efectos fijos aplicando un modelo lineal general multivariante (SAS, 2005). Las diferencias en los contenidos de proteína, grasa y ácidos grasos entre las estaciones se establecieron por ANOVA: $Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + Y_i S_j + \epsilon_{ijk}$. Donde: Y_{ijk} es la media de las semanas que delimitan cada estación; μ es el valor medio; T_i es el efecto del año, S_j es el efecto de

la estación; $Y_i \times S_j$ es la interacción entre año y estación, y ε_{ijk} es el error residual. Se establecieron diferencias significativas ($p < 0,001$) mediante análisis Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variación mensual en variables climáticas. No se observaron diferencias entre la temperatura media registrada en 1992 (10,5°C) y 2005 (10,7°C) (Tabla 3). Los meses más fríos fueron Enero (2,7 °C) y Febrero (2,4°C) en 1992 y 2005. El mes más cálido fue Julio (18,3 y 17,7°C) en ambos años. En 1992, la temperatura fue superior de Mayo a Agosto e inferior en Enero, Abril, Octubre y Diciembre comparado con 2005. La precipitación total fue superior en 1992 (917 mm) que en 2005 (877 mm). Los meses más lluviosos fueron Agosto (159 mm) y Julio (156 mm) y los menos lluviosos Febrero (31 mm) y Marzo (49 mm) en 1992 y 2005.

Tabla 3. Registro mensual de las variables climáticas en 1992 y 2005.

	Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura													
media, °C	1992	2,7	4,9	6,9	8,7	15,6	17,2	18,3	17,8	14,6	8	8	3,7
	2005	5,3	2,4	6,5	10,4	12,6	16,8	17,7	16,2	15,7	13,3	6,9	4
Precipitación													
acumulada, mm	1992	38	31	80	53	42	64	69	159	58	122	134	67
	2005	53	80	49	64	54	53	156	94	64	55	99	56

Variación mensual en composición química y perfil de ácidos grasos. No se observaron diferencias en el contenido de proteína y grasa entre 1992 (3,46 y 4,42 g/100 g de leche) y 2005 (3,48 y 4,38 g/100 g de leche) (Tabla 4). Estos valores fueron máximos en Noviembre de 1992 (3,60 y 4,62 g/100g de leche) y Diciembre de 2005 (3,57 y 4,56 g/100g de leche). Julio mostró valores mínimos de proteína (3,35 y 3,41 g/100g de leche) y grasa (4,15 y 4,16 g/100g de leche) en ambos años. El contenido de AGS ($\Sigma C4:0-18:0$) fue inferior ($p < 0,001$) en 1992 que en 2005 (64,20 y 66,56 g/100g de AG). Los valores más altos en AGS se obtuvieron en Febrero (67,4 y 69,1 g/100g de AG) y los más bajos en Junio (61,0 g/100 g de AG) y Agosto (64,1 g/100 g de AG) de 1992 y 2005. La variaciones más grandes en proteína, grasa y AGS se obtuvieron en 1992 (0,25 y 0,47 g/100 g de leche y 6,40 g/100 g de AG) comparado con 2005 (0,16 y 0,40 g/100 g de leche y 5,00 g/199 g de AG).

Tabla 4. Registro mensual del contenido de proteína y grasa (g/100 g de leche) y ácidos grasos saturados (AGS) (g/100 g de ácidos grasos) en 1992 y 2005.

	Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Proteína	1992	3,48	3,45	3,41	3,45	3,4	3,36	3,35	3,38	3,5	3,58	3,6	3,55
	2005	3,52	3,51	3,51	3,45	3,43	3,44	3,41	3,47	3,48	3,55	3,56	3,57
Grasa	1992	4,54	4,51	4,47	4,46	4,36	4,21	4,15	4,2	4,38	4,48	4,62	4,6
	2005	4,56	4,56	4,56	4,43	4,34	4,21	4,16	4,21	4,25	4,39	4,47	4,56
Σ C4:0-18:0 ¹	1992	67,4	67,4	67,3	66,8	63,1	61	61,9	61,6	61,4	62,7	63,1	66,8
	2005	68,9	69,1	68,3	67,4	65,7	64,7	64,4	64,1	64,6	65,4	67,2	68,8

¹ Σ C4:0-C18:0= Sumatorio de C4:0 a C18:0 considerado como contenido total de AGS.

Variación estacional en composición química y perfil de ácidos grasos.

La variación estacional en el contenido de proteína y grasa en leche ($p < 0,001$) presenta unos valores máximos en otoño e invierno y mínimos en primavera y verano (Tabla 5) en pastoreo en ambos años, coincidiendo con las épocas de menor y mayor producción de leche, respectivamente (Lindmark-Månsson *et al.*, 2003).

Tabla 5. Variación estacional en el contenido de proteína y grasa en 1992 y 2005.

(g/100 g leche)	Año	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Media	ESM ¹	Año	Estación	Año*Est
Proteína	1992	3,47 ^a	3,40 ^b	3,43 ^b	3,60 ^a	3,46	0,02	0,429	0	0,24
	2005	3,52 ^a	3,42 ^b	3,45 ^b	3,54 ^a	3,48	0,01			
Grasa	1992	4,52 ^a	4,36 ^{ab}	4,28 ^b	4,62 ^a	4,42	0,03	0,07	0	0,07
	2005	4,55 ^a	4,34 ^{ab}	4,21 ^b	4,40 ^a	4,38	0,01			

^{a-b}Medias con diferente superíndice en la misma fila difieren significativamente ($p < 0,001$).

¹ESM= Error estándar de la media.

La variación estacional en el contenido de AGS en leche ($p < 0,001$) para C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C14:0, C16:0, C18:0 y Σ C4:0-C18:0 en ambos años muestra valores máximos en otoño e invierno, cuando hay poco pastoreo, y valores mínimos de AGS en primavera y verano (Tabla 6) con elevado aprovechamiento del pasto. Resultados similares se obtuvieron en el CIAM (Roca-Fernández, 2011). Los contenidos de C4:0, C12:0 y C18:0 fueron superiores ($p < 0,001$) en 1992 que en 2005. En este último año la grasa láctea mostró niveles superiores ($p < 0,001$) de AGS (C14:0, C16:0 y Σ C4:0-C18:0), debido al descenso del pastoreo en relación a 1992, lo que se interpretará como un descenso de la calidad nutritiva de la leche en 2005 debido a una menor ingestión de pasto por el animal.

Sin embargo, la variación estacional de AGI (C18:1, C18:2 y Σ C18:1-C18:2) en ambos años, mostró valores máximos ($p < 0,001$) en primavera y verano, durante

las épocas de máxima ingestión de pasto por el animal, y mínimos en otoño e invierno (Tabla 7), debido a un menor aprovechamiento del pasto y un incremento de la suplementación. Los contenidos de C18:1 y Σ C18:1-C18:2 fueron superiores ($p < 0,001$) en 1992 que en 2005, año con mayor ($p < 0,001$) nivel de C18:2 en la grasa.

Tabla 6. Variación estacional en ácidos grasos saturados en 1992 y 2005.

(g/100 g AG)		Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Media	ESM [†]	Año	Estación	Año*Est
C4:0	1992	13,94	13,93	13,93	13,96	13,94	0,04	0	0,098	0,618
	2005	23,6	23,48	23,56	23,77	23,58	0,02			
C6:0	1992	2,20 ^a	2,18 ^a	2,08 ^b	2,19 ^a	2,14	0,02	0,205	0	0,314
	2005	2,25 ^a	2,13 ^b	2,11 ^b	2,28 ^a	2,18	0,01			
C8:0	1992	1,37 ^a	1,35 ^a	1,25 ^b	1,35 ^a	1,31	0,02	0,574	0	0,194
	2005	1,37 ^a	1,30 ^b	1,27 ^b	1,38 ^a	1,33	0,01			
C10:0	1992	3,07 ^a	2,99 ^b	2,68 ^b	2,96 ^a	2,87	0,04	0,982	0	0,084
	2005	3,03 ^a	2,84 ^b	2,71 ^b	2,98 ^a	2,88	0,02			
C12:0	1992	¹ 4,43 ^a	¹ 3,92 ^b	¹ 3,58 ^b	¹ 4,29 ^a	13,99	0,04	0,001	0	0
	2005	² 4,04 ^a	² 3,81 ^b	² 3,65 ^b	² 3,92 ^a	23,85	0,02			
C14:0	1992	¹ 11,72 ^a	¹ 10,57 ^b	¹ 10,41 ^b	¹ 11,35 ^a	111	0,06	0	0	0
	2005	² 11,74 ^a	² 11,21 ^b	² 10,96 ^b	² 11,41 ^a	211,34	0,03			
C16:0	1992	¹ 30,53 ^a	¹ 26,80 ^b	¹ 26,44 ^b	¹ 28,92 ^a	128,25	0,2	0	0	0,05
	2005	² 32,97 ^a	² 30,46 ^b	² 29,45 ^b	² 31,04 ^a	231,13	0,09			
C18:0	1992	¹ 9,99 ^a	¹ 11,33 ^b	¹ 11,32 ^b	¹ 10,09 ^a	110,7	0,15	0,001	0	0,149
	2005	² 9,69 ^a	² 10,75 ^b	² 10,77 ^b	² 9,86 ^a	210,26	0,07			
Σ C4:0-C18:0 [‡]	1992	¹ 67,24 ^a	¹ 63,05 ^b	¹ 61,70 ^b	¹ 65,11 ^a	164,2	0,2	0	0	0
	2005	² 68,69 ^a	² 65,99 ^b	² 64,49 ^b	² 66,67 ^a	266,56	0,09			

^{a-b}Medias con diferente superíndice en la misma fila difieren significativamente ($p < 0,001$).

¹⁻²Medias con diferente superíndice en la misma columna difieren significativamente ($p < 0,001$).

[†]ESM= Error estándar de la media. [‡]C4:0-C18:0= Sumatorio considerado como contenido total de AGS.

Tabla 7. Variación estacional en ácidos grasos insaturados en 1992 y 2005.

(g/100g AG)	Año	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Media	ESM [†]	Año	Estación	Año*Est
C18:1	1992	¹ 21,48 ^a	¹ 24,83 ^b	¹ 26,02 ^b	¹ 23,76 ^a	124,02	0,19	0	0	0
	2005	² 18,90 ^a	² 21,19 ^b	² 22,28 ^b	² 20,37 ^a	220,69	0,08			
C18:2	1992	¹ 1,57 ^a	¹ 1,81 ^b	¹ 1,69 ^b	¹ 1,58 ^a	11,63	0,04	0	0,002	0
	2005	21,67	² 1,85 ^b	² 1,99 ^b	21,8	21,83	0,02			
Σ C18:1-C18:2 [‡]	1992	¹ 23,16 ^a	¹ 26,64 ^b	¹ 27,59 ^b	¹ 25,34 ^a	125,64	0,19	0	0	0,004
	2005	² 20,57 ^a	² 23,03 ^b	² 24,27 ^b	² 22,17 ^a	222,45	0,09			

^{a-b}Medias con diferente superíndice en la misma fila difieren significativamente ($p < 0,001$).

¹⁻²Medias con diferente superíndice en la misma columna difieren significativamente ($p < 0,001$).

[†]ESM= Error estándar de la media. [‡] Σ C18:1-C18:2= Sumatorio considerado como contenido total de AGI.

Variación estacional en el contenido total de ácidos grasos saturados en leche. En la Figura 1 (a y b) se observa que el aumento en la temperatura media es paralelo a un descenso en los AGS en primavera y verano, coincidiendo con la época de máximo pastoreo para la producción de leche en los Países Bajos. El incremento de las precipitaciones en invierno supone un cambio en la alimentación de las vacas, al dejar la ración en pastoreo y pasar al establo con silo y concentrado,

lo que provocó un aumento de los AGS. La evolución del contenido de AGS en leche fue similar, para los dos años, pero con niveles superiores en 2005 que en 1992.

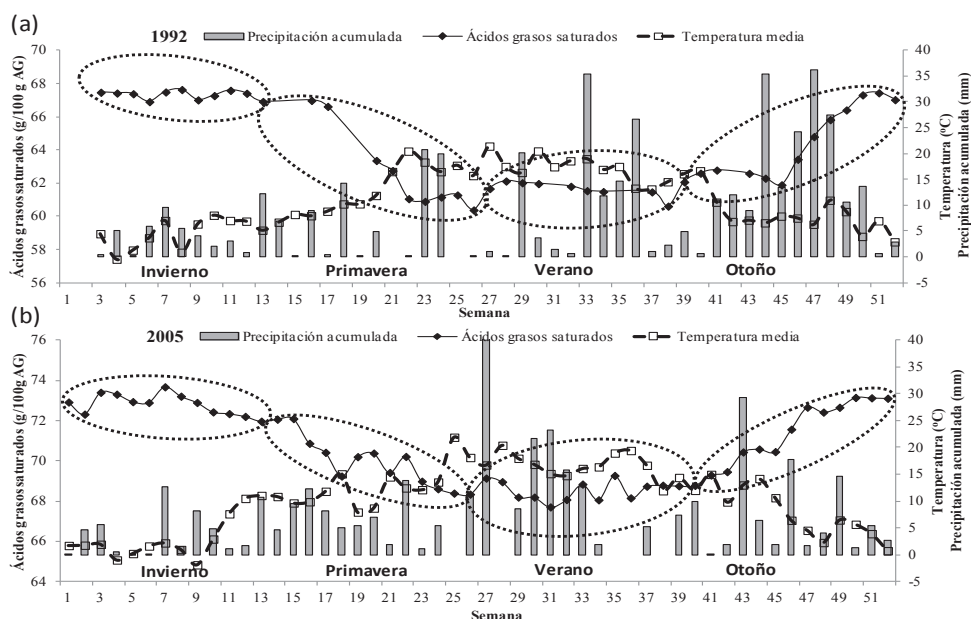


Figura 1. Variación estacional en el contenido de ácidos grasos saturados según la temperatura media y precipitación acumulada registrada en (a) 1992 y (b) 2005.

Variación estacional en el contenido de ácido linoleico conjugado en leche. El aumento de la temperatura provoca un incremento en CLA, tanto en primavera como en verano, coincidiendo con el máximo aprovechamiento del pasto para la producción de leche (Figura 2 a y b). El incremento de las precipitaciones en invierno es paralelo a un descenso en CLA, debido al paso del pastoreo a la alimentación con ensilado y concentrado. Las curvas que describen la evolución del contenido de CLA fueron similares, con niveles superiores en 1992 que en 2005.

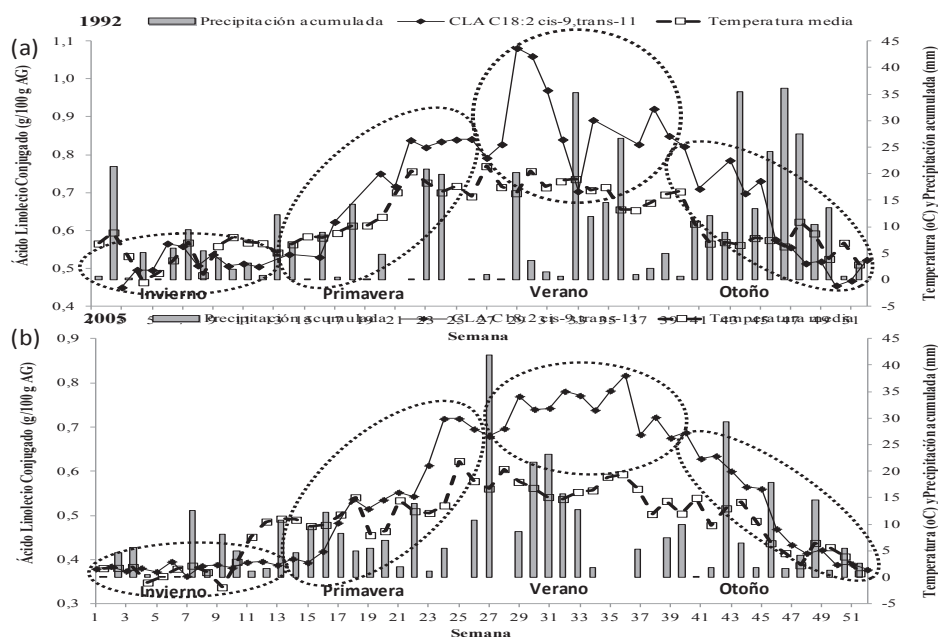


Figura 2. Variación estacional en el contenido de ácido linoleico conjugado según la temperatura media y precipitación acumulada registrada en (a) 1992 y (b) 2005.

CONCLUSIONES

Se debe evaluar el efecto de las variaciones climáticas estacionales para poder actuar sobre la alimentación animal y la calidad de la leche en sistemas de pastoreo.

AGRADECIMIENTOS

Al INIA por financiar el proyecto RTA2005-00204-00 y la estancia en el extranjero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ISO (1999) *Milk. Determination of fat content. Gravimetric method (Reference method)*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- LINDMARK-MÅNSSON H., FONDÉN R. Y PETERSSON H.E. (2003) Composition of Swedish dairy milk. *International Dairy Journal*, **13**, 409-425.
- OZRENK E. Y SELCUK S. (2008) The effect of seasonal variation on the composition of cow milk in Van Province. *Pakistan Journal of Nutrition*, **7**(1), 161-164.
- ROCA-FERNÁNDEZ A.I. (2011) *Sustainable milk production systems in humid areas using farm resources*. Lugo, España: Universidad de Santiago de Compostela.
- SAS (2005) *User's guide: Statistics*. Cary-North Carolina, USA: SAS Institute Inc.
- VAN BRUGGEN C. (2007) *Dierlijke mest en mineral en 2005*. Voorburg/Heerlen, The Netherlands: Central Bureau voor de Statistiek. <http://statline.cbs.nl/statweb> (Consultada el 07/12/2012)

INFLUENCE OF *Rosmarinus officinalis* L. DIETARY SUPPLEMENTATION ON GOATS AND SHEEP PRODUCTION

Influencia de la Suplementación de la Dieta con *Rosmarinus officinalis* L. sobre la Producción de Cabras y Ovejas

S. SMETI^{1,2}, H. HAJJI¹, N. ATTI¹, F. MUÑOZ³ and M. MAHOUACHI⁴

¹Laboratoire de Production Animale et Fourragères, INRAT. 2049 Ariana (Tunisia).

²Faculté des Sciences de Bizerte. Bizerte (Tunisia). ³CITA. Zaragoza (Spain). ⁴ESAK. Le Kef Tunisia

Resumen: Se organizaron 20 cabras locales tunecinas y 24 ovejas de leche en dos grupos por cada especie. Fueron alimentados con heno de avena *ad libitum* y 600 g de concentrado. Se usaron dos tipos de concentrado; uno control (C) que consistió en una mezcla de cebada, soja y suplementos vitamínicos y minerales, y un concentrado experimental (REO) que contenía la misma mezcla del control, más un 0,06% de aceites esenciales de romero (*Rosmarinus officinalis* L.). La comida rechazada era pesada diariamente. Además se registraba semanalmente el peso de cada animal y su producción individual de leche. La toma diaria de materia seca de heno no se vio afectada por la incorporación de romero, ni en cabras ni en ovejas. La incorporación de romero mejoró la producción diaria de leche en cabras (582 vs 442 ml para los grupos REO y C, respectivamente); mientras que este aditivo no mejoró la producción de leche de oveja. La incorporación de romero afectó al crecimiento de los cabritos, especialmente para la media de la ganancia diaria de peso en el intervalo de 10-30 días de edad (70 vs 74 g para los grupos C y REO, respectivamente); mientras que no fue el caso con el crecimiento de los corderos. En conclusión, la suplementación de la dieta con romero podría ser recomendada para la nutrición de cabras por sus beneficios sobre la producción.

Keywords: cabra, oveja, romero, producción*

Abstract: Twenty local Tunisian goats and twenty four dairy sheep were allocated into 2 groups each species. They were fed on oat-hay *ad libitum* and 600 g of concentrate. Two types of concentrate were used; the control one (C) was a mixture of barley, soybean and mineral-vitamin supplement, the experimental concentrate contained the same mixture plus 0.06% of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oils (REO). Distributed and refused foods were weighed daily. Animal's weight and individual milk yield were weekly recorded. The daily hay dry matter intake was not affected by rosemary incorporation neither with goats nor with sheep. Rosemary incorporation improved the goat's daily milk production (582 vs. 442 ml for REO and C groups, respectively); whereas, this additive has not improved sheep's dairy production. Rosemary incorporation has affected kid's growth especially for the average daily gain at 10-30 day of age (70 vs. 74 g for C and REO groups, respectively), whereas it was not the case with lamb's growth. In conclusion, rosemary dietary supplementation could be recommended in goat's nutrition for its benefits on production.

Key words: goats; sheep; rosemary; production.

*NOTA: traducción al español llevada a cabo por los editores.

INTRODUCTION

Animal feed are increasingly based on more additives such as spices and plant extracts. Often it is the indirect effects on the gastrointestinal microbial population that make it an interesting type of additive. Some of these products allow ruminants to improve zootechnical effects in terms of production of milk and meat. The mechanisms of action of these additives are increasingly known (Wallace *et al.*, 2002). These products reduce the activity of deamination in the rumen and thus allow better utilization of protein and energy and therefore they improve the overall condition of the animal that will prove higher performance. Currently, the greatest interest is focusing on herbal products rich in phenolic compounds like *Rosmarinus officinalis* L. This Mediterranean shrub contains a variety of secondary metabolism, characterized by antimicrobial activities and able to manipulate rumen microbial fermentation to improve ruminant's production efficiency (Benchaar *et al.*, 2008). Therefore, the present study was carried out to determine the effects of rosemary on Tunisian goats and sheep performances.

MATERIAL AND METHODS

The experiment was conducted on twenty goats from Tunisian native breed and twenty four dairy (Sisilo-Sarde) sheep which were allocated into 2 groups each species. This distribution was performed according to the age, and the milk production in the previous year. Animals and goats were treated against internal and external parasites and entero-toxemia and housed in individual boxes. Animal's nutrition before experiment beginning was based on natural rangeland. The feeding regimes applied during the experiment were oat-hay (70 g crude protein (CP) Kg⁻¹ dry matter (DM)) ad libitum and 600 g of concentrate (160 g CP Kg⁻¹ DM). The difference between groups derived from the concentrate composition. Two types of concentrate were used; the control one (C) was a mixture of barley (80%), soybean (18 %) and mineral-vitamin supplement (2%), the experimental concentrate contained the same mixture plus 0.06% of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oils (REO). Food was distributed in two times a day (9 h and 15 h) and animals of all groups had free access to water.

The quantity of foods offered and refused by individual animals was recorded daily. Refusals were removed and weighed before the morning feeding. Samples of

foods offered and refusals were taken weekly and DM was determined in order to calculate DM intake.

Animals, adult and young, were weighed weekly with a digital scale in order to study their weight evolution. Individual milk yield was recorded.

Statistical analyses were performed by ANOVA as a completely randomized design (SAS, 2003). The model includes dietary treatment effects and experimental error for DM intake, growth performances and milk production. All means were compared by a test tdiff, the level of significance was set at 0.05 and trends were discussed for p-values firmly comprise between 0.05 and 0.10.

RESULTS AND DISCUSSION

Feed intake. After adaptation, hay intake (Figure 1 and Figure 2) increased to achieve an average daily intake of 1100 and 1200 g DM. d⁻¹ respectively for goats and sheep during lactating period. Rosemary essential oils have not improved the daily DM intake which is consistent with the work of Benchaar *et al.* (2007) who did not recorded any effect of essential oils on DM intake. However, Blanluet *et al.* (2002) found that a mixture of essential oils improved silage and pasture DM intake which will ameliorate sheep's growth and dairy performances. The hay intake increase after parturition is explained by the release of the abdominal space for the benefit of the rumen after the fetus expulsion.

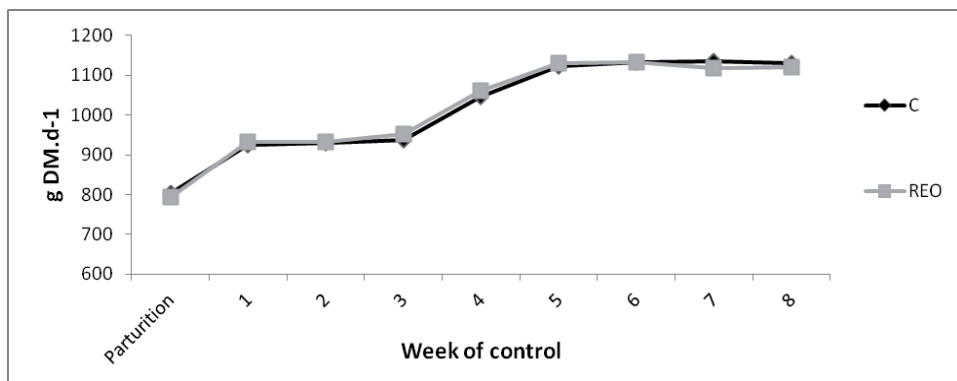


Figure 1. Effects of rosemary supplementation on hay intake by lactating goats

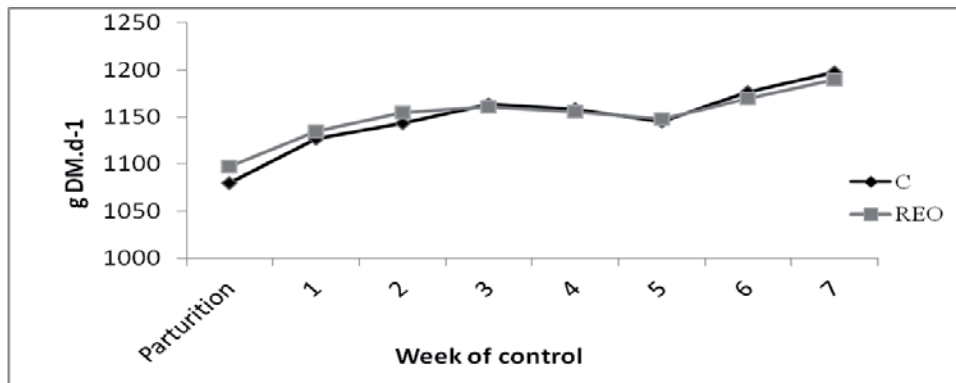


Figure 2. Effects of rosemary supplementation on hay intake by dairy sheep

Milk production. Data for the daily milk yield in relationship to the feeding treatments are reported in Table 1. With goats, rosemary incorporation ameliorates significantly ($P = 0.001$) the daily milk yield; REO group presented higher milk quantity of milk production (582 ml) in comparison to Control one (442 ml). The higher milk yield recorded in the experimental groups agrees with the observations of Sgoifo Rossi *et al.* (2005) in dairy cows receiving plant extracts. Also, Chiofalo *et al.* (2010) working on rosemary extract dietary administration, reported an increase in milk yield. Similarly, Tedesco *et al.* (2004), showed that silymarin administration in the peripartum period to goats and cows resulted in a higher milk peak, a prevention of hepatic fat infiltration and better general health condition. However, in the present study, the amount of rosemary incorporation has not improved the dairy sheep production.

Table 1. Effect of rosemary dietary incorporation on daily milk production (ml)

	Treatments*		Statistics	
	C	REO	s.e.m	p-value
Daily goats milk yield	442a	582 b	135.4	0.001
Daily sheep milk yield	590	548	117.6	0.314

Treatments*: C= control diet; REO= diet enriched by rosemary leaves;

s.e.m = standard error of the mean

Different letters within the same row indicate significant differences at least at 5 %

Growth performances. Data related to kids and lambs growth are indicated in Table 2. Goat's average daily gain was lower with control regimen than

with the experimental one and the difference between them was highly significant in the period of 10-30 days (94 vs. 70 g respectively for REO and C group). However this effect of rosemary incorporation was not recorded in lamb's growth. Changes in weight and Average Daily Gain (ADG) of suckled animals are related to their mother milk production which resulted from the level and nature of the ration ingested during pregnancy and lactation. In the present study, supplementation of rosemary increased the daily milk yield with goats and not with sheep which has consequences on goat's growth but not on lambs. Hence, a positive correlation between mother's milk production and their offspring growth was established (Atti *et al.*, 1991).

Table 2. Effect of rosemary incorporation on kids and lambs average daily gain (g)

	Treatments*		Statistics	
	C	REO	s.e.m	p-value
Kid's average daily gain	70 a	94 b	30.4	0.001
Lamb's average daily gain	123	101	40.8	0.193

Treatments*: C= control diet; REO= diet enriched by rosemary leaves;

s.e.m = standard error of the mean

Different letters within the same row indicate significant differences at least at 5 %

CONCLUSION

Rosemary dietary supplementation improved goat's milk production and consequently kid's growth. Hence, the use of rosemary supplementation could be suggested as natural alternative additive to ameliorate goat's performances. Other forms and quantity of rosemary may have positive effects on dairy sheep production.

REFERENCES

- ATTI N., KHALDI G. AND BOCQUIER F. (1991) Influence du mode d'allaitement sur les performances de production de la race Barbarine. *Annales de l'INRAT*, 64 (3), 16 p.
- BENCHAAR C., CALSAMIGLIA C., CHAVES A.V., FRASER G.R., COLOMBATTO D., MCALLISTER T.A. AND BEAUCHEMIN K.A. (2008) A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Animal Feed Science and Technology*, 145, 209–228.
- BENCHAAR C., PETIT H.V., BERTHIAUME R., OUELLET D.R., CHIQUETTES J. AND CHOUNARD P.Y. (2007) Effects of essential oils on digestion, ruminal fermentation, rumen microbial populations, milk production, and milk composition in dairy cows fed alfalfa silage or corn silage. *Journal of Dairy Science*, 90, 886–897.

- BLANLUET N., FREHNER M., LOSA R. AND ARCHAIN D. (2002) Evaluation du produit CRINA® Ruminants dans des rations pour brebis. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*, 9, pp 323.
- CHIOFALO B., RIOLO E.R., FASCIANA G., LIOTTA L. AND CHIOFALO V. (2010) Organic management of dietary Rosemary extract in dairy sheep: effects on milk quality and clotting properties. *Veterinary Research Communications*, 34 (1), S197–S201.
- SAS (2003). *SAS user's guide: Statistics version 9.1*. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- SGOIFO ROSSI C.A., DELL'ORTO V., PERI V. AND PINOTTI L. (2005) Impiego di prodotti omeopatici e fitoderivati nell'allevamento della bovina da latte. *AGRIOK News*, 32, 1–4.
- TEDESCO D., GALLETTI S., OLIVERO D., TAMENI M. AND ROSSETTI S. (2004) Silymarin administration to transition dairy goats: effect on liver tissue and plasma metabolites. *Journal of Animal Science*, 82 (1), 355.
- WALLACE R.J.O., MCEWAN N.R., MCINTOSH F.M., TEFEREDEGNE B. AND NEWBOLD C.J. (2002) Natural products as manipulators of rumen fermentation. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 15, 1458–1468.

COMPOSICIÓN DE LA DIETA DE LAS PRINCIPALES ESPECIES GANADERAS EN PASTOREO MONOESPECÍFICO EN PAJONALES ALTOANDINOS

Comparative Diet Composition of the Main Livestock Species Grazing in High Andean Grasslands

W. ARANA¹, O. SIGUAS¹, M. ESPINOZA¹, J. CONTRERAS¹, E.
QUISPE², J. CASSINELLO³, E. SERRANO^{4, 5} y J.
BARTOLOMÉ FILELLA⁶

¹PROCASUD, Departamento de Zootecnia. Universidad Nacional de Huancavelica (Perú).
²Dpto. Medicina Veterinaria y Zootecnia. U. N Micaela Bastidas de Apurímac. Abancay (Perú).
³Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos (IREC). Ronda de Toledo s/n. 13071
Ciudad Real (España). ⁴SEFaS. Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). E-08193 Bellaterra.
Barcelona (España). ⁵Estadística i Investigació Operativa. Dpt. Matemàtica Universitat de
Lleida. E-25198 Lleida (España). ⁶Dpto. Ciència Animal i dels Aliments. Universitat Autònoma
de Barcelona (UAB). E-08193 Bellaterra (España). jordi.bartolome@uab.cat.

Resumen: Con el objetivo de comparar la dieta de distintas especies ganaderas de la puna andina peruana se cercaron 8 parcelas de 50 m x50 m, en una zona de pajonal, a 4500 m.s.n.m. Estas parcelas fueron pastoreadas en régimen monoespecífico durante una semana por las principales especies ganaderas de la puna: alpacas, llamas, ovejas y vacas (2 parcelas para cada especie). La carga ganadera equivalió a 18 alpacas por parcela. La experiencia se realizó en la estación seca y se repitió en la lluviosa. Mediante análisis microhistológico de las heces se determinó la composición botánica de la dieta, que se analizó mediante un análisis multivariante de la varianza. De forma general, las gramíneas altas fueron más abundantes en la dieta del ganado mayor (vaca y llama) y las leguminosas y otras herbáceas en la dieta del ganado menor (alpaca y oveja), especialmente en la estación lluviosa. Las variaciones estacionales en el consumo de otras herbáceas y graminoides de porte bajo dependió del tipo de ganado (interacción). El consumo de otras herbáceas aumentó en la estación lluviosa, especialmente por llamas y vacas. Al contrario, las graminoides de porte bajo fueron más consumidas en la estación seca, especialmente por vacas.

Palabras clave: análisis microhistológico, solapamiento de dieta, competencia, camélidos, puna.

Abstract: In order to compare the diet composition of different livestock species present in the Andean Peruvian puna, 8 plots of 50 m x40 m were fenced in a grassland area at 4500 m.a.s.l. These plots were grazed monospecifically for a week by the main livestock species in the puna: alpacas, llamas, sheep and cows (2 plots for each species). Livestock stocking rate was identical in all plots, equivalent to 18 alpacas. The experiments were carried out during the dry season and repeated in the wet season. The botanical composition of diet was determined by microhistological analysis of the faeces, and tested by a multivariate analysis of variance MANOVA. Globally, high grasses were more abundant in the diets of large-sized livestock (cow and llama), whereas forbs and other herbs in those of small-sized livestock (alpaca and sheep), particularly in the wet season. Grazing seasonal variation of other low-sized herbs

and grasses depended on livestock species (there was an interaction). The percentage of other herbs grazed increased during the wet season, particularly at the plots grazed by llamas and cows. On the contrary, low-sized grasses were more intensely consumed during the dry season, mainly by cows.

Key words: microhistological analysis, diet overlap, competition, puna, camelids.

INTRODUCCIÓN

Los camélidos andinos tienen enorme importancia económica y social en América del Sur desde los tiempos precolombinos; sin embargo, la introducción de ganado exótico durante la colonización española representó un cambio sustancial en el aprovechamiento de los recursos pastoriles. Con su introducción, la ganadería se intensificó hasta el punto de provocar sobrepastoreo, degradar el ecosistema y disminuir la producción (Bryant *et al.*, 1989). Actualmente, este fenómeno se considera la principal perturbación de los pastos andinos (Podwojewski *et al.*, 2002; Orden *et al.*, 2006). Además, el sobrepastoreo puede incrementarse por la competencia entre distintas especies animales en simpatria. A partir del estudio del solapamiento de dietas entre animales se puede estimar la competencia potencial entre ellas. Estudios previos sobre composición de dietas de diferentes especies de ganado en la puna andina muestran resultados diversos. Así, el solapamiento entre llamas y alpacas es muy elevado según Castellaro *et al.* (2004), o más bien discreto según Wackwitz (1999). Entre alpacas y ovejas también existe un solapamiento importante (Pfister *et al.*, 1989), que es menor entre llamas y ovejas (Genin *et al.*, 1994). Por otro lado, algunos autores sostienen que el pastoreo mixto con especies autóctonas y exóticas en los Andes permite aumentar la carga ganadera (Florez y Malpartida, 1987; Tichit y Genin, 1997). Sin embargo, existe poca información sobre la eficacia en el uso de los recursos en función de la orientación ganadera de los rebaños andinos. De hecho, los estudios realizados sobre selección de dieta con rebaños mixtos adolecen de la falta de contraste con rebaños monoespecíficos y viceversa. Así, las preferencias y rechazos detectados en cada especie animal pueden ser muy diferentes según esta especie pastoree sola o cohabite con otras. En este trabajo pretendemos aportar información en este sentido, caracterizando y comparando la dieta de cuatro especies ganaderas de la puna: alpaca (*Vicugna pacos*), llama (*Lama glama*), oveja (*Ovis aries*) y vaca (*Bos taurus*), en pastoreo monoespecífico en un mismo hábitat y con una carga ganadera similar.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en los Andes Centrales del Perú, en dos zonas de una misma finca perteneciente a la Universidad Nacional de Huancavelica (Ranramocco a 4251 m.s.n.m., 12°51,484' S, 75°5,868' O y Tucumachay a 4443 m.s.n.m., 12°53,615' S, 75°5,829' O). La zona presenta un clima frío y seco con temperaturas máximas que oscilan entre 13° y 15° C y mínimas entre -7° y 2,5° C, y una precipitación media anual de 704 mm, siendo el periodo más lluvioso de enero a marzo. La vegetación está dominada por pajonales, formación de tipo estepárico caracterizada por un estrato alto de gramíneas como *Festuca dolichophylla* (especie dominante) y un estrato bajo de herbáceas, entre las que abundan *Lachemilla pinnata* y varias especies de *Carex*, con muy poca presencia de leguminosas. La producción media anual es de 3000 kgMS/ha.

En cada una de las dos zonas de estudio se establecieron cuatro parcelas de pastoreo de 50 m x 50 m con características similares en cuanto a orientación, altitud y vegetación. Ambas zonas han tenido una historia de pastoreo de 28 años y las parcelas estuvieron clausuradas por un período de seis meses antes del inicio del experimento. En cada zona se emplearon 18 alpacas, 21 ovinos, 12 llamas y 3 bovinos, distribuidos por especies en cada una de las parcelas, de manera que cada una de ellas fuera sometida a una carga ganadera equivalente (0,2 UGM/ha/año). Los animales pastaron durante una semana en plena época húmeda (febrero de 2011) y la experiencia se repitió en la época seca (septiembre de 2011). En el tercer y séptimo día se recogieron muestras fecales frescas de varios individuos en cada parcela (3 en las parcelas de bovino y de 7 a 10 en las otras). Las heces de los distintos individuos se mezclaron para obtener una muestra mixta por cada especie en cada zona y en cada época. Para determinar la composición botánica de cada muestra mixta se empleó el análisis microhistológico descrito por Stewart (1967). El recuento de fragmentos epidérmicos se realizó mediante transectos lineales en las distintas preparaciones de cada muestra hasta totalizar 200 fragmentos identificados. Estos fragmentos se agruparon en cuatro categorías: gramíneas altas, graminoides bajas, leguminosas y otras herbáceas (Tabla 1).

Para determinar el grado de asociación entre las dietas de los pares de animales comparados se calculó el coeficiente de correlación de Spearman (r_s , Siegel, 1956). Para evaluar si la composición estacional de la dieta del ganado dependía de las diferentes combinaciones de especies se empleó un análisis multivariante de la

varianza (MANOVA) que consideró: la especie animal y la época del año como factores fijos y la composición de la dieta como variable respuesta. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software R v2.15.2 (R Development Core Team, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra el porcentaje medio de aparición de cada especie o taxón en las heces de los distintos animales. En total se identificaron 34 taxones, de los cuales 20 corresponden a especies gramíneas (gramíneas, ciperáceas y juncáceas), dos a leguminosas y 12 a otras herbáceas. Los animales comparten la mayoría de especies y sólo en la época seca desaparecen algunas especies de su dieta, seguramente debido a la poca representación de las mismas durante este periodo. Las especies gramíneas dominan la dieta de todos los animales en las dos épocas del año. En la época húmeda esta fracción representa más de la mitad de la dieta de las ovejas y tres cuartas partes de la dieta de los otros animales. En la época seca sigue representando más de la mitad de la dieta del ganado menor (ovejas y alpacas) y alcanza un 85-90% en el ganado mayor (vacas y llamas). Esto indicaría que en la época de escasez de alimento se acentúan las diferencias entre ganado mayor y menor. Destaca la elevada presencia de *Festuca dolichophylla* y *Lachemilla pinnata* en todos los animales y en ambas épocas del año. Ambas especies dominan en la vegetación del pajonal, lo cual indicaría que los animales adaptan su dieta a la disponibilidad de recursos.

Los coeficientes de correlación de Spearman para cada par de dietas comparadas fueron positivos y significativos ($p < 0,0001$), indicando una gran similitud entre las dietas durante la época húmeda ($0,68 \leq r \leq 0,83$), y sobretodo en la época seca ($0,81 \leq r \leq 0,93$), cuando los recursos son más escasos y los animales tienen menos oferta donde elegir.

Tabla 1. Porcentaje medio de la composición botánica de las heces de las cuatro especies ganaderas en las dos épocas del año.

	Época húmeda				Época seca			
	Alpaca	Llama	Ovino	Bovino	Alpaca	Llama	Ovino	Bovino
GRAMÍNEAS ALTAS								
<i>Calamagrostis antoniana</i>	0,75	2,51	0,86	2,36	0,5	1,5	1,13	1,38
<i>Festuca dolichophylla</i>	38,58	49,62	31,49	44,89	28,38	53,25	26,88	47,75
<i>Jarava ichu</i>	1,6	2,62	0,73	2,48	0,38	0	0	0
GRAMÍNOIDES BAJAS								
<i>Aciachne pulvinata</i>	0,12	0,23	0,12	0,74	0	0	0	0
<i>Bromus catharticus</i>	0,61	1,21	0,5	0,79	0,75	0,13	0	0
<i>Bromus lanatus</i>	0,37	0,61	1,12	0	0,63	0,5	0,25	1,38
<i>Calamagrostis brevifolia</i>	1,36	0,73	1,95	0,77	4,88	5,88	7,88	8,25
<i>Calamagrostis rigescens</i>	1,83	1,21	1,12	0,37	0,13	0	0,13	0
<i>Calamagrostis vicunarium</i>	3,35	4,8	3,46	4,4	3,38	9,5	4,13	9,13
<i>Carex ecuadorica</i>	3,96	3,54	1,75	2,27	2,13	2,63	2,88	4,75
<i>Carex sp.</i>	1,12	1,24	0,13	0,73	1,25	4,38	1,13	3,25
<i>Distichia muscoides</i>	0	0	0,12	0,23	0	0	0	0
<i>Eleocharis albibractea</i>	8	0,73	8	1,5	0	0	2,5	0
<i>Hordeum muticum</i>	2,34	2,9	0,25	2,5	0	0	0	0
<i>Luzula peruviana</i>	0,5	0,72	0,13	0,73	0	0,13	0,13	0,13
<i>Luzula racemosa</i>	0	0	0,13	0	0	0	0	0
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	3,37	0,48	3,5	2,63	4,75	0,88	9,25	8
<i>Poa aequigluma</i>	5,6	5,92	3,7	5,61	6,25	6,25	5	5
<i>Poa candamoana</i>	0,61	0,73	0,12	0,6	0	0	0	0
<i>Scirpus rigidus</i>	0	0,12	0	0	0,13	0,13	0,25	0,38
LEGUMINOSAS								
<i>Medicago hispida</i>	0,36	0,12	0	0	0	0	0	0
<i>Trifolium sp.</i>	1,25	0,12	0,88	0,13	0,38	0	2,13	0
OTRAS HERBÁCEAS								
<i>Alchemilla diplophylla</i>	0	0	0,25	0,22	0	0	0,25	0
<i>Arenaria tetragina</i>	4,86	4,91	2,74	9,66	1	0,75	0,75	1,63
<i>Baccharis sp.</i>	0,75	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cerastium glomeratum</i>	0	0	0,13	0	0	0,25	0,88	0,38
<i>Geranium sessiliflorum</i>	0,49	2,47	3,86	1,99	2	1,75	1,5	1,13
<i>Hypochoeris sp.</i>	0,5	0	1	0,38	0,88	0,63	0,38	0
<i>Hypochoeris taraxacoides</i>	0,49	1,23	1,13	0,79	7,5	2,5	6	0,88
<i>Lachemilla pinnata</i>	16,25	10,76	30,01	12,31	34,38	9	26,5	6,63
<i>Margyricarpus pinnatus</i>	0	0,12	0	0	0	0	0	0
<i>Plantago australis</i>	0,61	0,24	0,86	0,71	0,38	0	0,13	0
<i>Taraxacum sp.</i>	0,12	0	0	0,25	0	0	0	0
<i>Werneria sp.</i>	0,25	0,12	0	0	0	0	0	0

La Figura 1 muestra las variaciones estacionales de los principales componentes de la dieta para cada especie animal. El análisis MANOVA indicó que el 83% de las variaciones estacionales en la dieta dependieron de la especie ganadera (F_{7} ,

$_{24} = 17,4; p < 0,01$). Sin embargo el consumo de gramíneas altas sólo dependió de la especie animal ($F_{7, 24} = 11,51, p < 0.001$), siendo las llamas las que más comen y las ovejas las que menos, en ambas épocas del año. Este resultado concuerda con el obtenido en experiencias anteriores (Bartolomé *et al.*, 2012), en las que se observó como las llamas tienen mayor incidencia en la reducción de parámetros estructurales de las gramíneas altas de los pajonales en comparación con las otras especies de ganado. En otro estudio (Genin *et al.*, 1994), las diferencias observadas entre las dietas de llamas y ovejas permiten a los autores recomendar el pastoreo mixto con ambas especies. La fracción de gramíneas bajas no se ve afectada por ninguno de ambos factores (animal o época) ni por su interacción, indicando que los animales consumirían cantidades similares de estas especies en ambos periodos. Se trata de especies de carácter perenne, más o menos disponibles a lo largo del año y que, en parte, soportan la época seca gracias a la cobertura que brindan las gramíneas altas.

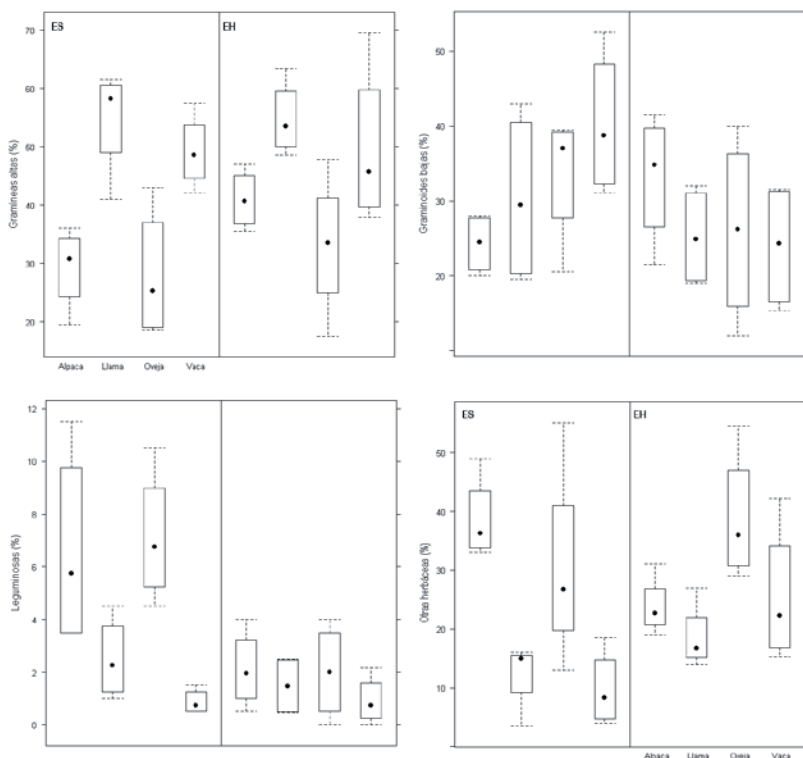


Figura 1. Diagramas de cajas sobre la distribución de las principales fracciones de la dieta de alpaca, llama, oveja y vaca en pastoreo mono-específico durante la época seca (ES) y la época húmeda (EH) en pajonales altoandinos. El punto dentro de la caja indica el valor mediano de consumo de los diferentes tipos vegetales.

En cuanto a las leguminosas, su contenido en heces depende de la interacción entre la especie animal y la época del año ($F_{7,24} = 3,23$, $p = 0,039$). Así en la época seca, la presencia de leguminosas en las heces es mayor en ovejas y alpacas, mientras que en la época húmeda los valores son bajos para todas las especies animales, indicando que la dieta está formada mayoritariamente por los otros grupos vegetales. Por último, las otras herbáceas también se ven afectadas por la interacción de ambos factores ($F_{7,24} = 3,55$, $p = 0,02$). Las alpacas son las que presentan un mayor consumo en la época seca, el cual disminuye en la época húmeda. Esto se complementa con el aumento de las gramíneas en esta época. Esta abundancia de gramíneas en lugar de otras herbáceas más palatables se explicaría por la adaptación de su aparato bucal al consumo de gramíneas cortas (Hongo *et al.* 2007). En cambio, el resto de animales aumentarían el consumo de otras herbáceas en la época húmeda respecto a la seca.

CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo permiten concluir que en los pajonales andinos la composición botánica de la dieta es bastante similar entre alpaca, llama, oveja y vaca en pastoreo mono específico. Esto sugiere una fuerte competencia en caso de pastoreo mixto. Sin embargo, existen algunas diferencias en algunos componentes de la dieta dependiendo de la especie animal y de la época del año que podrían derivar en un cierto reparto de recursos. El ganado mayor (llama y vaca) se alimenta más del estrato alto de la vegetación que el ganado menor (alpaca y oveja). Las alpacas aumentan el consumo de especies gramíneas en la estación húmeda mientras que las ovejas aumentan el de otras herbáceas. Además, el pajonal no es el único hábitat que ocupan los rebaños, ya que los humedales de fondo de valle (bofedales) son muy apreciados por el ganado y podrían contribuir a este reparto de recursos entre especies, lo cual explicaría la abundancia de rebaños mixtos en la puna andina. Trabajos futuros deberían centrarse en comparaciones entre pastoreo mixto y pastoreo mono específico en los distintos hábitats de la puna.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado gracias a la financiación obtenida en la Quinta Convocatoria de Ayudas a la Investigación en Ecología y Biología de la Conservación de la Fundación BBVA (BIOCON08-059). E. Serrano disfruta de un contrato del

programa Beatriu de Pinós programme (BP-DGR 2011) del sistema Catalán de Ciencia y Tecnología.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTOLOMÉ J., QUISPE E., SIGUAS O., CONTRERAS J., ARANA W. Y ESPINOZA M. (2012.) Efecto del pastoreo por diferentes especies ganaderas sobre la estructura vegetal de pajonales en los Andes Centrales del Perú. En: *Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción*, Canals R.M. y San Emeterio L (Eds.). Pamplona (España), 213-217.
- BRYANT F.C., FLOREZ A. Y PFISTER J. (1989) Sheep and alpaca productivity on high Andean rangelands in Peru. *Journal of Animal Science*, 67, 3087-3085.
- CASTELLARO G., ULLRICH T., WACKWITZ B. Y RAGGI A. (2004) Composición botánica de la dieta de alpacas (*Lama pacos* L.) y llamas (*Lama glama* L.) en dos estaciones del año, en praderas altiplánicas de un sector de la provincia de Parinacota, Chile. *Agric. Téc.* 64:353-364.
- FLOREZ A., MALPARTIDA E. Y SAN MARTÍN F. (1992) *Manual de forrajes para zonas áridas y semiáridas andinas*. 281 pp. Ediciones RERUMEN. Lima (Perú).
- GENIN D., VILLCA Z. Y ABASTO P. (1994) Diet selection and utilization by llama and sheep in a high altitude-arid rangeland in Bolivia. *Journal of Range Management*, 47:245-248.
- HONGO A., TOUKURA Y., CHOQUE J.L., ARO J.A. Y YAMAMOTO N. (2007) The role of a cleft upper lip of alpacas in foraging extremely short grasses evaluated by grazing impulse. *Small Ruminant Research* 69:108-114
- ORDEN de la E.A., QUIROGA A., RIBERA JUSTINIANO D. Y MORLÁNS M.C. (2006) Efecto del sobrepastoreo en un Pastizal de altura. Cumbres de Humaya. Catamarca. Argentina. *Ecosistemas* 15 (3): 142-147.
- PFISTER J.A., SAN MARTÍN F., ROSALES L., SISSON D.V., FLORES E. Y BRYANT F.C. (1989) Grazing behaviour of llamas, alpacas and sheep in the Andes of Peru. *Applied Animal Behaviour Science*, 23: 237-246
- PODWOJEWSKI P., POULENARD J., ZAMBRANA T. Y HOFSTEDE R. (2002) Overgrazing effects on vegetation cover and properties of volcanic ash soil in the páramo of Llangahua and La Esperanza (Tungurahua, Ecuador). *Soil Use and Management*, 18 (1):45-55.
- SIEGEL S. (1956) Non-parametric statistics for the behavioral sciences. McGraw-Hill Book Co., New York.
- STEWART D.R.M. (1967) Analysis of plant epidermis in faeces: a technique for studying the foraging preferences of grazing herbivores. *Journal of Applied Ecology* 4: 83-111.
- TICHIT M. Y GENIN, D. (1997) Factors affecting herd structure in a mixed camelid-sheep pastoral system in the arid Puna of Bolivia. *Journal of Arid Environments* 36: 67-180
- WACKWITZ B., CASTELLARO G., SCHWARTZ H.J. Y RAGGI A. (1999) Botanical composition of the diets of alpaca (*Lama pacos*) and llama (*Lama glama*) in the Andean rangelands of Chile. En: *Sustainable Technology Development in Animal Agriculture*. Deutscher Tropentag, Berlin.

¿QUÉ SABEMOS SOBRE EL SOLAPAMIENTO DE DIETAS ENTRE HERBÍVOROS SALVAJES Y DOMÉSTICOS?

What do we Know about Diet Overlap between Wild and Domestic Herbivores?

A.L. GÁLVEZ CERÓN¹, D. GASSÓ², E. SERRANO^{2,3}, G. MENTABERRE², X. FERNÁNDEZ AGUILAR², L. FERNÁNDEZ SIRERA², N. NAVARRO GONZALEZ², J. R. LÓPEZ OLVERA², S. LAVÍN², I. MARCO² y J. BARTOLOMÉ FILELLA¹

¹ Departament de Ciència Animal i dels Aliments, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), E-08193, Bellaterra, Barcelona ² Servei d' Ecopatologia de Fauna Salvatge (SEFaS), Departament de Medicina i Cirurgia Animals, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), E-08193, Bellaterra, Barcelona. ³ Estadística i Investigació Operativa, Departament de Matemàtica, Universitat de Lleida, Av. Alcalde Rovira Roure, 191. E-25198 Lleida, ArturoLeonel.Galvez@uab.cat

Resumen: En el campo de la ecología trófica, un tema prioritario es estudiar cómo el solapamiento de dietas conduce a procesos de coexistencia o de competencia. Para conocer cuál es el estado de conocimiento actual sobre esta cuestión, realizamos una revisión bibliográfica en el buscador científico *Thomson Reuters Web of Knowledge* y en la bibliografía especializada no indexada escrita en castellano. La revisión se centró en trabajos sobre las familias Bovidae, Equidae y Cervidae. En concreto, evaluamos cómo la disponibilidad de recursos, el hecho de que las especies perteneciesen a una familia de ungulados concreta, y su naturaleza salvaje o doméstica, influyen sobre el solapamiento en la dieta. Para analizar la información usamos una selección de modelos basada en el criterio de Akaike. El solapamiento fue máximo cuando conviven bóvidos con equinos, y mínimo cuando lo hacen cérvidos con bóvidos. La disponibilidad de alimento tuvo poca importancia sobre el solapamiento, y el hecho de que las especies sean salvajes o domésticas no tuvo ninguna influencia. Para comprender en qué medida el solapamiento implica competencia, serán necesarios estudios que evalúen cómo los cambios en los hábitos alimenticios de especies en simpatria influyen sobre la aptitud biológica de las poblaciones (fitness).

Palabras clave: competencia trófica, disponibilidad de recursos, pastoreo mixto

Abstract: A cornerstone in the field of trophic ecology is understanding whether diet overlap leads to coexistence or competence. In order to know the current understanding about this, we performed a literature review in both the *Thomson Reuters Web of Knowledge* and other specific journals written in Spanish. This review was focused on the Bovidae, Equidae, and Cervidae families. Concretely, our objective was to explore whether food availability, the co-occurrence of ungulates belonging to specific taxa and the fact of being wild or domestic influenced diet overlap. Model selection was based on the Akaike information criteria. Diet overlap peaked between Bovidae and Equidae members, but was low

between bovids and equids. Food availability had few influence on diet overlap and the fact of being wild or domestic had no effect. Further research on the impact of dietary shifts due to species co-occurrence will be required to understand whether diet overlap results in competition for food.

Key words: competition for food, food availability, mixed grazing.

INTRODUCCIÓN

Un principio de la ecología de comunidades es minimizar la competencia entre las especies mediante el uso de recursos alimentarios distintos. El pastoreo mixto se basa en este principio, ya que pastorear con más de una especie animal permite optimizar el uso de las áreas de pastoreo minimizando el impacto sobre el medio (Walker, 1997). Aunque el pastoreo mixto reduce el impacto de los parásitos (Horak *et al*, 1999) y mejora la producción del ganado (Dickson *et al*, 1981; Connolly y Nolan, 1976), no todas las combinaciones son óptimas (Celaya *et al*, 2007). Por ejemplo el pastoreo con ovejas y vacas o cabras y ovejas, suele generar competencia (Nyangito *et al*, 2008). Un criterio habitual para detectar la competencia por el alimento es el estudio del solapamiento entre dietas (Beck y Peek, 2005), que se define como: la proporción de especies vegetales consumidas al mismo tiempo por dos especies animales que pastan en simpatria (Magurran, 1989). Se suele medir en forma de índices de similitud, siendo los más habituales los de Sorenson, Morisita-Horn (Magurran, 1989) y de Kulczynski (Olsen y Hansen, 1977; Aldezabal y García-González, 2003). No obstante, solapamiento no suele implicar competencia si los recursos son abundantes (Gallina, 1993).

En ungulados salvajes, el estudio del solapamiento de dietas se usa como indicador de solapamiento de nicho ecológico entre especies (Acevedo y Cassinello, 2009). Además, se ha utilizado para evaluar el impacto de la ganadería sobre los ungulados salvajes o viceversa (Bhattacharya *et al*, 2012).

A pesar de que existen muchos trabajos al respecto, aún se desconoce qué factores favorecen el solapamiento. En este trabajo, tras realizar una revisión bibliográfica de la literatura publicada desde los años 60, exploraremos qué influencia tienen la disponibilidad de recursos y la combinación de ungulados pertenecientes a distintas familias sobre el solapamiento entre las dietas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Realizamos una revisión bibliográfica en la *Thomson Reuters Web of Knowledge* utilizando palabras clave: “*diet overlap*”, “*dietary overlap*”, “*feed overlap*”, “*diet*

competition”, “*resource competition*”, “*mixed grazing*”, “*multispecies grazing*”, “*herbivores*”, y “*domestic grazing*”. El periodo de búsqueda fue desde 1960 al año 2012. Además se revisaron otras publicaciones especializadas pero no indexadas, en concreto los trabajos publicados en la revista PASTOS (periodo 1994 – 2011) y Actas de Reuniones Científicas de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos –SEEP– (1998 - 2012), revista Información Técnica Económica Agraria –ITEA– (2005 – 2012). En total, se revisaron 106 trabajos científicos sobre el tema, y se escogieron 82 que cumplían con las categorías buscadas. Los hábitats descritos por cada autor se reclasificaron en las ecorregiones propuestas por Olson *et al* (2001), cuya nomenclatura ha adoptado el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés) para los programas de conservación en todo el mundo.

De cada publicación extrajimos la siguiente información, que se utilizó como variables explicativas: 1) la disponibilidad de recursos alimenticios durante el periodo de estudio (variable categórica: no limitante -NL- y limitante -L-), 2) las familias a las que pertenecían los herbívoros estudiados y 3) si los herbívoros eran domésticos o salvajes. Los trabajos fueron asignados a una de las categorías de recursos (NL, L), en función del criterio de los propios autores. Es decir, si los autores indicaban que el muestreo se había realizado en una zona o época en la que los recursos podían ser limitantes (p.ej., invierno en zona templada, y sequía en zona tropical), el trabajo se asignó a la categoría “L”. Finalmente, la variable respuesta: “grado de solapamiento de la dieta”, se codificó en tres categorías: Bajo, para coeficientes de solapamiento menores de 0,4; Medio: para valores mayores o iguales de 0,4 y menores de 0,6, y Alto: para los iguales o mayores de 0,6. Según Magurran (1989), un valor de coeficiente de solapamiento igual a 1 indica que las dietas se componen de las mismas especies vegetales, un valor de 0 indica lo contrario. Se contabilizó cada pareja de especies animales reportadas por los autores ($n = 547$), en sus distintas combinaciones: salvaje/doméstico, familias taxonómicas, recursos disponibles (limitados o no), hábitat, y grado de solapamiento de sus dietas (alto, medio o bajo).

Para estudiar cómo la disponibilidad de recursos, pertenencia a determinada familia taxonómica y su naturaleza doméstica o salvaje, influyó sobre el solapamiento de dietas, utilizamos modelos lineales generalizados (GLM) con distribución de errores Poisson y función “log”.

Para este análisis, sólo consideramos aquellos trabajos que estudiaron el solapamiento de dieta entre combinaciones de especies de las familias Bovidae, Cervidae, y Equidae.

La selección de modelos estadísticos se realizó bajo una aproximación basada en la “Theoretic Information Approach” y el uso del criterio de Akaike (AIC). Además, calculamos el peso de Akaike (w_i), definido como la probabilidad de que un modelo sea el mejor entre los candidatos. Más información sobre este procedimiento puede encontrarse en Burnham y Anderson (2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron 547 datos relacionados con el solapamiento de dietas entre herbívoros pertenecientes a diferentes familias, aunque sólo 381 se centraron en las familias Bovidae, Cervidae y Equidae. El 39% de los trabajos se han realizado sobre especies domésticas, el 22% con especies salvajes y un 39% en la interacción entre ambas.

Los datos recogidos corresponden a trabajos realizados en el continente asiático (31,1%), europeo y africano (20,5% cada uno), australiano (3,8%) y suramericano, sólo Argentina, con el 5,9%. España aporta el 48,2% de la información publicada en Europa.

Tabla 1. Trabajos (n y %) que evalúan el solapamiento de dietas entre ungulados pertenecientes a las familias Bovidae, Cervidae y Equidae. Solapamiento Bajo (<0,4), medio (≤ 0.4 y < 0,6), alto ($\geq 0,6$).

Solapamiento	Bovidae - Bovidae		Bovidae - Cervidae		Bovidae - Equidae		TOTAL	
	NL	L	NL	L	NL	L	NL	L
Bajo	11 (6,1)	14 (10,2)	26 (14,4)	10 (7,3)	4 (2,2)	3 (2,2)	41	27
Medio	18 (9,9)	22 (16,1)	10 (5,5)	7 (5,1)	5 (2,8)	5 (3,6)	33	34
Alto	68 (37,6)	37 (27,0)	6 (3,3)	8 (5,8)	33 (18,2)	31 (22,6)	107	76
Total	97 (53,6)	73 (53,3)	42 (23,2)	25 (18,2)	42 (23,2)	39 (28,5)	181	137

Bovidae – Bovidae, trabajos que estudian el solapamiento entre diferentes especies de bóvidos: Awan *et al.*, 2006. *Mammalia*, 70(3-4), 261-288; Bartolome *et al.*, 1998. *J. Range Manage.*, 51(4), 383-391; Breebaart *et al.*, 2002. *Afr. J. Range & Forage Sc.*, 19(1), 13-20; Celaya *et al.*, 2007. *Livestock Sc.* 106(2-3), 271-281; Celaya *et al.*, 2008. *Animal*, 2(12), 1818-1831; Connolly y Nolan, 1976. *Anim. Prod.*, 23(AUG), 63-71; Dailey *et al.*, 1984. *J. Wildl. Manage.*, 48(3), 799-806; Dawson y Ellis, 1996. *J. Arid Environ.*, 34(4), 491-506; de Longh *et al.*, 2011. *J. Trop. Ecol.*, 27, 503-513; Dickson *et al.*, 1981. *Anim. Prod.*, 33(DEC), 265-272; Ego *et al.*, 2003. *Afr. J. Ecol.*, 41(1), 83-92; García-González y Cuartas, 1989. *Acta. Biol. Montana* (9), 123-132; Horak *et al.*, 1989. *Livest. Prod. Sci.*, 61(2-3), 261-265; Karmiris y Nastis, 2010. *C. Eur. J. Biol.* 5(5), 729-737; La Morgia y Bassano, 2009. *Ecol. Res.*, 24(5), 1043-1050; Li *et al.*, 2008. *J. Wildl. Manage.*, 72(4), 944-948; Liu y Jiang, 2004. *J. Wildl. Manage.*, 68(2), 241-246; Makhabu, 2005. *J. Trop. Ecol.*, 21, 641-649; Mandaluniz *et al.*, 1999. *Acta. Biol.* (9), 123-132; Martínez, 1988. *Arch. Zoot.* 37-137: 39-49; Martínez, 2002. *Acta. Theriol.*, 47(4), 479-490; Namgail *et al.*, 2004. *J. Zool.*, 262, 57-63; Namgail *et al.*, 2010. *J. Arid Environ.*, 74(10), 1162-1169; Nyangito *et al.*, 2008. *J. Human. Ecol.*, 23(2), 115-123; Prins *et al.*, 2006. *Afr. J. Ecol.*, 44(2), 186-198; Quintana, 2003. *Mammalia*, 67(1), 33-40; Walker, 1994. *Sheep. Res. J.* 52-64.

Bovidae – Cervidae, trabajos que estudiaron el solapamiento entre especies de bóvidos y cérvidos: Acevedo y Casinello, 2009. *Ann. Zool. Fenn.*, 46(1), 39-50; Ahrestani *et al.*, 2012. *J. Trop. Ecol.*, 28, 385-394; Bertolino *et al.*, 2009. *J. Zool.*, 277(1), 63-69; Cuartas *et al.*, 2000. *Acta. Theriol.*, 45(3), 309-320; Ekblad *et al.*, 1993. *Small. Rum. Res.*, 11(3), 195-208; Elliott y Barret, 1986. *J. Range Manage.*, 38(6), 546-550; Findholt *et al.*, 2004. 69° N. *Am. Wildl. & Na. Res. Conf.*, 69, 670-686; Gallina, 1993. *J. Range Manage.*, 46(6), 487-492; García-González y Cuartas, 1992. *Mammalia*, 56(2), 195-202; Homolka y Heroldová, 2001. *Fol. Zool.*, 50(2), 89-98; Ihl, y Klein, 2001. *J. Wildl. Manage.*, 65(4), 964-972; Kingery *et al.*, 1996. *J. Range Manage.*, 49(1), 1-15; Larter y Nagy, 1997. *Rangjifer*, 17(1) 13-17; Miranda *et al.*, 2012. *Wildl. Res.*, 39(2), 171-182; Pordomingo y Rucci, 2000. *J. Range Manage.*, 53(6), 649-654, Thill y Martin, 1986. *J. Wildl. Manage.*, 50(4), 707-713.

Bovidae-Equidae, trabajos que evaluaron el solapamiento entre especies de bóvidos y équidos: Aldezabal *et al.*, 2012. 51ª RC SEEP, 325-330; Krysl *et al.*, 1984. *J. Range Manage.*, 37(1), 72-76; Loiseau y Martinrosset, 1988. *Agronomie*, 8(10), 873-880; Mcinnis y Vrava, 1987. *J. Rang. Manage.*, 40(1), 60-66; Menard *et al.*, 2002. *J. Appl. Ecol.*, 39(1), 120-133

Trabajos mixtos, aquellos que evaluaron más de una combinación anterior: Abaye *et al.*, 1994. *J. Anim. Sci.*, 72(4), 1013-1022; Aldezabal, 2001. CPNA, 317pp; Beck y Peek, 2005. *Rang. Ecol. & Manage.* 58(2), 135-147; Bhattacharya *et al.*, 2012. *Proc. Zool. Soc.*, 65(1), 11-21; Campos-Arceiz *et al.*, 2004. *Ecol. Res.*, 19(4), 455-460; Chu Hong-Jun *et al.*, 2008. *Acta. Zool. Sinica*, 54(6), 941-954; Heroldova, 1996. *For.Ecol.Manage.*, 88(1-2), 139-142; Maccracken y Hansen, 1981. *J. Range Manage.*, 34(3), 242-243; Kleynhans *et al.*, 2011. *Oikos* 120(4), 591-600; Mishra *et al.*, 2004. *J. Appl. Ecol.*, 41(2), 344-354; Mysterud, 2000. *Oecologia*, 124, 130-137; Olsen y Hansen, 1977. *J. Range Manage.*, 30(1), 17-20; Osoro *et al.*, 2005a. XLV R.C. SEEP. 45-71; Osoro *et al.*, 2005b. XLV R.C. SEEP. 253-259; Puig *et al.*, 2001. *J. Arid. Environ.*, 47(3), 291-308; Ruben Vila *et al.*, 2009. *J. Wildl. Manage.*, 73(3), 368-373; Sietses *et al.*, 2009. *Mamm. Biol.* 74(4), 381-393.

La selección de modelos indicó que el 20% de la variabilidad observada en el solapamiento de dietas se puede explicar por la disponibilidad de recursos (NL-L) y por el pastoreo en simpatria de especies de ungulados de familias determinadas (w familias + disponibilidad = 0.74, Tabla 1). Si los herbívoros son salvajes o

domésticos, pareció no influenciar el solapamiento entre dietas. De forma general, el solapamiento fue superior cuando los recursos son abundantes ya que los animales tienden a seleccionar el alimento más nutritivo y palatable (Ego *et al*, 2003). Solapamientos medios se encontraron entre ovejas y cabras domésticas (Bartolomé *et al*, 1998) o salvajes (Martinez, 1988 y 2002). Sin embargo, el efecto de la disponibilidad de alimento sobre el solapamiento es pequeño ($\beta = 0,03$, ES = 0,07), con lo cual tenemos que ser precavidos a la hora de generalizar este resultado. De hecho, hay trabajos que describen que, cuando los recursos son escasos, el solapamiento de dietas suele ser alto entre bóvidos y cérvidos (García-González y Cuartas, 1992, Cuartas *et al*, 2000; Miranda *et al*, 2012) o entre Bóvidos de diferentes especies (Xu *et al*, 2012). No obstante, e independientemente de si los recursos son o no abundantes, la selección de modelos indicó que el mayor solapamiento se produce cuando conviven especies de bovinos con equinos ($\beta = 0.09$, ES = 0.08, Z = 1.15). Una posible explicación es que ambos tienen un marcado hábito de pastoreo (Hofmann, 1993), principalmente de gramínoideas (Aldezábal *et al*, 2012), lo que justificaría un alto solapamiento durante todo el periodo de pastoreo. Al contrario, el menor solapamiento ocurrió cuando conviven especies de cérvidos y bóvidos ($\beta = -0.38$, ES = 0.1, Z = -6.61). La familia Cervidae es mayoritariamente ramoneadora o intermedia, y ovinos y bovinos (Bovidae) pastadores, pudiéndose especializar cada una en una dieta distinta, p.ej. *Cervus elaphus* y *Bos taurus* (Pordomingo y Rucci, 2000). Las cabras, tanto salvajes como domésticas, generalmente se comportan como ramoneadoras, y ovejas y muflones pastadores (García-González y Cuartas, 1989; Cuartas y García-González, 1992).

CONCLUSIONES

El estudio del solapamiento de dietas es un criterio comúnmente extendido para evaluar cuando las especies de herbívoros comparten los mismos recursos alimenticios. No obstante, alto solapamiento de dieta no implica competencia si los recursos son abundantes. Del mismo modo, la ausencia de solapamiento puede indicar que las especies se alimentan de forma diferente para minimizar la competencia. Desde un punto de vista ganadero, habrá que prestar especial atención cuando se realice pastoreo mixto con caballos y vacas, ya que sus dietas van a ser muy similares independientemente de la disponibilidad del alimento. En el caso de

las interacciones entre herbívoros salvajes y domésticos, será necesario realizar trabajos a largo plazo para estudiar en qué grado modifican su dieta las especies salvajes en presencia de los domésticos y viceversa. Además, para concluir que el solapamiento entre dietas implica o no competencia, será necesario incluir medidas adicionales sobre el impacto de la convivencia entre especies sobre parámetros relacionados con la aptitud biológica (fitness) de las poblaciones salvajes.

BIBLIOGRAFÍA

- ACEVEDO P. Y CASSINELLO J. (2009) Human-induced range expansion of wild ungulates causes niche overlap between previously allopatric Species: red deer and Iberian ibex in mountainous regions of southern Spain. *Ann.Zool.Fenn.*, 46(1), 39-50.
- ALDEZÁBAL A. Y GARCÍA-GOZÁLEZ R. (2003) La alimentación del sarrio en el Pirineo central. En: *El Sarrio pirenaico* Rupicapra p. pyrenaica: *biología, patología y gestión*. J. HERRERO, *et al* (Co). Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, Zaragoza (España), 169-189.
- ALDEZÁBAL A., LASKURAIN N.A. Y MANDALUNIZ N. (2012) Factores determinantes del uso del espacio por parte del ganado vacuno y equino en pastos de montaña. In Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción. R.M. CANALS-TRESSERRAS R.M. Y SANEMETERIO-GARCIANDÍA L. (Eds). 51ª Reunión Científica de la SEEP, Pamplona, 325-330.
- BARTOLOME J., FRANCH J., PLAIXATS J. Y SELIGMAN N.G. (1998) Diet selection by sheep and goats on Mediterranean heath-woodland range. *J.Range Manage.*, 51(4), 383-391.
- BECK J.L. Y PEEK J.M. (2005) Diet composition, forage selection, and potential for forage competition among elk, deer, and livestock on aspen-sagebrush summer range. *Range Ecol. Manage.*, 58(2), 135-147.
- BHATTACHARYA T., KITTUR S., SATHYAKUMAR S. Y RAWAT G.S. (2012) Diet Overlap Between Wild Ungulates and Domestic Livestock in the Greater Himalaya: Implications for Management of Grazing Practices. *Proc. Zool. Soc. (Calcutta)*, 65, 11-21.
- BURNHAM K.P. Y ANDERSON D.R. (2002) *Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach*. Springer-Verlag, New York (USA).
- CELAYA R., OLIVAN M., FERREIRA L.M.M., MARTINEZ A., GARCIA U. Y OSORO K. (2007) Comparison of grazing behaviour, dietary overlap and performance in non-lactating domestic ruminants grazing on marginal heathland areas. *Livest. Sci.*, 106(2-3), 271-281.
- CONNOLLY J. Y NOLAN, T. (1976) Design and Analysis of Mixed Grazing Experiments. *Anim. Prod.*, 23(AUG), 63-71.
- CUARTAS, P. Y GARCÍA-GONZÁLEZ, R., 1992. *Quercus ilex* browse utilization by Caprini in Sierra de Cazorla and Segura (Spain). *Vegetatio* 99-100, 317-330.
- CUARTAS P., GORDON I.J., HESTER A.J., PEREZ-BARBERIA F.J. Y HULBERT I.A.R. (2000) The effect of heather fragmentation and mixed grazing on the diet of sheep *Ovis aries* and red deer *Cervus elaphus*. *Acta Theriol.*, 45(3), 309-320
- DICKSON I.A., FRAM, J. Y ARNOT D.P., (1981) Mixed Grazing of Cattle and Sheep Versus Cattle Only in an Intensive Grassland System. *Anim Prod.*, 33, 265-272.

- EGO W.K., MBUVI D. M. Y KIBET P.F.K. (2003) Dietary composition of wildebeest (*Connochaetes taurinus*) kongoni (*Alcephalus buselaphus*) and cattle (*Bos indicus*), grazing on a common ranch in south-central Kenya. *Afr.J.Ecol.*, 41(1), 83-92.
- GALLINA S. (1993) White-Tailed Deer and Cattle Diets at Lamichilia, Durango, Mexico. *J.Range Manage.*, 46(6), 487-492.
- GARCIA-GONZALEZ R. Y CUARTAS P. (1989) A comparison of diets of the wild goat (*Capra pyrenaica*), domestic goat (*Capra hircus*), moufflon (*Ovis musimon*) and domestic sheep (*Ovis aries*) in the Cazorla mountain range. *Acta Biol Montana*, (9), 123-132.
- GARCIA-GONZALEZ R. Y CUARTAS P. (1992) Food-Habits of *Capra pyrenaica*, *Cervus elaphus* and *Dama dama* in the Cazorla Sierra (Spain). *Mammalia*, 56(2), 195-202.
- HOFMANN R.R. (1993) Anatomía del conducto gastro-intestinal. En: *El rumiante: fisiología digestiva y nutrición*. CHURCH, C.D. (Ed). Acribia. Zaragoza. 15-46.
- HORAK F., CHROUST K., ZIZLAVSKY J. Y ZIZLAVSKA S. (1999) Study of the possibilities of mixed grazing by cattle and sheep in conditions of the Czech Republic. *Livest.Prod.Sci.*, 61(2-3), 261-265.
- MAGURRAN A.E. (1989) *Diversidad Ecológica y su Medición*. Ediciones VEDRÀ, 200 pp. Barcelona (España).
- MARTINEZ T. (1988) Comparación de los hábitos alimentarios de la cabra montés y de la oveja en la zona alpina de la Sierra Nevada. *Archivos de Zootecnia*, 37-137, 39-49.
- MARTINEZ T. (2002) Summer feeding strategy of Spanish ibex *Capra pyrenaica* and domestic sheep *Ovis aries* in south-eastern Spain. *Acta Theriol.*, 47(4), 479-490.
- MIRANDA M., SICILIA M., BARTOLOME J., MOLINA-ALCAIDE E., GALVEZ-BRAVO L, CASSINELLO J. (2012) Contrasting feeding patterns of native red deer and two exotic ungulates in a Mediterranean ecosystem. *Wildl.Res.*, 39(2), 171-182.
- NYANGITO M.M., MUSIMBA N.K.R. Y NYARIKI D.M. (2008) Range use and trophic interactions by agropastoral herds in southeastern Kenya. *J. Hum. Ecol.*, 23(2), 115-123.
- OLSEN F.W. Y HANSEN R.M. (1977) Food Relations of Wild Free-Roaming Horses to Livestock and Big Game, Red Desert, Wyoming. *J. Range Manage.*, 30(1), 17-20.
- OLSON D.M., DINERSTEIN E., WIKRAMANAYAKE E.D., BURGESS N.D., POWELL V.N., UNDERWOOD E.C., D'AMICO J.A., ITOUA I., STRAND H.E., MORRISON J.C., LOUCKS C.J., ALLNUT T.F., RICKETTS T.H., KURA Y., LAMOUREUX J.F., WETTENGEL W.W., HEDAO P. Y KASSEM K.R. (2001) Terrestrial ecoregions of the World: a new map of life on Earth. *BioScience*. 51(11), 933-938.
- OLSEN F.W. Y HANSEN R.M. (1977) Food Relations of Wild Free-Roaming Horses to Livestock and Big Game, Red Desert, Wyoming. *J.Range Manage.*, 30(1), 17-20.
- PORDOMINGO A.J. Y RUCCI T. (2000) Red deer and cattle diet composition in La Pampa, Argentina. *J.Range Manage.*, 53(6), 649-654.
- WALKER J.W. (1994) Multispecies grazing: The ecological advantage. *Sheep. Res. J.*, 52-64.
- XU W., XIA C., LIN J., YANG W., BLANK D.A., QIAO J. Y LIU W. (2012) Diet of *Gazella subgutturosa* (Guldenstaedt, 1780) and food overlap with domestic sheep in Xinjiang, China. *Fol. Zool.*, 61(1), 54-60.

COMPARACIÓN DEL RAMONEO ENTRE LA CABRA SALVAJE MALLORQUINA (*Capra aegagrus* Erxleben, 1777) Y LA CABRA DOMÉSTICA ASILVESTRADA (*Capra hircus* L. 1758) EN MALLORCA

Compared Browsing Intensity between the Majorcan Wild Goat (*Capra Aegagrus* Erxleben, 1777) and Feral Domestic Goat (*Capra Hircus* Linnaeus, 1758) in Majorca

L. RIVERA SANCHEZ¹, E. BARAZA RUIZ², A. CAPÓ RODRÍGUEZ², J. CASSINELLO³ W. BURGOS-PAZ⁴ y J. BARTOLOMÉ FILELLA¹

¹Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos. Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra (España). ² Departamento de Biología, Universidad de las Islas Baleares, 07071 Palma de Mallorca, España. ³Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos (IREC), CSIC-UCLM-JCCM, Ronda de Toledo s/n 13071 Ciudad Real (España). ⁴ Centro de Investigación en Agrigenómica (CRAG) 08193 Bellaterra (España)
e-mail: Leidy.Rivera@uab.cat

Resumen: El objetivo de este estudio fue comparar el nivel de ramoneo de la cabra salvaje Mallorquina y la cabra doméstica asilvestrada en la sierra Tramuntana de Mallorca durante los periodos de primavera, verano e invierno. Los resultados muestran que las especies más ramoneadas, en orden decreciente, fueron: *Olea europea*, *Ampelodesmos mauritanica*, *Cistus albidus*, *Chamaerops humilis*, *Phillyrea angustifolia*, *Cistus monspeliensis* y *Pistacia lentiscus*. En las zonas pastoreadas por cabras asilvestradas *Olea europaea* aparece más ramoneada que en las zonas pastoreadas por cabras salvajes. Lo contrario ocurre con *Cistus albidus* que es más ramoneada en las zonas pastoreadas por cabras salvajes. La diferencia del ramoneo entre periodos varía en función de cada especie, así por ejemplo, el ramoneo disminuye en invierno en *Chamaerops humilis*, mientras que el consumo de *Cistus albidus* aumenta. Se concluye que la intensidad de ramoneo realizada por cada tipo de cabra depende de factores de variación como el periodo del año y la zona de pastoreo.

Palabras clave: Insularidad, herbivorismo, sierra Tramuntana, pastoreo, rumiantes.

Abstract: The objective of this study was to compare the browsing levels by both the Majorcan wild goat and feral goats in the Tramuntana mountains in Majorca Island during spring, summer and winter. Browsing intensity was measured on a scale ranged from 0 to 6, where 0 indicates no browsing signals and 6 indicates fully browsed, in all plant species studied. The results show that the most browsed species in decreasing order were *Olea europea*, *Ampelodesmos mauritanica*, *Cistus albidus*, *Chamaerops humilis*, *Phillyrea angustifolia*, *Cistus monspeliensis* and *Pistacia lentiscus*. *Olea europaea* was more browsed in feral goats browsing areas than in those of wild goats, whereas the opposite was observed with *Cistus albidus*. Browsing differences between seasons vary according to plant species, thus *Chamaerops humilis* browsing decreased in winter meanwhile *Cistus albidus* consumption increased. We

conclude that browsing intensity for each goat species depends on factors such as the season of the year and the browsing area.

Key words: Insularity, herbivory, Tramuntana mountain, browsing, ruminants.

INTRODUCCIÓN

Una de las principales causas de pérdida de biodiversidad son las bioinvasiones (Simberloff *et al.*, 2012). Estas cobran especial relevancia en los ecosistemas insulares (Vitousek *et al.*, 1995). Muchas especies domésticas asilvestradas han invadido multitud de islas en detrimento de las poblaciones locales. La llegada de la cabra a Mallorca se encuentra documentada entre 2300 y 2050 A.C., por introducción antrópica (Seguí *et al.*, 2005). Es probable que las primeras cabras introducidas en la isla dieran lugar a una raza local que se ha mantenido en estado salvaje hasta la actualidad, la cabra salvaje Mallorquina (*C. aegagrus* [*hircus*]). Actualmente, ésta constituye una importante fuente de ingresos a través de la actividad cinegética de la isla (Seguí *et al.*, 2005). La introducción de razas domésticas (*C. hircus*) en tiempos más recientes y su posterior abandono ha propiciado el establecimiento de una gran población de cabras asilvestradas, claramente diferenciadas en su fenotipo. Actualmente, ambas comparten hábitat y se hibridan, generando un problema en la conservación de razas autóctonas y de sobrepastoreo (Vives y Baraza, 2010). La información trófica sobre los caprinos en la isla de Mallorca es escasa y necesaria para identificar las interacciones entre la vegetación y los herbívoros y contribuir a una correcta gestión del territorio. En este contexto, el presente trabajo se planteó con el fin de determinar y comparar la intensidad del ramoneo en la vegetación por ambos tipos de cabras en tres periodos del año.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en seis zonas de la sierra de Tramuntana, situada en el noroeste de la isla de Mallorca (39° 43' 51" N, 2° 41' 41"). La sierra tiene una longitud aproximada de 90 km. Tiene una temperatura media anual que oscila entre los 16 y los 18 °C y una precipitación media anual de 650 mm. La vegetación es típicamente mediterránea, con algunas especies endémicas. En la actualidad el paisaje de la sierra de Tramuntana está dominado por matorrales, donde abunda la poácea *Apelodesmos mauritanica* (Poiret) T. Durand et Schinz (*carritx*) y pinares de pino

carrasco (*Pinus halepensis* Miller). Las áreas de estudio se ubicaron dentro de tres cotos de caza de cabra salvaje Mallorca: Formentor, La Victoria y Bunyola y tres zonas donde habitan las cabras domesticas asilvestradas: Sant Vicenç, La Trapa y Banyalbufar.

Para evaluar la intensidad del ramoneo sobre las especies leñosas se empleó el método de Etienne y Rigolot (2001) basado en categorizar el nivel de ramoneo en una escala de cero (nulo) a seis (solo leño). Para diferenciar los mordiscos entre un periodo y otro, se midieron solo mordiscos recientes. En cada una de las seis zonas se eligieron puntos que estuvieran sometidos a ramoneo y donde no existieran otras especies ganaderas. Se determinó el nivel de ramoneo reciente de 20 individuos elegidos al azar de cada una de las especies leñosas, aunque en algunos casos no fue posible alcanzar esta cantidad. En esta evaluación las macollas de *carritx*, debido a sus dimensiones y estructura, se trataron como un arbusto más de la vegetación, a pesar de tratarse de una poácea. Los muestreos se llevaron a cabo durante la primavera (abril), verano (agosto) de 2011 e invierno (enero) de 2012. Para cada especie se estimaron estadísticos de tendencia central para identificar la distribución de los valores de nivel de ramoneo y se calculó su frecuencia relativa considerando la estación del año y el tipo de cabra en la zona. Los análisis estadísticos fueron realizados con el software R versión 2.14.1 (R Development Core Team 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registraron un total de 10 especies que mostraron evidencia de ramoneo presentes en todas las zonas de estudio. En la Tabla 1 se muestran los valores de los estadísticos considerados (mínimo, mediana, primer cuartil Q_1 , tercer cuartil Q_3 y máximo) para cada especie. Se observa que *A. mauritanica*, *Chamaerops humilis* L y *Olea europaea* L var. *sylvestris* (Mill) Brot, alcanzan valores máximos de ramoneo (5 o 6) en todos los periodos del año. No obstante, las medianas y el Q_3 de *A.mauritanica* y *C. humilis* presentan valores bajos, indicando que son pocos los individuos con una gran intensidad de ramoneo. En cambio, *O. europaea* presenta medianas con valores moderadamente altos, sobre todo en invierno, indicando que una gran parte de los individuos están fuertemente ramoneados. Por otro lado, *Juniperus oxycedrus* Sibth. & Sm es la especie que presenta los valores máximos más bajos en todas las épocas del año. Probablemente su elevado contenido en compuestos secundarios (Adams *et al.*, 1999) evita su consumo.

Tabla 1. Estadísticos de tendencia central para los valores de ramoneo de cada una de las especies consideradas, en cada periodo del año

Invierno						
Especie	n	Min.	Q1	Mediana	Q3	Max.
<i>Ampelodesmos mauritanica</i>	179	0	0	1	3	6
<i>Cistus albidus</i>	80	0	1	2	2	3
<i>Calicotome espinosa</i>	94	0	1	2	2	4
<i>Chamaerops humilis</i>	132	0	0	1	2	6
<i>Erica multiflora</i>	80	0	0	1	2	3
<i>Juniperus oxycedrus</i>	40	0	0	0	1	1
<i>Olea europaea</i>	146	2	3	4	4	6
<i>Phillyrea angustifolia</i>	63	0	0	1	2	3
<i>Pistacia lentiscus</i>	180	0	0	1	2	4
<i>Rosmarinus officinalis</i>	121	0	0	1	2	4
Primavera						
<i>Ampelodesmos mauritanica</i>	251	0	1	2	3	5
<i>Cistus albidus</i>	60	0	1	1	2	3
<i>Calicotome espinosa</i>	125	0	1	2	3	6
<i>Chamaerops humilis</i>	229	0	0	1	2	5
<i>Erica multiflora</i>	99	0	0	0	1	4
<i>Juniperus oxycedrus</i>	40	0	0	0	0	1
<i>Olea europaea</i>	151	0	2	3	3	6
<i>Phillyrea angustifolia</i>	39	0	0	1	1,5	3
<i>Pistacia lentiscus</i>	284	0	0	1	1	5
<i>Rosmarinus officinalis</i>	179	0	0	1	2	5
Verano						
<i>Ampelodesmos mauritanica</i>	119	0	0	1	1	5
<i>Cistus albidus</i>	60	0	1	1	2	3
<i>Calicotome espinosa</i>	54	0	1	1	2	4
<i>Chamaerops humilis</i>	80	0	1	2	3	6
<i>Erica multiflora</i>	80	0	0	1	1	3
<i>Juniperus oxycedrus</i>	50	0	0	1	1	2
<i>Olea europaea</i>	94	0	2	3	4	6
<i>Phillyrea angustifolia</i>	40	0	1	2	3	4
<i>Pistacia lentiscus</i>	120	0	1	1	2	4
<i>Rosmarinus officinalis</i>	80	0	0	1	1	3

n=número de plantas, *min*=nivel mínimo de ramoneo, *max*=nivel máximo de ramoneo, *Q1* y *Q3*=cuartiles 1 y 3 respectivamente

En la Figura 1 se presenta la frecuencia relativa del ramoneo en los tres periodos para cada especie vegetal. Se confirma que *Olea europaea* es la especie con mayor ramoneo en los tres periodos. Exceptuando esta especie, el resto presenta

frecuencias muy bajas para valores de ramoneo mayores de 3, lo cual sugiere que el ramoneo no es excesivo para la mayoría de especies consideradas. La estación del año afecta de forma distinta a algunas especies, así *Pistacia lentiscus* L, es mucho más consumida en invierno que en primavera y en cambio ocurre lo contrario con *A. mauritanica*. Esta especie sólo alcanza valores altos en primavera, cuando esta gramínea está más tierna y floreciendo y probablemente resulte más apetente. Otra especie, *Phillyrea angustifolia* L presenta un mayor ramoneo en verano mientras que *Cistus albidus* L disminuye. Especies como *Erica multiflora* L y *Juniperus oxycedrus*, muestran valores inferiores de ramoneo durante los tres periodos.

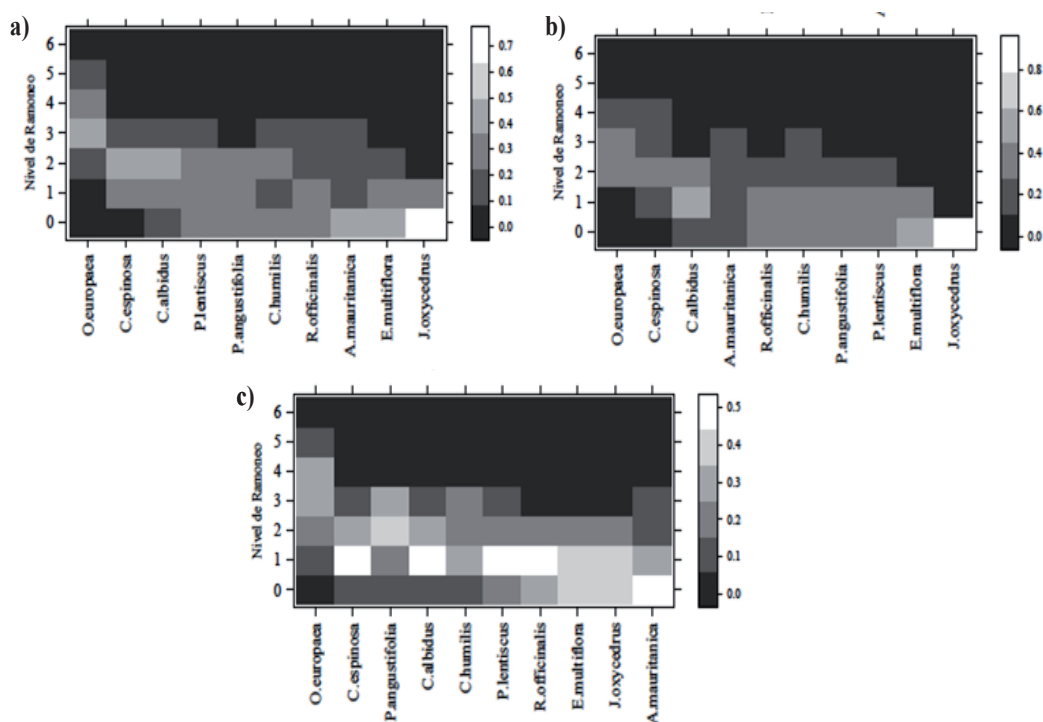


Fig. 1. Frecuencia de ramoneo por época. La frecuencia observada para cada nivel de ramoneo se asocia con el color de la escala de la derecha de la figura; así el color más claro en la figura, representa el de ramoneo observado más frecuente en cada una de las especies. De manera opuesta, el color oscuro indica los niveles de ramoneo observados en menor frecuencia.

Diversos autores han encontrado una relación entre la variación de la calidad nutritiva de las plantas a lo largo del año y el consumo que de ellas hacen los herbívoros (p.e. González-Hernández *et al.*, 2000). En el ambiente mediterráneo la

diminución en el consumo de herbáceas en verano va asociada a un aumento en el consumo de matorrales (Martínez, 2002; Bartolome *et al.*, 1998), a pesar de que estos también disminuyen su calidad nutritiva con la sequía (Baraza *et al.*, 2009a). Esto explicaría que en verano muchos de los arbustos presenten frecuencias elevadas de valores de ramoneo moderadamente altos (3), en cambio en los otros periodos las frecuencias más elevadas se dan en los valores menores de 2.

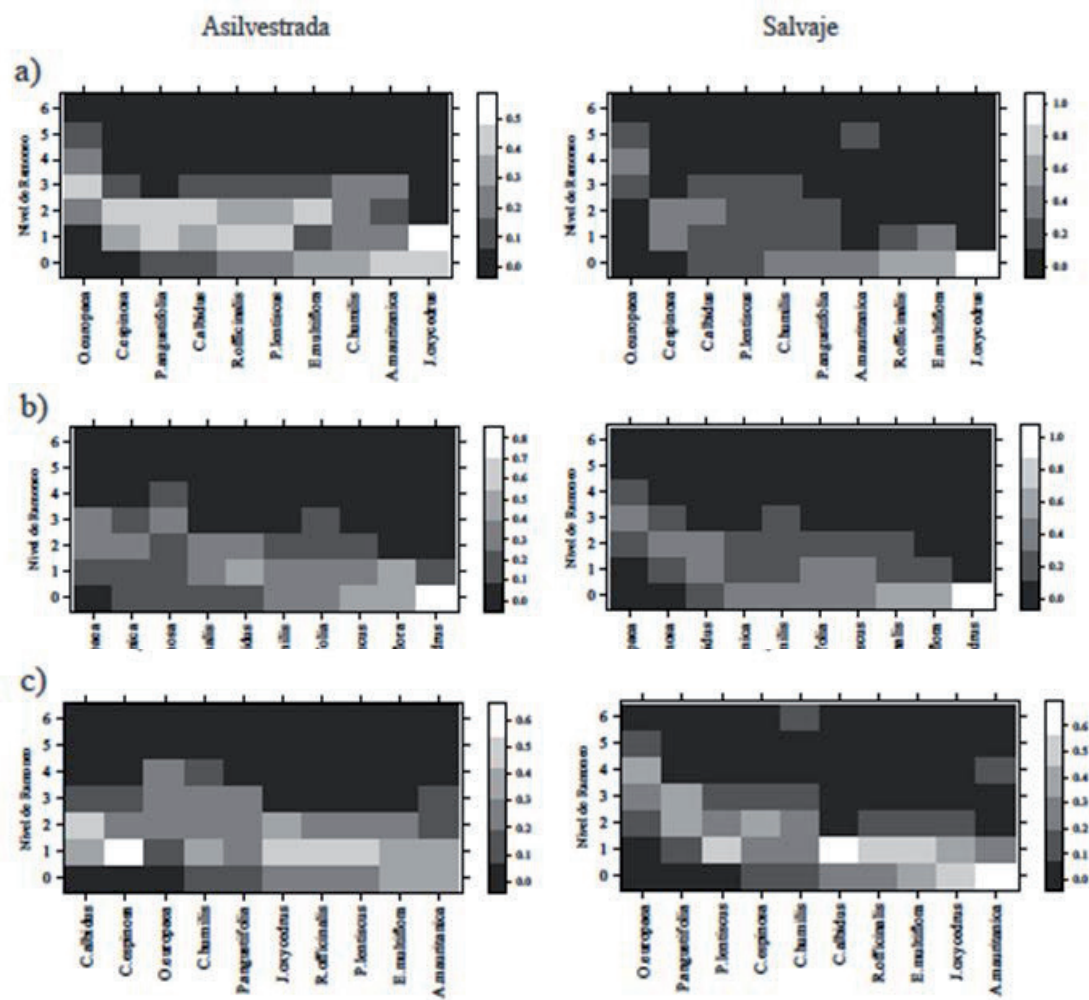


Figura 2. Frecuencia de ramoneo por zona donde habitan los dos tipos de cabra.

En la Figura 2 se observa la frecuencia de ramoneo independiente para las zonas ocupadas por cabra salvaje y las ocupadas por cabra asilvestrada. Se observan

pocas diferencias entre ambas zonas, indicando que la intensidad de ramoneo de ambas cabras sería similar. Sin embargo, algunas especies, como *J. oxycedrus* en verano, aparece más ramoneada en las zonas ocupadas por la cabra asilvestrada, mientras que *Ch. humillis* y *P. lentiscus* lo son en las zonas ocupadas por la cabra salvaje, en invierno y verano respectivamente. Estas diferencias de ramoneo entre zonas habitadas por las diferentes cabras pueden deberse a las distintas características de los animales o estar relacionadas con la disponibilidad de las especies vegetales, ya que las cabras tienden a consumir las especies con mayores contenidos proteicos, pero también con mayor facilidad de consumo (Baraza *et al.*, 2009b).

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se puede concluir que la intensidad del ramoneo, sin diferenciar ambas cabras, difiere entre especies vegetales y entre estaciones. Unas pocas especies son ramoneadas intensamente en todos los periodos del año, destacando *O. europaea* y en menor grado *Ch. humilis* y *A. mauritanica*.

Aunque en general la intensidad de ramoneo se puede considerar moderada para el resto de especies estudiadas, algunas especies frecuentemente ramoneadas en todas las zonas, como *O. europaea*, podrían ver comprometido su desarrollo y reproducción y por tanto su permanencia a largo plazo en la comunidad. Los indicios de mayor frecuencia de pastoreo encontrados en estas especies deberían ser monitorizados y sugerir su incorporación en el control poblacional de las cabras.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido posible gracias a la financiación obtenida del Ministerio de Ciencia e Innovación para los proyectos CGL2010-22116 (subprograma BOS) y CGL2010-17889, y al Consejo Nacional para la Ciencia y la Tecnología (CONACyT), México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS R.P., ALTAREJOS J., FERNANDEZ C. Y CAMACHO A. (1999) The leaf essential oils and taxonomy of *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus*, subsp. *badia* (H. Gay) Bedeaus, and subsp. *macrocarpa* (Sibth. & Sm.) Ball. *Jeor*, 11,167-172.

- BARAZA E., HÓDAR J.A. Y ZAMORA R. (2009a) Species, sites and seasonal variation in leaf-chemistry diversity of woody Mediterranean plants. *Revue d'Ecologie (La Terre et la Vie)*, 64,135-144
- BARAZA E., HÓDAR J.A. Y ZAMORA R. (2009b) Consequences of plant-chemical diversity for domestic goat food preference in Mediterranean forests. *Acta Oecologica*, 35,117-127
- BARTOLOMÉ J., FRANCH J., PLAIXATS J. Y SELIGMAN N.G. (1998) Diet selection by sheep and goats on Mediterranean heath-woodland range. *Journal of Range Management*, 51(4), 379-384
- ÉTIENNE M. Y RIGOLOTTÉ É. (2001) Méthodes de suivi des coupures de combustible. *Réseau Coupures de combustible, n°1*. Éditions de la Cardère. Morières, Francia, 64 pp.
- GONZÁLEZ-HERNANDEZ M.P., STARKEY E.E. Y KARCHESRY J. (2000) Seasonal variation in concentrations of fiber, crude protein, and phenolic compounds in leaves of red alder (*Alnus rubra*): nutritional implications for cervids. *Journal of Chemical Ecology*, 26(1), 293-301.
- MARTÍNEZ T. (2002) Summer feeding strategy of Spanish ibex *Capra pyrenaica* and domestic sheep *Ovis aries* in south-eastern Spain. *Acta Theriologica*, 47(4), 479-490.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- SEGUÍ B., PAYERAS L., RAMIS D., MARTÍNEZ A., DELGADO J.V. Y QUIROZ, J. (2005) La cabra salvaje mallorquina: origen, genética, morfología, notas ecológicas e implicaciones taxonómicas. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 48,121-152.
- SIMBERLOFF D., MARTIN, J.L., GENOVESI P., MARIS V., WARDLE D.A., ARONSON J., COURCHAMP F., GALIL B.E., GARCÍA-BERTHOUE., PASCAL M., PYŠEK P., SOUSA R., TABACCHI E. Y VILÀ M, (2012) Impacts of biological invasions: what's what and the way forward, Trends in *Ecology & Evolution*, in press.
- VITOUSEK P.M., LOOPE L.L. Y ANDERSEN H. (1995) *Islands: biological diversity and ecosystem function*. New York: Springer-Verlag.
- VIVES J.A. Y BARAZA E. (2010) La cabra doméstica asilvestrada (*Capra hircus*) en Mallorca ¿Una especie a erradicar? *Galemys*, 22 (nº especial), 193-205.
- WALDREN W.H. (1982) The excavation and study of certain caves, rock shelters and settlements. *BAR International Series*, 149 (1), 773.

EFECTO DE LA RAZA DE VACA Y DEL NIVEL DE SUPLEMENTACIÓN SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LECHE EN PASTOREO

Effect of Cow Breed and Level of Supplementation at Pasture on Milk Production and Quality

A.I. ROCA-FERNÁNDEZ^{1,2,3}, L. DELABY², A. GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ¹, M.E. LÓPEZ-MOSQUERA³, S. LEURENT⁴ e Y. GALLARD⁴

¹Departamento de Producción Animal. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). INGACAL. Xunta de Galicia. Apdo. 10 – 15080 La Coruña (España).

anairf@ciam.es. ²Unité Mixte de Recherche en Production du Lait. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). 1080 – 35590 Saint Gilles-Rennes (Francia).

³Departamento de Producción Vegetal. Escuela Politécnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad de Santiago de Compostela (USC). 27002 Lugo (España). ⁴Domaine Expérimental Animal du Pin au Haras. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). 61310 Borculo-Exmes (Francia).

Resumen: Se evaluó el efecto de la raza de vaca, Frisona *vs.* Normanda (F *vs.* N), y del nivel de concentrado, bajo *vs.* alto (0 *vs.* 4 kg MS/vaca/día), sobre la producción y calidad de leche en vacas (n=72) de la estación experimental del INRA “Le Pin au Haras” situada en Francia, durante el período 2001-09. Se aplicó un diseño factorial 2x2 a 4 rebaños de vacas (H0, H4, N0 y N4), en pastoreo rotacional simplificado, pastando en praderas de raigrás inglés y trébol blanco. El rendimiento por lactación fue superior (p<0,001) en los animales que recibieron suplementación (H4, 8.407 y N4, 6.733 kg/vaca/año) en comparación con aquellos que no la recibieron (H0, 6.497 y N0, 5.401 kg/vaca/año). Las vacas Frisonas (7.452 kg/vaca/año) presentaron unos niveles productivos superiores (p<0,001) que las Normandas (6.067 kg/vaca/año). Las vacas multíparas produjeron más leche (p<0,001) que las primíparas. Los contenidos de proteína y grasa fueron superiores (p<0,001) en vacas Normandas (33,3 y 39,9 g/kg) que en Frisonas (30,8 y 37,9 g/kg). Las vacas Normandas, a pesar del menor rendimiento productivo, pueden ser una alternativa a las Frisonas en sistemas de pastoreo, por su mejora en la calidad de la leche.

Palabras clave: vacuno, genotipo, concentrado, leche, pastoreo.

Abstract: The effect of cow breed, Friesian *vs.* Normande (F *vs.* N), and the level of supplementation, low *vs.* high concentrate (0 *vs.* 4 kg DM/cow/day), were evaluated on milk production and quality of cows (n=72) at INRA "Le Pin au Haras", in France, during the period 2001-09. It was applied a 2x2 factorial design to 4 herds (H0, H4, N0 and N4), using the simplified rotational grazing, to perennial ryegrass and white clover pastures. Milk yield per lactation was higher (p<0.001) in animals with supplementation (H4, 8407 and N4, 6733 kg/cow/year) compared to those without it (H0, 6497 and N0, 5401 kg/cow/year). Friesian cows (7452 kg/cow/year) had higher production levels (p<0.001) than Normande (6067 kg/cow/year). Multiparous cows produced more milk (p<0.001) than primiparous.

Milk protein and fat were higher ($p < 0.001$) in Normande (33.3 and 39.9 g/kg) than in Friesian cows (30.8 and 37.9 g/kg). Normande cows, despite less milk production, can be an alternative to Friesian cows for the grazing systems due to their improvement in milk quality.

Keywords: cow, genotype, concentrate, milk, grazing.

INTRODUCCIÓN

Los ganaderos son conscientes de que, hoy en día, existen muchas formas de producir leche y que la adaptación de los animales al sistema productivo conduce a una mayor eficiencia del modelo elegido. Así, trabajos de investigación (Delaby *et al.*, 2009; Ferris *et al.*, 2011) realizados en diferentes países han evaluado el efecto de la estrategia de alimentación sobre el rendimiento lechero de distintas razas de vacas. Esta adaptación busca la estrategia de alimentación y/o manejo del rebaño lechero seleccionado que resulte más adecuada al sistema de producción de forraje, conjugando las necesidades nutritivas del rebaño en producción con los aportes alimentarios. Las estrategias pueden ser muy diferentes según la gestión de las superficies forrajeras (% de hierba y/o de maíz), la valorización de los recursos forrajeros por el manejo (nivel de fertilización, % de ensilado y/o de hierba seca en la ración, duración de la estación de pastoreo, frecuencia e intensidad de defoliación de las praderas, etc.), la elección del tipo de animal (raza, % de reposición, etc.) permitiéndole o no la expresión de todo su potencial genético, o con la gestión del rebaño lechero (edad al primer parto, época de parto, suplementación, frecuencia de ordeño, período de secado, etc.).

En los últimos años, el modelo predominante de producción de leche intensivo se basaba en la utilización de vacas de raza Holstein-Friesian con una estrategia de alimentación en la que se empleaban altas dosis de concentrado (≈ 8 kg/vaca/día) para lograr el máximo potencial productivo del animal (≈ 10.000 kg/vaca/lactación) (Klein, 2003). Sin embargo, la futura desaparición del régimen de cuotas lácteas y la necesidad de reducir los costes de producción ponen de manifiesto la necesidad de estudiar sistemas alternativos, más sostenibles, y que sean rentables para las explotaciones donde se dispone de recursos forrajeros (los pastos) propios. Resulta pues preciso evaluar la respuesta productiva de diferentes razas de vacas a la explotación racional de estos recursos forrajeros, sin recurrir a la suplementación con concentrado en pastoreo de primavera-otoño, y establecer las diferencias con los sistemas semi-intensivos, en los que se acude a la suplementación con concentrado

(≈ 4 kg/vaca/día) durante toda la lactación, lo que encarece el precio de la ración (Delaby *et al.*, 2009).

En este estudio se evalúa el efecto de la raza de vaca y del nivel de suplementación en pastoreo sobre la producción y la calidad de la leche. Se emplean, para ello, dos estrategias alimentarias: (1) responde a un sistema extensivo con bajos insumos, utilizando hierba durante la estación de pastoreo y ensilado de hierba para la suplementación en establo en el invierno y (2) propia de un sistema semi-intensivo, utilizando concentrado durante toda la estación de pastoreo y en el invierno se combina el concentrado con el ensilado de maíz, lo que supone un mayor coste en alimentación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio. El ensayo fue llevado a cabo durante el período 2001-09 en el centro del INRA “Le Pin au Haras”, en la Baja Normandía (48° 44' 0" Norte, 0° 90' 0" Este), en Francia. Los suelos son de textura limo-arcillosa, pH neutro, bien drenados, y con alto contenido en materia orgánica. El clima templado oceánico, similar al de Galicia, resulta favorable para el crecimiento de la hierba durante la mayor parte del año. En esta región el pastoreo se realiza de primavera a otoño, con una parada de crecimiento del pasto en invierno y un período estival en el que no se aprecia sequía.

Diseño experimental y tratamientos. Se emplearon 72 vacas de raza Frisona (F) y Normanda (N) de la cabaña lechera experimental del Pin au Haras, distribuidas en dos rebaños con diferente nivel de concentrado (0 y 4 kg MS/vaca/día) en un diseño factorial 2x2 con 4 tratamientos (F0, F4, N0 y N4). Los animales pastaron parcelas independientes de 2,3 ha siguiendo el modelo de pastoreo rotacional simplificado (Hoden *et al.*, 1991) en 3 bloques de praderas permanentes (13,8 ha) de raigrás inglés y 4 bloques de praderas sembradas con raigrás inglés y trébol blanco (19,6 ha). Las praderas permanentes se fertilizaron con 250 y 180 kg de N/ha/año en varias aplicaciones (4-5) de 60-50-50-50-40 y 60-40-40-40 kg de N/ha en función del tratamiento, sin y con suplementación respectivamente, y del grupo de pastoreo. Las praderas sembradas recibieron 60 kg de N/ha al inicio de abril.

Toma de muestras y análisis de datos. Se registró la producción diaria de leche de los cuatro grupos y se analizó el contenido de proteína y grasa en leche con un equipo Milkoscan DK-3400, en seis muestras semanales por vaca procedentes de

dos ordeños en tres días consecutivos. Se determinó semanalmente el peso vivo de los animales mediante pesada en balanza electrónica. Se midieron las alturas de la hierba pre- y post-pastoreo, la oferta de pasto y se determinó la ingestión de silo y concentrado.

Análisis estadístico. Se examinó el efecto de la raza (Frisona *vs.* Normanda) y del nivel de suplementación (0 *vs.* 4 kg MS/vaca/día) en función del estado de lactación de las vacas (primíparas *vs.* múltiparas), así como su interacción. Para ello, se aplicó el modelo ANOVA de tipo multivariante, empleando el programa estadístico SPSS 15.0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las alturas de la hierba pre- (13,2 *vs.* 12,9 cm) y post-pastoreo (6,2 *vs.* 6,0 cm) fueron ligeramente superiores, sin diferencias significativas, en parcelas pastadas por grupos con *vs.* sin suplementación (Tabla 1), teniendo la oferta de pasto inferior ($p < 0,05$) (16,7 *vs.* 17,3 kg MS/vaca/día). El intervalo de producción de leche fue más alto ($p < 0,001$) en vacas con (35,2 y 12,8 kg/vaca/día) que sin aporte de concentrado (28,7 y 10,9 kg/vaca/día); siendo, ambos valores superiores ($p < 0,001$) en las Frisonas (35,2 y 13,8 kg/vaca/día) que en las Normandas (28,0 y 9,9 kg/vaca/día). La lactación fue ligeramente superior en vacas suplementadas que en las que no lo fueron (319 *vs.* 313 días), sin diferencias entre las razas, Frisonas *vs.* Normandas (317 *vs.* 313 días).

La producción media de leche por lactación (Figura 1-a) fue siempre superior ($p < 0,001$) en los animales que recibieron concentrado (F4, 8.407 y N4, 6.733 kg/vaca/año) que en los que no lo recibieron (H0, 6.497 y N0, 5.401 kg/vaca/año) en los 9 años estudiados. Las vacas Frisonas (7.452 kg/vaca/año) mostraron producciones más altas ($p < 0,001$) que las Normandas (6.067 kg/vaca/año) y las vacas múltiparas (7.227 kg/vaca/año) produjeron más leche ($p < 0,001$) que las primíparas (6.377 kg/vaca/año).

Tabla 1. Alturas de hierba pre- y post-pastoreo, oferta de pasto, máximo y mínimo de producción de leche y duración de la lactación en vacas de dos razas (Frisona *vs.* Normanda) sometidas a dos estrategias de alimentación en pastoreo rotacional simplificado (0 *vs.* 4 kg MS de concentrado/vaca/día) durante el período 2001-09.

Año	Raza ¹	Concentrado ² (kg MS/vaca/día)	Alt. pre-		Pasto en oferta (kg MS/vaca/día)	Máximo leche (kg/vaca/día)	Mínimo leche (kg/vaca/día)	Duración lactación (días)
			pastoreo (cm)	t. post-pastor (cm)				
2001	F	4	13,8	6,4	14,7	33,4	11,7	331
	N	4				29,6	12,2	315
	F	0	12,4	6,4	15,9	34,9	10,5	321
	N	0				29,3	8,6	321
2002	F	4	13,3	6,6	17,4	38,3	12	300
	N	4				32,8	9,2	299
	F	0	12,9	5,9	16,7	34,5	17,1	312
	N	0				23,5	9,9	318
2003	F	4	11	5,7	17,4	37,1	18,5	304
	N	4				30,8	11,2	309
	F	0	10,8	5,1	15,6	35,7	12,8	305
	N	0				31,1	10,2	311
2004	F	4	13,3	6,4	17,4	39,5	15,8	334
	N	4				32,6	9,4	320
	F	0	12,9	6	15,8	31,8	14,7	316
	N	0				24,6	10	323
2005	F	4	13,7	6,3	17	42,1	15,3	316
	N	4				34,3	9,8	310
	F	0	13,3	5,9	14,7	36,4	14,1	332
	N	0				26,1	11,5	313
2006	F	4	15,5	6,3	16,5	39,6	13,1	330
	N	4				30,5	8,3	321
	F	0	15,2	6	16,2	30,7	13,7	304
	N	0				26,5	10,8	314
2007	F	4	13,5	6	17,7	38,2	14,4	324
	N	4				33,3	9,7	318
	F	0	12,5	6,1	18,6	30,6	10,5	299
	N	0				25,6	8,1	307
2008	F	4	12,6	6	15,5	40,5	15	331
	N	4				31,2	11,1	311
	F	0	13,3	6,2	20,5	25,1	10,9	324
	N	0				19,7	7,2	305
2009	F	4	11,8	5,9	16,9	41,1	16,7	317
	N	4				30	13	320
	F	0	12,6	6,1	21,6	26,5	11,5	306
	N	0				24	9,3	309

¹Raza: F, Frisona *vs.* N, Normanda; ²Suplementación: 0, 0 *vs.* 4, 4 kg MS de concentrado/vaca/día.

Las vacas Holstein-Friesian producen significativamente más leche que las otras razas (Dillon *et al.*, 2003; Delaby *et al.*, 2009) debido a la selección genética ejercida. Según Fulkerson *et al.* (2001) y Kennedy *et al.* (2003), las vacas con alto potencial genético tiene una respuesta mayor al aumento de concentrado en la ración. En nuestro estudio se constatan estas diferencias, mostrando un rendimiento productivo por lactación de un 22% superior en los animales que recibieron

concentrado en el pasto que en los alimentados con una ración a base de forrajes sin suplementación, para cualquiera que sea la raza de vaca ensayada. Cuando el animal se suplementa con raciones completas a base de ensilado de maíz y concentrado recibe aportes energéticos superiores a los animales que se alimentan de pasto fresco. La diferencia de producción que se puede alcanzar entre estos dos sistemas varía de media entre +370 y +1.250 kg de leche por lactación dependiendo de la cantidad de suplemento empleado en cada ración (Boettcher *et al.*, 2003). En nuestro caso, las diferencias medias fueron de +1.621 kg de leche por lactación para las vacas con 4 kg MS de concentrado/vaca/día frente a las sin suplementación en pastoreo.

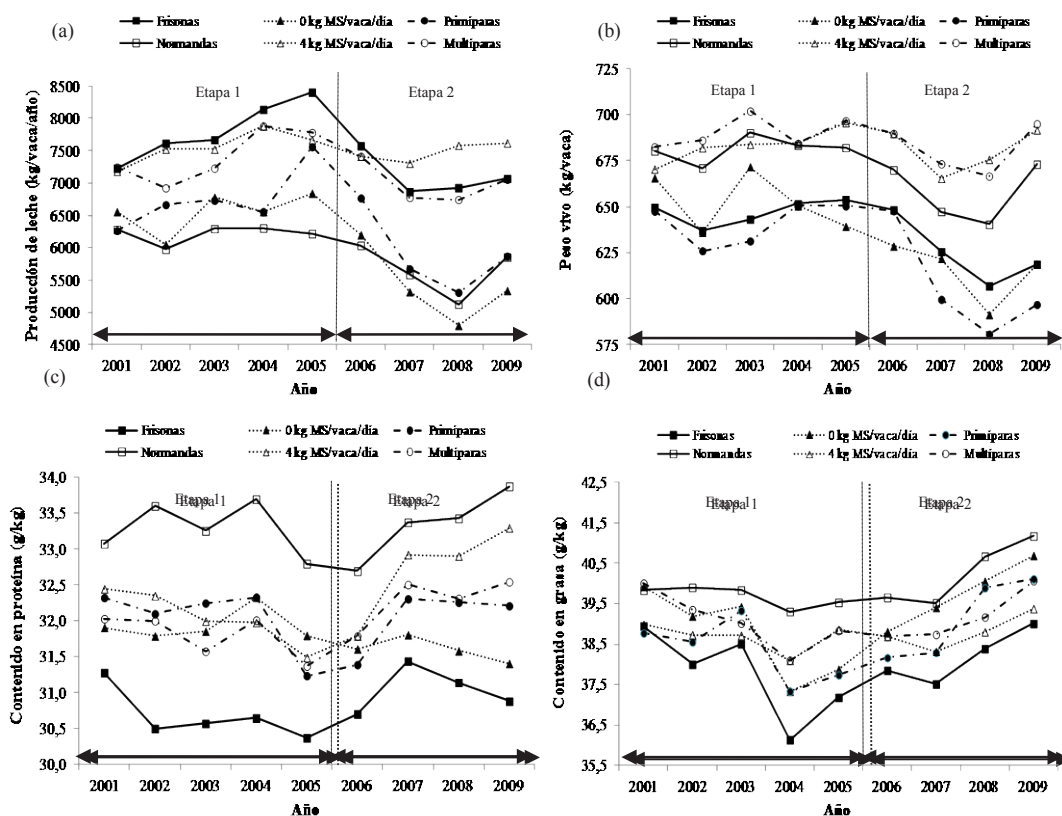


Figura 1. Evolución de: (a) producción de leche, (b) peso vivo de los animales, (c) contenido de proteína y (d) contenido de grasa en leche de vaca de razas Frisona vs. Normanda, en dos estados de lactación (primíparas vs. múltiparas), sometidas a dos estrategias de alimentación en pastoreo rotacional simplificado (0 vs. 4 kg MS de concentrado/vaca/día) en dos etapas (1, con suplementación en invierno con concentrado vs. 2, sin suplementación en invierno sin concentrado) durante el período 2001-09.

El aporte de concentrado a vacas Frisonas provoca una respuesta media de +0,70 kg de leche por kg de concentrado (Kennedy *et al.*, 2003; Delaby *et al.*, 2009). Roche *et al.* (2006) obtuvieron respuestas mayores, mientras que con Ferris *et al.* (1999) éstas fueron menores (+1,15 y 0,25 kg de leche por kg de concentrado, respectivamente). Ensayos sobre una lactación completa realizados por Horan *et al.* (2004) y Kennedy *et al.* (2003) mostraron respuestas entre 0,37 y 0,99 kg de leche por kg de concentrado. Estos estudios muestran además que existe un efecto claro del nivel de aporte de concentrado sobre el peso vivo del animal. Las vacas que reciben más concentrado presentan un peso tras el parto y a final de lactación más elevado que las de nivel más bajo de concentrado (Roche *et al.*, 2006). En nuestro estudio (Figura 1-b), las vacas con suplementación (682 kg) tuvieron un peso mayor ($p < 0,001$) que las que no la recibieron (636 kg). Siendo, además el peso más alto ($p < 0,001$) en las múltiparas (686 kg) que en las primíparas (626 kg) y las vacas Normandas (671 kg) mostraron un peso superior ($p < 0,001$) a las Frisonas (637 kg).

Los contenidos medios de proteína y grasa en leche fueron superiores ($p < 0,001$) en vacas Normandas (33,31 y 39,93 g/kg) que en Frisonas (30,84 y 37,95 g/kg) (Figura 1-c y 1-d) de acuerdo con los datos de Delaby *et al.* (2009). El contenido de proteína bruta en leche fue mayor ($p < 0,001$) en animales suplementados (32,35 g/kg) que los de sin concentrado (31,79 g/kg), al contrario de lo que ocurrió con el contenido en grasa, que fue superior ($p < 0,001$) en animales sin suplementación (39,19 g/kg) que con ella (38,73 g/kg). No se observaron diferencias en el contenido de proteína entre vacas múltiparas (32,02 g/kg) y primíparas (32,04 g/kg). Las vacas múltiparas (39,11 g/kg) mostraron un contenido de grasa superior ($p < 0,001$) que las primíparas (38,69 g/kg).

CONCLUSIONES

Es fundamental adecuar los aportes alimentarios a la demanda del animal para que los sistemas productivos sean eficientes, económicamente rentables y sostenibles dada la mayor competencia entre países y regiones que se espera que ocurra en los próximos años con la desaparición de las cuotas lácteas en la UE. Evaluar el tipo de raza de vaca lechera en función de la estrategia alimentaria del sistema productivo puede hacer más eficiente, gracias a un aprovechamiento más eficaz de los recursos forrajeros de la explotación, y a un menor coste, la producción de leche en zonas húmedas.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria por la financiación de una estancia Predoctoral de la Dra. A. I. Roca-Fernández, dentro del proyecto de investigación RTA2005-00204-00, en la Unité Mixte de Recherche en Production du Lait del INRA de St. Gilles-Rennes en Francia bajo la supervisión del investigador D. L. Delaby y del Director de la Unidad Dr. P. Faverdin y al Director de la estación del INRA Domaine Expérimental du Pin D. Y. Gallard y a toda la plantilla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOETTCHER P.J., FATEHI J. Y SCHUTZ M.M. (2003) Genotype x environment interactions in conventional versus pasture-based dairies in Canada. *Journal of Dairy Science*, 86, 383-389.
- DELABY L., FAVERDIN P., DISENHAUS C., MICHEL G. Y PEYRAUD J.L. (2009) Effect of feeding strategies on the Holstein and Normande dairy cows performance and their evolution during the lactation. *Animal*, 3(6), 891-905.
- DILLON P., SNIJDERS S., BUCKLEY F., HARRIS B., O'CONNOR P. Y MEE J.F. (2003) A comparison of different dairy cow breeds on a seasonal grass-based system of milk production. 2. Reproduction and survival. *Livestock Production Science*, 83, 35-42.
- FERRIS C.P., GORDON F.J., PATTERSON D.C., MAYNE C.S. Y KILPATRICK D.J. (1999) The influence of dairy cow genetic merit on the direct and residual response to level of concentrate supplementation. *Journal of Agriculture Science*, 132, 467-481.
- FERRIS C.P., VANCE E.R., ELLIOT C. Y KILPATRICK D.J. (2011) *Comparison of the performance of two cow genotypes within a total confinement and low input grazing system*. County Down, Northern Ireland: Agri-Food and Bioscience Institute.
- FULKERSON W.J., WILKINS J., DOBOS R.C., HOUGH G.M., GODDARD M.E. Y DAVISON, T. (2001) Reproductive performance in Holstein-Friesian cows in relation to genetic merit and level of feeding when grazing pasture. *Animal Science*, 73, 397-406.
- HODEN A., PEYRAUD J.L., MULLER A., DELABY L. Y FAVERDIN P. (1991) Simplified rotational grazing management of dairy cows: effects of rates of stocking and concentrates. *Journal of Agricultural Science*, 116, 417-428.
- HORAN B., MEE J.F., RATH M., O'CONNOR P. Y DILLON P. (2004) The effect of strain of Holstein-Friesian cow and feed system on reproductive performance in seasonal-calving milk production systems. *Animal Science*, 79, 453-468.
- KENNEDY J., DILLON P., O'SULLIVAN K., BUCKLEY F. Y RATH M. (2003) Effect of genetic merit and concentrate feeding level on the reproductive performances of Holstein Friesian dairy cows in a grass based milk production system. *Animal Science*, 297-308.
- KLEIN F. (2003) Utilización de praderas y nutrición de vacas a pastoreo. II. Nutrición de vacas a pastoreo. En: Teuber N., Uribe H. y Opazo L. (eds) *Hagamos de la lechería un mayor negocio*, pp. 43-55. Osorno, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- ROCHE J.R., BERRY D.P. Y KOLVER E.S. (2006) Holstein-Friesian strain and feed effects in milk production body weight, and body condition score profiles in grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89, 3532-3543.

Cuarta parte

**Sistemas y Recursos
Silvopastorales**

SOBRE SISTEMAS Y RECURSOS SILVOPASTORALES: DEBILIDADES, RETOS, COMPROMISOS Y OPORTUNIDADES

J. L. GONZÁLEZ REBOLLAR

Grupo de Pastos y Sistemas Silvopastorales Mediterráneos, Estación Experimental del Zaidín (C.S.I.C.). C/Profesor Albareda 1, 18008, Granada. toza@eez.csic.es

PREÁMBULO

Me piden los organizadores de esta 52ª Reunión Científica de la SEEP una ponencia introductoria de la Sesión sobre Sistemas y Recursos Silvopastorales, lo que es para mí un encargo difícil de eludir, por dos razones: una, por cuanto contiene de deferencia, de aprecio personal y profesional, que agradezco; pero además, por cuanto –en el plano deontológico- lo tiene de reto. Lo tiene ante mí mismo, una vez confesada mi tendencia a declinar dicha invitación (como saben los organizadores), pues debo tener presente que de poco vale trabajar ¡y advertir! al común de los mortales sobre las consecuencias que –me parece- tiene subestimar la investigación de nuestros sistemas silvopastorales, la de sus recursos, la de su situación actual, la de los modelos de gestión que los han traído a nuestros días –casi todos ancestrales-, o la de los riesgos que les amenazan, si cuando me dan la oportunidad de exponerlo en un foro tan adecuado como el nuestro, declino hacerlo, arguyendo que el asunto parece no interesarle a nadie. Especialmente, cuando sé que esto no es verdad, cuando comprendo que simplemente, como todo lo que sólo es abarcable mediante una aproximación integrada, la síntesis que comporta contiene no pocos riesgos de valoración. Más aún si la aproximación ambiciona ser obvia y pretende contener proyecciones relativas a aspectos de gestión, política agraria, conservación del patrimonio, o modas en I+D. Y denunciar todo esto también es un reto que, por políticamente incorrecto que sea, tampoco puedo eludir.

Así que inicio esta ponencia con dos citas a modo de faro, para no perderme mucho en la navegación:

Cuando consiga dominar un poco más mi subconsciente espero poder incorporarme a la actual moda de calificar los mejores núcleos de investigación como de “excelencia”. De momento me resulta todavía un término demasiado paradigmático de una etapa política que ocupó excesivo tiempo de la existencia de muchos españoles (Escarré, 2005).

Las ideas no bastan y toda la literatura que producimos queda inmovilizada, retenida,... sólo sirve para el “currículum” de quienes nos dedicamos a ello. Progresan el conocimiento teórico. Pero falta el más práctico de quienes lo utilizan y perfeccionan. En este aspecto, el de pastólogo he fracasado sin duda (Montserrat, 1999).

Vienen a colación ambas citas hoy aquí. La primera llena de solidaridad y empatía con toda una generación de españoles broquelada con la palabra “excelencia”, convertida hoy, inesperadamente, en un eficaz caballo de Troya con el que asaltar los más sólidos fortines de la acreditación profesional, tan inmersa en la cultura de la imagen como tantas otras cosas en nuestros días: *el medio es el mensaje* (MacLuhan y Fiori, 1992). La segunda cita es evocadora, aún hoy lo es, del pasmo con el que reaccionamos los que pudimos acceder al texto de esa comunicación antes de que su autor la enviara a las Actas de nuestra 39ª Reunión Científica, los mismos que, completamente desconcertados, apenas llegamos a tiempo de sugerir algún cambio que dulcificara la autocrítica. Porque si él se tenía por fracasado, nosotros, que vamos muy por detrás, ¿qué éramos?, ¿qué somos?

Estas dos citas cobran vida hoy, en el recuerdo. Pero hoy –entiendo- la cuestión va mucho más allá de interrogarnos sobre ruidos y nueces, o sobre nuestros fracasos profesionales. El reto está en preguntarnos si podemos permitirnos fracasar; o, en mi caso, ante el encargo de la organización, si tengo derecho a envolverme en un halo de escepticismo y declinar la invitación.

¿PODEMOS PERMITIRNOS FRACASAR?

En un estudio sobre A Ulfe, una pequeña aldea del Concejo lucense de Chantada, Varela (2004) recoge la siguiente cita: *la desaparición de los labriegos en los países occidentales es uno de los acontecimientos más trascendentes del Siglo XX, un acontecimiento al que los analistas sociales no le están prestando la suficiente atención y cuyas consecuencias son incalculables.*

La cita es de Michel Serres, filósofo e historiador de la Universidad de Stanford, pero ni Serres ni Varela son los únicos que enfatizan sobre esto: veamos algunos textos más, algunos son muy recientes:

- Memorándum de la Presidencia del Consejo de Ministros de Agricultura, Luxemburgo, 19-20 de Junio 1989 (Novas, 1989). *No se puede conservar la cubierta vegetal, y la naturaleza en su conjunto, sin la presencia de una población suficiente en el medio rural, con un nivel adecuado de servicios e ingresos.*

- Memorándum del Interreg Pastomed, Marsella, 2 de Octubre del 2007 (Pastomed, 2007). *La preservación y la gestión de los espacios naturales, la calidad y la seguridad de los productos alimentarios, y la salvaguarda del patrimonio cultural y territorial, forman parte de los objetivos de nuestro tiempo. La ganadería pastoral tiene plena capacidad para responder a estos objetivos, siempre y cuando las políticas públicas europeas, nacionales o regionales, le proporcione las herramientas y los medios para su desarrollo e innovación.*

- AN+20: El desafío de la Gestión de los Espacios Naturales de Andalucía en un mundo cambiante: una cuestión de valores (Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía, 2011). *El desarrollo implica no erosionar ni deteriorar, no sólo el capital natural, sino tampoco el social ni el resto de capitales de origen humano.*

- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de España (Fundación Biodiversidad. MARM, 2011). Es, quizá, la más completa y actual en el análisis y en el diagnóstico: *El vaciado rural, ha traído consigo la pérdida de servicios culturales esenciales para el mantenimiento de la integridad y la resiliencia ecológica de la práctica totalidad de los ecosistemas, como son el conocimiento ecológico local o la identidad cultural y sentido de pertenencia. La desaparición de los modelos tradicionales de gestión ligados a estos servicios pone en peligro la conservación de buena parte de la biodiversidad y de los servicios que brindan a la sociedad los ecosistemas. Hay que tener en cuenta que los ecosistemas españoles son el resultado de la coevolución secular, incluso milenaria, de sus características biofísicas y culturales, de manera que su valor de conservación está estrechamente ligado a sus modelos tradicionales de explotación agro-silvo-pastoral.*

¿Podemos mirar para otro lado?... Se diría que lo hacemos, colectivamente, por acción o por omisión, pues advertencias como estas, actuales como estas (a las que podríamos añadir muchas otras, extraídas de los más recientes debates de foros sobre Cambio Global) no parecen haber hecho mella en el principal recurso del que dispone cualquier sociedad avanzada ante los interrogantes de un cambio de consecuencias incalculables. Me refiero a su política de I+D.

Falta la sensación de urgencia, señala Heywood (2012). Pero hay otras circunstancias que tampoco ayudan mucho. Algunas también han sido advertidas

hace algún tiempo. Recordemos, por ejemplo, a Zorita (1995) y a sus consideraciones sobre lo que él llama las “cuatro grandes falacias”. La primera, la *tecnocrática*, que da por hecho que la administración tiene respuestas para esta situación, cuando –dice él– “ni las Facultades ni las Escuelas imparten una doctrina acorde con las características y problemas de nuestro medio natural”, a lo que yo añado que tampoco lo hace el CSIC. La segunda, la *demográfica*, que sacraliza una línea de pensamiento único en la que el desarrollo económico de un país y la reducción de su población rural son fenómenos indisolubles: “nadie parece percatarse –dice Zorita– que no es lo mismo Alemania que España, Galicia que Andalucía, etc. Es probable – ¡decía ya en 1995!– que en muchas regiones estemos por debajo del umbral mínimo de población realmente activa”. La tercera, la “*falacia contable*”, responsable del convencimiento de que la renta generada por los modelos ganaderos y agrícolas tradicionales es insuficiente para mantener un nivel de vida digno en el medio rural”. “Tal vez– continúa diciendo el autor– si, además de la producción vendible, se tuvieran en cuenta los servicios ecológicos que prestaban las explotaciones tradicionales, y los gastos de vigilancia, prevención y extinción de incendios, lucha contra la erosión y la contaminación, etc., cambiaría el resultado del balance”. Y, por último, la llamada “*falacia ecológica*” que entiende la acción humana como enemiga permanente de la naturaleza: el hombre *versus* la naturaleza, en lugar de el hombre en la naturaleza, como enseñaba Margalef (en Terradas, 1999).

Cerramos este punto con, dos autoridades más: la primera, relativa a la conservación de la biodiversidad, de Michel Loreau, presidente del Comité Científico de la Conferencia Internacional sobre Biodiversidad, Ciencia y Gobernabilidad, celebrada en París entre el 24 y el 28 de Enero de 2005; la segunda de Urban Emanuelsson, director del Swedish Biodiversity Center, en Uppsala, Suecia:

– Loreau (2005): *El problema no es que en Europa sea difícil adivinar cuál era el ecosistema original, sino que en el Amazonas hace siglos que el hombre también ha modificado los ecosistemas. Hay que abandonar la idea de que existe una naturaleza virgen que hay que preservar, porque no es así. Para empezar tenemos siempre que preguntarnos ¿qué hacemos con la población local? Nosotros no estamos fuera de la naturaleza, estamos dentro. El hombre debe volver a aprender a interactuar con la naturaleza.*

– Emanuelsson (2009). *Incluso hoy día es frecuente encontrar una discriminación clara entre protección ambiental y conservación del patrimonio cultural. Entiendo que esta distinción es artificial, y es triste constatar la existencia de autoridades*

públicas y organizaciones no gubernamentales que siguen fomentándola. Idealmente, los medioambientalistas no deberían sentir que se dedican exclusivamente a la conservación de la naturaleza, su atención deben abarcar todo el paisaje (...) Pero no creo que sea suficiente con reclamar al medioambientalista que reconozca la influencia de la historia en la biodiversidad. Me parece necesario tener un alto grado de familiaridad con la historia para ser capaz de poner en práctica ese reconocimiento.

Baste esta relación de autoridades para entender que “algo está pasando”, incluso para entender ¿qué está pasando? Pero los hechos demuestran –como dice Heywood (2012)– que, en la práctica, lo que está pasando es que no hay *sensación de urgencia*. Es decir, sí, se constata (algunos lo hacen) un cambio de *consecuencias incalculables*, y multitud de proclamas advierten sobre la pérdida de diversidad, de paisajes, de razas domesticas, de población rural, etc. Se dice asumir las necesidades de generar cambios de enfoque y de establecer nuevas bases sobre las que asentar decisiones, promover actividades *sostenibles*, controlar riesgos (los de incendios entre los primeros)... Pero, ¿cómo se promueve todo esto?, ¿cómo se traduce la preocupación en compromisos para llevar a cabo actuaciones técnicas o políticas concretas? ¿cómo aspirar a dotarnos de datos, convertirlos en conocimiento, y articular respuestas eficaces, sin un compromiso firme de la política de I+D?. Y no es porque no se nos haya llamado a ello. La Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro, en su Programa 21 (ONU, 1992), no minimiza sus advertencias sobre “*la carencia de programas de asesoramiento para elaborar planes de acción y programas que fomenten el desarrollo de tecnologías y actividades apropiadas a la capacidad de usos de los recursos, subrayando la urgente necesidad de establecer vínculos entre los sistemas tradicionales de usos de la tierra y las aplicaciones de la ciencia y la tecnología*”.

Pero ¿dónde están las respuestas?, ¿dónde las llamadas al compromiso?”. Un notable ejemplo del salto que media entre palabras y compromisos lo podemos documentar sin ir muy lejos, por ejemplo, en la propia Ley de Desarrollo Sostenible del Medio Rural (Ley 45/2007, de 13/12/2007). Todo el texto de la Ley está plagado de consideraciones sobre la necesidad de promover una adecuada planificación territorial, con el propósito de conservar y recuperar el patrimonio rural, incentivando actuaciones públicas y privadas compatibles con el desarrollo sostenible y la mejora del nivel de vida de la población; ordenando los usos del territorio; previniendo el deterioro del paisaje; conservando la biodiversidad, y

fomentando la mejora de las actividades agrarias compatibles con las posibilidades del medio (particularmente en las zonas más desfavorecidas y espacio de agricultura de montaña), reduciendo la contaminación, los riesgos de desertificación y los factores generadores de incendios (potenciando la limpieza de los montes, y el pastoreo, en las zonas de mayor riesgo). Fomentando, en definitiva, aquellas actividades rurales de mayor valor añadido, y la protección del patrimonio natural y cultural. Es difícil encontrar un análisis mejor perfilado del contexto rural, de los problemas y de los retos a los que hacer frente. Pero no busquemos llamadas de atención a la política de I+D: ni una sola línea de la Ley advierte sobre la necesidad de promover algún compromiso claro en tal sentido. Si acaso tres líneas (dos y media, en realidad) sobre medidas destinadas a *promover la formación, investigación e innovación tecnológica en los diversos sectores de actividad económica y la creación de redes de innovación en las zonas rurales para potenciar la utilización de las tecnologías de la información y la comunicación* (Artículo 25. “Tecnologías de la información y la comunicación”). Eso, y alguna modesta alusión genérica, entrelíneas, de una Ley cuya aplicación –se dice - *requiere la colaboración de todas las Administraciones Publicas*, es cuanto encontraremos en el texto. En definitiva, que el que se sienta llamado a cooperar ya sabe que es bienvenido, y que tiene todas las puertas abiertas, sin compromisos.

Pero esto ya lo habíamos visto en nuestra 43ª Reunión, en Granada (2003): *los firmantes de esta comunicación –decíamos los autores– podemos recordar los momentos en los que la atención del país se volcó hacia los sistemas intensivos de producción. No se previeron las consecuencias demoledoras para el campo español de la desaparición de los sistemas tradicionales, no se supo prever que transcurrido poco tiempo, la atención europea iba a dejar de centrarse en la cantidad de productos obtenidos, para poner el acento en la calidad y que muy poco más tarde, ahora mismo, el objetivo fundamental de la política agraria de la Unión Europea iba a ser la conservación y revitalización del medio rural. El hecho irreducible y obstinado es que se abandono a su suerte a los grupos que estaban intentando aplicar al campo español, precisamente en sus áreas más desfavorecidas, las virtualidades de la investigación científica. Los componentes de estos grupos sacaron pronto las conclusiones pertinentes. Unos pasaron a ocuparse de temas de mucho mayor lucimiento y rentabilidad inmediata, dentro de la comunidad científica española, algunos otros se refugiaron en la actividad docente para transmitir, al menos, ya que no resultados,*

inquietudes y preocupaciones a las nuevas generaciones. Finalmente, como era inevitable, otros cayeron en el desánimo (Montserrat et al., 2003)

Heywood (2012) lo dice hoy de otro modo: *la escala y el alcance de los desafíos que plantea el cambio global, nos obliga a considerar si nuestras organizaciones nacionales e internacionales y las instituciones existentes son las adecuadas para la tarea. ¿Cuál es su eficacia y qué capacidad tienen para afrontar los retos del cambio global? ¿Es necesario crear nuevas alianzas y convenios con las ciencias sociales para modelar las interacciones entre la ciencia y la naturaleza?* Y, recogiendo a Barnard y Thuiller, el anterior autor continúa: *nosotros también corremos el riesgo de una complacencia trágica –tocando la lira mientras Roma arde– creando carreras seguras desde el avance conceptual del campo como si fuera solo otro tema académico más, y abalanzándonos a reivindicar derechos sobre oscuros terrenos intelectuales.* Por último, en un a modo de recuadro destacado, al que titula “Sé pero no hago: el desfase entre investigación y aplicación” el autor enfatiza cómo *un gran número de los artículos publicados en revistas científicas por biólogos de la conservación se leen rara vez fuera del mundo académico y hay pocos incentivos para que los académicos puedan convertir su ciencia en la práctica. (...) Cuestiones relacionadas con el acceso a la literatura científica, la relevancia científica en entornos multidisciplinares (...) y la falta de análisis crítico en todos los niveles de la teoría y práctica de la conservación, son factores que agravan la brecha.*

En idéntico sentido, aunque con formas más rotundas, abunda Valdecantos (2013), filósofo de la Universidad Carlos III de Madrid. El propio título de su artículo, *La Burbuja Universitaria*, no deja margen a la tibieza: *La burbuja de la universidad de la excelencia no dejará tras de sí ninguna huella intelectual memorable. Pero queda por ver si el malestar por su infatuación produce los frutos de lucidez que las circunstancias presentes reclaman. De lo contrario se repetirá lo que en tantas épocas ha ocurrido: que el pensamiento, la crítica y la reflexión serán fenómenos inequívocamente extrauniversitarios.*

No obstante, también cabría preguntarse si todas estas cuestiones del abandono de las tierras, el despoblamiento rural, o los cambios de uso del suelo, son percibidos como un problema que nos concierne a todos, o para muchas personas estamos hablando de un asunto rural entendido como un problema rural. Porque *la complacencia mientras arde Roma*, o el peso de la burbuja de la excelencia, en la promoción de ítem de moda en I+D, quizá no es lo único que explica el desinterés

por lo que está pasando. Tampoco el confinamiento urbano en el que vivimos la mayoría ayuda a percibir el alcance de algunas cuestiones entendidas “extramuros”: “foráneas” (*forastero* y *forestal* tienen la misma raíz etimológica, “*fore*”: lo que está fuera (fuera de lo urbano, se entiende).

Para el hombre de la ciudad, visitante ocasional de lo que llama *naturaleza*, más allá del cambio de las estaciones, el viento entre los árboles, la caída de las hojas, el vuelo y el canto de algunas aves (a veces las mismas que puede ver y oír en su ciudad, si atendiera a ello), o el ir y venir de algunos insectos familiares o molestos, casi todo lo demás le parece permanente *ahí fuera*: “eso está así desde que yo lo recuerdo”-se suele decir-. Sin embargo todo cambia a cada momento. Año tras año, nuestros campos son asaltados por las llamadas *malas hierbas*, cuyas pequeñas semillas y efectivos sistemas de propagación les permiten ocupar las tierras, de forma rápida y eficaz. Tan rápida y eficazmente lo hacen que tratar de impedirlo ha venido siendo, durante generaciones, uno de los trabajos más importantes de todos los labradores del mundo (Colinvaux, 1983). Año tras años, los muros, las tapias y los tejados de nuestros edificios reciben un asalto parecido: propágulos de pequeñas plantas, algas, hongos, líquenes y musgos, que aprovechan el sustrato de nuestros materiales y las oportunidades que les ofrece nuestro descuido, para instalarse en ellos. La vida surge y se renueva en todas las partes, constantemente: gérmenes de todo tipo bullen por encima y por debajo de la superficie del suelo; y el propio sustrato cambia. Cambia el monte, como cambian los muros y las casas, como lo hace el terrón que se abandona al laboreo. Pero los ciudadanos somos poco sensibles a ello. Rodeados de seguridades que nos protegen y distanciados de las incertidumbres de lo que llamamos naturaleza, apenas prestamos atención a las señales de cambio.

Sí, seguramente podemos acordar que hay “un problema de Cambio Global”; eso nos dicen. Hasta el Papa hablan de estas cosas. Pero desde la ciudad cuesta percibir en qué consisten estos cambios o qué consecuencias tienen. La cotidiana vivencia urbana nos prepara bien para percibir enseguida las primeras señales del abandono urbano. La rotura de un cristal que no se repone, o las primeras grietas de un muro que creíamos firme, bastan para comprender lo que sucede y sus consecuencias. Pero no es tan fácil percibir las primeras señales de un cultivo en abandono. Todo agricultor y seguramente los excursionistas más atentos todavía lo perciben cuando las llamadas “malas hierbas” tienden a dominar el terreno. Pero no ocurre lo mismo con la percepción del abandono de los montes; no, desde luego,

desde nuestra vivencia urbana, rodeada de seguridades. Pero tampoco, desde algunas incomprensibles convicciones académicas –digamos- *naturalistas*, que lo interpretan como la antesala de un camino feliz hacia la recuperación de los ecosistemas prístinos.

Duarte (2006) lo subraya también en el libro sobre *Cambio Global: Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*, que ha coordinado para el CSIC: *existen evidencias claras –nos dice- de un escaso conocimiento e ideas erróneas en torno al cambio global en general y al climático en particular y, lo que es más grave, sobre la estrecha relación que existe entre el bienestar humano y la conservación de los ecosistemas. Esta situación es explicable si tenemos en cuenta que aproximadamente la mitad de la población humana vive en las ciudades y que la vida urbana hace perder la conciencia de la dependencia de la humanidad de los servicios de los ecosistemas.*

Pero también tenemos problemas con nuestra escala humana. Y los tenemos (o así lo parece) con lo que nos singulariza, frente a lo “europeo”; o con lo que nos llega “de fuera”, rodeado de credenciales de modernidad y de excelencia (?).

¿POR QUÉ MANEJAMOS TAN MAL EL TIEMPO?

Las dimensiones espaciales y temporales a las que responden los procesos geológicos y evolutivos que explican nuestro entorno natural nos sobrepasan, no son escalas que podamos traducir en referencias vivenciales, y eso es muy trascendente en nuestra osadía de recién llegados. Lo es -y mucho- en la falta de prudencia, la tendencia a la simplificación y las prisas, incluso a la fatuidad con la que pretendemos transmitir rigor a partir de datos cuya representatividad muestral no superaría el más generoso de los test de significación. Y, sin embargo, eso hacemos,... constantemente: nosotros y nuestras escalas vivenciales nos constituimos en la medida de cuanto nos rodea.

Cuando Leonardo da Vinci [1452-1519] dibuja su “hombre vitruviano” se inspira en los ideales de perfección del Renacimiento, pero se guía para dibujarlo en las ideas de perfección de Marcus Vitruvius Pollio [70-25 a.C], un hombre que le precede quince siglos. Hoy, cinco siglos más tarde, continuamos atados a las mismas restricciones conceptuales: nuestras escalas humanas son la medida de todo. Y aunque ya dispongamos de una considerable información sobre muchas cosas, y metodologías, y dataciones, sobre gran parte de los procesos ecológicos y biogeográficos que rigen en nuestro entorno natural, vivencialmente seguimos “sintiendo” que a nuestra escala *se pueden hallar toda clase de proporciones y*

proporcionalidades, realizadas a voluntad del Altísimo a través de los misterios ocultos de la naturaleza (Pacioli, 1509, en *La Proporción Divina*) (Livio, 2008). ¿Pero cual es la escala de nuestro entorno?

No tenemos una de las floras más viejas del planeta, al contrario, los 4.5 a 5 millones de años, que convencionalmente asignamos a la mayoría de sus componentes, es una edad juvenil si la comparamos con la de otras floras del mundo. Sin embargo, 5 millones de años es un lapso enorme en comparación con el que respalda “toda nuestra experiencia” humana: esa en la que basamos nuestros dictámenes sobre la *vocación* de un territorio, la *sostenibilidad* de una actuación, o las *respuestas* ante eventuales cambios globales.

El neolítico es, o lo parece, el referente más antiguo de nuestra “sabiduría”: el origen de nuestros paisajes rurales. Es frecuente oírlo así. Y, así, facilitamos la confusión entre el origen de la impronta agraria impuesta por el hombre al paisaje y el origen de sus componentes naturales, los cuales –cuando menos- enraízan con las biocenosis de finales del Terciario.

Varios yacimientos paleoantropológicos españoles se disputan hoy la primacía de los restos humanos más antiguos de Europa. Atapuerca y Orce se “han hecho un lugar” en la disputa. La datación de 800.000 años para *Homo antecesor* goza del crédito suficiente para ser recogida aquí. La de los restos óseos de Orce ha pasado un largo calvario de estudios cronológicos, que parecen a punto de confirmar los 1,4 millones; en todo caso hay acuerdo sobre sus *industrias líticas* de una antigüedad superior al millón de años.

En definitiva, ¿podemos tomar los últimos 8-10.000 años, que nos llevan al Neolítico, como el lapso que abarca las interrelaciones hombre-biosfera? ¿Podemos subestimar que el fuego, manejado por el hombre, juega su poderoso papel transformador desde hace unos 500.000 años? Estudiosos de los pastos –como somos en nuestra SEEP– ¿podemos desestimar que *las depredaciones de nuestros primeros antepasados cazadores hicieron algo más que alterar la fauna del planeta. Los grandes comedores de pastos y ramoneadores ocasionan profundos efectos en las plantas y el exterminio de tales animales influyo, sin duda, en el conjunto florístico?* (Ehrlich, et al., 1979).

¿Podemos permitirnos subestimar que muchos de nuestros yacimientos paleontológicos documentan una de las faunas de macroherbívoros más ricas de Eurasia? Una fauna tan recientemente extinta que aún hace 10-15.000 años la podía

plasmar el arte parietal, y cuya sola presencia en nuestro entorno natural permite entender la frecuente adaptación endo- y exo-zoocoría que muestra nuestra flora, su gran diversidad, la oferta forrajera de amplias zonas pastoreadas (paradoja pastoral), o la estabilidad y “memoria” de muchos de nuestros pastos y sistemas silvopastorales.

Un enfoque alternativo, que tuviera en cuenta la edad de nuestros paisajes, la de su flora y vegetación, la impronta de los herbívoros que lo dominaron durante millones de años, las acciones del hombre cazador, y las consecuencias del manejo intencionado del fuego desde hace casi 500.000, no puede instalarse cómodamente en la asunción de que “todo empezó con los neolíticos”. Si volviéramos a nuestro “hombre vitruviano”, con sus brazos extendidos, sabiendo que *al medir la distancia desde la planta de los pies hasta la cabeza, y aplicando la medida obtenida a la de los brazos estirados, la anchura sería igual a la altura* (Livio, 2008), y tomáramos lo abarcado de mano a mano como los 5 millones de años de nuestra flora, los 10.000 de nuestra “sabiduría” neolítica son el 0,2% de lo abarcado entre las manos. Dicho de otro modo, son el 0,2% de nuestra altura. Es decir, para un español medio de 1,75 m. de altura, el símil que hemos usado para evaluar lo que representa nuestra fatua “sabiduría” neolítica arroja un equivalente a 3,5 mm., es decir, apenas el crecimiento de las uñas en 3 días. ¿Es sobre ese tamaño muestral, sobre el que estamos basando la comprensión de nuestros paisajes, o las decisiones sobre la sostenibilidad de nuestros modelos de gestión del medio?

En todo caso, tampoco estaría de más interrogarnos sobre cuánto nos ayuda o dificulta nuestra condición de mediterráneos en los contextos técnicos y políticos que orientan la política agraria común de Europa: la PAC.

SPAIN IS DIFFERENT

Este era un conocido eslogan de “su excelencia”: esa palabra aduladora que ocupó tanto tiempo –como bien subraya Escarre (2005)- *de la existencia de muchos españoles*. Con toda probabilidad *Spain is different* fue unas de las primeras frases en inglés que los españoles de mi generación pudimos ver usada, como emblema, en una campaña de promoción turística internacional. ¡Éramos diferentes! Lo de menos era de quiénes o de qué, pues lo que prevalecía en el subconsciente es que serlo no significaba nada malo, al contrario, al parecer, significaba que éramos “mejores”. Lo malo es que, en nuestros días, a la vista de cómo nos entiende la Política Agraria

Comunitaria (PAC), se diría que este eslogan (de una forma encubierta) nos identifica como “peores.

De hecho, mientras (todavía hoy) las promociones turísticas europeas nos publicitan por nuestras “amigables” diferencias climáticas, sociales, culturales o gastronómicas, a la hora de hablar de políticas de desarrollo, las consideraciones técnicas que orientan el núcleo de la PAC se desentienden de lo diferente, que toman por “inadecuado”. Y así, *inadecuada* es nuestra impredecible pluviometría; lo es la potente orografía de nuestras tierras; la erosionabilidad de nuestros suelos; y la gran complejidad de los sistemas de gestión y escalas tiempo/espacio que rige el mosaico agrario de nuestros paisajes.

Consecuentemente, entre ambos simplismos, se construye una imagen que no sólo es inexacta, por deformada, sino escasamente estimulante a la hora de promover una atención objetiva de lo que la singulariza. El resultado es que, mientras ningún responsable comunitario extranjero va a preocuparse por mejorar sus conocimientos si puede suplir su ignorancia con unos cuantos tópicos oportunistas, parece que nuestros propios representantes en Bruselas tampoco son muy eficaces a la hora de hacer valer las diferencias que nos son propias; menos aún si, además (claudicando ante aquellos modelos centroeuropeos que les llegan como referentes), aceptan que ser diferente es un lastre. ¿Resultado?: que -a falta de una PAC en la que lo propio de cada país reciba una valoración paritaria ajustada a sus características, nuestro “diferente” caso nos deja abocados a las categorías de *Zonas Desfavorecidas* y *Zonas de Agricultura de Montaña*, lo que constituye más del 60% de nuestra Superficie Agrícola Útil (MAPA, 1990). Y tales categorías son las que mayoritariamente nos ubican en el mapa de la PAC, dejando asociadas sutilmente nuestras “diferencias” con “lo marginal”, “lo desfavorable” y “lo inadecuado”.

Es paradigmático, en tal sentido, el asunto de los denominados “pastos permanentes”, todavía hoy en discusión en las fases preparatorias de las normativas de la PAC para el periodo 2014-20. Y si no se ponen luces al respecto, resultarán “no elegibles” por este concepto no solo todas nuestras superficies de pastos arbolados que superen los 50 árboles/ha, es decir, muchos montes y dehesas) sino todos aquellos pastos predominantemente arbustivos.

Pero no podemos culpar a otros de una tarea que nos incumbe. Nadie va a hacer esto por nosotros, y es poco realista esperar que los *lobis* de aquellos países que fomentan dicha situación comprendan las consecuencias de algunos criterios de

elegibilidad que ignoran o se desentienden de las características de los recursos y sistemas silvopastorales del sur de Europa. Revertir esto es el trabajo de quienes nos representan en los foros de decisión, pero también de quienes desde la ciencia, la gestión o la administración, tenemos la obligación de colaborar con ellos. En resumen, si no conseguimos hacer valer que lo que el ambiente mediterráneo conforma es un amplio dominio de flora leñosa, que el hombre ha usado o transformado en pastos permanentes (arbolados o no) por procedimientos tan artificiales como los que en otras regiones europeas transformaron los dominios vegetales en pastos herbáceos, la mayor parte de nuestros recursos y sistemas silvopastorales quedarán excluidos de los criterios de elegibilidad de la nueva PAC.

Para complicarnos un poco más las cosas, las credenciales de modernidad y excelencia hacen estragos entre nosotros, pues ya no se trata solo de constatar las preferencias por *temas de mayor lucimiento y rentabilidad inmediata, dentro de la comunidad científica española*, que decíamos en nuestra Reunión de la SEEP en Granada (Montserrat *et al*, 2003), es que, prensas fáciles –como somos– de las llamadas a la modernidad, todo gestor “moderno” esté convencido de que debe distinguirse por su capacidad para tomar decisiones audaces y rápidas. Y eso, referido a gestión territorial, significa aspirar a hacerlo sobre grandes superficies y extensos recursos. Tales son los cánones que –piensa– acreditan su “excelencia”: los que le homologan con sus pares en Alemania, Inglaterra, o EEUU. Y, en tal contexto, no hay mucho lugar para los matices y las pequeñas escalas. Se propugnan actuaciones universales inmediatas y se esperan resultados rápidos (alcanzables, deseablemente, en plazos políticos electorales).

Pero la gran mayoría de nuestros sistemas agro-silvo-pastorales son mediterráneos y sus características contravienen tales expectativas: el medio natural impone –de natural– un mosaico de teselas y usos de pequeña escala, obliga a actuaciones muy diversificadas en el espacio y en el tiempo, requieren paciencia con los resultados, y prudencia en las expectativas. A tan inapelable realidad natural, y sin margen para las lamentaciones, se ajustaron las culturas rurales que nos precedieron: ese *mosaico cultural de agronomías integradas en el paisaje* del que nos han hablado autores nuestros (Villar y Montserrat, 1995). En definitiva, ese rico legado natural y cultural que hoy sabemos amenazado por la incidencia del despoblamiento en la conservación del paisaje, la biodiversidad, la calidad de vida, y la estabilidad demográfica: lo que nos habla de nuestra responsabilidad en la investigación y desarrollo de alternativas

viables, es decir, de compromisos científicos, técnicos, y de gestión, acordes con la trascendencia de unos problemas que nadie vendrá de fuera a estudiar por nosotros.

En relación con este estado de cosas, al menos, deberíamos comprender de una vez por todas que:

-Nuestros trabajos, estudios y decisiones afectan a sistemas seminaturales fuertemente ligados a las actividades del hombre; y que, si el hombre formó parte de las luces y de las sombras que históricamente acompañaron a la gestión del medio y de los recursos, el hombre habrá de seguir formando parte de las soluciones y alternativas a estudiar.

- Las recetas universales sólo valen para las aproximaciones globales a nuestros problemas, y que todo auténtico compromiso de transferencia requiere ajustar las respuestas a las características de cada realidad concreta: *piensa globalmente, pero actúa localmente* -dice un conocido adagio.

-Poco será lo que se pueda hacer al respecto sin una idea clara de cuáles son los elementos diferenciales que deberíamos hacer valer ante la Comisión Europea, ni sin articular una apuesta nacional clara en políticas comprometidas con nuestra realidad, por mucho que el localismo, las pequeñas escalas o los matices mediterráneos siga “penalizándonos” por su reducida proyección universal.

ALGUNAS CONSIDERACIONES MÁS

Respecto a la capacidad de respuesta a los retos actuales que todavía conservan nuestros agrosistemas meridionales, el INTERREG IIC Sur/PASTOMED: *Tradition et modernité du pastoralisme: reconnaissance de ses multiples rôles dans le développement durable des territoires méditerranéens*, que de 2004-07 agrupó a técnicos, científicos, académicos, y profesionales de Francia, Italia, Grecia, Portugal y España (Pastomed, 2007), dictaminó que:

La preservación y la gestión de los espacios naturales, la calidad y la seguridad de los productos alimentarios, y la salvaguardia del patrimonio cultural y territorial, forman parte de los objetivos de nuestro tiempo. La ganadería pastoral mediterránea tiene plena capacidad para responder a estos objetivos siempre y cuando las políticas públicas europeas, nacionales o regionales, les proporcionen las herramientas y los medios para su desarrollo e innovación (Memorándum del Interreg Pastomed, Marsella, 2 de Octubre del 2007).

Respecto al reconocimiento y retribución de los servicios agroambientales que prestan dichos sistemas rurales europeos: *Que los pagos agroambientales deben seguir desempeñando un papel destacado en el apoyo al desarrollo sostenible de las zonas rurales y responder a las demandas crecientes de servicios ambientales de la sociedad, promoviendo la aplicación de métodos de producción agrícola compatible con la protección y mejora del medio ambiente, el paisaje y sus características naturales y la diversidad genética. E implementan pagos directos al establecimiento de sistemas agroforestales* (FEADER, 2005).

Respecto al papel de la ganadería extensiva en la gestión del medio, la 4ª Reunión de Trabajo del Grupo de Sistemas Agroforestales de la Sociedad Española de Ciencias Forestales (Granada, 19-21/10/ 2011), hizo suyas las siguientes consideraciones (Robles et al, 2011):

– Que, en Europa, en un entorno rural como el nuestro, resultante de las acciones del hombre desde hace milenios, no es posible aspirar a objetivos de conservación de la naturaleza, el paisaje, o la biodiversidad ni a políticas de desarrollo rural, estabilidad demográfica o calidad de vida, subestimando la importancia de las practicas ganaderas extensivas en la conservación de nuestro patrimonio natural y cultural.

– Que los productos procedentes de la ganadería pastoral son muy fácilmente incorporables a los mercados agroecológicos y la certificación de productos con denominación de origen, constatándose una creciente valoración por parte de los consumidores, que justificaría un decidido apoyo de los poderes públicos (nacionales y locales) en favor de una mejor articulación de estos mercados, con mecanismos de distribución eficaces.

– Que el pastoreo controlado no sólo es una de las herramientas de tipo preventivo más valorada por técnicos, propietarios forestales e investigadores, sino que, potenciado su reconocimiento social por los servicios agroambientales que presta, colabora a mitigar la conflictividad histórica entre los diferentes agentes implicados en la gestión del medio natural.

– Que los principales obstáculos que encuentra la participación del pastoreo en las actuaciones de prevención de incendios son de carácter socioeconómico y político, cuando –sin embargo- en términos de costes estamos hablando de una herramienta complementaria, eficiente, y –en general- barata (en relación con los procedimientos mecánicos).

– Que uno de los principales retos que afronta todo Plan de Gestión del Medio Natural es el reconocimiento, valoración, e integración, de las externalidades y servicios que generan nuestros sistemas agrosilvopastorales a los objetivos de conservación, protección, desarrollo rural y calidad de vida

– Que la revitalización de la actividad pastoral está fuertemente lastrada por la percepción social existente, la alta exigencia horaria con baja remuneración y las dificultades de remplazo generacional y problemas de masculinización, requiriendo compromisos institucionales de:

- Fortalecimiento profesional, mediante iniciativas de formación y promoción del oficio de pastor
- Dotación de medios, infraestructuras, y tecnología de apoyo a su trabajo e información.
- Fomento del asociacionismo, reconocimiento social, promoción e la autoestima, y participación en órganos decisorios sobre la gestión del territorio.

E insta a los poderes públicos, al desarrollo de iniciativas que:

- Favorezcan la adquisición de conocimientos científicos sobre nuestros recursos agrosilvopastorales extensivos, su estado de conservación, vulnerabilidad, o amenaza, y su capacidad de explotación sostenible.
- Promuevan, a partir de tales conocimientos, iniciativas de transferencia a los ámbitos de gestión concernidos, y
- Aborden y articulen, en nuestro marco político, un Programa Nacional de Sistemas Silvopastorales

Por último, respecto a la definición de “pastos permanentes y criterios de elegibilidad” el European Forum on Nature Conservation and Pastoralism (EFNCP), junto con la SEEP y 85 entidades firmantes más (de 17 países europeos), llaman a la comprensión de las diferentes realidades de cada país (EFNCP, 2012), exponiendo que:

– Los criterios acerca del número de árboles permitidos y el tamaño de las coberturas o los mosaicos de matorral deben desaparecer de las normas y orientaciones comunitarias ya que no tienen ninguna justificación agronómica o ambiental

– El único criterio relevante es el uso ganadero de las tierras en cuestión y el mantenimiento de una vegetación que no se esté degradando

- Matorrales y árboles son compatibles con un uso pastoral de la tierra, no hay necesidad de una uniformidad de la pradera

- Lo que debería evitarse es el proceso de abandono, que se manifiesta por la matorralización y cierre gradual del paisaje.

- Es necesario un mecanismo de subsidiariedad, que dote a las autoridades nacionales de la competencia para utilizar los métodos de seguimiento y control. Y que tales controles deben estar adaptados a las realidades de cada entorno y sistema de producción, y no al revés.

Y proponen como redacción alternativa del Reglamento 1120/2009, la siguiente: *Pastos permanentes son tierras utilizadas para producir gramíneas u otros forrajes (espontáneas o sembradas), y que no han sido aradas o resebradas durante cinco años o más.*

¿CÓMO VAMOS A RESPONDER A LOS RETOS?

Difícil imaginarlo si siguen prevaleciendo: la falta de *sensación de urgencia*, que señala Heywood (2012); la tendencia a *discriminar protección ambiental y conservación del patrimonio*, que lamenta Emanuelsson (2009); la *complacencia* que denuncian Barnard y Thuiller (en Heywood, 2012) *-tocando la lira mientras Roma arde*; o los estragos de la *Burbuja de excelencia*, de la que nos habla Valdecantos (2013).

Continúa habiendo relevantes lagunas de conocimiento sobre las especies forrajeras de nuestra flora natural, su valor nutritivo, y su interés técnico en programas de mejora de pastos; las hay sobre metodologías de evaluación de la oferta de los pastos con apoyo de sensores remotos; los continúa habiendo sobre las interrelaciones pasto-herbívoro que juegan en la composición, dinámica y diversidad de las comunidades vegetales; las hay sobre compatibilidad entre pastoreo y otros usos y aprovechamientos del medio natural; seguirán urgiendo estudios sobre alternativas multifuncionales de gestión sostenible de nuestros agrosistemas; y sobre conservación de especies/espacios naturales protegidos, silvicultura preventiva frente a los riesgos de incendios, cambio climático, protección de nuestros recursos genéticos, razas rústicas, biodiversidad, y patrimonio rural, en los que las actividades de pastoreo ofrecen un largo etc. de sinergias y expectativas que todavía está por estudiar en este Siglo XXI. ¿Vamos a responder a algunos de estos retos?

Quedémonos con las esperanzas que –al menos sobre el papel– parecen alentar algunos de los últimos documentos nacionales e internacionales.

OPORTUNIDADES EN I+D

Respecto a la Estrategia Europea de Biodiversidad, la Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones (Bruselas, 03/03/2011) subraya, en diversas partes de su texto, que:

- La biodiversidad representa nuestro seguro de vida, nos da alimento, agua potable y aire limpio, abrigo y medicamentos, mitigando los desastres naturales, las epidemias y las enfermedades, y contribuyendo a regular el clima, prestando servicios ecosistémicos en provecho de nuestra economía, advirtiéndonos que pesa gravemente en su protección el crecimiento de la población, la escasa sensibilización social y el hecho de que el valor económico que representa no se refleja en los procesos de adopción de decisiones.

- La innovación basada en la naturaleza, así como las medidas de restauración de ecosistemas y conservación de la biodiversidad, pueden crear nuevas competencias, puestos de trabajo y oportunidades.

- La financiación de actividades de investigación en el Nuevo Marco Estratégico Común podría contribuir a subsanar las insuficiencias de conocimientos detectadas y facilitar la aplicación de políticas.

Destacando la importancia de:

- Aumentar todo lo posible las zonas agrarias de pastizales, tierras cultivables y cultivos permanentes sujetas a medidas de biodiversidad en el marco de la PAC, a fin de garantizar (...) la prestación de servicios agrosistémicos.

- La aplicación en 2020 de Planes de Gestión Forestal o instrumentos equivalentes, de manera acorde con la Gestión Forestal Sostenible, en todas las zonas de monte de titularidad pública (...) de modo que mejore mesurablemente el estado de conservación de las especies o hábitats que dependen de la silvicultura o estén afectados por esta en la prestación de servicios ecosistémicos.

En lo que titula “Todos somos parte”, la Comisión llama al compromiso, destacando que se fomentará:

- La colaboración entre los investigadores y otras partes interesadas que desempeñen su labor en las áreas de la ordenación y gestión territorial en la aplicación de estrategias de biodiversidad.

- La participación activa de la sociedad civil en todos los niveles de aplicación. Las iniciativas científicas ciudadanas, por ejemplo, constituyen un valioso

medio para recoger datos de calidad y a la vez movilizar a los ciudadanos para que participen en las actividades de conservación de la biodiversidad.

Articulándolo a través de uno conjunto de objetivos de los que extraemos:

- Objetivo: “Mantenimiento y Restauración de los Ecosistemas y sus servicios”:

▪ Los estados miembros (...) cartografiarán y evaluarán el estado de los ecosistemas y sus servicios en sus respectivos territorios no más tarde de 2014, calcularán el valor económico de dichos servicios y promoverán la integración de este valor en los sistemas de contabilidad e información a nivel nacional y europeo no más tarde del 2020. Objetivo “Contribución de la Agricultura y la Silvicultura al mantenimiento y mejora de la biodiversidad”

▪ La Comisión propondrá que los pagos directos de la PAC retribuyan la prestación de bienes medioambientales públicos más allá de la condicionalidad (por ejemplo, pastizal permanente, cubierta vegetal, rotación de cultivos, barbecho ecológico, Natura 2000).

▪ La Comisión y los Estados miembros crearan mecanismos para facilitar la colaboración entre agricultores y silvicultores, a fin de facilitar la continuidad de los elementos paisajísticos, la protección de los recursos genéticos y otros mecanismos de colaboración que protejan la biodiversidad. Los Estados miembros y la Comisión fomentarán mecanismos innovadores (por ejemplo pago por servicios ecosistémicos) con objeto de financiar el mantenimiento y restauración de los servicios ecosistémicos que proporcionan los montes multifuncionales.

Finalmente, en este apartado de la ponencia, que intenta (cómo hemos dicho) “alentar algunas esperanzas” sobre el siempre incierto apoyo de nuestra política científica a los retos que ha de afrontar la investigación de nuestros sistemas y recursos silvopastorales, indiquemos la recientemente aprobada Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación (Ministerio de Economía y Competitividad) cuando señala que:

- No es posible entender el proceso de generación de conocimiento y de sus aplicaciones sin tener en cuenta las cuestiones y problemas de nuestra sociedad.

- Lo que define las actuaciones a ejecutar no es el sector o la disciplina en la que los agentes responsables de la ejecución se clasifican, sino el problema o el

reto al que las actividades de I+D+i a desarrollar pretenden dar respuesta, teniendo en cuenta que el fin último es procurar a medio y largo plazo la obtención de retornos sociales

- El proceso de transformación del conocimiento científico y técnico en bienestar social es complejo, no responde a modelos lineales fácilmente predecibles y exige la intervención de agentes con capacidades y habilidades claramente diferenciadas.

- Se trata de trascender las fronteras establecidas entre la investigación científica, el desarrollo y la innovación, muchas de ellas resultado de un artificial enfrentamiento y diferenciación fruto de la naturaleza de los agentes responsables de la ejecución de las distintas actividades de I+D+i.

- La desertificación, los incendios forestales, la erosión y empobrecimiento de los suelos, la reducción de los recursos de agua dulce y la progresiva salinización de las reservas de agua, junto con la contaminación, la sobreexplotación y la pérdida de biodiversidad, son señales inequívocas de que es urgente contar con actividades que ayuden a hacer un uso eficiente de los recursos naturales y que aseguren la integridad medioambiental como factor de competitividad y desarrollo socioeconómico del país.

- La historia y los recursos y culturas locales y el patrimonio poseen un valor esencial en la construcción de las identidades y los valores comunes, por lo que la investigación en humanidades es una pieza clave en la construcción de valores ciudadanos, en el aprendizaje de la propia historia y en la identificación de soluciones ante los retos de la sociedad. de ahí que sea fundamental promover la investigación, el desarrollo y la innovación aplicadas a la conservación y la sostenibilidad del importante patrimonio artístico, arqueológico, histórico, cultural y social de nuestro país y su contribución al desarrollo social y económico de los territorios.

- La realidad territorial -regional y local- constituye un elemento crucial que determina la promoción del desarrollo económico y social, propicia o inhibe la competitividad de las pequeñas y medianas empresas y condiciona la capacidad de respuesta frente a los desafíos de la globalización.

Se diría que estamos ante una nueva oportunidad. Considerémoslo así. Pensar que no es así, que nuevamente todo va a cambiar para que todo siga igual, nos conduce a las dos citas iniciales: a la vacuidad de la que nos previenen A. Escarré y

A. Valdecantos, y a la autocrítica que generosamente comparte P. Montserrat con nosotros.

Margalef -nos dice Terradas (2005)- consideraba que *el hombre debe cambiar su estrategia parasitaria sobre la Biosfera (...) y pasar a gestionar a su huésped, como hacen los parásitos con un único huésped, transformar la relación en simbiótica*. Me atrevería a pensar que, al hilo de esta ¿crisis? que tanto nos ocupa, tenemos una cierta oportunidad para ello. Quizás no haya tantas cosas que cambiar. Seguramente bastaría con preguntarnos ¿qué podemos aportar a los retos que nos presenta la gestión de unos recursos y sistemas fuertemente amenazados por nuestro alejamiento urbano, las modas en I+D, o nuestro modesto peso en las decisiones europeas?, en lugar de esperar a ver qué nos llega de la PAC, qué nos puede beneficiar, o que podemos aprovechar de los credenciales globales de “¿excelencia”?

De nuevo Terradas (1999) nos ofrece una reflexión al respecto, señala: *el camino hacia la sostenibilidad requiere la construcción de nuevas aproximaciones científicas en las que se franqueen los muros que separan a muchas disciplinas. (...) aunar los esfuerzos de ecólogos, economistas, filósofos, sociólogos y gestores, entre otros.*, en definitiva, un esfuerzo de interacción *entre ciencias que actualmente se ignoran*. Y eso es algo que nuestras reuniones de la SEEP siempre han logrado concitar: nos reúne una vez al año y desde las más dispares líneas de I+D nos permite de mantener un ámbito de reunión en el que prevalece la empatía. Bastaría con proyectar todo esto en nuestros compromisos colectivos ante los retos.

Quizá al lector que llegue a este texto desde vivencias muy alejadas de nuestra realidad rural, le haya parecido que apenas hemos hablado de lo que nos tocaba hablar: nuestros Sistemas y Recursos Silvopastorales. Pero –en realidad- no hemos hecho otra cosa que hablar de ellos desde el primer momento. Hoy más del 60% de nuestra SAU esta en diferentes categorías de zonas desfavorecidas de la PAC y su puesta en valor ocupa algunos de los siguientes frentes: espacios naturales protegidos, reforestación de tierras agrarias, o formulas promisorias de agricultura ecológica (prefiero obviar su eventual reclasificación como espacio urbanizable). En los tres frentes encuentran sentido las alternativas silvopastorales: en el primero, porque (aunque pocas veces se dice) la práctica totalidad de nuestros espacios naturales protegidos, o son o encierran amplias zonas de pastoreo tradicional; en el segundo porque gran parte de nuestra silvicultura, ¡muy relevantemente la

silvicultura mediterránea! sólo se puede entenderse bajo paradigmas de usos múltiple, y en ellos las actividades silvopastorales tienen un papel importante, incluso bajo fórmulas de silvicultura preventiva contra el fuego que no he desarrollado en la ponencia: Respecto al tercero creo innecesario pormenorizar la cantidad de aspectos que tiene que ver con productos ecológicos, denominaciones de origen, razas locales, mercados de proximidad, etc. Obvio igualmente aquí multitud de consideraciones sobre aspectos de nuestro acervo colectivo cultural que pueden consultarse en la obra *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio*. Ella nos recuerda (lo hemos señalado ya) que nuestros ecosistemas *son el resultado de la coevolución secular, incluso milenaria, de sus características biofísicas y culturales, de manera que su valor de conservación está estrechamente ligado a sus modelos tradicionales de explotación agro-silvo-pastoral*.

Concluyo este texto con una viñeta de Forges. Con el humor que le caracteriza, la viñeta nos habla mucho mejor que muchas de las líneas de este texto sobre la cualificación de nuestros interlocutores pastorales, algo que no deberíamos subestimar, a las puertas de una situación que nos demandará -cada vez más- establecer alianzas.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE. JUNTA DE ANDALUCÍA, (2011) AN+20: El desafío de la Gestión de los Espacios Naturales de Andalucía en un mundo cambiante: una cuestión de valores. http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/portada/Destacados/banners/2010/an20_borrador.pdf.
- COLINVAUX, P., (1983) *Por qué son escasas las fieras*. Madrid. España. H. Blume.

- DUARTE, C. M., (2006) *Cambio global: impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Madrid. España. CSIC.
- EHRlich, R., HOLDREN, P. & HOLM, W.R.. (1979) *El Hombre y la Ecosfera*. Barcelona. España. Scientific American.
- EMANUELSSON, U. (2009) *The Rural Landscapes of Europe: How Man has Shaped European Nature*. Sweden. The Swedish Research Council Formas
- ESCARRÉ, A. (2005). Prologo de la obra *El monte mediterráneo en Andalucía*. Sevilla.. España. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- EFNCP (2012) *Apoyo a los ganaderos que mantienen los territorios pastorales europeos. Modificación de las normas de la PAC sobre pastos permanentes*.
http://www.efncp.org/download/EFNCP-permanent-pasture-leaflet_Spanish.pdf.
- FEADER (2005) *Reglamento (CE) n °1698/2005. Diario Oficial de la Unión Europea*.
<http://www.boe.es/doue/2005/277/L00001-00040.pdf>
- FUNDACIÓN BIODIVERSIDAD (2001) *Evolución de los ecosistemas del milenio*.
<http://www.ecomilenio.es/informe-de-resultados-eme/1760>. MARM. Madrid.
- HEYWOOD, H.V. (2012) ¿Cuál es el futuro de la biodiversidad? *Ambient@*, 101, 20-40.
- LIVIO, M, (2008) *La proporción Aurea*. Barcelona. España. Col. Booket. Ed. Ariel. Planeta.
- LOREAU, M. (2005) Entrevista de J. M. Martí Font al autor: presidente del Comité Científico de la Conferencia Internacional sobre Biodiversidad. *Diario EL PAIS*, 30/01/2005.
- MAPA (1990) *Aplicaciones de la PAC en España*. Madrid. España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- MCLUHAN, M. Y FIORE, Q. (1992) *El medio es el mensaje*. Barcelona. España. Paidós Ibérica.
- MINECO (2013) *Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación 2013-2020*.
<http://icono.fecyt.es/estrategias/Documents/Avance%20Estrategia%20Espanola%20Ciencia-Tecnologia%20e%20Innovacion%202013-2020%20vf.pdf>
- MONTSERRAT, P. (1999) Causas de mi fracaso como pastólogo. En: Ferrer, C. et al. (Eds), *Actas de la XXXIX Reunión Científica de la SEEP*, 113-114 pp. SEEP. Almería. España.
- MONTSERRAT, P., ZORITA, E. Y GONZÁLEZ REBOLLAR, J.L. (2003) A modo de Epilogo. En *Pastos, Desarrollo y Conservación*. .Consejería de Agricultura. Junta de Andalucía. Sevilla
- NOVAS, A. (1989) *El sector forestal y la CEE*.Serie Comunidad Económica Europea. ICONA. Madrid.
- ONU (1992) Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Cumbre para la Tierra).
<http://www.un.org/es/development/devagenda/sustainable.shtml>
- PASTOMED (2007) *El pastoreo mediterráneo, una pieza clave para el desarrollo sostenible de nuestros territorios*. Maison Régional de l'Elevage. Manosque (Francia).
- ROBLES A.B., RUÍZ-MIRAZO J., GONZÁLEZ-REBOLLAR (2011) Consideraciones y conclusiones finales. En: Silva pando, J. *El papel de la ganadería extensiva en la selvicultura preventiva y la gestión del medio natural*. Cuadernos SECF, 33,155-157. Madrid. España.

- TERRADAS, J. (1999). Reflexiones para una transición: del estado del bienestar al futuro. En: GONZALEZ ALONSO, S. (Ed) *Homenaje al Dr. Ángel Ramos Fernández (1926-1998)*, pp 253-271. Madrid. España. Ed. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; Academia de Ingeniería y ETSIM.
- TERRADAS, J. (2005) Sabía Ramón Margalef de Medio Ambiente, *Ecosistemas*, 14 (1), 62-65.
- VALDECANTOS, A (2013) *La burbuja Universitaria*. http://elpais.com/elpais/2013/01/17/opinion/1358431523_646350.html
- VARELA, F. (2004). *A Ulfe: socioloxía dunha comunidade rural galega*. Santiago de Compostela. España. Sotelo Blanco.
- VILLAR, L. Y MONTSERRAT, P. (1995) Función del pasto en los espacios naturales protegidos y su entorno. En: *Actas de la XXXV Reunión Científica de la SEEP*, pp 9-12. Tenerife. España. SEEP.
- ZORITA, E (1995) Los sistemas pastorales y la conservación de la naturaleza en la España peninsular. Una perspectiva histórica. En: Revuelta, J. F. y Cañón, F. (Eds) *Ciencias Veterinarias: Sistemas extensivos de producción de rumiantes en zonas de montaña*, vol. 13: pp. 13-39. Madrid. España. Consejo General de Colegios Veterinarios de España.

ANÁLISIS DEL POTENCIAL PRODUCTIVO DE LOS PASTOS DEL ÁREA DE ESQUÍ DE LA ESTACIÓN DE PANTICOSA (HUESCA) Y SU CAPACIDAD SUSTENTADORA DE GANADO

Livestock Carrying Capacity of Pastures in the Panticosa Ski Station
(Huesca, Spain)

O. BARRANTES¹, R. REINÉ², A. BROCA¹ y C. FERRER¹

Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Universidad de Zaragoza.

¹Facultad de Veterinaria. C/ Miguel Servet, 177. 50013 Zaragoza. ²Escuela Politécnica Superior. Ctra de Cuarte s/n. 22071 Huesca. olivia.barrantes@unizar.es

Resumen: Se presenta un estudio de las 227 ha de pastos de puerto donde se asientan las pistas de esquí de la estación de Panticosa (Huesca), basado en la caracterización de las unidades de vegetación, cartografía y planimetría de las mismas y valoración de la carga ganadera potencial. Conviene que la hierba llegue bien pastada al invierno porque la nieve se sujeta mejor, evitando fusiones tempranas y aludes. Las unidades establecidas y los datos de superficie (ha) y de cargas ganaderas admisibles (UGM ha⁻¹) son: *Mesobromion* (117 y 1,67), *Festucion eskiae* (65 y 0,83), *Nardion strictae* (23 y 0,64), *Primulion intricatae* (11 y 1,63), *Festucion gautieri* (9 y 0) y "pastos higrófilos con nitrofilia" (2 y 0,38). La capacidad ganadera teórica del área estudiada es de 282 UGM verano⁻¹, cifra que coincide prácticamente con el uso real actual del ganado, lo que implica un excelente ajuste entre los recursos disponibles y las necesidades de los animales.

Palabras clave: fitosociología, cartografía, planimetría, rendimiento, calidad del forraje.

Resumen: We present a study of the 227 ha of mountain pastures, where the ski station of Panticosa is settled, based on the characterization of vegetation units, cartography and planimetry of them and evaluation of livestock carrying capacity. It would be desirable that the grass arrives to winter well grazed, because snow is better kept on the grass, avoiding early fusions and avalanches. The established units, the surfaces (ha) and the carrying capacities (AUha⁻¹) are, respectively: *Mesobromion* (117 and 1.67), *Festucion eskiae* (65 and 0.83), *Nardion strictae* (23 and 0.64), *Primulion intricatae* (11 and 1.63), *Festucion gautieri* (9 and 0) and "hygrophilous pastures with nitrophilous conditions" (2 and 0.38). The theoretical livestock carrying capacity of the studied area is 282 AU summer⁻¹, number that matches the actual current livestock use, which implies an excellent fit between available resources and animal needs.

Key words: phytosociology, cartography, planimetry, yield, forage quality.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo ha sido realizado en el ámbito de un Proyecto financiado por el Grupo ARAMÓN en el que han intervenido dos equipos de investigación, uno del CITA (Gobierno de Aragón) y otro de la Universidad de Zaragoza. El área de estudio es de pastos de puerto, con pastoreo estival de vacuno y equino, que el resto del año utiliza los prados de fondo de valle (pastando o estabulado con heno) o hace trasterminancia a pastos leñosos del Prepirineo. Conviene compatibilizar las actividades de esquí con las pastorales porque la hierba corta (pastada) sujeta mejor la nieve; por el contrario, la hierba larga (mal pastada) forma un “colchón” que retiene aire y adelanta la fusión de la nieve; además, en la época de deshielo se comporta como un “plano de deslizamiento” de la nieve, lo que facilita incluso la formación de aludes (Ferrer, 1992). Hemos valorado la capacidad ganadera estival de estos pastos con el fin de fomentar una explotación pastoral que elimine el máximo de biomasa herbácea.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se ha realizado en los pastos de puerto donde se asientan las pistas de esquí de la estación de Panticosa (Pirineo de Huesca), a una altitud de 1550 a 2100 msnm y con una superficie de 227 ha. Para evaluar los recursos pastorales de esta área se ha realizado, en primer lugar, una caracterización de las unidades de vegetación en que se fragmenta el tapiz vegetal y la cartografía y planimetría de cada una de ellas. Después, cada una de estas unidades se ha valorado con respecto a su uso ganadero: producción, calidad, eficiencia y rehúso de la oferta de pasto, estacionalidad, especies ganaderas más adecuadas, limitaciones al pastoreo, etc. A partir de la superficie que ocupa cada unidad y de su valoración pastoral se ha calculado la carga ganadera potencial o teórica durante el pastoreo de verano.

Para la caracterización de unidades de vegetación se utilizó el método fitosociológico de Zürich-Montpellier, mediante inventarios florísticos en un “muestreo preferencial” (Braun-Blanquet, 1979), dado el conocimiento previo de los tipos de vegetación de la zona (Ferrer, 1981). Establecimos 22 inventarios (uno por cada 10,3 ha de media), aplicando a cada especie el índice de “abundancia-dominancia”. Los inventarios se georreferenciaron mediante GPS y en cada uno de ellos se midió también la pendiente (clinómetro), la orientación (brújula) y la altitud (GPS). Posteriormente los inventarios se adscribieron a Alianzas fitosociológicas.

Para la cartografía de los pastos se contó con las siguientes capas de información digital: ortofotografías en color a escala 1:5000, vuelo del año 2000 (<http://sitar.aragon.es>); Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000 del Centro Nacional de Información Geográfica (<http://www.cnig.es/>); Mapa de curvas de nivel a escala 1:5000 (<http://sitar.aragon.es>); y Mapa litológico (<http://oph.chebro.es/ContenidoCartoGeologia.htm>). A partir del mapa de las curvas de nivel, se obtuvo el Modelo Digital del Terreno mediante el software ArcGis 9.3.1, derivando mapas de altitudes, orientaciones y pendientes. Los 22 inventarios se localizaron en el mapa y a partir de ellos se realizaron interpolaciones sucesivas mediante el módulo de ArcGis “3D Analyst”-“Interpolate to raster”-método IDW (“Inverse Distance Weighted”). El resultado de cada interpolación se examinó, analizando el ajuste de los polígonos obtenidos a las condiciones ecológicas refrendadas por nuestro conocimiento experto, bibliografía y comprobaciones de campo: topografía (altitud, pendiente, orientación, cumbre, depresión, vaguada), litología, afloramientos rocosos, derrubios, aspecto de la vegetación en la fotografía aérea, abrevaderos, etc. El proceso fue iterativo hasta obtener los polígonos que mejor se ajustaron al trabajo de campo y de fotointerpretación y a las condiciones ecológicas mencionadas anteriormente.

Para el cálculo de la carga ganadera admisible en cada tipo de pasto se ha partido de la producción total u “oferta” ($\text{kgMS ha}^{-1}\text{verano}^{-1}$) en puertos pirenaicos (Ferrer et al., 1978 y 1991) y de su Valor Pastoral (VP) (Daget y Poissonet, 1972). La Frecuencia específica (Fs) se ha calculado transformando los índices de abundancia-dominancia a porcentajes (Van der Maarel, 1979): $+ = 0,1\%$, $1 = 5\%$, $2 = 17,5\%$, $3 = 37,5\%$, $4 = 62,5\%$ y $5 = 87,5\%$. La Contribución específica (Cs) se ha calculado a partir de la Fs y del porcentaje de suelo desnudo (SD): $Cs = Fs (100 - SD) / \sum Fs$. Finalmente, el $VP = 0,2 \sum Cs * Is$, donde Is es el Índice específico, que cualifica empíricamente a cada especie entre 0 y 5 (base de datos de los autores). Con el VP hemos determinado la “eficiencia del pastoreo” (Ep), o porcentaje de la hierba ofertada que realmente es consumida en pastoreo: $Ep (\%) = 1,874 * VP$ (Ferrer et al., 1991). La “producción utilizable” es la “oferta” ($\text{kgMS ha}^{-1}\text{verano}^{-1}$)*Ep(%). La calidad, expresada en Unidades forrajeras (UF kgMS^{-1}) se ha obtenido de Ferrer et al. (1978, 1991), Ascaso et al. (1991) y Ascaso y Ferrer (1993), aplicándola a la “producción utilizable” ($\text{kgMS ha}^{-1}\text{verano}^{-1} * UF \text{kgMS}^{-1}$). Por otro lado, dado que una Unidad de Ganado Mayor (UGM) equivale a 3000 UF año^{-1} , y que el ganado

permanece en el puerto unos 120 días (1/3 del año), el consumo teórico en él sería de $3000 \text{ UF} / 3 = 1000 \text{ UF UGM}^{-1}$. De este modo, la carga ganadera admisible en cada uno de los tipos de pastos se ha calculado en $\text{UGM ha}^{-1}\text{verano}^{-1} = \text{UF ha}^{-1}\text{verano}^{-1} / 1000$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se han diferenciado seis comunidades fitosociológicas, asociadas a determinadas condiciones ecológicas: *Mesobromion* con colores de vegetación intensos y, preferentemente, a bajas altitudes ya en contacto con el bosque o los prados de siega; *Festucion eskiae* en laderas de elevada altitud y pendiente y vegetación preferentemente rala; *Nardion strictae* en depresiones o vaguadas; *Primulion intricatae* al pie de cantiles calizos y con encalado natural; *Festucion gautieri* sobre derrubios calizos y con una baja cobertura del suelo; y pastos higrófilos con nitrofilia en una pequeña depresión alrededor de un abrevadero. La cartografía se presenta en Figura 1, y la superficie de cada unidad se muestra en la Tabla 1.

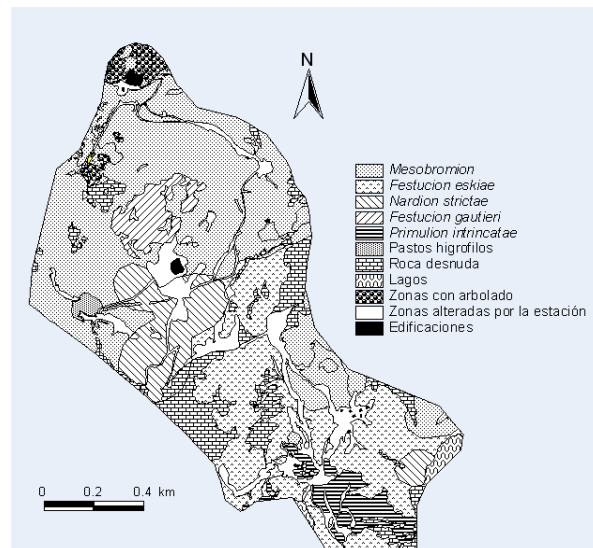


Figura 1. Cartografía de los tipos de pastos donde se asientan las pistas de la estación de esquí de Panticosa.

Los pastos de Mesobromion se asientan sobre sustrato calcáreo en las zonas más bajas del puerto, presentan una cobertura total del suelo y una alta diversidad. Ocupan 117 ha (Tabla 1), el 51,6% de la superficie estudiada. Según Ferrer *et al.* (1978), su manejo óptimo implica dos pastoreos durante el verano, uno

de finales de junio a mediados de julio, antes de ir a pastos más altos, y otro a finales de septiembre (si no hay agostamiento por falta de lluvias estivales), cuando el ganado ya va bajando hacia el valle, totalizando una “oferta” media de 4531 kgMS ha⁻¹ verano⁻¹. El VP medio obtenido en este trabajo es de 30,6, muy semejante a los datos para este tipo de pastos: 33 (Ferrer *et al.*, 1991) o 31 (Ascaso y Ferrer, 1993) y la carga ganadera calculada ha sido de 1,67 UGM ha⁻¹verano⁻¹ (Tabla 1).

Tabla 1. Superficie, potencial productivo y capacidad sustentadora de ganado de los tipos de pastos donde se asientan las pistas de la estación de esquí de Panticosa.

	MB	FE	NS	PI	FG	PH	Media	Total
Superficie (ha)	117	65	23	11	9	2	-	227
Superficie (%)	51,6	28,6	10,1	4,8	4	0,9	-	
Producción total (PT) (kgMS ha ⁻¹ verano ⁻¹)	4531 ⁽¹⁾	3534 ⁽¹⁾	2383 ⁽¹⁾	3258 ⁽¹⁾	0 ⁽¹⁾	2086 ⁽²⁾	2632	
Valor Pastoral (VP)	30,6	20	20,6	33,5	2,6	15,5	20,5	
Eficiencia del pastoreo (Ep) (%) ⁽³⁾	58,5	39	39,8	64	0	30,2	38,6	
Producción utilizable (PU) (kgMS ha ⁻¹ verano ⁻¹) ⁽⁴⁾	2651	1378	948	2085	0	630	1282	
Calidad (UF kgMS ⁻¹)	0,63 ^(1,5,6)	0,60 ⁽¹⁾	0,68 ⁽¹⁾	0,78 ⁽¹⁾	-1	0,60 ⁽²⁾	0,66	
Energía utilizable (EU) (UF ha ⁻¹ verano ⁻¹) ⁽⁷⁾	1670	827	645	1626	0	378	858	
Carga ganadera (CG) (UGM ha ⁻¹ verano ⁻¹) ⁽⁸⁾	1,67	0,83	0,64	1,63	0	0,38	0,86	
Carga admisible total (CAT) (UGM verano ⁻¹) ⁽⁹⁾	195,4	53,4	14,7	17,8	0	0,7	-	282
Carga ganadera media ponderada (CGM) (UGM ha ⁻¹ verano ⁻¹) ⁽¹⁰⁾								1,24

MB: *Mesobromion*. FE: *Festucion eskiae*. NS: *Nardion strictae*. PI: *Primulion intricatae*. FG: *Festucion gautieri*. PH: Pastos higrofilos. (1) Ferrer *et al.* (1978). (2) Ferrer *et al.* (1991). (3) Ep (%) = 1,874*VP (Ferrer *et al.*, 1991). (4) PU (kgMS ha⁻¹ verano⁻¹) = PT (kgMS ha⁻¹ verano⁻¹)*Ep (%). (5) Ascaso *et al.* (1991). (6) Ascaso y Ferrer (1993). (7) EU (UF ha⁻¹ verano⁻¹) = PU (kgMS ha⁻¹ verano⁻¹) * UF kgMS⁻¹. (8) CG (UGM ha⁻¹ verano⁻¹)=PU (UF ha⁻¹ verano⁻¹)/1000. (9) CAT (UGM verano⁻¹) = Superficie (ha)*CG (UGM ha⁻¹ verano⁻¹). (10) CGM (UGM ha⁻¹ verano⁻¹) = Σ CGT (UGM verano⁻¹)/Σ Superficie total (ha)= 282/227.

Los pastos de *Festucion eskiae* se encuentran generalmente a partir de 1900 msnm, en laderas con pendiente de hasta 30° y sobre sustratos silíceos. Se caracterizan por la dominancia de *Festuca eskia*, gramínea de hojas punzantes que consolida suelos deslizantes y dificulta la soliflucción (Ferrer, 1981), originando formas periglaciares de aspecto escalonado. Ocupan 65 ha (Tabla 1), el 28,6% de la superficie total. Según Ferrer *et al.* (1978) su aprovechamiento óptimo implica un pastoreo temprano (mejor por caballos) a mediados de julio, totalizando una “oferta” media de 3534 kgMS ha⁻¹verano⁻¹ (Tabla 1). El VP medio obtenido es de 20,0,

coincidiendo exactamente con el dado a estos pastos por Ferrer *et al.* (1991), y la carga ganadera calculada ha sido de 0,83 UGM ha⁻¹verano⁻¹ (Tabla 1).

Los pastos de *Nardion strictae* se asientan en superficies subhorizontales, formando un césped muy denso y con cobertura total del suelo. Ocupan 23 ha (Tabla 1), el 10,1% de la superficie total. Según Ferrer *et al.* (1978) su aprovechamiento óptimo implica tres pastoreos, totalizando una “oferta” media de 2383 kgMS ha⁻¹verano⁻¹ (Tabla 1): el primero, temprano e intenso, en junio y mejor con equino, para despuntar el *Nardus stricta* y provocar un rebrote menos duro; el segundo en julio; y el tercero, un pastoreo también intenso a final del verano para rebajar al máximo la talla de la hierba y evitar los restos de *N. stricta*, que se descomponen mal y bajo el manto de nieve invernal forman un “colchón” que facilita la fusión temprana de la nieve. El VP medio obtenido en este trabajo es de 20,6, semejante al de 24 (Ferrer *et al.*, 1991) y la carga ganadera calculada es 0,64 UGM ha⁻¹verano⁻¹ (Tabla 1).

Los pastos de *Primulion intricatae*, situados en las partes altas de laderas orientadas al norte, al pie de una Sierra cretácica, tapizan depresiones sobre derrubios calizos y están bien provistas de agua. Es un césped tupido y de pequeño porte que destaca por su intenso color verde, ocupando sólo 11 ha (Tabla 1), el 4,8% de la superficie total. Son pastos de excelente calidad y buena capacidad de rebrote y según Ferrer *et al.* (1978), su manejo óptimo se consigue con tres pastoreos a lo largo del verano, en julio, agosto y septiembre, totalizando una “oferta” media de 3258 kgMS ha⁻¹verano⁻¹ (Tabla 1). Por su ubicación en zonas altas y por su pequeño porte, son pastos preferentemente de ovino y, en cambio, poco atractivos para el vacuno. El VP medio obtenido en este trabajo es 33,5, el máximo encontrado en estos pastos, y la carga ganadera calculada es 1,63 UGM ha⁻¹verano⁻¹ (Tabla 1).

Los pastos de *Festucion gautieri* tapizan pendientes inestables sobre derrubios calizos, estando dominados por *Festuca gautieri*, una gramínea basta y punzante, que retiene los suelos en escalones con forma de media luna. El recubrimiento del suelo es sólo de un 35% y, además, debido a la percolación rápida del agua entre los derrubios, la hierba tiende a secarse muy pronto con el avance del verano. Ocupan sólo 9 ha (Tabla 1), el 4% de la superficie total. El escaso recubrimiento y el bajo valor de la *F. gautieri* determinan un VP prácticamente nulo: 2,6. Por ello, y porque se trata de zonas de pendientes inestables, sería deseable impedir el paso del ganado por ellas, tanto por el alto riesgo de erosión como para dejar fructificar a las leguminosas y favorecer así su autorresiembrá, con la finalidad

de aumentar a medio y largo plazo el recubrimiento vegetal del suelo (Ferrer *et al.*, 1978), condición necesaria para una buena retención de la nieve durante la época de esquí. Consecuentemente, a los pastos de esta comunidad les hemos dado un valor cero (Tabla 1).

Pastos higrófilos con nitrofilia. Se trata de una pequeña depresión de tan solo 2 ha (el 0,9% de la superficie total) con un abrevadero. La concentración de ganado ha propiciado una vegetación nitrófila, con especies de *Rumici-Chenopodietum boni-henrici* y de *Polygonium avicularis*, pero las fugas de agua del abrevadero han originado un encharcamiento permanente, con formación de suelos turbosos y la entrada de *Carex nigra*, una especie característica de pastos higrófilos de *Caricion nigrae*, que ya presenta una cobertura del 30% del suelo. En pleno verano, con agostamiento de otros pastos, esta comunidad húmeda y de intenso color verde atrae al ganado que, aunque rechaza el cárice dominante (excepto el ganado caballar), consume otras especies acompañantes. Su aprovechamiento sería por tanto preferentemente en agosto. El VP obtenido en este trabajo es de 15,5, coincidiendo prácticamente con el valor de 16 dado por Ferrer *et al.* (1991) para pastos de *Caricion nigrae*, y la carga ganadera calculada es 0,38 UGM ha⁻¹verano⁻¹ (Tabla 1). Pero debe considerarse que el pisoteo del ganado puede producir daños importantes en los suelos, por lo que convendría reparar las fugas de agua del abrevadero y devolver al pasto el carácter inicial, posiblemente una comunidad de *Nardion strictae*.

Con la valoración y la planimetría de todos los tipos de pastos (Figura 1), la carga teórica total de estos pastos (Tabla 1) es de 282 UGM verano⁻¹ (1,24 UGM ha⁻¹verano⁻¹), que coincide exactamente con la encontrada por Casasús *et al.* (2012) mediante un seguimiento del uso real del espacio por el ganado, durante el verano de 2011. Ello implica un excelente ajuste entre los recursos disponibles y las necesidades de los animales, si bien el manejo real del ganado no coincide con las recomendaciones establecidas por nosotros.

CONCLUSIONES

Se demuestra la adecuación de la metodología utilizada, basada en hipótesis teóricas, con la que se ha llegado a una valoración ganadera de los pastos estudiados coincidente con la “verdad-terreno”: el ganado que actualmente aprovecha los pastos que sirven de base a las pistas de esquí se adecua a su potencial productivo. Con ello, la hierba llega bien consumida al invierno y, como se ha dicho, la nieve se sujeta

mejor, evitando fusiones tempranas y aludes. Pero, para mejorar el manejo ganadero en cada uno de los tipos de pastos (época/s de pastoreo, especie ganadera adecuada, exclusiones al pastoreo, etc.) deberían establecerse, sobre el mapa presentado, rutas y rotaciones, ubicación de abrevaderos y saladeros, líneas de pastor eléctrico, etc., evitando el pastoreo actual, demasiado libre y disperso.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el ámbito del Proyecto “Bases técnicas para el manejo de los pastos en la estación de esquí de Panticosa” (PCTAD-089-10AC2, 2011) y ha sido financiado por Panticosa Turística S.A. (Grupo ARAMÓN) mediante un convenio entre ARAMÓN, el Centro de Investigación y Tecnología Agraria y Agroalimentaria (CITA), la Universidad de Zaragoza y el Parque Científico Tecnológico Agroalimentario Aula Dei.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASCASO J., FERRER C., MAESTRO M., BROCA A. Y AMELLA A. (1991) Producción y calidad de pastos de montaña (Pirineo Central) de alto valor pastoral. *Actas de la XXXI Reunión Científica de la SEEP (Murcia)*, 241-248.
- ASCASO J. Y FERRER C. (1993) Valoración agronómica de los pastos de puerto del Valle de Benasque (Pirineo). Clasificación, valor forrajero y carga ganadera. *Pastos* 23 (2), 99-127.
- BRAUN-BLANQUET J. (1979) *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Madrid, España: H. Blume Ediciones, 820 pp.
- CASASÚS I., RODRÍGUEZ J.A. Y SANZ A. (2012) Estudio de las pautas de aprovechamiento real de los pastos del área de Aramón-Panticosa. En: Casasús I. (Ed.) *Bases técnicas para el manejo de los pastos en la estación de esquí de Panticosa*, pp. 65-84. Zaragoza, España. Informe CITA, Univ. de Zaragoza, PCTA Aula Dei.
- DAGET P. Y POISSONET J. (1972) Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des pâturages. *Fourrages* 49, 31-39.
- FERRER C. (1981) *Estudio geológico, edáfico y fitosociológico de la zona de pastos del Valle de Tena*. Zaragoza, España: Institución Fernando el Católico, 304 pp.
- FERRER C. (1992) Los pastos del Pirineo Central y su explotación ganadera. *El Campo* 124, 41-45.
- FERRER C., AMELLA A. Y MAESTRO M. (1978) Valoración de los pastos de puerto de los Valles de Tena y Canfranc. En Ocaña M. (Ed) *Ensayo de planificación ganadera en Aragón. Estudio del ecosistema pastoral del Pirineo Aragonés y planificación técnico-económica de su explotación*, pp. 111-142. Zaragoza, España: Institución Fernando el Católico.
- FERRER C., ASCASO J., MAESTRO M., BROCA A. Y AMELLA, A. (1991) Evaluación de pastos de montaña (Pirineo Central): fitocenología, valor pastoral, producción y calidad. *Actas de la XXXI Reunión Científica de la SEEP (Murcia)*, 189-196.
- VAN DER MAAREL E. (1979) Transformation of cover-abundance values in Phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio* 39 (2), 97-114.

ENSAYO DE CULTIVOS HERBÁCEOS CON FINES CINEGÉTICOS EN LA MARINA DE LLUCMAJOR (MALLORCA)

Suitability of Different Herbaceous Crops for Hunting Species in the
Marina de Lluçmajor (Mallorca)

J. FRONTERA¹, B. SEGUÍ², J. GULÍAS¹ y J. CIFRE¹

¹ Grupo de Investigación en Biología de las Plantas en Condiciones Mediterráneas UIB. Carretera de Valldemossa, km. 7,5 07122 Palma de Mallorca. ² Oficina de Caça, Consell de Mallorca. General Riera, 111 07010 Palma de Mallorca. pep.cifre@uib.es

Resumen: La actividad cinegética tiene una importancia tanto social como económica en las Islas Baleares. Por ello se realizó un ensayo de comparación de 7 cultivos herbáceos en un Centro Cinegético público en el suroeste de la isla de Mallorca, con el fin de estudiar los principales parámetros del cultivo (nacimiento, fenología, biomasa y producción de semilla) y de parámetros como el uso del espacio o alimentación de las especies cinegéticas: paloma torcaz y conejo. Los principales resultados relativos a los cultivos mostraron cómo destacan la cebada y el triticale entre los cereales, y la veza y el habón entre las leguminosas, en relación a la producción de biomasa y de semillas respectivamente. Respecto a las especies cinegéticas, se observó un consumo diferencial entre el conejo y la paloma torcaz. El conejo concentró su consumo en los cereales, veza y praderas mixtas, mientras que la paloma torcaz concentró su alimentación en el habón y el triticale.

Palabras clave: pastos, caza, torcaz, conejo, alimentación

Abstract: Hunting activities are very important in the Balearic Islands for economical and social reasons. There are many private and public hunting areas that need to grow different crops in order to support the feeding needs of the hunting species. This is why the objective of this study was to compare the performances of seven different crops in a public hunting area in the south east of Mallorca, in order to study their capabilities as food suppliers for the main hunting species in the area, the common wood pigeon and the wild rabbit. The main parameters analyzed were seedling emergence, crop phenology, biomass and grain production in the crops, and feeding habits and food consumption of wild rabbits and wood pigeons. The main results concerning the crops showed how barley and triticale were the best cereals for biomass production, and vetch and wheal as legumes for seed production. With respect to the hunting species, there was a large difference in habits between the two species: the rabbit preferred the cereals, vetch and perennial grasses, while the wood pigeon concentrated its feeding activities mainly on wheal and triticale.

Key words: grasslands, hunting, pigeon, rabbit, feeding

INTRODUCCIÓN

En las Islas Baleares la actividad cinegética supone una importante actividad tanto desde el punto de vista económico como social (Lucas, 2002). Por ese motivo el Consell de Mallorca dispone de un Centro Cinegético donde poder realizar ensayos experimentales y actividades formativas para los cazadores (Barceló, 2009).

En los cotos de caza resulta habitual compatibilizar las actividades agrícolas y ganaderas con las cinegéticas, para lo cual, los gestores de caza suelen sembrar cultivos en algunas parcelas como fuente de alimento para las especies objeto de caza. Sin embargo, la información disponible acerca de su idoneidad y condiciones de uso es muy escasa, dado que la mayor parte de bibliografía entorno a los cultivos herbáceos se centra en su comportamiento como cultivos productores de grano, en el caso de los cereales (Durà, 2002), o como cultivos forrajeros de especies ganaderas mayores en el caso de las gramíneas y leguminosas pratenses (Estelrich, 2001; Cifre *et al.*, 2007).

Por último, conviene destacar que en la selección de especies vegetales objeto de uso cinegético, deben tenerse en cuenta no sólo criterios productivos sino también medioambientales, tales como evitar la introducción de especies invasoras (Moragues y Rita, 2005) y criterios de eficiencia en el uso de recursos (Moreno *et al.*, 2008).

Por todo ello, el objetivo del presente trabajo fue estudiar el potencial de diferentes cultivos herbáceos como recursos para la alimentación de las especies cinegéticas en el sureste de la isla de Mallorca.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en una parcela de 3,3 ha del Centro Cinegético del Consell Insular de Mallorca, en el municipio de Lluçmajor. Se establecieron 8 subparcelas de 3000 m² aproximadamente, con 7 cultivos: *Hordeum vulgare* (cebada var. Mallorquina), *Vicia sativa* (veza), *Triticum aestivum* (trigo var. Xeixa), *X triticosecale* (triticale), *Pisum sativum* (guisante), *Vicia faba* (habón), mezcla perenne y un control sin cultivo (sólo vegetación arvense). La mezcla perenne estaba compuesta por *Dactylis glomerata* (dactilo, 20%), *Festuca arundinacea* (festuca, 20%), *Medicago sativa* (alfalfa, 20%), *Medicago polymorpha* (medicago, 15%), *Medicago truncatula* (medicago, 15%) y *Onobrychis viciifolia* (esparceta, 10%). Además se

desarrollaron dos subparcelas de *X tritico-secale* (+ y -) con el fin de evaluar las posibles irregularidades en la parcela.

La siembra se realizó a principios de diciembre de 2011 y después de ésta en cada subparcela experimental, se instalaron 3 jaulas de exclusión de pastoreo, de 2x1 m² cada una, con el fin de evaluar el efecto del pastoreo por parte de las especies cinegéticas. La dosis de siembra fue de 100 kg/ha para los cereales, 80 kg/ha para las leguminosas mayores y 50 kg/ha para la mezcla perenne y la veza. No se realizó ningún abonado ni tampoco riego alguno sobre los cultivos ensayados.

Los parámetros medidos sobre los cultivos fueron la nacencia, en cuadrados de 0,25 x 0,25 m², la biomasa seca en cuadrados de 1 x 1 m² (determinación en estufa a 60° hasta peso constante) y el estado fenológico de los cultivos (medidas quincenales de principio a fin de ciclo). Se realizaron 3 réplicas por tratamiento tanto dentro como fuera de las jaulas de exclusión.

En relación a las medidas sobre los animales estudiados (*Oryctolagus cuniculus* conejo silvestre y *Columba palumbus* paloma torcaz) se realizaron avistamientos de los animales desde las 07,00 h hasta las 21,00 h en los meses de mayo y junio, durante 5 jornadas, de acuerdo con Seguí y Barceló (2008). Se estudió el hábito alimentario a lo largo del día así como el uso de los distintos cultivos por parte de cada especie. Para la paloma torcaz se evaluó también el contenido en la molleja de las plantas de los distintos cultivos ensayados en un total de 18 palomas torcaces abatidas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presenta la nacencia de los distintos cultivos en número de plantas por metro cuadrado, dentro y fuera de las jaulas de exclusión. Como se puede observar, todos los cultivos ensayados tuvieron una nacencia importante y superior al tratamiento de control, donde la vegetación arvense suponía el total de nacencia. Conviene resaltar la menor nacencia del habón, seguramente debido a un mayor tamaño de semilla y por tanto a un menor número de semillas por metro cuadrado. La nacencia fue superior dentro que fuera de las jaulas, en todos los cultivos, principalmente en cebada, veza y trigo, lo que se puede interpretar como una mayor presión de consumo por parte del conejo sobre estos cultivos desde las fases iniciales de desarrollo. Finalmente, no se observaron diferencias en la nacencia para las dos subparcelas de control de homogeneidad de parcela (Tritic. + y Tritic. -), lo que permite concluir que las diferencias entre todas las subparcelas fueron debidas

exclusivamente a diferencias entre los cultivos. Este último resultado también se comprobó para el resto de parámetros medidos.

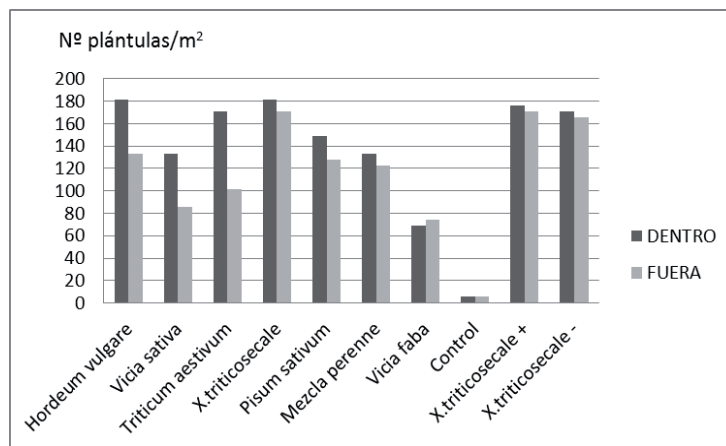


Figura 1. Nacencia de los distintos cultivos ensayados dentro y fuera de las jaulas.

La Figura 2 muestra la biomasa seca obtenida al final del ciclo de cultivo para cada uno de ellos, dentro y fuera de las jaulas de exclusión, y contemplando tanto la biomasa total como la procedente del cultivo y de la vegetación arvense. Se observa la gran diferencia en producción de biomasa entre los distintos cultivos, lo que hace que algunos sean más interesantes que otros cuando la biomasa total es el objetivo perseguido. Sin embargo, debemos hacer notar que algunos cultivos, como la mezcla perenne, tuvieron un desarrollo inicial más lento que mejora notablemente en los años posteriores (Pons *et al.*, 2009), lo que dificultó la comparación con sólo un primer año de cultivo. La presencia de especies arvenses fue siempre superior fuera de las jaulas para la mayoría de los cultivos, debido seguramente a la mayor palatabilidad del cultivo frente a esas especies y a la menor competencia para ellas consecuencia de lo anterior. Este resultado fue especialmente notorio para los cultivos de veza, guisante y mezcla perenne. Por último, la biomasa de cultivo fue superior dentro que fuera de las jaulas, salvo para el triticale y el habón, lo que puede sugerir que el consumo de estos dos cultivos fue menor que los anteriores ya que su nacencia fue muy satisfactoria (Figura 1).

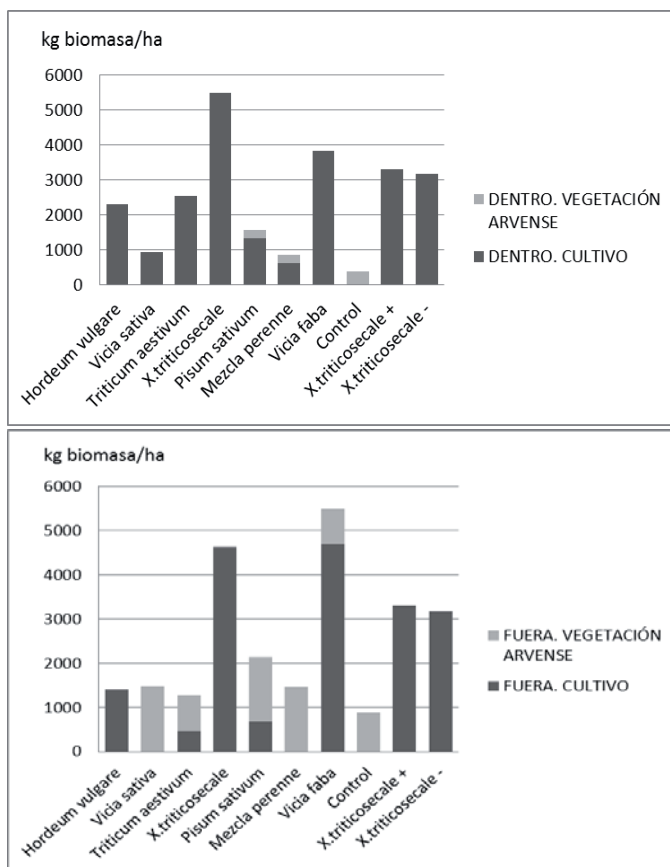


Figura 2. Producción de biomasa seca para los distintos cultivos dentro y fuera de las jaulas de exclusión.

Respecto a los parámetros medidos para las especies de interés cinegético, en la Figura 3, y a partir de los datos provenientes de los avistamientos, se presentan los resultados relativos a la intensidad con que cada especie utilizó los distintos cultivos. Así, se observa cómo en el caso de la paloma torcaz y a diferencia del conejo, el uso mayoritario se realizó fuera de la zona de cultivo (camino, pasos elevados y garriga). En relación a los cultivos, la paloma torcaz concentró su consumo en el habón, la cebada, el guisante y la veza, por este orden de importancia, mientras que para el conejo predominaron los avistamientos de pastoreo de trigo, cebada y veza. Conviene señalar aquí que los avistamientos que han conducido a estos resultados se realizaron a partir de finales de abril, cuando algunos cultivos como la mezcla, la veza y el guisante ya habían sido consumidos masivamente en los estados tempranos de desarrollo (Figura 2).

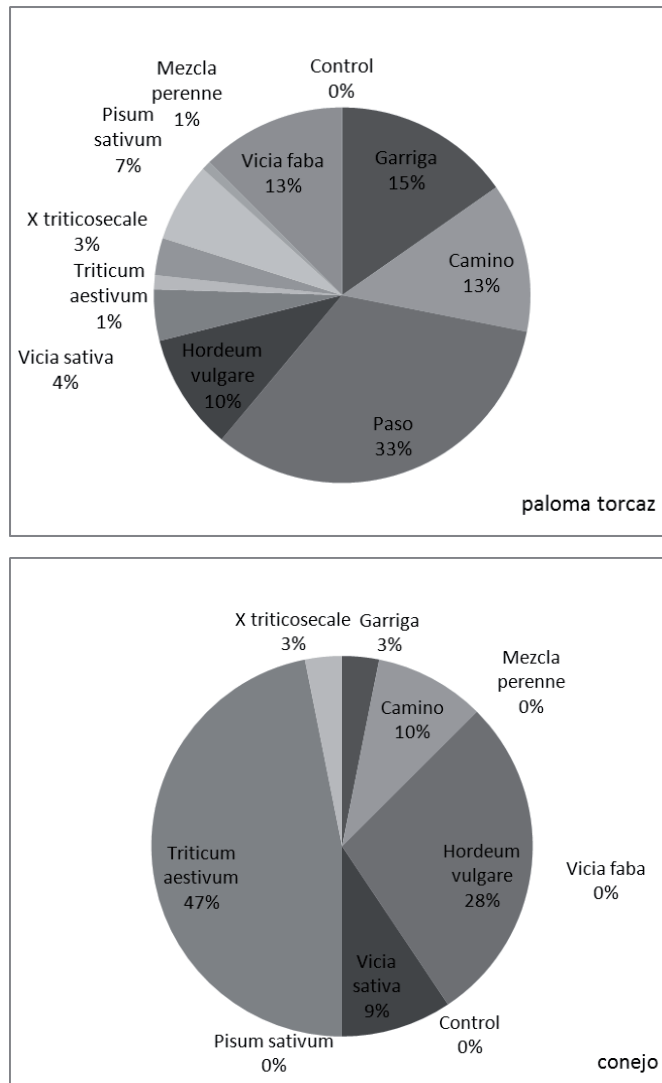


Figura 3. Uso alimentario de los distintos cultivos por parte de la paloma torcaz y el conejo silvestre (porcentaje de animales observado en cada cultivo).

La Figura 4 presenta los resultados obtenidos en el análisis de los contenidos en molleja de la paloma torcaz. Estos resultados concuerdan parcialmente con los observados en los avistamientos (Figura 3), puesto que de nuevo la cebada constituyó un elemento importante en los contenidos de molleja. Sin embargo se observó la notable importancia del trigo en molleja, cuando los avistamientos no detectaron este resultado, seguramente debido a que el consumo de grano de trigo se produjo con posterioridad a los avistamientos, y una vez había disminuido el grano

disponible en otras especies más apetecibles (Figura 3). Es interesante destacar la gran cantidad de gastrolitos (piedras redondeadas para la trituración del alimento) presentes en la molleja, y sobre todo la cantidad de fruto de *Olea europaea* var. *sylvestris* (acebuche) de la añada anterior encontrada (31% en peso), dato muy relevante y desconocido hasta la fecha para la paloma torcaz (Seguí, 2000).

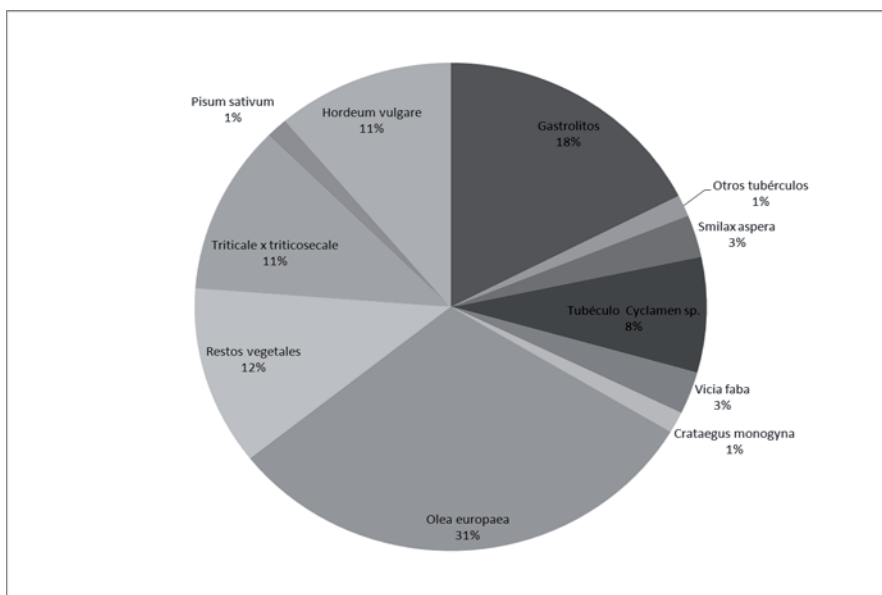


Figura 4. Composición del contenido alimentario en molleja (porcentaje en peso) para la paloma torcaz.

CONCLUSIONES

En este trabajo se puso de manifiesto la importancia del estudio del comportamiento de distintos cultivos herbáceos en función de las características de la zona, los objetivos de su cultivo y la especie cinegética de interés. Así se observó cómo algunos cultivos resultaron más idóneos para el conejo, como fuente de alimento, como son la mezcla perenne, la veza o los cereales, mientras que para la paloma torcaz se recomiendan los cereales como la cebada y el triticale, o el habón como leguminosa grano.

Se concluyó también la existencia de una fuerte interacción entre las distintas especies cinegéticas, de tal modo que las pautas de una influyeron sobre las de la otra, puesto que por ejemplo en nuestro caso el pastoreo masivo del conejo en ciertos cultivos en estadios tempranos de desarrollo, comprometió su uso posterior

como grano para la paloma torcaz. Por lo tanto resulta muy recomendable la combinación de varios cultivos en una misma zona cuando las especies cinegéticas son diversas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer al Consell de Mallorca la disponibilidad para el uso del centro cinegético y sus recursos humanos y materiales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARCELÓ A. (2009) *La caça a Mallorca. Història, societat, economia, territori i medi ambient*. Conselleria de Medi Ambient, Govern de les Illes Balears.
- BUENDIA F. (2000) *Principales especies pascícolas de las zonas templadas*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- CIFRE J., RIGO A., GULÍAS J., RALLO J., JOY M., JOY S., MUS M., SANCHEZ F., RAMON J., RUIZ M., JAUME, J. (2007) *Caracterització de les pastures de les Illes Balears*. Conselleria d'Agricultura i Pesca, Govern de les Illes Balears.
- DURÀ A. (2002) Herbacis de secà. I Congrés Rural. Documents de Treball, 43- 50. Conselleria d'Agricultura i Pesca, Govern de les Illes Balears.
- ESTELRICH M. (2001) *Farratgeres. Quinze anys d'experimentació a la comarca de Manacor*. Quaderns d'Agricultura núm. 5. Govern de les Illes Balears.
- LUCAS A.M. (2002) *Les activitats agràries, pesqueres i forestals a les Illes Balears*. Conselleria d'Agricultura i Pesca, Govern de les Illes Balears.
- MORAGUES E. Y RITA J. (2005) *Els vegetals introduïts a les Illes Balears*. Documents Tècnics de Conservació núm. 11. Conselleria de Medi Ambient, Govern de les Illes Balears.
- MORENO M., GULIAS J., LAZARIDOU M., MEDRANO H., CIFRE J. (2008) Ecophysiological strategies to overcome wáter deficit in herbaceous species under Mediterranean conditions. *Cahiers Options Méditerranéens*, 79, 247-256.
- PONS P.J., GULIAS J., JAUME J., CONESA M.A., MORENO M., MEDRANO H. Y CIFRE J. (2009) Estudio agronómico comparativo de dos mezclas de praderas para el pastoreo de ganado ovino en sistemas agroganaderos del área mediterránea. En: Reiné R. et al. (Eds.) *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp. 343-349. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- SEGUÍ B. (2000) *Guia de la caça a les Illes Balears. Gestió cinegètica i formació del caçador*. Conselleria de Medi Ambient, Govern de les Illes Balears.
- SEGUÍ B., BARCELÓ A. (2008) Seguimiento poblacional de los zorzales invernantes en Baleares. *Trofeo*, 343, 5-7.

APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA NIRS PARA LA VALORACIÓN DE LA PULPA DE BELLOTA (*Quercus* spp.): UTILIZACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE INVENTARIOS REGIONALES

NIR Spectroscopy as a Tool to Estimate Nutritive Parameters of Oak Acorns Pulp (*Quercus* spp.): Use to Develop Regional Inventories

J. GARCÍA-OLMO¹, A. GÓMEZ-CABRERA², R. NAVARRO-CERRILLO³, P. FERNÁNDEZ-REBOLLO³,
I. FERNÁNDEZ-CABALLERO⁴ e I. SALCEDO-GARCÍA³

¹ Unidad Espectroscopía NIR/MIR, Servicio Central de Apoyo a la Investigación (SCAI). Universidad de Córdoba, Campus de Rabanales, 14071 Córdoba. ² Dpto. Producción Animal, Universidad de Córdoba, Campus Rabanales, 14071 Córdoba. pa1gocaa@uco.es ³ Dpto. Ingeniería Forestal. Universidad de Córdoba, Campus Rabanales, 14071 Córdoba. ⁴ Servicios Técnicos. Cooperativa Ganadera del Valle de los Pedroches (COVAP), Ctra. Canaleja s/n, 14400 Pozoblanco, Córdoba

Resumen: En este trabajo se presentan las ecuaciones de calibración desarrolladas para la predicción simultánea de 12 parámetros nutricionales (proteína, grasa, almidón, azúcares totales, fibra bruta, cenizas, digestibilidad, energía bruta y los ácidos grasos palmítico, esteárico, oleico y linoleico de la grasa) en pulpa de bellota molida, mediante la tecnología NIRS. Los resultados obtenidos muestran, para la mayoría de los parámetros estudiados, la adecuada exactitud y precisión de las ecuaciones NIRS desarrolladas, de acuerdo con los valores de los coeficientes de determinación (r^2) y los errores estándar de validación cruzada (ETVC). Utilizando estas ecuaciones, se ha analizado una población de 513 muestras de bellotas, obteniéndose unos rangos de variación para los parámetros de mayor interés (proteína = 3,3-9,5%; grasa = 3,9-15,0%; ácido oleico = 55,9-69,6% y digestibilidad = 62,6-95,4%) que avalan las posibilidades de un programa orientado a la selección de individuos con mejores características nutritivas.

Palabras clave: *Quercus ilex*, bellota, ecuaciones calibración, NIRS.

Abstract: The aim of this work was to use Near Infrared Spectroscopy (NIRS) to estimate several parameters (ash, protein, oil, starch, sugar, energy, in vitro digestibility, palmitic acid (C16:0), stearic acid (C18:0), oleic acid (C18:1) and linoleic acid (C18:2)) of oak acorn pulp (*Quercus spp.*) from different trees, sites and years. NIRS calibration equations showed that the developed models were good to estimate, for inventory purpose, the majority of the different parameters according to the coefficient of determination (r^2) and the standard error of cross-validation (ETVC) values. A set of 513 acorn pulp samples were predicted by using these NIRS equations. The range values obtained for the most useful

parameters (protein = 3,3-9,5%; fat = 3,9-15,0%; C18:1 = 55,9-69,6% and digestibility = 62,6-95,4%) showed the potential of NIRS technology as a tool to select acorn samples with higher nutritional properties.

Key words: *Quercus ilex*, acorn, NIRS calibration equations.

INTRODUCCIÓN

El consumo de bellota en la fase final de engorde del cerdo ibérico supone el elemento esencial para alcanzar su máxima categoría comercial. Dicho consumo, realizado durante la “montanera”, entre los meses de octubre y marzo, presenta un importante nivel de variabilidad, derivado de las diferencias en la cantidad y en la calidad, tanto de las bellotas, como de la hierba puesta a disposición de los animales cada año.

El análisis de la variabilidad de las características bromatológicas de las bellotas ha sido llevado a cabo por numerosos autores, relacionándola con factores tales como: especie del género *Quercus*, estado de madurez de la bellota, condiciones edáficas y/o climáticas correspondientes a distintos espacios geográficos o a diferentes años, así como determinados factores ambientales, como las heladas o la afección de plagas y enfermedades (Rodríguez Estévez, 2007; Carbonero Muñoz, 2011).

Independientemente de la existencia de la influencia más o menos notable que tienen alguno de estos factores en dichas características, el rasgo más significativo que aparece en cualquiera de dichos estudios es la alta variabilidad productiva del árbol. En un mismo espacio geográfico, una finca o una misma parcela, coexisten árboles contiguos con bellotas de características muy diferentes, resultado de la gran diversidad genética del género *Quercus* en la península (en particular para encina y alcornoque) (Jiménez y Gil, 2000) y del sistema de regeneración natural del arbolado y de selección de individuos que el hombre ha propiciado en las dehesas desde tiempos inmemoriales.

A través de los planes de reforestación que se han puesto en marcha en los últimos tiempos, se puede plantear la posibilidad de que, a la vez que se aumenta la masa forestal, se mejore la resistencia de los árboles y/o se incremente la calidad de las bellotas que producen. Para ello es conveniente realizar un inventario, referenciado cartográficamente y lo más amplio posible, de los árboles susceptibles de utilizarse con este fin, lo que prácticamente obliga a utilizar métodos de análisis

rápidos y de bajo coste, como es el caso de la tecnología NIRS (espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano).

A lo largo de distintos años se han ido obteniendo muestras de pulpa de bellota, con las que se han obtenido ecuaciones de calibración NIR para distintos parámetros bromatológicos y nutritivos. El objetivo del presente trabajo es el de presentar las ecuaciones obtenidas y los rangos de variación de dichos parámetros para una importante población de bellotas obtenidas en el norte de la provincia de Córdoba (España).

MATERIAL Y MÉTODOS

Material experimental. A lo largo de las temporadas 2002/03 a 2004/05 se recogieron muestras de bellotas de distintos árboles del género *Quercus* spp., principalmente de encina, de acuerdo con su presencia en el norte de la provincia de Córdoba (España). Las muestras recogidas las dos primeras temporadas se utilizaron para obtener ecuaciones de calibración de distintos parámetros analíticos. Sus características eran las siguientes:

En la temporada 2002/03 se tomaron muestras de bellotas de 154 árboles, elegidos al azar, procedentes de tres especies de *Quercus* (*Quercus ilex*, *Q. suber* y *Q. faginea*) en diferentes estados de madurez (inmaduras, maduras y germinadas). Las bellotas se recogieron directamente del árbol o del suelo, dependiendo de su estado de maduración, en árboles elegidos al azar en las comarcas del Valle de los Pedroches y de la Sierra de Córdoba (Córdoba, España). Las muestras eran envasadas al vacío en bolsas policapa de polietileno y aluminio (Sacoliva, RSI 39-04521/CAT) y guardadas a 4 °C, hasta su procesado. La duración media de conservación de las bellotas antes de su procesado fue de 50 días (Fernández *et al.*, 2004).

En la temporada 2003/04 se recogieron bellotas maduras de 180 árboles, únicamente de encinas (*Quercus ilex*) representativos de la tipología de las bellotas existentes en las comarcas del Valle de los Pedroches y de la Sierra de Córdoba (España). Al día siguiente de su recogida se procesaron para su análisis.

El procesado de todas las muestras para el análisis consistió en la separación de la cáscara y de la pulpa de un mínimo de 100 bellotas por cada muestra, obteniendo unos 300 g de pulpa por muestra. La pulpa fresca fue triturada en un molino de cuchillas (Moulinex AD56 42) hasta la obtención de una masa homogénea y posteriormente desecada en una estufa de aire forzado a 45 °C durante 48 h. El

producto desecado fue nuevamente molido en un molino refrigerado, cribado (malla de 1mm) y envasado al vacío en las bolsas policapa de polietileno y aluminio, de 150 mm x 200 mm y conservadas a 4 °C, hasta el momento de su análisis químico y espectral.

Métodos de análisis. La determinación de la humedad se realizó desecando dos g de la muestra de pulpa triturada en una estufa a 103 °C, durante 24 h. Sobre las muestras desecadas se determinó el contenido en cenizas, proteína, grasa, almidón y azúcares totales (Real Decreto 2257/94) el contenido en fibra bruta (Directiva 89/655/CEE) así como el contenido en ácidos grasos de la grasa (Directivas 91/268/CEE y 02/796/CEE). Los análisis se realizaron en el Laboratorio Agroalimentario en Córdoba de la Junta de Andalucía. Tras la puesta a punto de un método de determinación de la digestibilidad in vitro en tres fases, se determinó la digestibilidad de la materia seca (Gómez Cabrera et al., 2008). La energía bruta se determinó por calorimetría mediante una bomba isoperibólica IKA C2000 (Fernández et al., 2005). El número de muestras analizadas varió para los distintos parámetros considerados (Tabla 1).

El registro de espectros de las muestras se realizó con un equipo Foss-NIRSystems 6500 (Foss-NIRSystems Inc., Silver Spring, MD, USA) equipado con un módulo de transporte y detector de autogancia, utilizando el rango del espectro visible (VIS, 400 nm - 1100 nm) y del infrarrojo cercano (NIR, 1100 nm - 2500 nm). Antes del registro de los espectros las muestras fueron estabilizadas a 24 °C. Las medidas de reflectancia se obtuvieron utilizando una cápsula rectangular de 49 mm x 61 mm de tamaño de ventana y determinaciones cada dos nm, utilizando el software WinISI 1.50 (Infrasoft International, Port Matilda, PA, USA). Para cada muestra se obtuvieron por duplicado los valores de los logaritmos de la inversa de la reflectancia ($\log 1/R$) del espectro y sus valores medios se utilizaron para obtener las ecuaciones de calibración de los distintos parámetros analizados por los métodos de referencia.

El tratamiento quimiométrico de los datos espectrales y químicos se realizó con el paquete informático WinISI II® ver. 1.50 (Infrasoft International LLC®). A partir de los grupos de muestra A y B se desarrollaron ecuaciones de calibración NIRS para la predicción de los constituyentes cenizas, proteína bruta, grasa, almidón, contenido en ácidos grasos mayoritarios de la grasa (C16:0, C18:0, C18:1 y C18:2), digestibilidad y energía bruta. La metodología seguida para el desarrollo y

evaluación de calibraciones se basa en la descrita por Shenk *et al.* (1989) y Shenk y Westerhaus (1991).

La obtención de las ecuaciones de calibración se hizo mediante una regresión multivariante de mínimos cuadrados parciales modificada (MPLS). Para el cálculo del número óptimo de términos de la regresión, se utilizó la validación cruzada, algoritmo que selecciona diferentes colectivos de calibración y validación dentro del total de la población considerada, realizando con cada selección una simulación del algoritmo de regresión. Se evaluaron diferentes calibraciones mediante MPLS, variando otros parámetros, como son el pretratamiento del dato espectral, mediante un cálculo de derivadas de los espectros y una corrección del fenómeno de radiación difusa (Scatter). Para la evaluación de las ecuaciones de calibración se emplearon los estadísticos error típico de validación cruzada (ETVC) y coeficiente de determinación del proceso de validación cruzada (r^2).

Los colectivos de muestras anteriores se complementaron con otras 179 muestras recogidas en las mismas comarcas, durante la campaña 2004/05 y procesadas de forma similar a las de la campaña 2003/04. La composición de todas las muestras se determinó utilizando las ecuaciones de calibración obtenidas anteriormente. Sobre el conjunto de las 513 muestras resultantes se obtuvieron los estadísticos de dispersión de los parámetros analíticos valorados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Tablas 1 y 2 se muestran los estadísticos de dispersión de los parámetros analizados en las muestras utilizadas en la calibración y los correspondientes a las ecuaciones de calibración obtenidas, respectivamente. Los datos recogidos en la Tabla 1 indican que el colectivo considerado en la calibración ha permitido cubrir de forma adecuada un amplio rango de variabilidad en cada uno de los 11 parámetros valorados.

El tratamiento quimiométrico de los datos correspondientes a las muestras de calibración, nos permitió obtener diferentes ecuaciones para cada parámetro. De entre todas ellas se seleccionaron las que presentaron mayor exactitud y precisión teniendo en cuenta los estadísticos r^2 y ETVC (Tabla 2).

Tabla 1. Estadísticos de dispersión de los constituyentes de las muestras de pulpa de bellota consideradas en el colectivo de calibración.

Constituyente	Nº muestras	Media	DT	Min	Max
Cenizas (% ms)	306	2,18	0,24	1,53	3,39
Proteína (% ms)	306	6,05	1,07	3,62	10,5
Grasa (% ms)	305	9,58	1,96	4,12	15,05
Almidón (% ms)	154	62,17	2,34	56,44	68,43
Azúcares (% ms)	154	4,7	1,08	2,12	7,86
C16:0 (% ac. grasos)	184	15,25	1,47	10,8	19,3
C18:0 (% ac. grasos)	184	2,79	0,51	1,6	4,9
C18:1 (% ac. grasos)	184	63,84	2,93	51,2	70,6
C18:2 (% ac. grasos)	184	15,89	2,56	10,8	30,3
Digestibilidad (% ms)	154	72,6	5,42	60,76	85,51
Energía (Kcal/kgms)	149	4 706	100	4 080	5 022

DT= desviación típica

Tabla 2. Estadísticos de las ecuaciones de calibración NIRS obtenidas.

Constituyente	Nº muestras	Media	DT	ETVC	r ²	CV (%)
Cenizas (% ms)	295	2,2	0,2	0,1	0,76	4,5
Proteína (% ms)	281	6	1	0,3	0,93	5
Grasa (% ms)	283	9,6	2	0,2	0,98	2,1
Almidón (% ms)	151	62,2	2,3	1,8	0,41	2,9
Azúcares (% ms)	140	4,7	0,9	0,5	0,66	10,6
C16:0 (% ac. grasos)	177	15,2	1,4	0,8	0,66	5,3
C18:0 (% ac. grasos)	179	2,8	0,5	0,4	0,27	14,3
C18:1 (% ac. grasos)	175	64,1	2,4	1,3	0,73	2
C18:2 (% ac. grasos)	164	15,7	2	0,7	0,88	4,5
Digestibilidad (% ms)	148	72,8	5,1	3	0,66	4,1
Energía (Kcal/kgms)	139	4 706	80,9	32,4	0,84	0,7

DT= desviación típica; ETVC= error típico de validación cruzada; CV= Coeficiente de variación del error del modelo (ETVC/Media).

Teniendo en cuenta los valores de r², ETVC y del coeficiente de variación asociado (CV) las ecuaciones descritas en la tabla 2 han de ser consideradas como de adecuada exactitud y precisión a efectos inventariales, salvo el ácido esteárico (Williams, 2004) parámetro de menor interés con vistas a una posible selección.

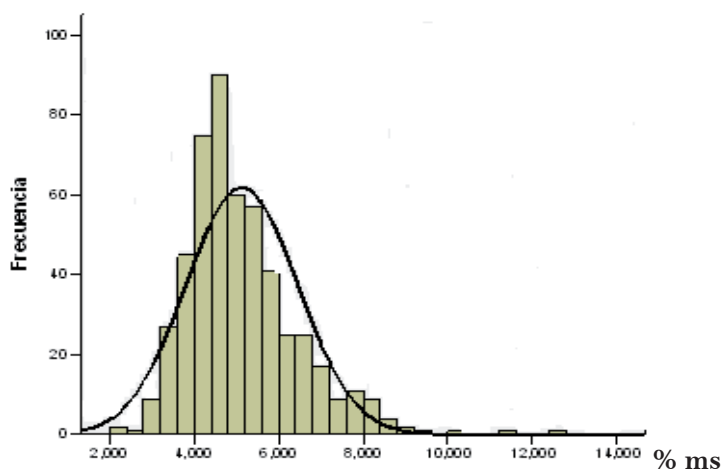
Dichas ecuaciones NIRS fueron aplicadas para estimar los 11 constituyentes de forma simultánea en el conjunto de 513 muestras de pulpa de bellota recogidas en el área de estudio, que, en cierta medida, pueden considerarse representativos de las bellotas de las comarcas del norte de la provincia de Córdoba (España) (Tabla 3).

Tabla 3: Estadísticos de dispersión de los parámetros analíticos de una colección de muestras de pulpa de bellota del norte de Córdoba (España) obtenidos con las ecuaciones de calibración NIRS (n = 513).

Constituyente	Media	Mediana	Moda	DT	Min	Max
Ceniza (% ms)	2,12	2,1	2,01	0,22	1,55	3,31
Proteína (% ms)	5,74	5,65	5,9	0,94	3,28	9,48
Grasa (% ms)	9,57	9,57	10,04	1,9	3,88	14,96
Almidón (% ms)	61,71	61,73	61,41	1,56	56,45	65,25
Azúcares (% ms)	5,13	4,83	4,24	1,32	2,12	12,56
C16:0 (% ac. grasos)	15,44	15,47	15,23	1,28	11,68	19,73
C18:0 (% ac. grasos)	2,72	2,71	2,68	0,43	1,6	4,07
C18:1 (% ac. grasos)	63,41	63,49	63,22	2,28	55,87	69,6
C18:2 (% ac. grasos)	16,08	16,02	13,74	2,21	10,88	25,07
Digestibilidad (% ms)	75,12	74,96	69,33	4,99	62,62	95,45
Energía (Kcal/kgms)	4 721	4 727	4 331	100,8	4 331	5 016

DT= desviación típica

Los histogramas correspondientes a los valores de cada uno de estos parámetros muestran una distribución normal, con la excepción de algunos valores atípicos aislados, en particular, en el contenido en azúcares, según se muestra en la Figura 1.

**Figura 1.** Histograma del contenido en azúcares totales (% ms) de una colección de muestras de pulpa de bellota del norte de Córdoba (España) (n = 513).

CONCLUSIONES

La amplitud de los rangos de los parámetros de mayor interés nutricional (proteína = 3,3-9,5%; grasa = 3,9-15,0%; ácido oleico = 55,9-69,6%/AAGG y

digestibilidad = 62,6-95,4%) y la precisión de las ecuaciones de calibración NIRS obtenidas para los mismos, para la realización de inventarios, avala las posibilidades de un programa de selección de individuos con mejores características en dichos parámetros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARBONERO MUÑOZ M.D. (2011) *Evaluación de la producción y composición de la bellota de encina en dehesas*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. 270pp.
- FERNÁNDEZ I., GÓMEZ A., MORENO P., DE PEDRO E., DÍAZ E., LÓPEZ, F.J. Y SÁNCHEZ L. (2004) Variabilidad de las características de las bellotas en el Valle de los Pedroches (Córdoba). En García Criado, B. *et al.* (Eds.) *Pastos y Ganadería Extensiva*, pp. 317-322. Salamanca, España: Ed. Científica.
- FERNÁNDEZ I., GÓMEZ A., MORENO P., DE PEDRO E., DÍAZ E. Y SÁNCHEZ L. (2005) Características de las bellotas de encina (*Quercus ilex*) en diferentes zonas del Valle de los Pedroches (Córdoba). Inventario bromatológico. En: Osoro, K. *et al.* (Eds.) *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural*, pp. 383-390. Gijón, España: Imp. AsturGraf, S.L.
- GÓMEZ CABRERA A., SALCEDO I., DE PEDRO E., DÍAZ E., FERNÁNDEZ I. Y SÁNCHEZ L. (2008) 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. En: Fernández Rebollo. P. *et al.* (Eds.) *Pastos, clave para la gestión de los territorios: Integrando disciplinas*, pp. 403-408, Sevilla, España: CAP. Junta de Andalucía.
- JIMÉNEZ P. Y GIL L. (2000) Conservación de recursos genéticos de los *Quercus* Mediterráneos en España. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*, Fuera de Serie 2, 103-115.
- RODRÍGUEZ ESTÉVEZ V. (2007) *Comportamiento alimentario del cerdo ibérico en montanera*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. 299 pp.
- SHENK J.S., WESTERHAUS M.O. Y ABRAMS S.M. (1989) Protocols for NIRS calibration: monitoring analysis results and recalibration: En: Marten G.C. *et al.* (Eds.) *Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS): Analysis of forage quality*, Agriculture Handbook 643, 104-110, Washington, USA: USDA. ARS.
- SHENK J.S. Y WESTERHAUS M.O. (1991) Population definition sample selection and calibration procedures for near infrared spectra and modified partial least squares regression. *Crops Science*, 31, 469-474.
- WILLIAMS P.C. (2004) Implementation of Near-Infrared Technology. En Williams, P. y Norris, K. (Eds) *Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries*, pp. 145-169. St. Paul, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemist, Inc.

CARACTERIZACIÓN Y VALOR FERTILIZANTE DEL DIGESTATO Y DE SU FRACCIÓN LÍQUIDA PROCEDENTES DE UNA PLANTA DE BIOGÁS

Characterization and Fertilizer Value of Digestate and its Liquid Fraction from Biogas Plant

J.M. MANGADO y E. ZUDAIRE

INTIA S.A. Avda. Serapio Huici, 22. Edif. Peritos. 31610 Villava (Navarra),
jmangado@intiasa.es

Resumen: El digestato y sus fracciones sólida y líquida procedentes de la digestión anaerobia del purín de vacuno de leche pueden ser un recurso fertilizante de interés para disminuir la dependencia de las explotaciones ganaderas de las compras de fertilizantes químicos y para cerrar el círculo del mantenimiento de la fertilidad dentro de la propia explotación. En esta experiencia se estudia el valor fertilizante del nitrógeno presente en estos recursos sobre praderas de ambiente atlántico en aportaciones en primavera tardía. Se encuentra que el nitrógeno total del digestato bruto tiene una eficacia como fertilizante comprendida entre el 31 y el 43 % de la del nitrógeno de origen químico según el criterio de medida. Esta eficacia se multiplica por 1,5 si la aportación de nitrógeno se hace en forma de la fracción líquida procedente de la separación en fases del digestato bruto.

Palaras clave: biodigestión, nitrógeno, pradera, producción vegetal, eficacia fertilizante

Abstract: The digestate and its solid and liquid fractions from anaerobic digestion of dairy slurry can be a valuable source to reduce dependence on chemical fertilizers in livestock farms and contribute to close the nutrient cycle with the aim of maintaining fertility within the farm. In this experiment, performed in the Atlantic area of N Spain, the nitrogen (N) fertilizer value of these resources in late spring was studied. It was observed that the total nitrogen of raw digestate has an efficiency of 31 to 43% compared with that of mineral N. This efficiency is multiplied by 1.5 if the case of the N in the liquid fraction of the anaerobically digested slurry.

Keywords: biodigestion, nitrogen, grassland, crop production, nutrient efficiency.

INTRODUCCIÓN

Los valles de Ultzama, Basaburúa y Odieta se sitúan en la región Eurosiberiana, provincia atlántica europea, sector cántabro-euskaldún, distrito navarro-alavés, con aguas vertientes al mediterráneo. Pertenecen a los pisos bioclimáticos mesomonano-submontano con ombrotipo húmedo y un cierto grado de continentalidad (Loidi y Báscones, 2006). Los fondos de valle los ocupan prados y cultivos forrajeros que sirven de base a una importante cabaña ganadera de vacuno

de leche, ovino de leche y vacuno de carne. Las explotaciones son de buena dimensión y con un alto grado de profesionalidad. Los restos orgánicos generados por la actividad ganadera se valoran como fertilizante sobre la base territorial de las explotaciones cerrando los circuitos de fertilidad. En la primera década de los años 2000 se desarrolló en Navarra un cuerpo legislativo (DF 148, 2003 y ss.) para la regulación de la gestión de estos recursos orgánicos, con obligaciones y restricciones en función de parámetros climáticos, orográficos, etc. En 2004 ITG Ganadero realizó un estudio para conocer la situación real de generación de residuos orgánicos en el valle de Ultzama y proponer acciones para cumplir la normativa vigente. Algunas de las conclusiones fueron:

- Existe en el valle superficie suficiente como para la valoración agronómica de los estiércoles y purines generados en las explotaciones vecinas.
- A nivel individual existen algunas explotaciones con déficit de base territorial para gestionar los recursos orgánicos derivados de su actividad ganadera.
- Se propone la creación de alguna estructura mancomunada para la mejora de la gestión de los recursos orgánicos generados por la actividad ganadera del valle.

El Ayuntamiento del valle de Ultzama promovió la creación de la empresa Bioenergía Ultzama S.A., participada por ganaderos para la instalación de una planta de obtención de biogás a partir del purín generado en las explotaciones ganaderas asociadas. Las características de la planta y los procesos se describen en Mangado (2012). Como consecuencia de esta actividad se genera un residuo (digestato) que se separa en sus fracciones sólida y líquida, siendo objetivo de la empresa el que se valoren como fertilizantes sobre la base territorial de los ganaderos asociados u otros. En la actual legislación sobre productos fertilizantes no se contemplan este tipo de productos orgánicos ni como abono ni como enmienda, por ello se plantea el presente trabajo experimental con el objetivo de incrementar el conocimiento y aportar datos que sirvan para cumplir las exigencias recogidas en el anexo VII del RD 824 (2005) para la inclusión de nuevos productos fertilizantes.

MATERIAL Y METODOS

El trabajo de campo se llevó a cabo en la primavera de 2011 sobre una parcela de 1,1 ha situada en Arraitz (municipio de Ultzama) con suelos aluviales,

profundos, de textura “franca”, con cierta pedregosidad en su perfil y de buena percolación, ácidos (pH 5,6), materia orgánica 3,96 %, baja conductividad eléctrica (0,07 mS/cm), nivel alto de fósforo (38,2 mg P/l) y medio de potasio (119,7 mg K/l). Durante el periodo de ensayo (49 días) las precipitaciones fueron de 127,9 mm en 14 días y la t^a media fue 15°C. Se trabajó sobre el 2º corte del 2º año de un raigrás italiano no alternativo (*Lolium multiflorum* Lam.). La fertilización se hizo el 5 de Mayo, tras retirar la producción del primer corte, empleando el digestato bruto (DB) procedente de la biodigestión del purín de vacuno de leche y su fracción líquida (FL) tras la separación en fases de DB. Su composición se presenta en la Tabla 1

Tabla 1. Características y composición de los materiales de la planta de biogás de Ultzama (kg/m³ materia fresca)

	DB (digestato bruto)	FL (fracción líquida)
% Materia seca	6,3	3,3
pH	8,6	8,5
Conductividad e. (dS/cm)	3,6	2,8
Materia orgánica	43,3	20,4
N orgánico	1,4	0,5
N amoniacal	2	1,8
N total	3,4	2,3
P	0,6	0,4
K	5,4	4,7

Para su aportación se utilizó una cisterna de “tubos colgantes”, de dos ejes, 18 m³ de capacidad y 12 m de anchura de trabajo (40 tubos c/30 cm.) con un peso total en carga de 36,2 t. El equipo se pesó al inicio y al final de cada aportación y se midió la longitud y anchura en cada caso para conocer las dosis reales aportadas. El diseño de la experiencia es de tres bandas principales para la aportación orgánica: testigo (T), DB y FL de 6 m de anchura para T y 13 m para DB y FL. Transversalmente se dispusieron 3 niveles de aporte de nitrógeno mineral, 0 kg N/ha (N0), 40 kg N/ha (N1) y 80 kg N/ha (N2) siendo utilizado nitrato amónico-cálcico (NAC) de 27 % de riqueza en N, en pasillos de 3 m. cada uno y repetidos tres veces. En la Tabla 2 se presenta la matriz de las variantes de ensayo.

Tabla 2. Ensayo de Arraitz. Matriz de variantes de ensayo

N orgánico	N mineral		
	N0	N1	N2
T (testigo)	0 - 0	0 - 40	0 - 80
DB (digestato bruto)	185,5 - 0	185,5 - 40	185,5 - 80
FL (fracción líquida)	129 - 0	129 - 40	129 - 80

N0: 0 kg N mineral/ha N1: 40 kg N mineral/ha N2: 80 kg N mineral/ha

La producción se controló el día 23 de junio sobre un material vegetal en fase de “finales de encañado”. Se cortó con motosegadora de 1,4 m de anchura la parte central de cada variante. Se pesó en verde la biomasa obtenida y se midió la superficie cortada, que oscilaba entre 3 y 5 m². Se envió a laboratorio una submuestra para determinar materia seca (MS), cenizas (MM), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB) y fibra neutro-detergente (FND). Se calculó la producción en kg de materia seca y kg de materia orgánica por unidad de superficie y las extracciones de N según: kg N extraído = kg MS producidos x PB/100 x 6,25. La eficacia productiva del N se calcula restando de los resultados obtenidos para cada variante de ensayo la media de los obtenidos en el testigo (TN0) o en TN1 y TN2 de las variantes en las que se dan aportaciones conjuntas de N orgánico y mineral, y todo ello referido al nitrógeno total aportado, sea de procedencia mineral o de los digestatos (N orgánico+N amoniacal). Se supone que la eficacia fertilizante del N mineral es del 100%.

La analítica de pH, conductividad eléctrica, materia seca, cenizas, fósforo y potasio en DB y FL, la de suelos y la de calidad de forrajes se realizó en el Laboratorio Agrario de Navarra (NASERTIC). La analítica de nitrógeno amoniacal y total en DB y FL se llevó a cabo en el Laboratorio Integrado de Calidad Ambiental (LICA) de la Universidad de Navarra. Para el análisis de varianza y contraste de medias (Duncan $p < 0,05$, prueba “t”) se utilizó el paquete PASW Statistics 18.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción y calidad

En la Tabla 3 se presentan los resultados globales de este experimento. Se observa que la aportación de DB y FL y el acompañamiento con N mineral incrementa el contenido en humedad de la producción vegetal, siendo esto más marcado con la aportación de FL. Ello obliga a alargar el tiempo necesario para alcanzar el contenido en ms óptimo para su conservación lo que incrementa el riesgo de pérdidas durante ese proceso.

Tabla 3. Producción, calidad del forraje y nitrógeno extraído con los distintos niveles de fertilización

	N0			N1			N2		
	DB	FL	T	DB	FL	T	DB	FL	T
% MS	32,3 ab	28,1 a	36,7 b	32,9	24,6	32,8	30,7 b	24,2 a	33,7 b
kg MS/ha	6447 b	6622 b	3229 a	7577 b	7212 b	5175 a	10688 b	7222 a	6420 a
kg MO/ha	6011 b	6194 b	3024 a	7103 b	6735 b	4872 a	10005 b	6685 a	6032 a
PB (% MS)	6,9	7,2	7,8	8,1	8,6	7,2	9,6 a	12,2 b	9,1 a
FB (% MS)	32,7 b	32,8 b	30,5 a	32,3	32,3	32,5	32,5	31	31,7
FND (% MS)	60,5	60,8	57,1	60	60,8	59,5	61,8	60	60,6
kg N ext./ha	71,8 b	75,7 b	40,2 a	97,1 b	99,0 b	59,0 a	161,7 b	141,8 b	93,8 a

N0: 0 kg N mineral/ha **N1:** 40 kg N mineral/ha **N2:** 80 kg N mineral/ha. **DB:** digestato bruto **FL:** fracción líquida **T:** testigo **MS:** materia seca **MO:** materia orgánica **PB:** proteína bruta **FB:** fibra bruta **FND:** fibra neutro detergente **N ext.:** nitrógeno extraído. En cada nivel de fertilización mineral, valores con letra distinta difieren significativamente ($p < 0,05$) Duncan

Con la aportación de DB y FL se incrementa de forma significativa la producción en materia seca y materia orgánica, aunque si se acompañan con aportaciones elevadas de N mineral (N2) este incremento solo se mantiene en las aportaciones de DB. El contenido relativo en proteína bruta del forraje parece estar mejor relacionado con las aportaciones de N mineral que de N orgánico. Solamente se encuentra una sinergia estadísticamente significativa en las aportaciones de FL acompañadas por la dosis alta de N mineral.

En términos generales no se encuentran efectos de ninguna de las aportaciones fertilizantes sobre los contenidos en fibra bruta y neutro detergente del forraje obtenido.

La producción de proteína por hectárea (equivalente a la extracción de N por hectárea) se incrementa significativamente con las aportaciones de N orgánico. Las aportaciones de N mineral también incrementan esta producción y encontramos una sinergia entre ambas aportaciones para las dosis más elevadas de N mineral, aunque estos incrementos de producción de proteína parecen debidos en mayor medida a los incrementos de producción de biomasa que a los contenidos unitarios de proteína bruta en el material vegetal.

Eficacia del N orgánico aportado

En la Figura 1 se representan las curvas de respuesta, en producción total y de materia orgánica, a las aportaciones de N mineral. Así mismo se presenta la equivalencia productiva en N mineral de las aportaciones de N total para DB y FL sin acompañamiento de N mineral. Considerando las aportaciones de N total de cada

material orgánico (Tabla 2) obtenemos que para DB la respuesta productiva obtenida equivale a la aportación de 79-81 kg de N mineral/ha, lo que supone una eficacia media del N orgánico aportado en forma de DB del 43 %. En el caso de FL esta respuesta equivalente oscila entre 89 y 90 kg de N mineral/ha, lo que supone una eficacia media del N orgánico aportado en forma de FL del 69,5 %.

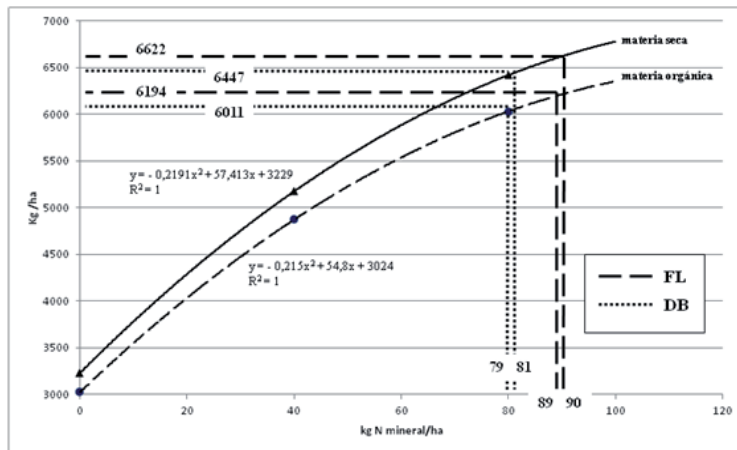


Figura 1. Respuesta de la producción de la pradera a la fertilización

En la Figura 2 se representa la curva de respuesta en extracciones de N de la producción vegetal a las aportaciones de N mineral y la equivalencia productiva en N mineral de las aportaciones de N total para DB y FL sin acompañamiento de N mineral.

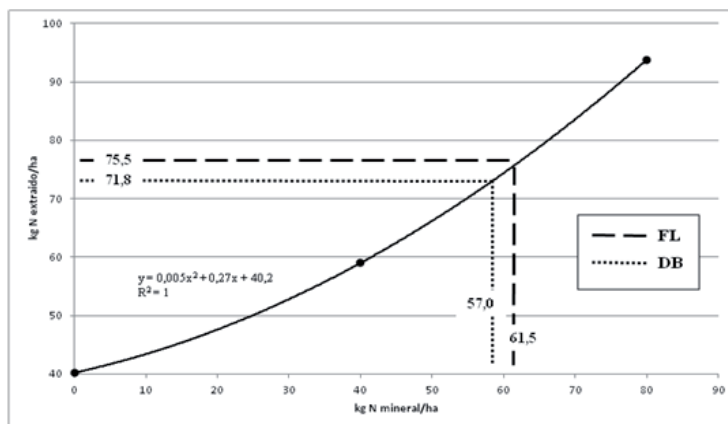


Figura 2. Respuesta de la extracción de nitrógeno de la pradera a la fertilización

Con los mismos criterios que el párrafo anterior encontramos que para DB la respuesta productiva obtenida equivale a la aportación de 57 kg de N mineral/ha, lo que supone una eficacia del N orgánico aportado en forma de DB del 31 %. Para FL la respuesta productiva obtenida equivale a la aportación de 61,5 kg de N mineral/ha, lo que supone una eficacia del N orgánico aportado en forma de FL del 48 %.

En la Tabla 4 se compara la eficacia fertilizante del N total aportado por los dos materiales orgánicos empleados, sin acompañamiento de N mineral, bajo tres criterios de comparación. No se encuentran diferencias significativas entre ellos, posiblemente debido a los escasos datos-repeticiones y al amplio rango de los valores, pero se encuentra que el N total aportado como FL es 1,5 – 1,6 veces más eficaz que el N total aportado como DB.

Tabla 4. Eficiencia fertilizante del N total aportado por DB y FL sin aportación de N mineral

	DB	FL	p	FL/DB
kg MS/kg N	17,3	26,3	0,057	1,52
kg MO/kg N	16,1	24,6	0,06	1,53
kg N extr./kg N	0,17	0,28	0,09	1,65

DB: digestato bruto **FL:** fracción líquida **MO:** materia orgánica **N ext.:** nitrógeno extraído **p:** nivel de significación del test “t” Student

Mangado *et al.* (2009) encontraron que en condiciones similares a las de este trabajo la eficacia fertilizante del N total del purín de vacuno de leche en aportaciones realizadas con cisterna en “abanico” en primavera tardía, calculada por producción de biomasa, supone el 35 % de la del N aportado en forma mineral y que desciende al 21 % si se calcula con respecto a las extracciones de N de la biomasa recolectada. Por otra parte Mangado *et al.* (2010) encontraron que en condiciones similares a las de este trabajo, la eficacia fertilizante del N aportado por el purín de vacuno de leche, medido por la producción de biomasa, mejora un 73 % si dicha aportación se realiza con un equipo de “tubos colgantes” frente a la aportación con cisterna de “abanico” y la mejora es del 43 % si se mide por el N extraído por la producción vegetal. Estas diferencias pueden deberse a pérdidas de NH₃ por volatilización durante el recorrido del purín desde la salida del plato de “abanico” hasta su llegada al suelo. Considerando ambos resultados resultaría que la eficacia fertilizante del N orgánico aportado en las condiciones de esta experiencia sería el (35 x 1,73) 60,5 % si se tratara de purín de vacuno de leche y se considerara la

producción de biomasa, y del (21 x 1.43) 30 % midiendo las extracciones de N de la producción forrajera. Para DB los porcentajes obtenidos son 43 y 31 % respectivamente, alejado el primero y similar el segundo a los obtenidos en los trabajos citados.

CONCLUSIONES

En las condiciones de esta experiencia encontramos que el nitrógeno contenido en el digestato resultante de la digestión anaerobia del purín de vacuno de leche y el de su fracción líquida tienen una eficacia fertilizante del 43 % y del 69,5 % respectivamente medida como producción de biomasa obtenida. Esta eficacia desciende al 31 % y 48 % respectivamente si se mide como extracciones de nitrógeno por parte de la producción vegetal. Se obtiene que la eficacia fertilizante del nitrógeno aportado por la fracción líquida es vez y media superior a la del nitrógeno aportado por el digestato bruto, aunque no se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los resultados obtenidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- D.F. 148 de 23 de Junio (2003) Condiciones técnicas ambientales de las instalaciones ganaderas en el ámbito de la Comunidad Foral de Navarra. BON nº 97 de 30/07. Pamplona, España.
- LOIDI J. Y BÁSCONES J.C. (2006) *Memoria del mapa de series de vegetación de Navarra*. Pamplona, España: Ed. Gobierno de Navarra.
- MANGADO J.M., OIARBIDE J., BARBERÍA A. Y GRANADA A. (2009) Eficiencia y efecto residual del nitrógeno contenido en el purín de vacuno de leche aportado sobre prados en ambiente atlántico. En: Reine R. et al. (Eds). *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp. 205-212. Huesca (España).
- MANGADO J.M., ITURRIAGA I., Y GUEMBE J. (2010) Influencia de los equipos de aplicación sobre el valor fertilizante del purín de vacuno de leche en cultivos forrajeros monofitos en ambiente atlántico. En: Calleja A. et al. (Eds). *Pastos: fuente natural de energía*, pp. 365-371. *4ª Reunión Ibérica de Pastos y Forrajés*. Zamora (España), Miranda d'Ouro (Portugal).
- MANGADO, J.M. (2012) Proyectos desarrollados por colectivos ganaderos para la mejora de la sostenibilidad económica, social y ambiental. *LI Reunión Científica de la SEEP*. Pamplona <http://www.itgganadero.com/itg/portal/documentos2.asp?id=281>
- R.D. 824 de 8 de Julio (2005) Productos fertilizantes. BOE nº 171 de 19/07. Madrid, España.
- SPSS 2010. *SPSS for Windows V. 18*. SPSS Inc. Chicago, Illinois (USA).

IMPLICACIONES DEL MANEJO DEL GANADO Y LOS RECURSOS EN LA DIETA DE LA VACA AVILEÑA EN UNA ZONA DE LA SIERRA DE GUADARRAMA

Management Implications and Diet of Cattle in Dehesa in Sierra de Guadarrama (Spain)

T. MARTÍNEZ y M. ABAD

Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural Agrario (IMIDRA). El Encín, Apdo 127. Alcalá de Henares, Madrid, teodora.martinez@madrid.org

Resumen: Se analiza la dieta de la vaca avileña a partir del análisis microhistológico de las heces en mayo, julio y septiembre en una zona adehesada de la Sierra de Guadarrama. En mayo las vacas consumieron principalmente *Festuca ampla*, *Poa bulbosa*, *Dactylis glomerata*; en julio *Festuca ampla*, *Agrostis castellana*, *Anthoxantum* sp., mientras que en septiembre la especie más consumida fue *Fraxinus angustifolia*, aprovechando el desmoche de la especie. Se observó correlación significativa entre la dieta de la vaca de mayo y julio; siendo la similitud del 49%, reflejando diferencias cualitativas y cuantitativas entre ambas dietas. La diversidad de dieta fluctuó de 1,9 en septiembre a 3,07 en julio. El manejo del ganado y la utilización de los recursos disponible de la finca reflejan diferencias en la alimentación, condicionadas a la vez por las distintas comunidades de plantas que conforman el área estudiada.

Palabras clave: Ganado vacuno, sistemas silvopastorales, pastizales, uso de los recursos.

Abstract: Microhistological feces analysis was used to study the diet of the Avileña cattle in may, july and september in an open woodland area of the Guadarrama Sierra (central Spain). In may, these cows primarily consumed *Festuca ampla* and *Poa bulbosa*, in july *Festuca ampla* and *Agrostis castellana*, while in september the most heavily consumed species was *Fraxinus angustifolia*, coinciding with the pollarding period for this species. A significant correlation was observed between the may and july diet and 49% similarity. Species richness ranged from 22 species in september to 43 in may, while diversity ranged from 1,9 in september to 3,07 in june. The management implications reflect differences in the type of food intake, which in turn was influenced by the different plant communities in the sampled areas during the three study periods. The results are discussed from the perspective that the type of livestock management and resources use influence cattle diet. The importance of sustainable usage of food resources is also discussed.

Key words: Cow, silvopasture systems, grasslands, resources usage.

INTRODUCCIÓN

Los diferentes ecosistemas en España han sido utilizados tradicionalmente por herbívoros domésticos como fuente de alimento, pero, su abandono en las últimas décadas está produciendo que se rompa el equilibrio del ecosistema,

amenazando la biodiversidad de estos (Jáuregui *et al.*, 2009). Sin embargo, en los territorios en los que todavía existe pastoreo, es conveniente que se maneje y aproveche adecuadamente la riqueza de recursos que ofrece este tipo de ecosistemas. Las implicaciones en el manejo del ganado y el uso sostenible de los distintos enclaves, podrían mejorar la producción y renta de las explotaciones ganaderas, así como conservar la biodiversidad y amortiguar efectos como el fuego u otro tipo de perturbaciones. En la sierra de Guadarrama y concretamente en la finca de Riosequillo, donde pastorea ganado vacuno, existen distintos hábitats: ecosistemas maduros con predominio de vegetación arbórea, espacios adehesados de transición, zonas de ribera, pastos herbáceos en los que se incluyen prados, zonas de pastizales de media o baja calidad por la invasión de plantas nitrófilas, además, se mantiene una alta diversidad que a la vez es diferente en las distintas zonas (Martínez *et al.*, 2011). En la finca, la gestión y el manejo del ganado se basa en que aproveche la vegetación existente y que a la vez se mantenga la biodiversidad, la riqueza de hábitats y el bienestar animal. Con estas consideraciones, es importante conocer los hábitos alimentarios de las vacas que pastan, así como el consumo de ciertas especies, comunidades o grupos de plantas, y analizar el efecto de las estrategias de uso y gestión establecidas. El objetivo del trabajo ha sido evaluar la dieta de la vaca en tres periodos diferentes, en los cuales el manejo del ganado se establece en concordancia con el aprovechamiento de los recursos disponibles lo más eficientemente posible.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio comprende la Finca de Riosequillo (Buitrago de Lozoya), una zona adehesada de 147,7 ha, ubicada en la zona media de la Sierra de Guadarrama, propiedad de la Comunidad de Madrid. La vegetación incluye a la serie meso-supramediterránea Guadarrámico-Ibérica de encinares sobre suelos ácidos, que se enriquece con componentes propios de la serie riparia mesomediterránea sobre esos mismos suelos (fresnedas y saucedas) (Rivas Martínez, 1982). En la finca pasta un rebaño de ganado vacuno de raza Avileña pura compuesto por 50 vacas y sus crías correspondientes. La finca está dividida en 7 cuarteles (rango de superficie de 7,2 ha a 38,5 ha), 4 de ellos se riegan por caceras y 3 permanecen sin riego (prácticamente la mitad de la finca). De las 4 zonas que se riegan, 2 se henifican. En cuanto al manejo del ganado, el pastoreo comienza a

principios de mayo de forma rotacional sobre los distintos cuarteles, comenzando por los pastizales que antes se agostan y continuando el pastoreo de verano en los prados más húmedos, no obstante, los cuarteles ya pastoreados permanecen abiertos por el bienestar animal. En septiembre, los animales pastorean por toda la finca, aprovechan el trasmucho de los fresnos y reciben una pequeña cantidad (1,5 kg/vaca/día) del heno recogido en la finca. La calidad del forraje es media-baja (8,3% de proteína, 35,2% de FAD, 67,6% de FND y 5% de lignina) y la composición de grupos de plantas en biomasa (graminoides 69,7%, leguminosas 9,8% y otras herbáceas 20,5%). Es a partir de octubre y hasta abril cuando la suplementación del ganado adquiere importancia, dado que se suplementa con pienso y con forrajes de calidad media-alta, periodo que no afecta a este estudio.

La dieta de la vaca se estimó a partir del análisis de las heces. El muestreo de las boñigas se realizó en tres periodos: mayo, julio y septiembre del 2010, y en cada uno de los periodos se recolectaron 25 muestras de heces (1 muestra=1 vaca). En mayo y gran parte de junio, las vacas utilizan las zonas o cuarteles donde domina el encinar más o menos abierto o adehesado, existiendo pastizales, pequeñas vaguadas y cauces agua. El muestreo de julio se realizó en los cuarteles dominados por prados, zonas regadas y áreas más frescas ocupadas principalmente por fresnedas y robles; no obstante, las vacas pueden moverse por el resto de pastizales ya pastados, como se ha comentado anteriormente. En septiembre las vacas se distribuyen por toda la finca, pero permanecen más tiempo es en los cuarteles donde se henificó por cuestiones de querencia, apetencia del rebrote en otoño.

Para el análisis de la dieta se utilizaron técnicas microhistológicas. Los pasos seguidos en el procedimiento se describen en Martínez, 1988, haciendo aquí un breve resumen. De cada muestra recolectada se tomaron dos trozos de boñiga. La mezcla se disgregó, se molió, se homogenizó y se lavó constituyendo la muestra de análisis. De esta muestra se tomaron 20 submuestras que se colocaron sobre porta objetos y se añadió líquido de Hertwig. Posteriormente se realizó el conteo e identificación de los fragmentos de epidermis de la muestra de análisis. La identificación se realizó a partir de una colección de referencia de estructuras epidérmicas de las hojas de las plantas. En cada submuestra se contaron 100 fragmentos de epidermis, contados en campos de microscopio localizados entre líneas. Finalmente, la contribución cuantitativa a la dieta de cada especie o taxón vegetal se expresó en porcentajes de biomasa.

La composición de la dieta se analizó por especies y por grupos de plantas: leñosas, graminoides (gramíneas, ciperáceas-juncáceas), leguminosas y otras especies. Se calcularon los índices de riqueza = número total de especies registradas y diversidad de Shannon ($H' = - \sum p_i \ln p_i$), donde p_i = abundancia relativa de la especie. Para ver la variación de dieta se utilizó el coeficiente de correlación por rangos de Spearman (r_s) y el índice de similitud de Kulczynski (ISK); $ISK = \frac{2W}{(a+b)} * 100$. W = al menor porcentaje de un recurso común en los dos parámetros a comparar; $(a+b)$ = suma total de porcentaje de recursos de los dos parámetros que se comparan.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la dieta de la vaca se identificaron 55 especies (Tabla 1), variando la riqueza de especies en los tres periodos muestreados, la dieta de mayo mostró la mayor riqueza (42), seguida de la de junio (37), mientras que la menor se observó en septiembre (22). La mayor diversidad de dieta se obtuvo en mayo (3,07), próxima a la observada en la de julio (2,9), siendo menor en la dieta de septiembre (1,9). La Figura 1 muestra la composición de los distintos grupos de plantas en la dieta de la vaca en los tres periodos de muestreo. Los resultados obtenidos en relación al consumo de los grandes grupos de plantas en primavera (mayo) y en verano (julio) son similares a los obtenidos por Beck y Peek, (2005) en las montañas de Nevada (USA) donde el grupo de las graminoides supuso en la dieta de la vaca la misma cantidad que en nuestro estudio (92%).

En mayo, el grupo de plantas que más se consumió fue el de las gramíneas que supuso el 82 %, siendo las especies más consumidas *Festuca ampla*, *Poa bulbosa*, *Dactylis glomerata*, *Festuca hothmaleri*, *Festuca* sp, fluctuando las cantidades aportadas por ellas entre el 24,2% y 5,1%. La vegetación leñosa tuvo cierta representación con un 11%, siendo *Quercus ilex* con un 6,7% la especie más relevante. Se sugiere el interés de la encina por parte de la vaca en un periodo de máxima producción y calidad de la vegetación herbácea en la zona de muestreo.

Tabla 1. Composición de la dieta de la vaca en mayo, julio y septiembre en la finca de Riosequillo (Buitrago de Lozoya).

	Mayo	Julio	Septiembre		Mayo	Julio	Septiembre
LEÑOSAS	%	%	%	HERBÁCEAS (Cont.)	%	%	%
<i>Hacer monspessulanum</i> L.	2,27	1,28	1,37	Graminoides (Cont.)			
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	0,21	0,32	–	<i>Phleum pratense</i> L.	1,65	0,8	–
<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl.	0,82	1,91	53,3	<i>Poa annua</i> L.	–	–	6,7
<i>Lonicera</i> sp	0,82	0,16	–	<i>Poa bulbosa</i> L.	11,65	1,28	0,46
<i>Prunus spinosa</i> L.	0,21	0,16	–	<i>Poa pratensis</i> L.	–	7,16	–
<i>Quercus ilex</i> L.	6,7	1,75	0,23	<i>Poa trivialis</i> L.	–	3,21	–
<i>Rosa</i> sp	–	0,32	–	<i>Poa</i> sp.	1,44	–	4,23
HERBÁCEAS				<i>Stipa lagascae</i> Roem. & Schult.	1,13	–	–
Graminoides				<i>Vulpia bromoides</i> L. (Gray)	1	–	–
<i>Agrostis castellana</i> Boiss. & Reut.	2,99	9,43	1,91	<i>Vulpia</i> sp.	1,31	–	–
<i>Agrostis capillaris</i> L.	–	2,03	–	Gramineas indeterminadas	1,5	2	2
<i>Anthoxanthum</i> sp.	1,96	7,07	2,05	<i>Carex divisa</i> Huds.	–	2	–
<i>Arrhenatherum elatius</i> L.	3,9	0,64	0,68	<i>Carex</i> sp	2,78	3,55	1,14
<i>Bromus hordeaceus</i> L.	–	5,23	2,85	<i>Juncus</i> sp	1,44	1,44	0,91
<i>Bromus</i> sp	2,96	1,91	1,14	<i>Luzula</i> sp	0,41	0,16	–
<i>Cynosurus cristatus</i> L.	1,24	5,16	–	LEGUMINOSAS			
<i>Dactylis glomerata</i> L.	7,26	1,91	–	<i>Lotus corniculatus</i> L.	0,1	–	–
<i>Danthonia decumbens</i> (L.) DC.	0,31	0,32	–	<i>Medicago arabica</i> (L.) Huds.	0,21	–	–
<i>Festuca ampla</i> Hack.	24,22	14,41	2,2	<i>Medicago sativa</i> L.	–	–	0,46
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	–	3	–	<i>Ornithopus compressus</i> L.	0,31	0,16	–
<i>Festuca pratensis</i> Huds.	–	6,06	1,97	<i>Trifolium pratense</i> L.	0,21	–	–
<i>Festuca rothmaleri</i> (Litard.)				<i>Trifolium repens</i>	–	–	2
Markgr. Dann.	5,15	6,56	–	<i>Trifolium</i> sp	–	–	5,52
<i>Festuca</i> sp	6,08	2,07	–	<i>Vicia villosa</i> Roth.	0,1	–	–
<i>Glyceria declinata</i> Bréb.	0,72	0,48	–	OTRAS			
<i>Holcus lanatus</i> L.	0,72	0,32	–	<i>Brassica barrelieri</i> (L.) Janka	0,1	–	–
<i>Hordeum murinum</i> Huds.	–	–	2,51	<i>Centaurea alba</i> L.	0,21	–	0,23
<i>Koeleria caudata</i> Link.	2	–	–	<i>Leontodon taraxioides</i>	1,03	1,91	–
<i>Lolium perenne</i> L.	0,21	0,32	–	<i>Rumex acetoxela</i> L.	–	–	5,01
<i>Melica ciliata</i> L.	0,1	1,28	0,46	<i>Tragopogon</i> sp	0,21	0,16	–
<i>Molineriella laevis</i> (Brot.) Rouy	0,7	–	–	Indeterminadas	–	–	0,23
<i>Phalaris coerulescens</i> Desf.	1,65	2,07	0,46				

Nuestros resultados se alejan bastante de los obtenidos por Bartolomé *et al.* (2011) para una población semi-salvaje de vacas Alberesas del Parque Natural de Albera (NE de España) que mostraron en primavera un consumo de *Quercus* ssp. del 41,6 %. El consumo de graminoides también varió considerablemente en dicha zona (27% y 11,5 % en primavera y verano respectivamente) en relación con los obtenidos en este estudio (Figura 1). Nuestros resultados se encuentran más cercanos a los obtenidos por Aldezabal (2001) que obtuvo un consumo de graminoides en julio de 83%, y en el conjunto del verano de casi el 82%, mostrando

un consumo mínimo de leñosas. En la Sierra de Gredos en los pastos de puerto dominados por cervunales y *Cytisus oromediterraneus* la vaca en el mes de julio tuvo una dieta totalmente herbácea y consumió el 98,5% de gramínoles (Martínez, 2008).

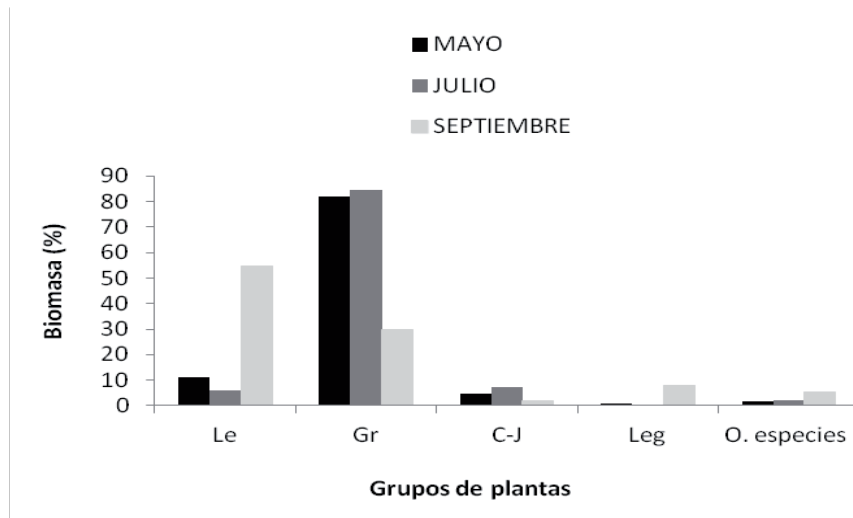


Figura 1. Grupos de plantas que componen la dieta de la vaca en la finca de Riosequillo. leñosas-Le, gramíneas-Gr, ciperáceas-juncáceas-C-J, leguminosas-Leg, otras-O.

En julio, la vegetación herbácea supuso algo más del 94 % de la dieta, los animales se alimentaron principalmente en los pastos más frescos en las áreas de las fresnedas y en los bordes de los cauces de agua donde existe mayor humedad. Destacaron especies como *Festuca ampla*, *Agrostis castellana*, *Anthoxantum* sp., *Poa pratensis*, *Festuca pratensis*, *F. rohtmaleri*, *Bromus hordeaceus*, especies que fluctuaron en la dieta entre el 14,4% y 5,2% (Tabla 1). La mayoría de las especies más consumidas en mayo y julio suelen soportar bien el pastoreo, tienen alto o medio valor bromatológico y contribuyen a la retención ó cohesión del suelo frente a la erosión (González-Bernáldez, 1986). El grupo de ciperáceas-juncáceas fue en julio donde se consumió en mayor cantidad, debido al aprovechamiento de la vegetación de los enclaves más húmedos. En este periodo, las vacas pastaron principalmente en áreas regadas en junio y en comunidades pascícolas de fresnedas, no obstante, también se movían por el resto de cuarteles ya pastoreados en mayo y junio.

Entre la dieta de mayo y julio se observó correlación significativa ($r_s = 0,35$, $P = 0,01$), sin embargo, el grado de similitud fue del 49 %, reflejando diferencias cuantitativas y cualitativas de la dieta, sugiriendo que la vaca aprovecharía en cada

periodo y zona los recursos más apetecibles, pero que a la vez existen una serie de especies o recursos que son consumidos y apreciados en ambos periodos y sitios de muestreo.

En septiembre el grupo de plantas más consumido fue el de las leñosas que supuso el 55 % de la dieta (Figura 1), esto se debió al alto consumo de *Fraxinus angustifolia* (53,3%) por ramoneo y también por el aprovechando de sus hojas y ramitas como consecuencia de su desmoche. Uso tradicional que se venía y viene realizando en distintas explotaciones de la Sierra. Las gramínoides también fueron importantes, con un consumo casi del 30%, destacando algunas especies de calidad baja o media como *Poa annua*, *Hordeum murinum*, *Bromus hordeaceus*. El grupo de otras especies fue en septiembre donde más se consumió (5,5%), destacando *Rumex crispus*, *Rumex* sp., especies propias también de los pastizales más fértiles, posiblemente por aportes de estiércol y por una mayor humedad edáfica. En este periodo, las leguminosas en la dieta supusieron el 8%, la gran mayoría procedería de los rebrote de *Trifolium repens*, *Trifolium* ssp., y *Medicagos* ssp., consumidos en los pastizales de la finca y sobretodo en los prados. No se observó correlación entre la dieta de septiembre y la de los periodos de mayo y julio, siendo la similitud relativamente baja, especialmente entre la dieta de mayo-septiembre (13,6%).

La composición de la dieta de la vaca en septiembre pone de manifiesto que la utilización de los recursos que dispone la finca tiene gran interés. Así, el aprovechamiento del fresno puede limitar o evitar el consumo de pienso o forraje en este periodo en que la vegetación herbácea ha disminuido cualitativa y cuantitativamente. De hecho, las gramínoides consumidas descendieron considerablemente con respecto a los otros dos periodos estudiados. El fresno por otra parte, es una especie de calidad y apetecible para el ganado, y que debería aprovecharse siempre que sea posible como una forma de diversificación de los recursos alimentarios de las explotaciones.

CONCLUSIONES

En mayo y julio las gramínoides fue el grupo más consumido por la vaca (86,5% y 92% respectivamente). En Septiembre tuvieron interés las gramínoides (30%) y especialmente el fresno (53%) contribuyendo a ello el aprovechamiento del desmoche.

Se observó correlación entre la dieta de la vaca en mayo y julio, siendo la similitud del 49%, reflejando diferencias cualitativas y cuantitativas en la dieta.

El sistema de manejo del ganado en pastoreo y el uso de los recursos de la finca habría influido en la composición de la dieta. El pastoreo rotacional conlleva un aprovechamiento más eficiente de los recursos, en concordancia con la composición florística y la fenología de las especies de los pastizales. El desmochado de los fresnos diversificó la oferta de alimento y evitó costes de suplementación.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo forma parte de un proyecto de investigación financiado por el IMIDRA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDEZABAL A. (2001) *El sistema de pastoreo del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Pirineo Central, Aragón)*. Zaragoza, España: Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón
- BARTOLOMÉ J., PLAIXATS J., PIEDRAFITA J., FINA M., ADROBAU E., AIXÀS A., BONET M., GRAU J. Y POLO L. (2011) Foraging behavior of *Alberes* cattle in a mediterranean forest ecosystem. *Rangeland Ecology Management*, 64, 319-324.
- BEEK J.L. Y PEEK J.M. (2005) Diet composition, forage selection and potential for forage competition among elk, deer, and livestock on aspen-sagebrush summer range. *Rangeland Ecology Management*, 58 (2), 135-147.
- GONZÁLEZ BERNÁLDEZ F. (1986) *Gramíneas pratenses de Madrid*. Madrid. España: Comunidad de Madrid.
- JÁUREGUI B.M., GARCÍA U., OSORO K. Y CELAYA R. (2009) Sheep and goat grazing effects on three atlantic heathland types. *Rangeland Ecology Management*, 62 (2), 119-126.
- MARTÍNEZ T. (1988) Utilisation de l'analyse micrographique des fèces pour l'étude du régime alimentaire du bouquetin de la Sierra Nevada (Espagne). *Mammalia*, 52: 465-473.
- MARTÍNEZ T. (2008) Estrategia alimentaria de la Cabra Montés y de los herbívoros domésticos simpátricos en el Centro de España. En: Granados-Torres J. E. et al. (Eds) *Tendencias actuales en el estudio y conservación de los caprinos europeos*, pp 71-87. España: Junta de Andalucía.
- MARTÍNEZ T., URQUÍA J., TEJERINA J.I. Y DE MIGUEL J.M. (2011) Respuesta de la composición florística y la diversidad biológica de pastizales a las estrategias de manejo en una dehesa de la Sierra de Guadarrama, Madrid. En: Canals R. M y San Emeterio L. (Eds) *Nuevos retos de la ganadería intensiva: Un agente de conservación en peligro de extinción*, pp 123-130. Pamplona. España.
- RIVAS S. (1982) *Mapa de las series de vegetación de Madrid*. Madrid. España.

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PASTOS EN DEHESAS MEDIANTE ÍNDICES DE VEGETACIÓN

Estimate Pasture Production in Dehesas in Spain from Vegetation Index

J.A. ESCRIBANO¹ y C.G. HERNÁNDEZ DÍAZ-AMBRONA¹

¹Grupo de Sistemas Agrarios AgSystems, Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia. y CEIGRAM. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria s/n, E-28040 Madrid, carlosgregorio.hernandez@upm.es

Resumen: El seguro de sequía en pastos en España se basa en la evaluación de un índice de vegetación sin la estimación de la producción de biomasa del pasto. El objetivo de este trabajo es estimar la producción de biomasa de los pastos mediante el índice de vegetación de la diferencia normalizada (NDVI). Desde 2010 a 2012 se realizó un seguimiento del pasto en dehesas de El Cubo de Don Sancho (Salamanca), Trujillo (Cáceres) y Pozoblanco (Córdoba). Se midió mensualmente la producción de biomasa del pasto y el NDVI obtenido del satélite DEIMOS-1 con una resolución de 22 m por 22 m. Con los datos de 2010 y 2011 se estableció la función de producción de biomasa del pasto (fresco y seco) a partir del NDVI, con un coeficiente de correlación r^2 de 0,975 altamente significativo para el pasto fresco. Los datos obtenidos en 2012 se han utilizado para validar la función de producción. La validación de la función de producción entre los valores observados y simulados ha mostrado un coeficiente de correlación r^2 de 0,734. Estos resultados sugieren que el NDVI puede ser un buen estimador de la producción de biomasa de los pastos en dehesas.

Palabras clave: Agua, pastoreo extensivo, NDVI, sequía.

Abstract: The pasture drought insurance in Spain is based on the evaluation of a vegetation index without estimating pasture production. The objective of this paper is to estimate pasture production by the normalized difference vegetation index (NDVI) from Deimos-1 satellite. From 2010-2012 three dehesas in west of Spain were followed in El Cubo de Don Sancho (Salamanca), Trujillo (Cáceres) and Pozoblanco (Córdoba). Pasture production and NDVI obtained from satellite DEIMOS-1 with a resolution of 22 m by 22 m were measured monthly. Data from 2010 and 2011 were used to establish a production function of pasture (fresh and dry weight) from NDVI. This production function showed a correlation coefficient r^2 of 0.975 highly significant. The data obtained in 2012 were used to validate the production function. Validation of the production function between observed and simulated values showed a correlation coefficient r^2 of 0.734. These results suggest that NDVI can be a good estimator of pasture production in dehesas.

Key words: drought, NDVI, rangeland grazing, water.

INTRODUCCIÓN

El seguro de sequía en pastos en España (línea 133 del seguro) emplea un índice para determinar la cobertura del seguro, con objeto de solucionar los

problemas de peritación que se originan al determinar la cantidad de pasto afectado por la sequía, en las zonas del territorio cuando existen variaciones del tipo de suelo, de pasto, de carga ganadera y de tipo de ganado. El seguro de cobertura de daños por sequía en pastos es el principal instrumento financiero con el que cuentan los ganaderos para hacer frente al gasto que supone el suplemento de alimentación del ganado debido a la sequía (Báez, 2010). El seguro se basa en la medición por satélite (sensor MODIS instalado en el satélite Terra) del índice de diferencia normalizada de vegetación (NDVI), obteniéndose el valor medio de una comarca homogénea medido exclusivamente en parcelas de pasto herbáceo en ausencia de vegetación leñosa como arbolado o matorral. Este es un seguro que cubre a las explotaciones de ganado bovino reproductor y de lidia, ovino y caprino reproductor y al equino en extensivo.

El seguro indexado es un instrumento de gestión de riesgos en que las estimaciones de pérdidas están basadas en un índice. Ese índice estará altamente correlacionado con el resultado de la explotación que se quiere evaluar y no en la pérdida individual del asegurado. El buen desempeño de un seguro indexado depende de la objetividad y exactitud de las mediciones del índice. Por tanto, los encargados de efectuar las mediciones del índice deben utilizar información oportuna que esté disponible y sea fiable (Bielza *et al.*, 2009). Para el diseño de un adecuado producto de seguro indexado se requieren datos históricos suficientes y un buen modelo que permita predecir la probabilidad de varias medidas del índice. Por lo que normalmente se utilizan satélites que cuenten con un histórico de datos suficientes, para utilizar satélites más recientes será preciso la validación en campo de los datos obtenidos por teledetección. La sequía es un fenómeno extremo cuyos límites geográficos y temporales son difíciles de determinar, pudiendo convertirse en un desastre natural cuando no existe capacidad de gestión de los recursos hídricos. Los datos sobre las pólizas totales del seguro español en sequía en pastos muestran un periodo inicial de implantación del seguro, desde el año 2001-2004, y un periodo de estabilización de la contratación entre el periodo 2005-2011, con una elevada contratación en el año 2005 debido a la certeza de la sequía que se produjo ese mismo año en el que el periodo de contratación del seguro se extendió al mes de marzo cuando ya se estaba produciendo la sequía, por lo que se puede calificar de año anómalo (Tabla 1). Las zonas con más contratación son Extremadura y Andalucía que suman más del 90% de bovino, equino, ovino y caprino.

Tabla 1. Evolución de la contratación del seguro de sequía en pastos en España.

Año	Pólizas	Animales	Animales	Capital asegurado	Prima/ animal	subvención /	Capital asegurado
			/ pólizas	/ póliza	asegurado	animal asegurado	/ animal
2001	63	11.282	179,1	40.032,90	16,6	6,3	223,5
2002	54	11.119	205,9	41.689,20	15,2	6,4	202,5
2003	42	7.674	182,7	40.246,40	13	5,7	220,2
2004	4.202	1.518.244	361,3	49.682,60	5,1	1,6	137,5
2005	20.876	6.529.413	312,8	22.186,90	4,4	1,6	70,9
2006	6.725	2.185.140	324,9	22.979,90	4,5	2	70,7
2007	5.135	1.887.874	367,6	25.564,10	6,9	2,7	69,5
2008	3.024	1.089.503	360,3	22.288,70	6,9	2,9	61,9
2009	5.575	2.005.805	359,8	25.277,40	7,6	2,6	70,3
2010	4.660	1.615.402	346,6	23.463,90	7,4	2,7	67,9
2011	4.093	1.420.018	346,9	23.300,10	6,9	2,6	67,2
2012†	2.873	963.164	335,2	26.443,50	7,35	2,6	78,9

† Datos provisionales de contratación hasta octubre de 2012 según ENESA.

Fuente: Ampliado de Báez, 2010.

El NDVI se usa para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición, por medio de sensores remotos instalados sobre satélites, de la intensidad de la radiación de unas bandas concretas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja (Rouse *et al.*, 1974).

El intervalo de valores obtenido del NDVI, varía entre menos uno (-1) y uno (+1). De ellos, sólo los valores positivos corresponden a zonas de vegetación, los valores cercanos a cero significa que no existe vegetación, mientras que los próximos a uno indican la mayor cantidad posible de verdor (Chuvieco, 2008). Los valores negativos, pertenecen a nubes, nieve, agua, zonas de suelo desnudo y rocas; ya que sus patrones espectrales son generados por una mayor reflectancia en el visible que en el infrarrojo. El valor del NDVI puede variar en función del uso de suelo, estado fenológico de la vegetación, situación hídrica del suelo y ambiente climático de la zona.

El objetivo de este trabajo es estimar la producción de biomasa de los pastos en dehesa mediante el índice de vegetación de la diferencia normalizada (NDVI) obtenido del satélite DEIMOS-1.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio se ha llevado a cabo en tres zonas con diferentes tipos climáticos III, II y I según Sánchez de Ron *et al.* (2007), en el Cubo de Don Sancho (Salamanca), Trujillo (Cáceres) y Pozoblanco (Córdoba) respectivamente y con características

topográficas y edáficas distintas descritas en Escribano *et al.* (2011). En cada dehesa se limitó una parcela de 66 m × 66 m (9 píxeles del satélite DEIMOS-1) para evitar el pastoreo y exenta de arbolado para facilitar el seguimiento satelital.

Se determinó mensualmente la biomasa total de la parte aérea en peso fresco, mediante tres cortes, con cuadrados segados de 0,5 m por 0,5 m, las muestras se mantuvieron en bolsas de plástico con cierre hermético, conservadas en oscuridad e introducidas en una cámara refrigerada especialmente diseñada para transporte de muestras vegetales, hasta su peso en laboratorio en balanza de precisión y el peso seco se determinó secando las muestras en estufa a 75 °C durante 48 horas hasta alcanzar peso constante.

Los datos de 2010 y 2011 se utilizaron para obtener una función de producción y los datos de 2012 para validar la función producción. Se realizó un análisis de frecuencia en valores de NDVI, en intervalos de 0,05 en 0,05 y se estimó el número de datos válidos que están en el interior de estos intervalos. Así, con los datos de cada intervalo de 0,05 de NDVI, se ha estimado el valor medio de NDVI y el valor medio de pasto fresco con el fin de eliminar los posibles errores accidentales y eliminar la dispersión. Posteriormente se ajustó una función con el porcentaje de pasto seco sobre el pasto fresco y el NDVI, que mediante un análisis de frecuencia en valores de peso fresco, en intervalos de 500 kg/ha, se ha vuelto a estimar el número de datos validos que están en cada uno de estos intervalos, para cada uno ellos, se ha estimado la media del porcentaje de peso seco sobre fresco y la media de NDVI, con el fin de eliminar los posibles errores accidentales y eliminar la dispersión. Una vez obtenida la función del pasto fresco a partir del NDVI y obtenida la relación entre pasto seco y fresco se determina la función para estimar el pasto seco a partir del NDVI.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La función de producción obtenida obedece a una ecuación exponencial del pasto fresco a partir del NDVI definida para los valores entre 0,20 y 0,68 según suelo desnudo y máxima actividad vegetativa respectivamente (Figura 1). La función mostró un coeficiente de correlación r^2 de 0,975 altamente significativa ($P < 0,05$).

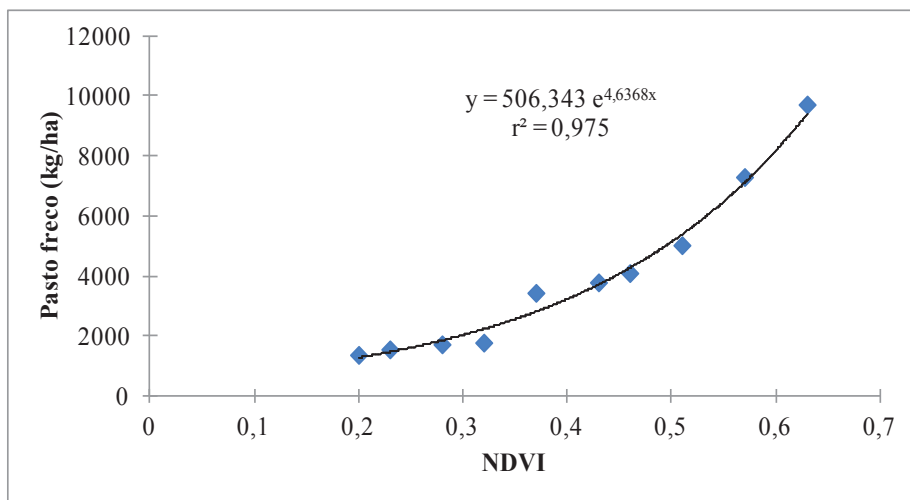


Figura 1. Función de producción de biomasa del pasto fresco obtenida como mejor ajuste a los valores observados medios en dehesas del NDVI en el periodo 2010-2011. y: Pasto Fresco; x: NDVI; r^2 : coeficiente de correlación.

El modelo de regresión simple se ha generado con los datos de producción de biomasa del pasto fresco (PF) y sus respectivos valores de NDVI, de los años 2010 y 2011. La relación entre el porcentaje de pasto seco sobre el pasto fresco y el NDVI mostró un coeficiente de correlación r^2 de 0,921 altamente significativa ($P < 0,05$) (Figura 2).

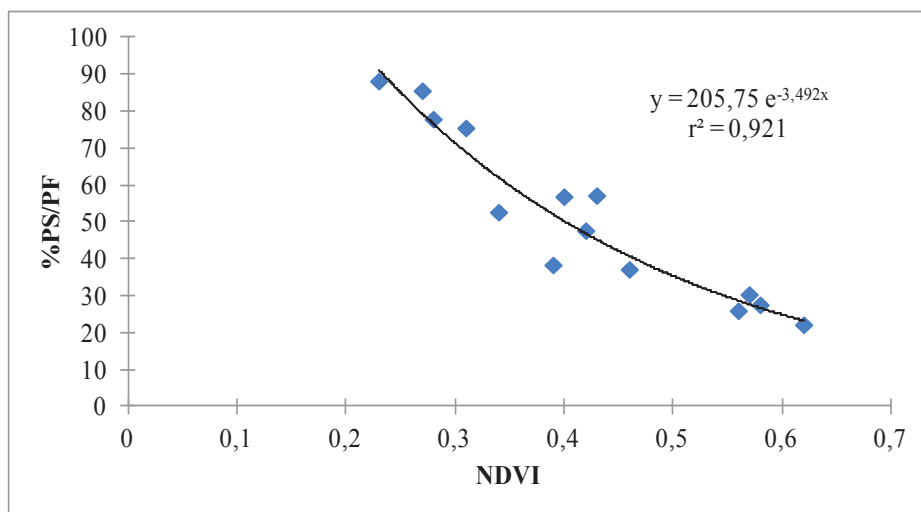


Figura 2. Ajuste exponencial obtenido al relacionar los datos medios de NDVI con el porcentaje de pastos seco sobre pasto fresco (%PS/PF) en dehesas. y: porcentaje de pasto seco sobre el pasto fresco; x: NDVI; r^2 : coeficiente de correlación.

El modelo de regresión simple se ha generado con los datos de porcentaje de pastos seco sobre pasto fresco (%PS/PF) y sus respectivos valores de NDVI

Se puede estimar a través del dato de satélite DEIMOS-1, el valor de NDVI y desde él, la cantidad de pasto fresco y el porcentaje de pasto seco sobre pasto fresco, a partir de ambos podemos calcular la cantidad de pasto seco (PS) expresado:

$$PS \text{ (kg/ha)} = [506,343 e^{(4,6368 \times NDVI)}] \times [205,75 e^{(-3,492 \times NDVI)}]$$

Los datos obtenidos en 2012 se han utilizado para validar las funciones de producción de biomasa del pasto fresco y seco. Las comparaciones entre los valores observados y simulados de pasto fresco y seco han mostrado unos coeficientes de correlación $r^2 = 0,734$ y $r^2 = 0,565$ respectivamente (Figura 3).

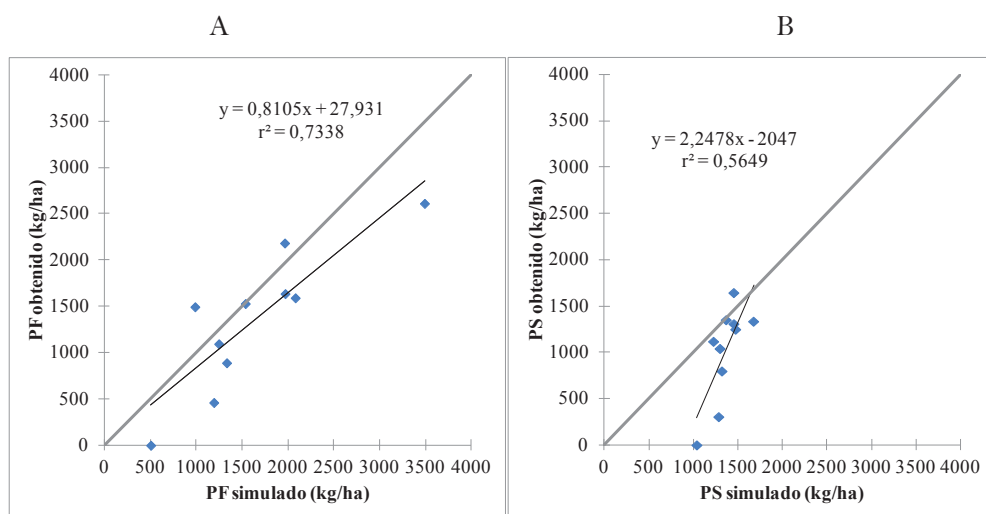


Figura 3. Relación existente entre el pasto simulado según la función de producción y pasto obtenido en campo durante 2012. A: pasto fresco y B: pasto seco.

En la época estival el pasto comienza a agostarse y perder humedad por lo que el peso fresco va disminuyendo rápidamente hasta igualarse al peso seco cuando no hay lluvias. Esta diferencia entre el peso fresco y el peso seco representa el contenido de humedad del pasto, diferencia que es utilizada en estudios de prevención de incendios. Este valor relativo al peso seco y expresado en porcentaje se conoce como FMC (*Fine Fuel Moisture Content* o *Floor Moisture Content*) ya que valores altos indican poco riesgo de incendios y por el contrario valores bajos indican alto riesgo, lo que sugiere que se relaciona muy bien con medidas del NDVI

(Chuvieco *et al.*, 1999). El peso fresco es igual al peso seco cuando el pasto, en campo, está completamente seco.

CONCLUSIONES

La función de producción propuesta a partir del índice de vegetación de la diferencia normalizada (NDVI) indica que este es un buen estimador de la cantidad de pasto fresco para las dehesas españolas ($r^2 = 0,734$). Sin embargo la estimación obtenida para el pasto seco fue algo menos precisa ($r^2 = 0,565$). No obstante, sería conveniente aumentar el número de puntos de validación para poder cubrir la heterogeneidad de producción de biomasa de las dehesas españolas.

Las funciones propuestas sugieren que el NDVI-Deimos-1 puede ser un buen estimador de la producción de biomasa de los pastos en dehesas españolas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en parte en el proyecto «Recogida y procesamiento de información agronómica y zootécnica obtenida “in situ” y su integración satelital de precisión para la mejora del seguro para la cobertura de los daños por sequía en pastos 2010 y 2012» financiado por ENESA y realizado en el CEIGRAM. Agradecemos también a los ganaderos por poder disponer de sus dehesas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BÁEZ K. (2010) *El potencial del seguro indexado en Chile: una aplicación a la gestión del riesgo de Sequía en pastos*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- BIELZA M., CONTE C., DITTMANN C., GALLEGO J. Y STROBLMAIR J. (2009) Experiencias de gestión de riesgos y crisis en la Unión Europea. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 221: 127-150.
- CHUVIECO E., DESHAYES M., STACH N., COCERO D. Y RIAÑO D. (1999) Short-term fire risk: foliage moisture content estimation from satellite data. En E. Chuvieco (Ed.): *Remote Sensing of Large Wildfires in the European Mediterranean Ba.*, pp 17-34. Springer-Verlag, Berlin.
- CHUVIECO E. (2008) *Teledetección Ambiental*. Tercera Edición. Barcelona, España: Editorial Ariel.
- ESCRIBANO J.A., GLIGA A.E., LLORENTE J.F., Y HERNÁNDEZ C.G. (2012) Caracterización de la sequía en pastos anuales en dehesas. En: Canals R. y San Emeterio L., (Eds) *Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en*

peligro de extinción, pp 111-116. Pamplona, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

ROUSE J.W. JR., HAAS R.H., SCHELL J.A. Y DEERING D.W. (1974) *Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation*. College Station, Texas, Estados Unidos: Remote Sensing Center, Texas A&M Univ.

SÁNCHEZ DE RON D., ELENA ROSELLÓ R., ROIG S. Y GARCÍA DEL BARRIO J.M. (2007) Los paisajes de dehesa en España y su relación con el ambiente geoclimático. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 22, 171-176.

VEGETACIÓN DE ÁREAS CORTAFUEGOS EN PINARES (*Pinus halepensis* Mill.) TUROLENSES SOMETIDAS A PASTOREO

Vegetation of the Firebreak in Grazed *Pinus halepensis* Woodlands
from Teruel (Spain)

Ó. RECHE SABATER y R. FANLO DOMÍNGUEZ

Departamento de Producción Vegetal y Ciencia Forestal. Universidad de Lleida. Rovira
Roure 191, 25198 Lleida, oscar5586@hotmail.com

Resumen: El Plan Medioambiental de Ganadería Extensiva para cortafuegos en Aragón, iniciado en 2005, persigue dos objetivos: contribuir a la eliminación y control de la vegetación de las áreas cortafuegos mediante el pastoreo de pequeños rumiantes, que reducirán la carga de combustible y mantendrán las condiciones idóneas en esas áreas, y fijar la población rural aragonesa a través de las actividades de ganadería extensiva. En el presente trabajo se ha comparado la abundancia y composición florística de la vegetación en seis áreas cortafuegos de la provincia de Teruel con similares características bióticas y abióticas; que han sido pastoreadas con diferentes tipos de animales (ovejas o cabras) o no son pastoreadas. Los resultados obtenidos muestran que en las zonas con pastoreo la abundancia y el número de herbáceas aumentan significativamente con relación a las zonas sin pastoreo, siendo mayor la abundancia en zonas con cabras que con ovejas. Mientras que las especies leñosas (matas y arbustos) disminuyen significativamente en las zonas pastadas por caprino.

Palabras clave: Silvopastoralismo, bosque mediterráneo, prevención de incendios, pequeños rumiantes.

Abstract: The Environmental Plan for Fuelbraks Grazing in Aragon, launched in 2005, has two objectives: to contribute to the elimination and control of vegetation of firewall areas by means of the grazing of small ruminants, which reduce fuel loads and maintain adequate conditions in these areas, and setting of a rural population through ranching activities. In this paper we studied six fuelbreaks areas in Teruel province with similar biotic and abiotic characteristics, but managed differently over time. From the point of view of management, it is interesting to compare the differences observed in the type of vegetation when different grazing regimes occur. The results show that areas browsed by goats have a less richness and abundance of woody species (shrubs), than ungrazed areas and areas grazed by sheep. Herbaceous species are favored by the grazing.

Key words: Silvopastoralism, Mediterranean woodland, fire prevention, small ruminants

INTRODUCCIÓN

La superficie forestal arbolada en España ha aumentado un 50% desde 1970. Este incremento se debe principalmente al descenso de la población en el medio rural

y no tanto a políticas forestales efectivas (Rojas-Briales, 2011). La convergencia entre el aumento de superficie forestal y la disminución de las dotaciones presupuestarias, tanto estatales como autonómicas, de los últimos años pueden favorecer el aumento de los incendios en un futuro próximo. Aragón desde 2005, mediante su *Plan Medioambiental de Ganadería Extensiva para cortafuegos*, establece un sistema de primas a los ganaderos para el control del combustible mediante pastoreo. El uso de pequeños rumiantes en áreas cortafuegos se muestra, como una herramienta útil en la prevención de incendios, al tiempo que ofrece externalidades ambientales y sociales muy positivas (fijación de la población rural, sostenibilidad, economía, mejora del pasto), lo que lo convierte, en definitiva, en un valioso sistema de gestión del territorio (Ruiz *et al.*, 2007). A pesar del elevado número de proyectos de similares características dentro y fuera de la Península Ibérica, la información disponible sobre cuantificación de los efectos sobre la vegetación de áreas cortafuegos, así como las valoraciones económicas, son todavía muy escasos (Dopazo *et al.*, 2011). El conocimiento de los efectos del pastoreo sobre la vegetación es muy útil (tanto en fitovolumen como en abundancia) ya que permite mejorar el sistema y extrapolar el manejo a zonas con características similares. El principal objetivo de este trabajo es comprobar si existe un efecto del pastoreo (con ovejas o cabras) en la estructura de la vegetación cuando se compara con la de áreas no pastoreadas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se ha llevado a cabo en una parte de la red de áreas cortafuegos (AC) de la comunidad autónoma de Aragón, situada al noreste de la provincia de Teruel, dentro de los términos municipales de Fórnoles, Ráfales, La Cerollera, La Portellada y La Cañada de Verich. La altitud media va desde los 690 a los 808 msnm, encontrándose a caballo entre los pisos bioclimáticos: supramediterráneo y mesomediterráneo. Los suelos se desarrollan sobre sustratos calizos y las pendientes oscilan entre el 11 y el 20% de media para las AC. La vegetación potencial según Rivas-Martínez (1987), se corresponde con la serie 22a (Serie supramediterránea castellano-maestrazgo-manchega basofila de encina (*Quercus ilex subsp. rotundifolia*) (*Junipero thuriferae-Querceto rotundifoliae sigmetum*) y la serie 22b (Serie mesomediterránea manchega y aragonesa basófila de encina (*Bupleuro rigidi-Querceto rotundifoliae sigmetum*). La vegetación actual dominante son los pinares de *Pinus*

halepensis Mill de origen natural, con algunos ejemplares de pequeño porte de *Quercus ilex sub. rotundifolia*. Como singularidad cabe destacar la altura y el fitovolumen de algunos enebros (*Juniperus oxycedrus*).

Las densidades estimadas fuera de las AC son de 1200-1500 pies/ha, por lo que pueden considerarse muy densos debido a que se encuentran en etapas de latizal. La Tabla 1 muestra las características de las mismas y su gestión.

Tabla 1. Características de las áreas cortafuegos estudiadas (AC)

Área Cortafuegos	Longitud (m)	Altitud		Año apertura / Año		pastoreo	no pastoreo
		(msnm)	comienzo pastoreo	UGM-ha ⁻¹ -año			
AC1. Fómoles	3515	689,4	2005-06/2009	0,667	Primavera (2 meses) Otoño (1mes)	Cabra	
AC2. Ráfales	7947	761,7	2005-06/2010	0,187/0,145 (dos partes con distinta carga)	Primavera (3,5 meses) Otoño (50 días)	Oveja	
AC3. Cerollera Sº Avezanes	7548	808,6	2009/2010	0,211	Abril (1mes) Jn-Jul(1mes) Sep-Oct(1mes)	Oveja	
AC4. Cerollera	9195	735,8	2006/2009	0,15	Primavera (1mes) Otoño (1mes)	Cabra	
AC5. Cañada de Verich	7686	728,1	2008	0	No pastoreo	No pastoreo	
AC6. N-232	5762	801,5	2010	0	No pastoreo	No pastoreo	

El diseño de las AC es similar, haciéndose coincidir con pistas forestales; a excepción de la AC6 que lo hace con una carretera nacional; que actúan como eje. Cada AC se divide en cuatro bandas, las dos más alejadas del eje central, de 25 m de ancho cada una, tienen una densidad de 700 pies/ha. En cambio, las dos centrales también de 25 m de ancho poseen una densidad de 200-250 pies/ha. La AC6, por motivos de seguridad al coincidir con una carretera, tiene el doble de anchura que las otras, pero con la misma densidad (ancho total de 200 m, mientras que las otras tienen 100 m).

El estudio de la vegetación en los cortafuegos, se ha realizado mediante transectos de 20 m de longitud, en los que se contabilizaban las especies y su abundancia (en algunas casos su altura) cada 20 cm. Los transectos se realizaban en las dos bandas laterales con diferente densidad para poder comparar la composición vegetal de cada zona. El número total de transectos fue de 208, aproximadamente

cinco por cada kilómetro de longitud del cortafuego. El trabajo de campo se llevó a cabo durante diciembre de 2011 y enero de 2012.

El tratamiento de los datos se realizó mediante el programa SPSS, calculando las diferencias entre las especies vegetales, su abundancia y el animal en pastoreo (o no), mediante la aplicación del análisis paramétrico ANOVA. Este análisis es aplicado para estudiar la asociación entre variables cuantitativas y categóricas, debiendo cumplir dos requisitos previos: la distribución normal de la variable cuantitativa en los grupos que se comparan (test de *Kolmogorov-Smirnov*) y la homogeneidad de varianzas en las poblaciones de las que proceden los grupos (test de *de Levene*). Al haberse detectado “problemas” puntuales con la normalidad de algunas variables así como en la homogeneidad de las varianzas se debería haber recurrido a una prueba no paramétrica. El tipo de prueba alternativo es el test de *Kruskal-Wallis* y, dado que éste es muy conservativo y considerando la robustez del ANOVA a un relativo incumplimiento de alguna(s) de sus hipótesis (Arriaza *et al.*, 2008) nos planteamos seguir con el estudio del *Análisis de la Varianza*.

Los factores independientes en el ANOVA fueron la gestión pastoral de la AC y la zona dentro de la misma en la que se ubican las diferentes especies. Las variables dependientes son las especies recogidas en el inventario y su abundancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 muestra el efecto del tipo de animal en pastoreo y de la zona del cortafuego, sobre las especies y los grupos florísticos estudiados-

Tabla 2. Efecto del animal en pastoreo y de la zona del cortafuego en las especies y grupos florísticos estudiados.

Especie	Efecto del pastoreo sobre		Bibliografía relacionada
	la abundancia de la especie	Zona del AC (lateral y central)	
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	S disminuye por pastoreo de cabra y de oveja	NS T a aumentar en la zona lateral	Barrantes <i>et al.</i> (2006) afirma que no es especie forrajera para pequeños rumiantes lo que contradice los datos de este estudio.
<i>Bupleurum fruticescens</i>	NS T a disminuir con pastoreo de cabras	NS	No hay bibliografía de referencia.
<i>Cistus albidus</i>	NS T a disminuir con pastoreo de cabras T a no ser afectado por pastoreo de oveja	NS	Los resultados coinciden con Gómez <i>et al.</i> (1992) ya que es especie palatable para cabras.
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	S disminuye por pastoreo de cabras	NS	Resultados similares a Correal <i>et al.</i> (1986),
<i>Fumana sp.</i>	NS T a disminuir con pastoreo de cabras	NS T a aumentar en la zona central	Idénticas conclusiones que Sotomayor <i>et al.</i> (1997).
<i>Genista hispanica</i>	S disminuye por pastoreo de oveja	NS T a aumentar en la zona central	No hay bibliografía de referencia.
<i>Genista scorpius</i>	S disminuye por pastoreo y más por las cabras que por ovejas	S aumenta en la zona central	Torrano y Valderrábano (2000).
<i>Helianthemum sp.</i>	S disminuye por pastoreo de cabras S no afectado por pastoreo de ovejas	NS	Pastoreado por cabras de acuerdo con García-González <i>et al.</i> (1989).
<i>Juniperus oxycedrus</i>	NS T a disminuir con el pastoreo de cabras	NS	Se observa tendencia a lo publicado por (Etienne y Rigolot, 2004).
<i>Pinus halepensis</i>	NS	NS T a aumentar en la zona central	Árbol palatable (Trías, 1996), no detectándose este hecho.
<i>Quercus coccifera</i>	NS	NS T a aumentar en la zona central	Cañellas y San Miguel (2003) obtuvieron los mismos resultados.
<i>Quercus ilex subsp. ballota</i>	NS T a disminuir con el pastoreo de cabras	NS	Idénticos datos que Ruiz Mirazo (2011).
<i>Rosmarinus officinalis</i>	NS T a disminuir con el pastoreo de cabras	S aumenta en la zona central	Contrasta con lo obtenido por Barroso <i>et al.</i> (1995) y Trías (1996).
<i>Rubia peregrina</i>	NS T a ser indiferente al pastoreo	NS	No hay bibliografía de referencia.
<i>Stachelina dubia</i>	NS T a disminuir con el pastoreo de cabras	NS	No hay bibliografía de referencia.
<i>Thymelaea tinctoria</i>	NS	NS	No hay bibliografía de referencia.
<i>Thymus vulgaris</i>	S disminuido por pastoreo T a disminuir con el pastoreo de cabras más que por ovejas	NS T a aumentar en la zona central	Similar a Mancilla y Martín (2008) y Barroso <i>et al.</i> (1995).
Grupo florístico			
Gramíneas	S aumentan al pastorear con cabras T a aumentar al pastorear con ovejas	S aumenta en la zona lateral	Datos iguales a los encontrados por García González <i>et al.</i> (1989).
Leguminosas	NS	NS	Efecto contrario al trabajo de (De Bello,
Otras familias	NS	NS	Efecto contrario al trabajo de (De Bello, 2006), en el que aumentaban.
Riqueza específica			
Número de Arbustos	S disminuye por pastoreo de cabras	NS	Mismos resultados que Vrahakis <i>et al.</i> (2005).
Número de Herbáceas	S aumenta por pastoreo frente al no pastoreo	S aumentan en la zona lateral	Datos similares a los hallados por García

NS: no significativo. S: significativo a $P < 0,05$. T: tendencia, pero no significativo

Torrano y Valderrábano (2000) comprobaron que si no se realizaba con gran presión ganadera, *Genista scorpius* vuelve a rebrotar. En nuestro caso no hemos podido comprobar este efecto al ser las cargas soportadas muy parecidas. La ausencia de relación entre el pastoreo y el *Quercus coccifera* es provocada por el mismo factor expuesto anteriormente que incluso puede beneficiar a la especie (Cañellas y San Miguel, 2003). Ruiz Mirazo (2011) afirma que las diferencias en abundancia para *Quercus ilex subsp. ballota* son significativas al final del tercer año de pastoreo, por ello no se precian diferencias en este estudio. *Rosmarinus officinalis* ha sido poco consumido por ambos animales y contrasta con lo indicado por algunos autores como Etienne y Rigolot (2004), pero coincide con lo obtenido por Barroso *et al.* (1995) y Trías (1996). Las diferencias encontradas pueden radicar en el momento del pastoreo, los animales empleados y su carga. García González *et al.* (1989) confirmaron que las gramíneas; y en general las herbáceas; son más pastoreadas por las ovejas que por las cabras. Por el contrario, las cabras disminuyen la producción de los arbustos significativamente (Vrahnakis *et al.*, 2005), lo que coincide con nuestros resultados.

La diferencia de densidad arbórea en cada zona del AC permite crear ambientes diferenciados en cuanto a insolación y erosión por las lluvias, lo que facilita que las especies ocupen el ambiente que les resulta más óptimo. En lo que respecta a la distribución de las especies dentro de las bandas de las AC, de las 17 leñosas estudiadas sólo dos de ellas (*Genista scorpius* y *Rosmarinus officinalis*) presentan una significativa preferencia por la banda central. Del resto de las especies, aún no presentando un valor significativo, cinco muestran una tendencia a ser más abundantes en la zona central y dos en las bandas laterales, siendo el resto indiferentes. De los grupos florísticos de especies herbáceas, las gramíneas son significativamente más abundantes en la banda lateral al igual que su riqueza.

CONCLUSIONES

El trabajo refleja los datos correspondientes a un solo año de muestreo, por lo que los resultados obtenidos deberían corroborarse durante otros años para aumentar la fiabilidad de los mismos. Un análisis de la cantidad y calidad de la materia seca también ayudaría a esclarecer el control que es ejercido por los animales en pastoreo. Pero sí se puede concluir, a grandes rasgos, que en estos pinares

mediterráneos el efecto del pastoreo favorece a las herbáceas frente al no pastoreo, y que las especies leñosas son disminuidas por la presencia de cabras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRIAZA GÓMEZ A.J., FERNÁNDEZ PALACÍN F., LÓPEZ SÁNCHEZ M.A., MUÑOZ MÁRQUEZ M., PÉREZ PLAZA S. Y SÁNCHEZ NAVAS A. (2008) Estadística Básica con R y R–Commander. Universidad de Cádiz.
- BARRANTES O., REINÉ R., BROCA A., GONZALO S., ASCASO J. Y FERRER C. (2006) Pastos arbustivos de coscojar y de espinar caducifolio en la Cordillera Ibérica de Aragón. Tipificación, cartografía y valoración. Dpto. Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Zaragoza.
- BARROSO F.G., ALADOS C.L. Y BOZA J. (1995) Food selection by domestic goats in Mediterranean arid shrublands. *Journal of Arid Environments*, 31, 205-217.
- CAÑELLAS I. Y SAN MIGUEL A. (2003) La coscoja (*Quercus coccifera* L.): ecología, características y usos. Monografías INIA: Forestal 5. Ministerio de Ciencia y Tecnología. 195 pp. Madrid.
- CORREAL E., SÁNCHEZ P., ROBLEDO A., RÍOS S. Y PÉREZ F. (1986) Arbustos de interés forrajero presentes en la flora del NO de Murcia. *Pastos*, 16, 163-176.
- DE BELLO F. (2006) Consecuencias de cambios de presión ganadera sobre la estructura de la vegetación a lo largo de gradientes climáticos. *Ecosistemas*, 15, 106-112.
- DOPAZO C., LAHIGUERA A.E., SUÁREZ J., MARTÍNEZ V., ROBLES A.B. Y GONZÁLEZ-REBOLLAR J.L. (2011) Comparación de costes de control del matorral con desbroce y pastoreo de ganado caprino en un área cortafuegos de la Comunitat Valenciana. *Reunión científica de la SEEP*, 103-110. Pamplona.
- ETIENNE M. Y RIGOLOT E. (2004) Pâturage et débroussaillage des garrigues à chêne kermès en France méditerranéenne. En *Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens*. CIHEAM-IAMZ. 407-410. Zaragoza.
- GARCÍA-GONZÁLEZ R. Y CUARTAS, P. (1989) A comparison of the diets of the wild goat (*Capra pyrenaica*), domestic goat (*Capra hircus*), mouflon (*Ovis musimon*), and domestic sheep (*Ovis aries*) in Cazorla mountain range. Instituto Pirenaico de Ecología (Jaca) y Estación Experimental de zonas áridas (Almería)
- GÓMEZ A.G., PEINADO E., SÁNCHEZ M., MATA C. Y DOMENECH V. (1992) Evolución de la selección de plantas leñosas por caprinos de aptitud lechera en pastoreo. *Archivos de Zootecnia*, 41, 607-618.
- MANSILLA J.M. Y MARTÍN A. (2008) Uso del sotobosque arbustivo de un pinar de *Pinus pinea* por el ganado caprino. XXXIII Jornadas Científicas y XII Internacionales de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, 33, 243-248. Almería.
- RIVAS-MARTÍNEZ S. (1987) Mapa de series de vegetación de España. Instituto Nacional de Conservación de la Naturaleza. Madrid.
- ROJAS-BRIALES, E. (2011) Cita en el informe de la FAO Situación de los bosques del mundo. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/013/i2000s/i2000s00.htm>
- RUIZ J., CARDOSO J.A., VARELA E., RAMOS, M.E., ROBLES, A.B. Y GONZÁLEZ J.L. (2007) Los claros en áreas cortafuegos: una herramienta para incrementar la biodiversidad. Sevilla.

- RUIZ-MIRAZO J. (2011) Las áreas pasto-cortafuegos: un sistema silvopastoral para la prevención de incendios forestales. Tesis Doctoral. Granada.
- SOTOMAYOR J.A., FERNÁNDEZAZ S., LAFUENTE P., CARRIZOSA J.A., FALAGÁN A. Y MANTECÓN A.R. (1997) El efecto del pastoreo con ovino en un matorral mediterráneo del Parque Natural de Sierra Espuña (Murcia). Murcia.
- TORRANO L. Y VALDERRÁBANO J. (2000) Capacidad de utilización de zonas forestales por el ganado caprino. Servicio de Investigación Agroalimentaria-D.G.A. Zaragoza.
- TRÍAS, A. (1996) Control biológico del crecimiento de sotobosque con caprinos. *Pastos*, 26 (1), 77-88.
- VRAHNAKIS M.S., FANLO R. Y PAPANASTASIS V.P. (2005) Effects of goat grazing on maquis-type shrublands. *EAAP Scientific Series*, 115, 120-123.

PARÁMETROS TOPOGRÁFICOS Y DE GESTIÓN QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD FORRAJERA EN PRADOS DE MONTAÑA CATALANES

Management and Topographic Parameters Influencing in DM Production and Forage Quality in Catalan Mountain Meadows

R. FANLO DOMÍNGUEZ y C. CHOCARRO

Departamento de Producción Vegetal y Ciencia Forestal. Universidad de Lleida.
Rovira Roure 191, 25198 Lleida. fanlo@pvcf.udl.es

Resumen: Los prados pirenaicos catalanes son comunidades seminaturales que se distribuyen actualmente entre los 900 y 1900 m snm. Su localización en los fondos de valle, o en diferentes situaciones de las laderas de estos, así como la utilización del riego en la época estival, pueden influir sobre sus valores de producción y calidad, tanto en el aprovechamiento de primavera (finales junio), como en el de verano (mediados de agosto). Los resultados de este trabajo muestran que, en el caso de la producción en MS, las variables situación dentro del valle y riego-no riego no influyen significativamente en la producción; mientras que el momento del aprovechamiento (primavera o verano) sí lo hace. En lo que respecta a la calidad, la situación y el momento de aprovechamiento son variables que afectan significativamente, mientras que el riego no tiene ningún efecto. De acuerdo con las fechas de corte, los mejores valores medios de producción se dan a finales de primavera (4082 kg MS ha⁻¹); mientras que la hierba con mayor calidad (medida mediante el índice del Valor Pastoral) corresponde a la oferta de verano (VP de 73,29).

Palabras clave: Materia seca, valor pastoral, fondos de valle, laderas, regadío, secano.

Abstract: Catalan Pyrenean meadows are semi natural communities scattered between 900 to 1900 masl. The situation in valley's bottoms or in slopes and the possibility of irrigation during the summer period can influence in their DM production and forage quality. We show in this work that the DM production is significantly influenced by the harvest's time (late spring or summer); while the forage quality, measured by Pastoral Value, is by the harvest's time and situation of the meadow in the meadowland. The use of irrigation in summer period, haven't influence in production ant quality. The best average DM production corresponds to the spring harvest (4082 kg DM ha⁻¹) and the best quality at the summer harvest (VP 73.29).

Key words: Dry Matter, Pastoral Value, valley's bottoms, slopes, irrigation

INTRODUCCIÓN

En la Península Ibérica los prados están mayoritariamente distribuidos en la Región biogeográfica Eurosiberiana; con muy poca representación en la parte correspondiente a la Región Mediterránea (San Miguel, 2001). En el caso de

Cataluña, la distribución es similar: los prados, todavía en uso, se localizan en el piso montano de los Pirineos (Región Eurosiberiana) y, de forma residual, en la Región Mediterránea catalana (piso supramediterráneo), estos últimos en vías de extinción debido a su baja producción (Mercadal *et al.*, 2003). Hasta mediados del siglo XX, los prados no sembrados alcanzaban las partes bajas del piso subalpino pirenaico y una mayor extensión en el piso supramediterráneo, pero fueron progresivamente abandonados y utilizándose sólo mediante pastoreo.

La distribución de estas comunidades está relacionada con la posición latitudinal de la Península Ibérica, que favorece la evaporanspiración estival del agua de los prados (y la consecuente bajada de producción), por lo que se encuentran sólo en zonas donde la pluviosidad anual es mayor o igual a 1000 mm y con suelos relativamente profundos. Esta zona peninsular coincide con el área de distribución del fresno de hoja grande (*Fraxinus excelsior*) especie de distribución eurosiberiana (Gómez y Fillat, 1981), con algún raro enclave en la alta montaña mediterránea (Herranz, 1995).

A pesar de ser sistemas intervenidos, la perturbación es baja si la comparamos con cultivos agrícolas próximos, lo que ha permitido que los prados sean refugio de una gran diversidad florística, tanto propia como de sistemas adyacentes (Chocarro *et al.*, 1990), y de una considerable fauna asociada de artrópodos y otros animales (Dolek y Geyer, 1997). Por todo ello, se les considera hábitats de interés comunitario según la normativa europea (Directiva 92/43/CEE, 1992).

En este trabajo se intentan relacionar las características de gestión (riego y no riego en verano) y la ubicación de los prados dentro de la pradería, con su producción en MS y su calidad medida mediante el método del Valor Pastoral.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material utilizado en este estudio proviene de siete praderías localizadas en los municipios de Alins, Astell, Berrós, Espot, Estais, Vall d'Assua y Val Fosca, todos ellos situados en la zona pirenaica de la provincia de Lleida entre los 900-1800 m snm. En cada pradería se intentó seleccionar parcelas en tres situaciones (fondo de valle, mitad de ladera y parte alta de las laderas) y con riego durante el verano o sin él. En las parcelas seleccionadas se recolectaron dos muestras de forraje de 50 x 50 cm que, una vez en el laboratorio, fueron separadas por especies, secándose en

estufa de aire forzado durante 48 horas a 60 °C. Con los valores obtenidos se calculó la producción en materia seca y la calidad según la metodología del Valor Pastoral (Daget y Poissonet, 1971). En este último caso se utilizó la proporción de cada especie con respecto al peso total de la muestra. El total de muestras utilizadas para este trabajo fue de 101, de las que 75 tenían riego estival (con la posibilidad de realizar un segundo aprovechamiento en agosto) y 26 sin riego (sin aprovechamiento estival). Respecto a su situación dentro de la pradería, 51 procedían de fondo de valle, 31 de media ladera y 19 alejadas del núcleo urbano y con fuerte pendiente. La recolección de la hierba se realizó en las mismas fechas en las que el propietario hacía los aprovechamientos: el de primavera (finales de junio) y el de verano (mediados de agosto).

Los datos obtenidos de cada una de las muestras, fueron tratados estadísticamente mediante un análisis de ANOVA y la posterior comparación de medias a través del test LSD utilizando el programa Statistica 6.0 (Statsoft, 1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La combinación de los tres parámetros anteriormente citados (fecha del aprovechamiento, utilización de riego y situación en la pradería) permite reconocer doce tipos de muestras (Tabla 1). Únicamente la combinación VSAL (recrecimiento de verano+sin riego+alto de ladera) no fue encontrada en ninguna pradería.

Tabla 1. Identificación de los diferentes tipos de parcelas en las praderías estudiadas.

Aprovechamiento	Situación en la pradería			
	riego/no riego	fondo de valle (F)	media ladera (ML)	alto de la ladera (AL)
Oferta primaveral (P)	sin riego (S)	PSF	PSML	PSAL
	regada (r)	PrF	PrML	PrAL
Oferta verano (V)	sin riego (S)	VSF	VSML	VSAL*
	regada (r)	VrF	VrML	VrAL

*VSAL= no encontrada

Producción en materia seca

Como puede observarse en la Tabla 2, la cantidad de hierba recolectada en el aprovechamiento de primavera es significativamente mayor que la del verano (obtenida gracias al riego). Esto se debe a que el periodo de crecimiento es más largo

en el primer caso que en el segundo (80 frente a 45 días, aproximadamente). Estos resultados concuerda con los obtenidos por nosotros en parcelas de prados pirenaicos de Huesca (Marinas *et al.*, 2000). Ni la posición de la parcela dentro de la pradería, ni la utilización del riego durante el verano son parámetros que contribuyan significativamente a la producción. En el conjunto de la producción anual obtenida mediante siega (suma de las producciones de primavera y verano), sólo se observa una tendencia, no significativa, a producir más biomasa en condiciones de regadío que en secano y en fondos de valle frente a laderas.

Tabla 2. Producción de MS (kg ha^{-1}). Valores medios \pm desviación estándar. Test LSD.

Aprovechamiento		primavera	verano	
	$F(1,99)$	$4082,5 \pm 1644,0$	$2298,9 \pm 1122,6$	
	$27,88^{***}$			
Situación de la parcela		fondo de valle	media ladera	alto de ladera
	$F(2,98)$	$3853,6 \pm 1823,4$	$3504,6 \pm 1719,5$	$3011,5 \pm 1245,6$
	$1,75$			
Riego		regada	sin riego	
	$F(1,99)$	$3642,5 \pm 1785,7$	$3430,8 \pm 1498,9$	
	$0,29$			

* ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$); *** ($p < 0,001$)

En la combinación de los tres parámetros estudiados, se pueden reconocer dos grupos de parcelas que son significativamente diferentes entre sí:

a) las que alcanzan valores medios superiores a $3100 \text{ kg MS ha}^{-1}$, que incluye los tipos de parcelas: PSF (3702,2), PSML (4481,7), PSAL (3413,5), PrF (4594,6), PrML (4029,6), PrAL (3279,0) y VrF (3154,0); y

b) las de menor producción ($< 3100 \text{ kg MS ha}^{-1}$): VSF (1339,2), VSML (1795,6), VrML (1878,7) y VrAL (1873,9).

Los resultados nos indican que en el aprovechamiento de primavera se obtienen más del 60% de la producción anual por siega, mientras que la ubicación dentro de la pradería o la utilización del riego no quedan reflejadas en la producción, debido a la variabilidad de los datos.

Calidad forrajera de la hierba

Utilizando el Valor Pastoral como medida de la calidad forrajera, encontramos que de las tres variables estudiadas: oferta (de primavera o verano), posición topográfica y riego, sólo las dos primeras tienen un efecto significativo

sobre la calidad (Tabla 3). El valor medio de calidad del aprovechamiento de primavera es considerablemente mayor que el obtenido, para prados aragoneses, por Reiné *et al.*, (2012), (62,05 frente a 56,19; $p < 0.0001$). La oferta de verano tiene mayor calidad debido a que en su composición florística están más presentes las leguminosas (40,24% de la MS total, frente a sólo 19,49% en primavera; Tabla 5). Estos resultados están condicionados por las características del método valoración utilizado, que mantiene el mismo índice, independientemente del estado de crecimiento de la especie.

La posición topográfica de la parcela es una característica que penaliza a las situadas más alejadas del fondo y más pendientes; esto puede ser debido a que las especies menos forrajeras o de peor calidad (grupo de “otras” especies), son significativamente más abundantes en las zonas altas (38,75%) frente a su proporción en las otras situaciones (22,43% en fondos y 23,60% en media ladera; Tabla 5) y que no han sido eliminadas por la gestión. El riego, por el contrario, no ejerce ningún cambio sobre la calidad de la hierba recolectada.

Tabla 3. Calidad forrajera de la hierba, según el método del Valor Pastoral. Valores medios \pm desviación estándar. Test LSD (mínima diferencia significativa).

Aprovechamiento	primavera	verano	
	11,10***	62,0 \pm 15,9	73,2 \pm 12,8
Situación de la parcela	fondo de valle	media ladera	alto de ladera
	$F(2,98)$		
	5,46**	64,9 \pm 13,8 a	55,4 \pm 13,9 b
	68,9 \pm 16,4 a		
Riego	regada	sin riego	
	$F(1,99)$		
	0,019	65,3 \pm 16,2	64,6 \pm 15,2

* ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$); *** ($p < 0,001$). Valores seguidos de la misma letra, no difieren significativamente para $p < 0,05$

Cuando se combinan los tres parámetros estudiados se obtiene dos grupos, uno caracterizado por presentar valores superiores a 70 (VSF 83,5; VSML 77,3; VrF 75,8 y VsML 73,1) y que corresponden todos al aprovechamiento de verano, y otro grupo, que con valores inferiores a 67 agrupa a la hierba recolectada al final de primavera en cualquier posición y gestión, junto con la producción de verano procedente de las parcelas de zonas altas de regadío.

En la tabla 4 se ve reflejados los valores medios tanto de producción como de calidad forrajera en función de los parámetros estudiados y su correspondiente comparación mediante análisis de la varianza. Podemos comprobar que encontramos diferencias significativas en función del tipo de aprovechamiento realizado (primavera o verano) tanto en producción como en calidad, pero no en función del riego. La ubicación de la parcela, a pesar de que la producción de MS no refleje cambios significativos, si que desde el punto de vista de la calidad se ven favorecidas las parcelas de fondo de valle.

Tabla 4. Resultados medios de producción y calidad forrajera en función de las variables estudiadas. Análisis ANOVA. (Valores medios \pm desviación estándar. n= 101)

Aprovechamiento	Riego	Situación de la parcela	MS (kg·ha ⁻¹)	Valor Pastoral
primavera	regada	fondo	4594,6 \pm 1911,3	66,1 \pm 17,6
		media ladera	4029,6 \pm 1689,4	61,9 \pm 15,6
		alto ladera	3279,0 \pm 1344,5	55,2 \pm 15,0
	no regada	fondo	3702,2 \pm 1140,0	62,7 \pm 17,1
		media ladera	4481,7 \pm 1458,8	60,2 \pm 8,8
		alto ladera	3413,5 \pm 905,0	55,9 \pm 13,8
verano	regada	fondo	3154,0 \pm 1320,5	75,8 \pm 10,3
		media ladera	1878,7 \pm 393,7	73,1 \pm 10,9
		alto ladera	1873,9 \pm 510,8	55,3 \pm 15,1
	no regada	fondo	1339,2 \pm 449,10	83,5 \pm 4,6
		media ladera	1795,6 \pm 0,01	77,3 \pm 0,01
		alto ladera	no existe	no existe
efecto del aprovechamiento			**	***
efecto del riego			NS	NS
efecto de la situación de la parcela			NS	**
aprovechamiento x riego			NS	NS
aprovechamiento x situación			NS	NS
riego x situación			*	NS
aprovechamiento x riego x situación			*	*

NS: no significativo; * (p<0,05); ** (p<0,01); *** (p<0,001)

Composición del forraje en grupos florísticos

Como se ha visto en los resultados de calidad, ésta está influenciada por la proporción de gramíneas, leguminosas y otras especies que constituyen la materia seca y que sirven para explicar algunas de las diferencias obtenidas. En la Tabla 5 se muestran los valores medios de estos grupos florísticos en relación con las variables topográficas y de gestión estudiadas. Los aprovechamientos muestran diferencias significativas en su composición en tipos florísticos, siendo las gramíneas dominantes

en primavera y las leguminosas en verano. La situación de las parcelas dentro de la pradería incrementa la proporción de “otras especies” en las más alejadas del fondo de valle. Finalmente, se puede observar que el riego no ejerce ninguna influencia significativa en la composición florística de la hierba.

Tabla 5. Porcentaje de gramíneas (g), leguminosas (l) y otras especies (o) en la biomasa recolectada. Valores medios \pm desviación estándar. Test LSD

Aprovechamiento		primavera	verano	
	12,94 ***			
	F(1,99)	(l) 19,49 \pm 14,74	(l) 40,24 \pm 23,78	
	27,89 ***			
	F(1,99)	(o) 26,94 \pm 17,76	(o) 23,03 \pm 19,88	
	0,92			
Situación de la parcela		fondo de valle	media ladera	alto de ladera
	F(2,98)	(g) 50,55 \pm 23,96	(g) 50,30 \pm 20,51	(g) 42,11 \pm 19,95
	1,09			
	F(2,98)	(l) 27,02 \pm 24,02	(l) 26,09 \pm 15,54	(l) 19,13 \pm 12,09
	1,13			
	F(2,98)	(o) 22,43 \pm 16,37	(o) 23,60 \pm 14,91	(o) 38,75 \pm 23,23
	6,45 **			
Riego		regada	sin riego	
	F(1,99)	(g) 48,73 \pm 22,81	(g) 49,33 \pm 21,03	
	0,01			
	F(1,99)	(l) 25,36 \pm 21,10	(l) 23,43 \pm 16,34	
	0,01			
	F(1,99)	(o) 25,90 \pm 19,08	(o) 25,72 \pm 16,45	
	0			

* (p<0,05); ** (p<0,01); *** (p<0,001).

CONCLUSIONES

Si consideramos que el riego es un input de la gestión, comprobamos que, al menos en las parcelas estudiadas, no ofrece una rentabilidad real al no producir un aumento significativo ni de la producción ni de la calidad en la hierba recolectada en cada época y en cada situación topográfica, aunque se observe una tendencia a aumentarlas. Por otro lado, mantener la utilización de parcelas situadas alejadas del núcleo urbano (en zonas altas de ladera), permite recolectar una producción extra, que puede evitar la compra de alimento, pero que es de peor calidad que el de otras

zonas próximas. Una opción que permitiría reducir el costo de la gestión sería su transformación a parcelas de pastoreo, utilizables en las épocas de otoño y primavera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHOCARRO C., FANLO R. Y FILLAT F. (1990) Composición florística de algunos prados de siega altoaragoneses. *Lucas Mallada*, 2, 43-55.
- DAGET P.H. Y POISSONNET J. (1971) Une methode d'analyse des prairies. *Ann. Agron.* 22 (I), 5-41.
- DIRECTIVA 92/43/CEE DEL (1992) Directiva 92/43/CEE del Consejo, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1992L0043:20070101:ES:PDF>
- DOLEK M. Y GEYER A. (1997) Influence of management on butterflies of rare grassland ecosystems in Germany. *J. Insect Conservation*, 1, 125-130.
- GÓMEZ D. Y FILLAT F. (1981) La cultura ganadera del fresno. *Pastos*, 11, 295-302.
- HERRANZ J.M. (1995) *Fraxinus excelsior* en el alto Tajo, limite meridional ibérico. *Ecología*, 9: 191-200.
- MARINAS A., CHOCARRO C., FANLO R. Y FILLAT F. (2000) Los paisajes de montaña (valle o ladera) y su influencia en las características florísticas, de diversidad, producción y calidad de los prados de siega del Pirineo aragonés. En 3ª Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes (ed. X. d. Galicia): 135-140. SEEP. Bragança-Coruña.
- MERCADAL G., GESTI J., COROMINAS M., Y VILAR L. (2003) Los prados de guadaña de la región mediterránea de Catalunya. *Pastos*, 23 (2), 219-232.
- REINE R., VILCHEZ C., BROCA A., MAESTRO M., BARRANTES O., CHOCARRO C., JUAREZ A. Y FERRER C. (2012) Calidad de prados del Pirineo de Huesca: valoración mediante análisis botánicos y químicos. In 51ª Reunión Científica de la SEEP (ed. SEEP): 461-467. Pamplona.
- SAN MIGUEL A. (2001) *Pastos naturales españoles*. Madrid, España: Ediciones Fundación Conde del Valle de Salazar y Mundi-Prensa.
- STATSOFT (1995) *Statistica*. CD + 3 Volumes. 2618 pp. StatSoft, Inc. 2325 East 13th Street, Tulsa Oklahoma (USA).

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE PRODUCCIÓN EN PASTOS DE DEHESA MEDIANTE UN MODELO AGRO-ECONOMÉTRICO

Risk Assessment of Pastures Production in Dehesas with an Agro-Econometric Model

C.G.HERNÁNDEZ DÍAZ-AMBRONA^{1*}, J.A. ESCRIBANO¹,
K. BÁEZ² y E. IGLESIAS²

¹Grupo de Sistemas Agrarios AgSystems, Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia.

²Departamento de Economía y Ciencias Sociales Agrarias. CEIGRAM. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria s/n, E-28040 Madrid, *carlosgregorio.hernandez@upm.es

Resumen: La suplementación del ganado en las dehesas supone uno de los mayores costes de producción. En los últimos años el incremento de los precios de las materias primas agrícolas ha sido mayor que el de los productos ganaderos, por lo que muchas explotaciones han reducido sus beneficios. El objetivo de este trabajo es identificar los periodos críticos en la producción de biomasa de pastos de dehesa y en la suplementación por unidad de ganado mayor (UGM). Se ha elaborado un modelo agro-económico para estudiar la incidencia de las sequías en el periodo 1999-2010. El modelo se ha validado con datos de campo de tres dehesas de El Cubo de Don Sancho (Salamanca), Trujillo (Cáceres) y Pozoblanco (Córdoba). En una dehesa tipo de Pozoblanco el coste anual medio por suplementación fue de 294,68 €/UGM, el gasto máximo anual alcanzó los 450,96 €/UGM en el año 2008/2009 y el mínimo fue de 234,95 €/UGM el año 2003/2004. La aplicación del modelo ha permitido identificar que los periodos críticos aparecen en mayo, junio, julio y febrero. La sequía prolongada tuvo un impacto económico máximo diario de 1,02 €/UGM.

Palabras clave: Agua, alimentación animal, sequía, pastoreo extensivo.

Abstract: Supplementation of cattle on pastures is one of the higher production costs. In recent years the increase in prices of agricultural commodities has been higher than livestock products, so many farms have reduced their profit. The aim of this paper is to identify the critical periods in the production of pasture and to calculate feed supplementation per unit of livestock (LSU). An agro-econometric simulation model has developed to study the impact of droughts in the period 1999-2010. The model was validated with field data of three dehesas of El Cubo de Don Sancho (Salamanca), Trujillo (Cáceres) and Pozoblanco (Córdoba) in Spain. In Pozoblanco the average annual cost of supplementation was 294,68 €/LSU, the annual maximum was 450,96 €/LSU in the year 2008/2009 and the minimum was 234,95 €/LSU the year 2003/2004. May, June, July and February are the critical periods in the dehesa systems to pasture supply. For drought longer than 30 days the maximum cost of supplementation was 1,02 €/LSU.

Key words: Drought, rangeland grazing, water.

INTRODUCCIÓN

Las explotaciones ganaderas en extensivo están condicionadas por varios factores como son el manejo, la carga ganadera, el precio de los forrajes y piensos que hay que proporcionar a los animales en épocas de sequías, la incidencia de enfermedades y la concentración de venta de ganado que genera una sobreoferta y bajada del precio, entre otros. Todos ellos, producen un aumento del riesgo en la viabilidad económica de las explotaciones ganaderas en régimen extensivo. Mientras la oferta forrajera fluctúa en función de las condiciones ambientales, la variación de la carga ganadera es menor y en gran medida se transfiere a la condición corporal o dicho de otra forma al peso vivo mantenido por unidad de superficie a lo largo del año. Por lo que eventos extremos de falta de producción de forraje se tienen que compensar con compras de alimento para mantener al rebaño reproductor. Dependiendo de la carga ganadera y de los factores ambientales, especialmente la meteorología, el pastoreo será más o menos duradero en el tiempo. Dependiendo de la cantidad y de la calidad del pasto disponible, en algunos momentos del ciclo el ganadero tiene que suministrar un complemento tanto alimenticio a los animales para su mantenimiento o producción. Durante los periodos largos de sequía, el complemento alimenticio a suministrar será mayor que en la época de máxima producción de biomasa de pasto. Las explotaciones ganaderas en las dehesas presentan una alta vulnerabilidad a la sequía, por lo que necesitan mecanismos de adaptación para reducir el riesgo y para mantener bajos los costes (Báez, 2012). Las sequías en España de los años 1981, 1991 y 1995 aparecen en la lista de las “10 sequías del mundo más costosas” comprendidas entre 1974-2003 (Guha Sapir *et al.*, 2004). La sequía en 2005 tuvo grandes consecuencias en los cultivos herbáceos y en los pastos, afectando al 70% de la superficie española (Agroseguro, 2005) causando grandes pérdidas (Iglesias *et al.*, 2007). El año hidrológico 2011-2012 ha sido un año extremo, el Observatorio Nacional de la Sequía lo ha calificado desde un punto de vista meteorológico como muy seco, ya que la sequía ha sido generalizada en todo el territorio peninsular y se ha mantenido durante un largo periodo de tiempo, desde enero hasta octubre, conforme la evolución del NDVI (índice de vegetación de diferencia normalizada) proporcionado por Agroseguro (2012) para el seguro de sequía en pastos. El NDVI se ha empleado satisfactoriamente para estimar la producción de biomasa del pasto (Paruelo *et al.*, 1997; Hill *et al.*, 2004). El objetivo de este trabajo es identificar los periodos críticos en la producción de los pastos en la

dehesa y en la suplementación del ganado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para identificar los periodos críticos se ha elaborado un modelo dinámico agro-económico, que integra el crecimiento del pasto y variables económicas para el cálculo del coste de la suplementación en función de la cantidad de alimento necesaria y del precio de forrajes y concentrados. El modelo agro-económico compara la indemnización que recibiría el ganadero con el coste adicional, o impacto económico de la sequía, que supone tener que alimentar a los animales en condiciones de sequía o falta de crecimiento del pasto (Figura 1). La indemnización se determina en función de los valores del NDVI y del diseño institucional del seguro, estos valores se obtiene para cada comarca, plan de seguros y decena de AGROSEGURO (2012). El impacto económico de la sequía se determina a partir de la diferencia del margen bruto de la explotación con el margen bruto de la situación media que es considerada como el escenario *business as usual*. La producción diaria del pasto se ha calculado mediante el modelo numérico que simula diariamente la cantidad de biomasa de la parte aérea del pasto en función del pasto acumulado en el periodo anterior, de su crecimiento diario y del pastoreo de los animales (Gliga *et al.*, 2012). Los inputs de este modelo son los datos meteorológicos diarios, profundidad y textura del suelo, y la carga ganadera y tipo de animal. El modelo se ha validado para las comarcas de Vitigudino (Salamanca), Trujillo (Cáceres) y Valle de los Pedroches (Córdoba) entre los años 2010-12 comparando los datos medidos mensualmente en campo y los simulados obteniendo el coeficiente de correlación lineal. Los datos climáticos diarios, de precipitación, temperatura y radiación solar, se han obtenido de las estaciones del Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (SIAR) de Hinojosa del Duque (Córdoba), Valdesalor (Cáceres) y Ciudad Rodrigo (Salamanca) para el periodo 2000-2011.

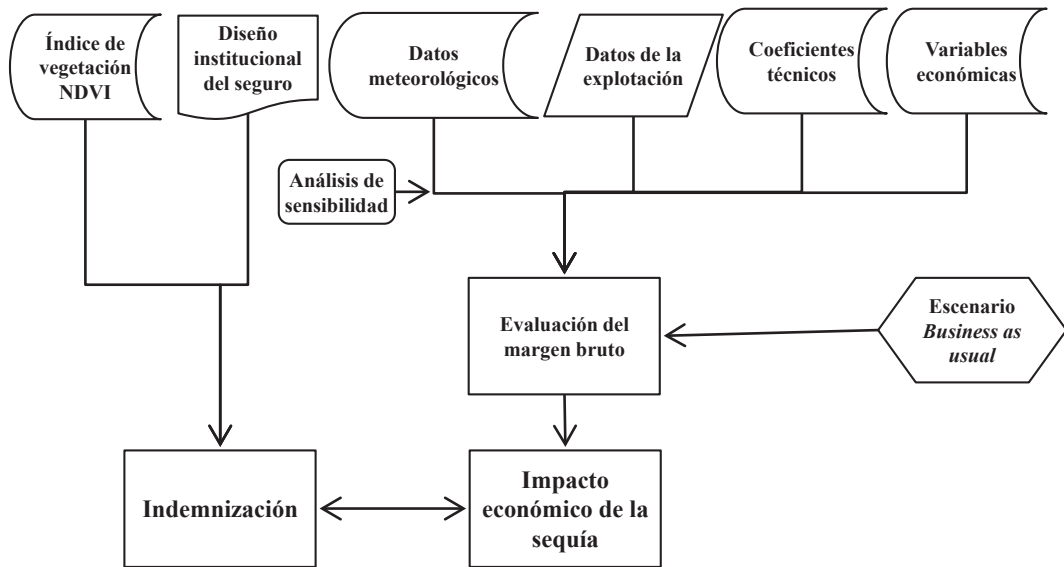


Figura 1. Modelo agro-ecológico para evaluar el impacto de la sequía en explotaciones ganaderas extensivas.

El Modelo Agro-Económico se ha aplicado sobre una explotación ganadera bovina situada en la comarca de Pedroches (Córdoba). La explotación tipo considerada tiene 250 hectáreas de superficie de pastos, 61 UGM o vacas reproductoras equivalentes, un ratio de fertilidad del 0,85, los terneros se venden al destete con 200 kg de peso vivo y el precio medio del suplemento alimentario es de 0,19 euros por unidad forrajera leche, se han considerado unas necesidades forrajeras leche diarias de 6,58 para una vaca en mantenimiento (Báez, 2012). Se ha utilizado el software estadístico StatGraphics© Centurion XVI para la evaluación de las series temporales. Se determinaron las medias de producción en materia seca (MS), la desviación estándar (DS) y el coeficiente de correlación lineal entre los valores observados y simulados.

RESULTADOS

La producción anual media observada de pasto en el periodo 2010/2012 fue de 1792 (DS 426) kg materia seca (MS)/ha en Córdoba, 2745 kg MS/ha (DS 217) en Cáceres y 1459 kg MS/ha (DS 175) en Salamanca. Los valores medios simulados fueron respectivamente para cada localidad 1913 kg MS/ha (DS 1282), 3347 kg MS/ha (DS 1059) y 1315 kg MS/ha (DS 360). Las comparaciones entre los valores de pasto seco observado y simulado han mostrado unos coeficientes de

correlación lineal 0,64; 0,78 y 0,64 respectivamente para las dehesas de Córdoba, Cáceres y Salamanca (Figura 2). Los resultados del modelo son consistentes con los obtenidos en campo.

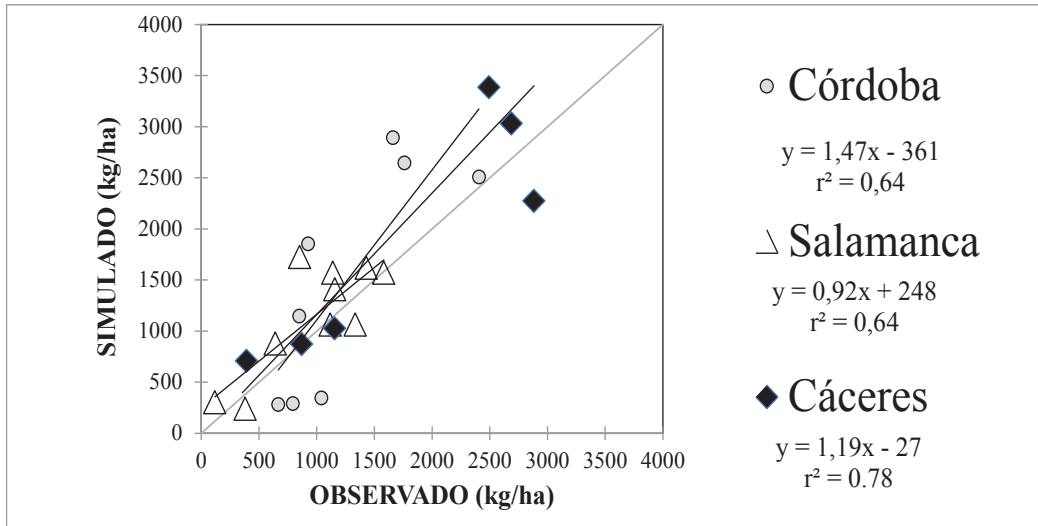


Figura 2. Relación existente entre el pasto simulado según el modelo agro-económico y el pasto obtenido en campo durante el periodo 2010-2012.

La aplicación del modelo agro-económico, para una explotación vacuna extensiva en Córdoba, recoge que el mayor gasto medio de alimentación simulado se genera en los meses de otoño (septiembre, octubre y noviembre) que representan el 44% de los costes, después le siguen los meses de verano (junio, julio y agosto) con el 34% (Figura 3). En el primer caso depende del inicio de la estación de crecimiento del pasto, hay necesidad de suplementación siempre y con poca variabilidad, presenta baja varianza y coeficiente de variación. En los meses de verano la variabilidad aumenta, ya que depende de la cantidad de pasto producido durante la primavera (Tabla 1). La mayor variabilidad se concentra en el inicio del verano (mayo, junio y julio), después en los meses de invierno y otoño en octubre. El coste anual medio por suplementación, en la explotación tipo simulada, fue de 294,68 euros/UGM (Tabla 1), con máximo de 450,96 euros y mínimo de 234,95 euros por año y UGM. Los costes de suplementación fueron mayores en las campañas 2008/2009, 2004/2005 y 2000/2001, respectivamente con 450, 378 y 332 euros por año y UGM. El impacto económico simulado de la sequía en esos años respecto del escenario *business as usual* habría sido de 156, 83 y 38 euros por año y UGM.

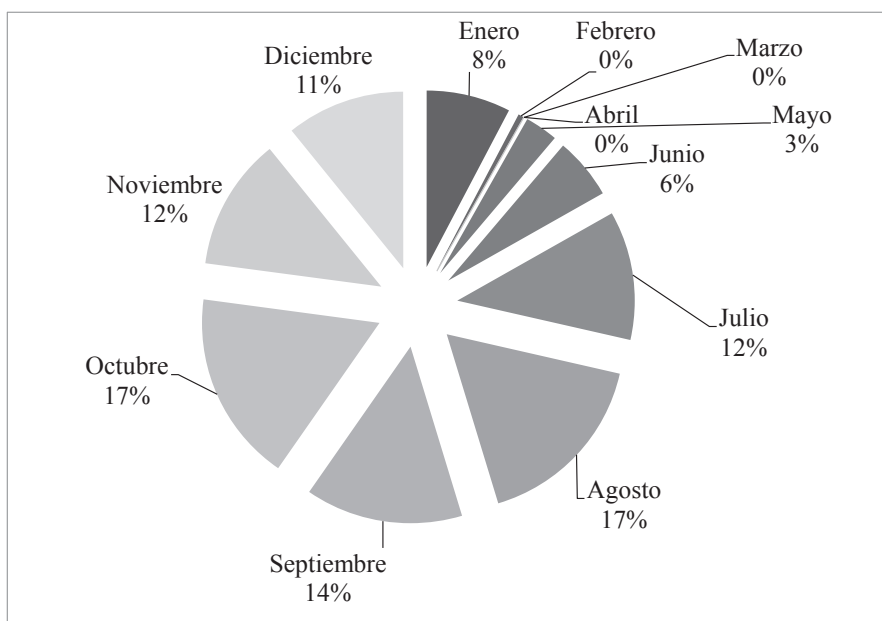


Figura 3. Importancia relativa del calendario en los costes de suplementación anual según los meses del año simulados en una dehesa representativa de Córdoba en el periodo 1999-2010.

Tabla 1. Principales medidas estadísticas de tendencia y dispersión de los costes de suplementación mensual (euros por UGM y mes) y anual simulados para una explotación de ganado bovino en Córdoba.

Campaña	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Anual
1999/2000	41,04	29,74	26,79	31,53	0	0	0	0	0	16,64	49,39	44,92	240,05
2000/2001	55,96	42,27	32,67	18,17	0	0	0	0	41,37	48,18	49,39	44,2	332,19
2001/2002	48,82	23,29	29,81	8,19	0	0	0	0	21,33	48,18	49,39	22,96	251,97
2002/2003	46,89	33	23,08	17,68	0	0	0	0	1,31	48,18	49,39	45,42	264,95
2003/2004	49,12	26,79	24,46	6,24	0	0	0	0	0	34,34	48,22	45,77	234,95
2004/2005	52,74	31,3	22,77	23,62	0	0	0	48,98	55,43	48,18	49,35	45,74	378,1
2005/2006	54,34	32	27,11	18,88	0	0	0	0	7,5	48,18	49,28	41,79	279,08
2006/2007	53,76	33,89	32,46	25,56	0	0	0	0	0	9,55	49,39	38,33	242,94
2007/2008	54,45	45,37	40,27	24,16	0	0	0	0	0	0,35	49,39	45,59	259,59
2008/2009	55,96	48,05	48,21	43,94	8,31	0	0	48,53	54,86	48,18	49,39	45,53	450,96
2009/2010	52,69	45,61	42,74	30,75	7,41	0	0	0	0	32,93	49,39	45,2	306,71
Media	51,43	35,57	31,85	22,61	1,43	0	0	8,86	16,53	34,81	49,27	42,31	294,68
estándar	4,56	8,36	8,51	10,71	3,18	0	0	19,72	23,03	17,98	0,35	6,81	68,08
de variación	9	24	27	47	223			222	139	52	1	16	23
Varianza	19	64	66	104	9	0	0	354	482	294	0	42	4213

A partir de los datos generados mediante el modelo de simulación, se caracteriza el riesgo de la sequía en términos de duración, coste de suplementación y frecuencia. Los costes de suplementación aumentan conforme se prolonga la sequía.

Así cuando la intensidad de la sequía solo abarca una decena el coste medio diario de la suplementación por encima del valor medio es de 0,25 €/UGM, si son dos o más decenas consecutivas es de 0,12 €/UGM, el valor máximo llega a 1,02€/UGM.

La evolución de los costes medios de suplementación a lo largo del año confirma que los mayores costes se producen en octubre, agosto y septiembre (Figura 4). Sin embargo, se detecta tres períodos de riesgo no críticos por su mayor variabilidad (mayor desviación estándar y varianza) que se sitúan el primero al final de la primavera, de mayo a julio; el segundo aparece a finales del invierno en enero y febrero; y el tercer periodo ocurre en el otoño. La desviación estándar de los valores medios de cada mes es un estimador del riesgo de sequía o pérdida de producción, por lo que valores altos están asociados a un gran impacto en la cuenta de resultados del ganadero.

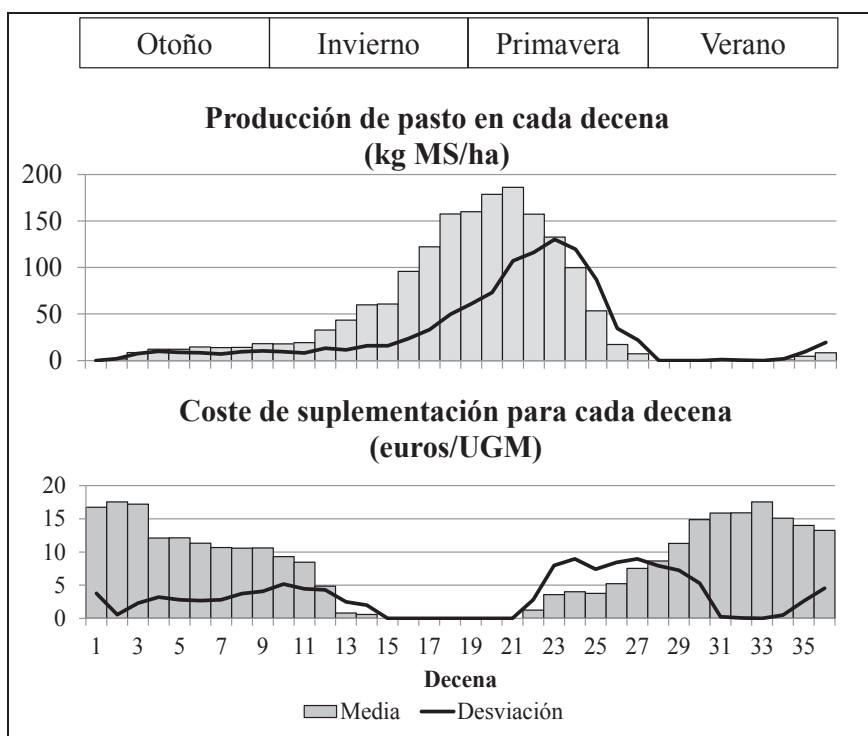


Figura 4. Crecimiento del pasto y costes de suplementación obtenidos mediante la simulación con un modelo agro-económico de una dehesa en Córdoba en el periodo 1999-2010, para cada decena valores medios (barras) y desviación estándar (líneas).

CONCLUSIONES

El modelo desarrollado permite simular las complejas relaciones que determinan las pérdidas económicas que impone la sequía en los sistemas de ganadería extensiva y generar datos para caracterizar el impacto económico de la sequía y profundizar en su análisis. Los resultados de la simulación llevada a cabo para el período que abarca los años 1999-2010 permiten identificar los episodios de sequía en términos de frecuencia, duración e intensidad. Asimismo, se han identificado los periodos críticos en los que es importante estudiar y contrastar la correlación con el índice de sequía en pastos, para disminuir el riesgo y mejorar la aceptación del seguro.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el CEIGRAM en el proyecto financiado por ENESA «Recogida y procesamiento de información agronómica y zootécnica obtenida “in situ” y su integración satelital de precisión para la mejora del seguro para la cobertura de los daños por sequía en pastos 2010 y 2012». Agradecemos a los ganaderos el acceso a sus dehesas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROSEGURO (2005) *Informe anual 2005*. Madrid, España: Agroseguro.
- AGROSEGURO (2012) *Consulta de índices de vegetación para seguros por teledetección. Informe anual*. Madrid, España. Disponible en: <http://www.agroseguro.es/Servicios.html>
- BÁEZ K. (2012) *Estrategias innovadoras para la gestión del riesgo de sequía en sistemas ganaderos extensivos*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- GLIGA A.E., ESCRIBANO J.A. Y HERNÁNDEZ C.G. (2012) Comparación de dos métodos para la estimación de los daños por sequía en pastos de dehesa. En Canals R. y San Emeterio L., (Eds) *Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción*, pp 117-122. Pamplona, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- GUHA-SAPIR D., HARGITT D. Y HOYOIS P. (2004) *Thirty years of natural disasters 1974-2003: The numbers*. Lovain-la-Neuve, Belgica: Presses universitaires de Louvain
- IGLESIAS E., GARRIDO A. Y GÓMEZ-RAMOS A. (2007) Economic drought management index to evaluate water institutions performance under uncertainty. *Australian Journal of Agricultural Economics*, 1(3)17-38.

UTILIZACIÓN DE ARBUSTOS CON APTITUDES FORRAJERAS EN LA RESTAURACIÓN DE ZONAS INCENDIADAS

Using Shrubs with Fodder Qualities for the Restoration of Burnt Areas

M.E. RAMOS FONT, F.M. CABEZA ARCAS, A.B. ROBLES CRUZ y J.L. GONZÁLEZ REBOLLAR

Estación Experimental del Zaidín (CSIC).C/ Profesor Albareda, 1, 18008, Granada,
eugenia.ramos@eez.csic.es

Resumen: Este estudio evalúa la supervivencia, el crecimiento y la afección por herbivoría de tres arbustos con aptitudes forrajeras: *Crataegus monogyna*, *Cytisus striatus* y *Rosa sempervirens*, plantados, en solana y en umbría, en la zona del incendio de Minas de Ríotinto y Charcofrío de 2004. El seguimiento se realizó a lo largo de dos años de muestreo, en siete épocas diferentes. La supervivencia al final del experimento fue, en la orientación más ventajosa (umbría), un 57% para *C. striatus*, un 52% para *C. monogyna* y un 38% para *R. sempervirens*. En cuanto al crecimiento, *C. striatus* fue la especie que mayor desarrollo y, por tanto, mayor oferta forrajera registró; siendo, además, la más consumida por los herbívoros silvestres. Las otras especies también fueron bastante pastoreadas, especialmente, cuando había escasez de pastos herbáceos. Según estos datos, *C. striatus* sería la especie que mostró un mejor comportamiento global gracias a su buena adaptación al medio y a su interés forrajero.

Palabras clave: *Crataegus monogyna*, *Cytisus striatus*, *Rosa sempervirens*, crecimiento, supervivencia.

Abstract: This study evaluates survival, growth, and herbivory incidence of three shrubs: *Crataegus monogyna*, *Cytisus striatus* and *Rosa sempervirens*, planted in sunny and in shady terraces, in the fire area of 2004 in Minas de Ríotinto and Charcofrío. The monitoring was conducted over two years of sampling, in six different periods. Survival at the end of the experiment was 57% for *C. striatus*, 52% for *C. monogyna* and 38% for *R. sempervirens*, all in the most advantageous orientation: the shade. In terms of growth, *C. striatus* was the most developed species and therefore showed greater forage supply, being also the most consumed by wild herbivores. The other species were also quite consumed, especially when there was a shortage of pasture. According to these data, *C. striatus* species showed the best global performance due to its better adaptation to the environment and forage supply.

Key words: *Crataegus monogyna*, *Cytisus striatus*, *Rosa sempervirens*, growth survival

INTRODUCCIÓN

Los arbustos constituyen la mayor parte de la dieta para muchos herbívoros mientras que para otros cumplen un papel esencial durante el invierno y el verano, períodos de mayor escasez de pastos (Mc Kell, 1975, Le Houérou, 1993). La plantación de arbustos autóctonos en los ambientes mediterráneos es una estrategia

relativamente común para complementar los recursos forrajeros de una zona (Correal *et al.*, 2006, Papanastasis *et al.* 2008). Un aspecto muy interesante de las especies arbustivas es que son capaces de generar un microclima a su alrededor gracias al cual favorecen el desarrollo de especies herbáceas. Además, se ha constatado que son capaces de mejorar las propiedades del suelo (Mc Kell, 1975; Padilla y Pugnaire, 2008).

En Julio de 2004, en Minas de Ríotinto- Charcofrío se produjo el incendio más importante ocurrido en los últimos años en Andalucía, con alrededor de 35.000 ha quemadas de pinar, eucaliptal, encinar, alcornocal y matorral. En Noviembre de 2005, la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía encarga la ejecución de los proyectos de restauración en los montes públicos de Sevilla y Huelva afectados por el incendio. Entre otras acciones, estos proyectos incluían la mejora de pastos en determinadas fincas afectadas por el incendio, con el fin de destinarlas a un uso ganadero. Nuestro grupo propuso la plantación de arbustos forrajeros autóctonos en una de esas fincas y realizó un seguimiento de la evolución de los mismos.

Este trabajo es la continuación del estudio presentado en 2009 por los autores (Ramos *et al.* 2009). Se pretende evaluar la idoneidad de utilizar arbustos silvestres autóctonos de doble propósito, esto es, restauración vegetal en una zona incendiada y alimento para el ganado silvestre y/o doméstico. Con tal fin se analiza la supervivencia, la evolución de la altura y del fitovolumen de los arbustos y la incidencia de herbivoría en una reforestación de: *Rosa sempervirens* L., *Cytisus striatus* (Hill) Rothm y *Crataegus monogyna* Jacq., plantados en solana y en umbría.

MATERIAL Y MÉTODOS

Zona de estudio. Las plantaciones fueron ejecutadas en dos laderas aterrazadas y gradeadas (una en solana y otra en umbría) de la finca de Las Catorce (El Madroño, Sevilla), propiedad de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía. Si bien la finca estaba destinada según el pliego del proyecto de restauración, a "Uso ganadero con ovino", en el transcurso de este estudio no se había introducido aún el ganado doméstico, aunque sí que se pudo constatar una presencia continuada de ciervo (*Cervus elaphus*).

Esta finca se ubica en el piso termomediterráneo con ombrotipo subhúmedo seco sobre un sustrato ácido cuyos suelos son litosoles sobre esquistos. La temperatura media anual de la zona es 16.6°C y la precipitación media anual es de

702.7 mm (Fuente: <http://sig.magrama.es/siga/>; Estación meteorológica de El Alamo2).

Diseño experimental. El diseño experimental se realizó según un split-plot en el cual la parcela principal fue la orientación (solana o umbría) y la subparcela fue la especie (*C. striatus*, *R. sempervirens* y *C. monogyna*). Las plantaciones se realizaron en noviembre de 2007, distribuyendo las distintas especies al azar en las terrazas, con una separación entre especies de 5 m. Las plantas se colocaron manualmente utilizando una azada para hacer el hoyo de unos 30-40 cm de profundidad sobre el suelo. No se colocó ningún tipo de protector. El número de pies de cada especie para cada orientación viene recogido en la Tabla 1.

Tabla 1. Número de pies plantados de tres especies de arbustos en solana y en umbría.

	Solana	Umbría
<i>Cytisus striatus</i>	109	93
<i>Crataegus monogyna</i>	156	131
<i>Rosa sempervirens</i>	51	66

Los arbustos tenían una savia y fueron podados antes de ser plantados para facilitar el desarrollo e incrementar su vigor

La duración del estudio fue de 33 meses, a lo largo de los cuales se realizaron siete muestreos: enero de 2008, abril de 2008, septiembre de 2008, abril de 2009, septiembre de 2009, abril de 2010 y septiembre de 2010.

En cada período de muestreo se analizaron las siguientes variables:

1. Altura (cm): con la ayuda de un flexómetro de 5 m se midió la altura del brote principal desde la base de la planta hasta el extremo superior.
2. Fitovolumen (cm³): a partir de la altura (H) y de las mediciones del diámetro mayor (D1) y menor (D2), se calculó el fitovolumen (FV): $FV = H \cdot D1 \cdot D2$ (Robles *et al.* 2002)
3. Supervivencia: para cada una de las campañas de muestreo, fue estimada como porcentaje de individuos vivos respecto al número total de individuos plantados.
4. Herbivoría: estimado como porcentaje de individuos afectados por herbivoría (presencia o ausencia) respecto al número de individuos vivos.

Análisis estadístico. Los datos de altura y fitovolumen fueron analizados usando el modelo general lineal (GLM). Los efectos de la orientación (solana, umbría), y la fecha de muestreo (enero, abril, septiembre) dentro de cada especie fueron determinados mediante un ANOVA de dos vías. Se utilizó un test de Tukey ($p < 0,05$) para separar las diferencias entre tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Supervivencia. Las condiciones climáticas del primer año desde la plantación determinan tanto la supervivencia como el crecimiento de las plantas. Hasta septiembre de 2008, la supervivencia fue muy alta, si bien, en la siguiente fecha de muestreo, se registró un descenso brusco que podría deberse a las escasas precipitaciones registradas durante el otoño de 2008 y los comienzos de primavera de 2009 (<http://sig.magrama.es/siga/>; Estación meteorológica de El Alamo²). A partir de ahí la supervivencia fue disminuyendo paulatinamente para todas las especies en ambas orientaciones, hasta alcanzar valores de entre 31% (para *C. striatus* y *R. sempervirens* en solana) hasta el 57% (para *C. striatus* en umbría) (Figura 1).

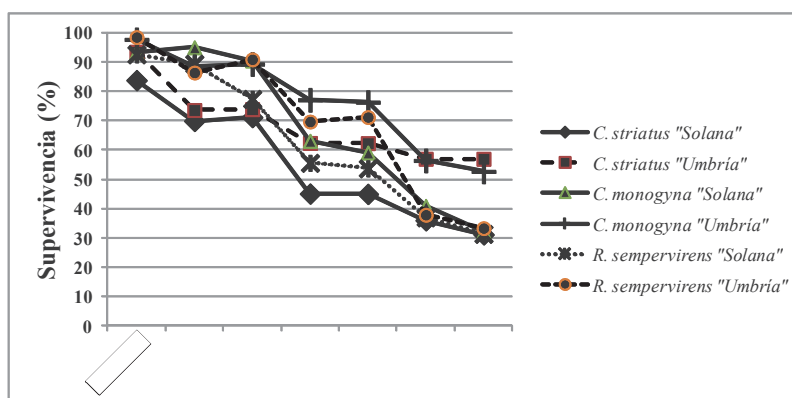


Figura 1. Porcentaje de supervivencia de una plantación de *Cytisus striatus*, *Crataegus monogyna* y *Rosa sempervirens* para siete fechas de muestreo y dos orientaciones.

En todas las especies se puede observar que los muestreos de abril registraron valores notablemente menores de supervivencia que los obtenidos en septiembre del año anterior, especialmente, en solana. Este hecho se debe, probablemente, a que los efectos de la sequía estival se perciben con posterioridad a septiembre. Los incrementos en supervivencia registrados en los muestreos de septiembre se deben a que algunas plantas rebrotaron.

Altura y fitovolumen. *C. monogyna* mostró un incremento en altura moderado, hasta septiembre de 2008, fecha a partir de la cual se produce un suave decrecimiento y que hace que se mantengan los valores hasta el último muestreo (F-valor = 18,859; g.l.= 6; p-valor<0.0001) (Figura 2), siendo el incremento total, casi cero. Por su parte, el fitovolumen mostró un fuerte incremento en abril de 2008 (F-valor= 12,123; g.l.=6; p-valor <0,0001) debido al desarrollo de ramas laterales (inexistentes en el momento de su plantación), que fue significativamente mayor en umbría que en solana (F-valor= 12,123; g.l.=1; p-valor <0,002). Esta diferencia entre tratamientos se mantiene en el siguiente muestreo, pero a partir de abril de 2009, no se detectan grandes diferencias entre solana y umbría, y el fitovolumen se estabiliza (Figura 2). La falta de desarrollo de esta especie podría tener una doble causa: la sequía estival y la herbivoría (ver Figura 5). La mayoría de las plantas se secaban en verano, perdiendo todas sus hojas, aunque gracias a su capacidad elevada de rebrote, porque rebrotaba en primavera. Por otro lado su estructura, con un tallo dominante y pocas ramas, hacen que su desarrollo se vea muy afectado por la herbivoría en los primeros años de plantación.

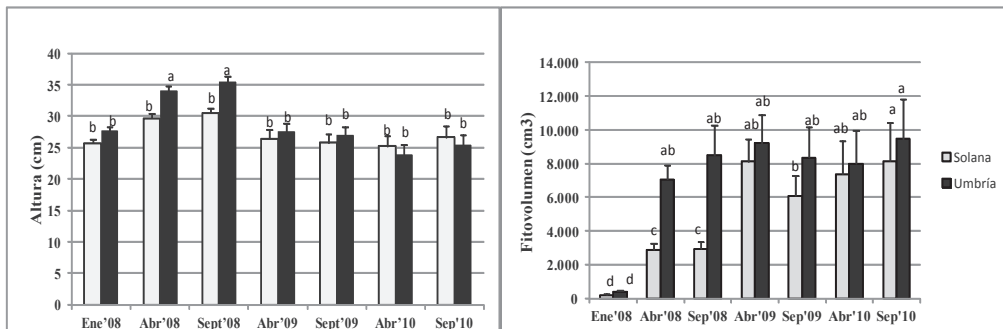


Figura 2. Media de la altura (cm) + error estándar de *Crataegus monogyna*. Las diferentes letras muestran diferencias significativas (Test Tukey; p-valor < 0,05).

C. striatus fue la única especie que incrementó claramente su altura (F-valor= 135,506; g.l.=6; p-valor<0.0001) y su fitovolumen (F-valor= 77,843; g.l.=6; p-valor<0,0001) a lo largo de los distintos períodos de muestreo, siendo especialmente acusado dicho aumento en septiembre de 2008 y en septiembre de 2010. (Figura 3). En este caso, a pesar de ser la especie más consumida (ver Figura 5), el ramoneo no afectó a su desarrollo, ya que la estructura de la planta con numerosas ramas, amortigua el efecto de la herbivoría. De hecho fue la especie que mayor desarrollo y,

por tanto, mayor oferta forrajera registró. La orientación no jugó un papel importante en el desarrollo de esta especie.

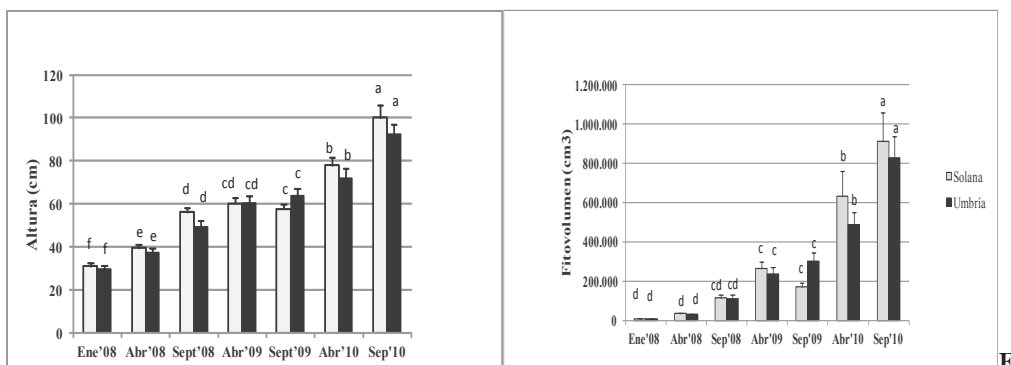


Figura 3. Media de la altura (cm) + error estándar de *Cytisus striatus*. Las diferentes letras muestran diferencias significativas (Test Tukey; p-valor < 0,05).

Finalmente, *R. sempervirens* mantuvo su altura hasta septiembre de 2008, y, a partir de abril de 2009 se registró un decrecimiento acusado (F-valor= 13,731; g.l.= 6; p-valor<0.0001) (Figura 4), aunque a partir de abril de 2010 aumentó ligeramente. Por otro lado, el fitovolumen se mantuvo constante hasta abril de 2010, fecha en la que experimentó un crecimiento importante (F-valor=3,107; g.l.=6; p-valor=0,005). Esta planta desarrolla pocos tallos al principio de su establecimiento, por lo que la altura y el fitovolumen se ven muy afectados por la herbivoría, que fue bastante intensa (ver Figura 5). Asimismo, al igual que ocurría en *C. monogyna*, esta especie se secaba frecuentemente en verano y rebrotaba en primavera, por lo que el desarrollo se ralentizaba. En líneas generales, la orientación no tuvo un efecto significativo sobre el crecimiento de *R. sempervirens*, excepto para el fitovolumen en el último muestreo.

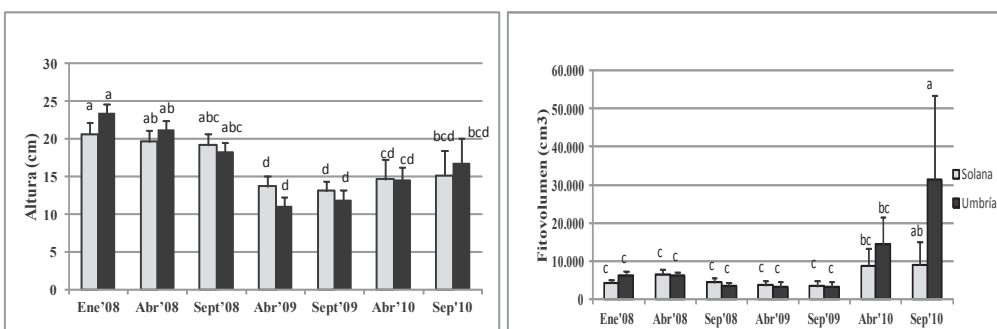


Figura 4. Media de la altura (cm) + error estándar de *Rosa sempervirens*. Las diferentes letras muestran diferencias significativas (Test Tukey; p-valor < 0,05).

Herbivoría. Las especies seleccionadas resultaron ser bastante apetecibles para los ungulados silvestres, especialmente *C. striatus* (hasta el 86% de individuos afectados), pero también *R. sempervirens* y *C. monogyna* (hasta 43% y un 41%, respectivamente) (Figura 5). En cuanto a los períodos de muestreo, hay que destacar septiembre de 2009, donde se llegó a registrar la máxima afectación con un 86% en *C. striatus*, un 41% en *C. monogyna* y un 31% en *R. sempervirens*. Como mencionamos anteriormente, el otoño de 2008 y la primavera de 2009 fueron especialmente secos y los arbustos resultaron ser un recurso fundamental para el ciervo tanto en primavera (abril 2009) como durante el verano (septiembre 2009).

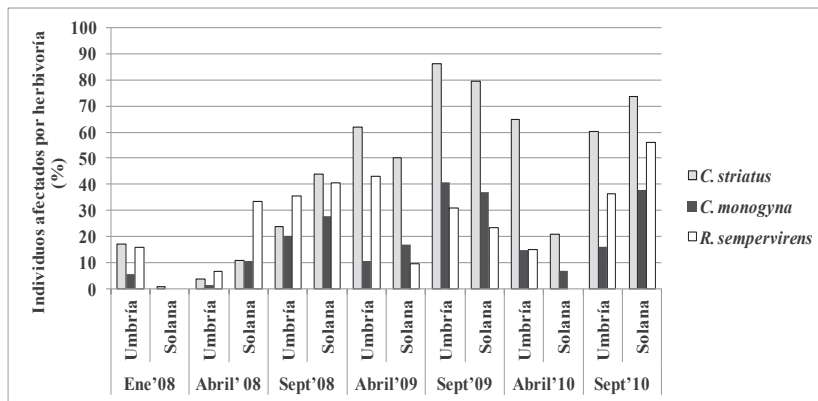


Figura 5. Porcentaje de individuos afectados por herbivoría (respecto al número de individuos vivos) para cuatro fechas de muestreo y dos orientaciones.

CONCLUSIONES

A pesar de que la supervivencia durante las dos primeras fechas de muestreo fue muy alta, la sequía estival produjo una elevada mortalidad en los arbustos, especialmente en solana, siendo *C. striatus* y *C. monogyna* las especies con mayor tasa de supervivencia. La altura y el fitovolumen fue incrementando a lo largo de las sucesivas etapas de muestreo en *C. striatus*, sin embargo, las otras dos especies sufrieron un decrecimiento o estancamiento debido a que se secaban y rebrotaban de manera periódica, y a la acción de los herbívoros. Si bien es cierto, que *R. sempervirens* incrementó su fitovolumen al final del estudio. En líneas generales, la orientación no juega un papel fundamental en el desarrollo de la mayoría de las plantas, aunque sí lo hace en la supervivencia de *C. striatus* y *C. monogyna*. *C. striatus* y *R. sempervirens* son las especies más apetecibles para el ganado silvestre y son consumidas en todas las

épocas, pero especialmente en aquellas con mayor escasez de pastos. Según estos datos, *C. striatus* sería la especie que mostró un mejor comportamiento global gracias a su buena adaptación al medio y a su interés forrajero.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido financiado por la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía, a través del "Contrato de prestación de servicios para la realización de trabajos de asesoría científica y técnica para la restauración ecológica de la zona incendiada de minas de Riotinto y Charcofrío".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CORREAL E., ROBLEDO A., RÍOS S. Y RIVERA D. (2006) Mediterranean dryland mixed sheep-cereal systems. En: Lloveras J., González-Rodríguez A., Piñeiro J., Santamaría O., Olea L., Poblaciones M.J. (Eds.) *Sustainable grassland productivity*, pp. 14-26. Badajoz, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP).
- LE HOUÉROU H.N. (1993) Land degradation in Mediterranean Europe: can agroforestry be a part of the solution? A prospective review. *Agroforestry Systems*, 21, 43-61.
- MC KELL C.M. (1975) Shrubs, a neglected resource of arid lands. *Science*, 187, 803-809.
- PADILLA F.M. Y PUGNAIRE F.I. (2008) Species identity and water availability determine success under the canopy of *Retama sphaerocarpa* shrubs in a dry environment. *Restoration Ecology*, 17, 1-8
- PAPANASTASIS V.P., YIAKOULAKI M.D., DECANDIA M., DINI-PAPANASTASI O. (2008) Integrating woody species into livestock feeding in the Mediterranean areas of Europe. *Animal Feed Science Technology*, 140, 1-17.
- RAMOS FONT, M.E., CABEZAS ARCAS, F.M., ROBLES CRUZ. A.B., PASTOR PIÑEIRO, J. y GONZÁLEZ REBOLLAR, J.L. (2009) Reforestación con arbustos con aptitudes forrajeras en zonas incendiadas: Supervivencia, crecimiento y herbivoría. En: SECF, Junta de Castilla-León (Eds.) *5º Congreso Forestal Español. Montes y sociedad: Saber qué hacer*. pp. 2-12.
- ROBLES A.B., ALLEGRETTI L.I. Y 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 Environment*, 50, 381-392.

TARJETAS DE SALUD DE LOS AGROECOSISTEMAS PASCÍCOLAS: HERRAMIENTA PRÁCTICA PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS PASTOS

Health Cards for Grassland Agroecosystems:
a Practical Tool for Sustainable Management of Grasslands

I. MIJANGOS AMEZAGA, I. ALBIZU BEITIA, I. MARTÍN SÁNCHEZ,
M. ANZA HORTALÁ, S. MENDARTE AZKUE, L. EPELDE SIERRA y
C. GARBISU CRESPO.

Departamento de Ecología y Recursos Naturales. Neiker-Instituto Vasco de I+D Agrario.
c/ Berreaga, 1. 48160 Derio (Bizkaia). imijangos@neiker.net

Resumen: Las “Tarjetas de Salud de los Agroecosistemas Pascícolas-TSAP” son manuales de reciente creación que explican de manera sencilla y práctica cómo puede realizarse un diagnóstico global del estado de salud de los ecosistemas pascícolas, a través del análisis de una serie de indicadores superficiales (vegetales) y subterráneos (edáficos). Asimismo, nos permiten valorar el impacto de los cambios generados en esos agroecosistemas (*e.g.*, una práctica agraria). Para ello, estas tarjetas detallan qué indicadores de salud se pueden medir, cómo hacerlo correctamente, el significado de los indicadores propuestos y los valores de referencia considerados “buenos”, “regulares” y “malos”, tanto en pastos de montaña como en fondo de valle. Los parámetros/indicadores se han separado en dos categorías (básicos y avanzados), que permiten realizar un diagnóstico de salud “básico” o “avanzado”, en función de los intereses/posibilidades de sus diferentes usuarios potenciales (gestores, científicos, ganaderos y población general). Estas tarjetas han sido desarrolladas por NEIKER-Tecnalia dentro del proyecto LIFE SOILMONTANA. Su objetivo fundamental es evaluar el impacto de diferentes prácticas agronómicas habituales en áreas pascícolas del Parque Natural de Gorbeia y su entorno, para potenciar aquellas que potencien sus servicios ecosistémicos socioeconómicos (aprovechamiento ganadero) y medioambientales (conservación de la biodiversidad, el recurso suelo y mitigación del cambio climático).

Palabras clave: biodiversidad, calidad de suelos, indicadores biológicos, pastoreo, servicios ecosistémicos.

Abstract: The “Agroecosystem Health Cards for Grasslands-AHCG” consist of new handbooks that provide straightforward, practical explanations on how to assess the health of grassland ecosystems, through the analysis of a variety of aboveground (plant) and belowground (soil) indicators. Besides, they allow us to know the impact of any perturbation (*e.g.*, agricultural practices) on these agroecosystems health. To these aims, AHCG specify what indicators of agroecosystem health can be measured, how to do so properly, what each indicator means, and include reference values considered as “good”, “average” and “bad” for both mountainous and valley grasslands. These parameters/indicators were separated into two different categories, i.e. “basic” and “advanced”, which lead respectively to a basic or an advanced health diagnose, depending on the interests/possibilities of each user (land managers, scientists, farmers, public in general). These Cards have been designed by NEIKER-Tecnalia, within the framework of Soilmontana LIFE project. Their main purpose is to evaluate the impact on

agroecosystem health of different agronomic practices usually carried out in Gorbeia Natural Park and surrounding grasslands, in an attempt to promote practices that conserve both socioeconomic (crop productivity) and environmental (soil and biodiversity conservation, global change mitigation) ecosystem services.

Key words: biodiversity, biological indicators, ecosystem services, grazing, soil quality.

INTRODUCCIÓN

Siguiendo la tendencia generalizada en la UE de las últimas décadas, la reducción en el rendimiento económico está llevando al abandono de la actividad pastoril en la Comunidad Autónoma del País Vasco (Amezaga *et al.*, 2003). El área del Parque natural (PN) de Gorbeia y su entorno es una de las pocas áreas dentro de esa Comunidad que aún presenta un aprovechamiento ganadero muy activo, especialmente en los municipios de Orozko y Zeanuri, con sus respectivas asociaciones de ganaderos. Dentro de sus actividades cotidianas para la mejora de los pastos, resultan habituales los desbroces (químicos-herbicida vs. mecánicos), abonados (minerales vs. orgánicos) y encalados.

En este contexto, se está desarrollando el proyecto europeo Soilmontana (LIFE10NAT/ES/579), orientado a compatibilizar el aprovechamiento ganadero de las áreas pascícolas del PN Gorbeia y los valles adyacentes, con la conservación de sus recursos naturales, especialmente su biodiversidad. Una de las acciones iniciales de este proyecto ha sido el desarrollo de los manuales de análisis denominados “Tarjetas de Salud de los Agroecosistemas Pascícolas-TSAP”. Con ellos, se pretende evaluar el impacto de dichas prácticas agronómicas habituales e incluso el impacto que tendría un posible abandono de la actividad, sobre una serie de servicios ecosistémicos considerados claves por los actores del proyecto (ganaderos, cooperativas, administraciones y Neiker-Tecnalia). El objetivo de la presente comunicación es presentar esta nueva herramienta.

DESCRIPCIÓN DEL MANUAL

Las TSAP se pueden consultar, solicitar o descargar gratis de Internet, a través de la página web del proyecto: soilmontana.com. En ella también encontrarás información actualizada sobre los avances del proyecto y los protocolos de medida cada indicador. A continuación se exponen las bases de su funcionamiento:

¿Para qué sirven las “Tarjetas de Salud de los Agroecosistemas Pascícolas-TSAP”?

Explican de manera sencilla y práctica cómo podemos realizar una evaluación del estado de salud de nuestros ecosistemas pascícolas, así como del impacto de cualquier cambio que introduzcamos en esos agroecosistemas (por ejemplo, una práctica agraria).

Para ello, las TSAP nos detallan qué indicadores de salud podemos medir, tanto a nivel superficial (vegetación) como subterráneo (suelo), cómo hacerlo, qué significado tiene cada uno de los indicadores y los rangos considerados “buenos”, “regulares” y “malos”.

Han sido diseñadas para pastos de valle y montaña del entorno del PN de Gorbeia (típicos pastos húmedos atlánticos), por lo que su uso para otro tipo de pastos (mediterráneos, p. ej.) requeriría ajustar dichos valores de referencia considerados buenos, regulares o malos.

¿Quién puede usar las TSAP?

Cualquier persona puede usar las TSAP, gracias a que incluyen una serie de indicadores denominados “básicos” que se pueden medir e interpretar sin necesidad de una formación específica previa; simplemente siguiendo el manual y con instrumentos de medida caseros, que nos permitirán realizar un diagnóstico de salud *básico* (pág. 25 del manual; Mijangos *et al.*, 2012).

Para una evaluación más completa, se deben medir, además, una serie de indicadores denominados “avanzados” que requieren de un mayor equipamiento y formación previa. Esta evaluación se puede contratar en NEIKER (imijangos@neiker.net ó ialbizu@neiker.net) y nos permitirán realizar un diagnóstico de salud *avanzado*, en la página 26 del manual (Mijangos *et al.*, 2012).

Para facilitar su uso en campo, los manuales son de tamaño reducido (23x19cm) y en formato de anillas, para poder ir almacenando las fichas correspondientes a muestreos sucesivos.

¿Cómo se realizan las medidas?

El manual contiene las instrucciones necesarias para analizar cada uno de los parámetros/indicadores propuestos. No obstante, siempre ha de tenerse en cuenta:

Cuándo medir: Preferentemente en primavera (otoño segunda opción), pues es cuando los indicadores biológicos que medimos muestran una mayor actividad. En un plazo de 2-5 días después de una lluvia significativa, evitando así que el suelo esté excesivamente húmedo o seco. Evitando también los días (o momentos del día) especialmente fríos o calurosos.

Cómo medir: Siempre del mismo modo (mismos materiales, técnicas, incluso misma persona para los parámetros *de visu*, si fuese posible), para monitorizar la evolución año a año. Si existen zonas visiblemente diferentes dentro del área estudio, evaluarlas por separado.

¿Cómo se calcula el diagnóstico global?

Tras medir cada indicador, se comparará el resultado con las referencias consideradas “malas”, “regulares” o “buenas” en las tablas de recogida de datos (Figuras 1 y 2) para asignarle una nota de 1 a 9 (*valor de indicador*; penúltima columna).

Tanto los indicadores “básicos” como los “avanzados” se encuentran agrupados en servicios ecosistémicos clave (*i.e.*, producción de pasto de calidad; conservación de la biodiversidad; conservación del recurso suelo; lucha contra el cambio climático). De este modo, calculando el promedio de los valores de indicador que integran un servicio concreto, sabremos su *valor de servicio* (última columna).

Finalmente, el diagnóstico global de salud de nuestro pasto se obtiene calculando el promedio de todos los valores de servicio medidos, obteniéndose una nota del 1 al 9 (*Nota Final**, última casilla). Un valor inferior a 5 en la valoración de cualquiera de los servicios ecosistémicos conllevaría un diagnóstico global “malo” (incluso con un promedio global >5), al entender que un pasto sano debe cumplir suficientemente con todos y cada uno de ellos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra la ficha diseñada para la recogida de datos y el diagnóstico de salud, a nivel *básico*. Se pretende que puedan ser usadas por cualquier persona en el campo, sin coste económico e incluso sin ninguna formación específica previa ni apoyo técnico. Para ello, todos los indicadores que integran este diagnóstico básico pueden ser medidos *in situ*, con herramientas comunes y realmente económicas.

Diagnóstico de salud BÁSICO						
Nombre parcela: _____		Fecha: _____				
Código del catastro (SIGPAC): _____						
Servicio	Indicadores básicos	Mal 1_2_3	Regular 4_5_6	Bien 7_8_9	Valor indicador (1-9)	Valor servicio (1-9)
1. Producción de pasto	1.1. Peso fresco (kg/m ² año): - montaña - valle	<0,8 <2	0,8-1,1 2-2,8	>1,1 >2,8		
	1.2. Rechazo animal (%)	>25	5-25	<5		
2. Conservación de la biodiversidad (vegetal y animal)	2.1. Especies vegetales (nº) - montaña - valle	<15 <15	16-30 16-25	>30 >25		
	2.2. Estratos vegetales (nº)	1	2	3		
	2.3. Tipos de macrofauna (nº)	<3	3-6	>6		
	2.4. Especies invasoras (animal/vegetal) (nº)	>1	1	0		
3. Conservación del recurso suelo	3.1. Lombrices (nº/m ²)	<16	17-64	>65		
	3.2. Compactación-penetrabilidad (cm)	<3	3-15	>15		
	3.2'. Compactación-profundidad raíces (cm)	<15	15-30	>30		
	3.3. Riesgo erosión (% suelo desnudo)	>15	5-15	<5		
	3.4. Capacidad de infiltración (min)	>30	10-30	<10		
	3.5. Coloración vegetal	pálido	parcheado	oscuro		
4. Lucha contra cambio climático	4.1. Abundancia raíces	baja	media	alta		
	4.2. Coloración suelo	claro	medio	oscuro		
DIAGNÓSTICO BÁSICO						Nota Final

Figura 1. Ficha para la recogida de datos y el diagnóstico de salud, a nivel *básico*.

En la Figura 2 se muestra la ficha diseñada para la recogida de datos y el diagnóstico de salud, a nivel *avanzado*. Contiene una batería de

parámetros/indicadores tanto de campo (diversidad botánica, compactación del suelo y emisiones de CO₂) como de laboratorio.

Diagnóstico de salud AVANZADO						
Nombre parcela: _____		Fecha: _____				
Código del catastro (SIGPAC): _____						
Servicio	Indicadores avanzados	Mal 1..2..3	Regular 4..5..6	Bien 7..8..9	Valor indicador (1-9)	Valor servicio (1-9)
1. Producción de pasto	1.1. Peso seco (t/ha año): - montaña - valle	<3 <5,4	3-4,2 5,4-7,6	>4,2 >7,6		
2. Conservación de la biodiversidad (vegetal, mesofauna y microbiota del suelo)	2.1. Vegetal (índice diversidad H) - montaña - valle	<1,5 <1,3	1,5-2,5 1,3-2,3	>2,5 >2,3		
	2.2. Mesofauna - tipos (índice)	<40	40-70	>70		
	2.3. Funcional hongos (índice diversidad H)	<3	3-4	>4		
	2.4. Funcional bacterias (índice diversidad H)	<3	3-4	>4		
	2.5. Genética hongos (nº especies o bandas)	<5	5-11	>11		
	2.6. Genética bacterias (nº especies o bandas)	<10	10-18	>18		
	2.7. Genética total (índice diversidad H)	<2	2-3	>3		
3. Conservación del recurso suelo	3.1. Actividad microbiana (mg C-CO ₂ /kg h)	<0,6	0,6-1	>1		
	3.2. Abundancia microbiana (mg C-CO ₂ /kg h)	<10	10-18	>18		
	3.3. Cociente metabólico microbiano - qCO ₂	>0,1	0,1-0,06	<0,06		
	3.4. Compactación penetrabilidad 0-30cm (MPa)	>3	2-3	<2		
	3.5. Acidez-saturación Al (%) Acidez pH	>20 <5 >7,5	10-20 5-5,9	<10 6-7,5		
	3.6. N total (%)	<0,10 >3	0,11-0,29	0,3-3		
	3.7. P Olsen (ppm)	<8 >45	8-15	15-145		
	3.8. K extraíble (ppm)	<80 >350	80-120	121-350		
4. Lucha contra cambio climático	4.1. Emisiones CO ₂ suelo (g CO ₂ /m ² h)	>3	1,5-3	<1,5		
	4.2. Materia orgánica (%): - montaña - valle	<5 <2	5-10 2-4	>10 >4		
DIAGNÓSTICO AVANZADO						Nota Final

Figura 2. Ficha para la recogida de datos y el diagnóstico de salud, a nivel *avanzado*.

Tanto entre los indicadores básicos como entre los avanzados, abundan los parámetros de tipo biológico (22 del total de 32 parámetros medibles), entre los que destacan los microbiológicos (diversidad funcional y genética de hongos y bacterias, diversidad genética microbiana total-pirosecuenciación, actividad, abundancia y cociente respiratorio microbianos). Esto se debe a que los microorganismos son los responsables del 80-90% de la actividad biológica en los suelos, siendo responsables de procesos ecosistémicos tan importantes como la descomposición y reciclaje de nutrientes, fijación de nitrógeno, mantenimiento de la estructura, detoxificación de contaminantes, etc. (Reichle, 1977).

CONCLUSIONES

Se presentan las Tarjetas de Salud de los Agroecosistemas Pascícolas, una herramienta diseñada para que cualquier persona pueda diagnosticar la salud de los pastos atlánticos y evaluar el impacto de cualquier actuación que se lleve a cabo sobre los mismos, a través parámetros/indicadores físicos, químicos y, especialmente, biológicos, tanto a nivel superficial (vegetación) como subterráneo (suelo).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado con financiación de la UE, en el marco del proyecto LIFE-Soilmontana (LIFE10NAT/ES/579).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMEZAGA I., ALBIZU I., DURO I. Y MENDARTE S. (2003) Identificación de factores determinantes en el valor pastoral y estructura de los pastos del parque natural de Gorbeia (Bizkaia). En: Robles A.B., Ramos M.A., Morales M.C., Simón E., González J.L. y Boza J. (eds) *Pastos, desarrollo y conservación*, pp. 729-734. Granada, España: Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca.
- MIJANGOS I., ALBIZU I., MARTÍN I., ANZA M., MENDARTE S., EPELDE S. Y GARBISU C. (2012) Tarjetas de salud de los agroecosistemas-ecosistemas pastorales. Disponible en: <http://www.soilmontana.com/wp-content/uploads/2011/12/FICHAS-CARPETA-OK-traz.pdf>
- REICHLER D.E. (1977) The role of soil invertebrates in nutrient cycling. En: Lohm U. y Persson T. (eds) *Soil Organisms as Components of Ecosystems*, pp. 145-156. Estocolmo, Suecia: Ecological Bulletin.

PASTOREO EN OLIVARES: PRODUCCIÓN GANADERA Y EFECTOS SOBRE LOS COSTES DE CULTIVO

Grazing in Olive Groves: Livestock Production and Effects on Growing Costs

M.D. CARBONERO MUÑOZ¹, E. FAJARDO NOLLA², J. E. GUERRERO GINEL³, A. GARCÍA MORENO² y P. FERNÁNDEZ-REBOLLO²

¹Área de Producción Agraria. IFAPA. Centro Hinojosa del Duque. Junta de Andalucía. Crta El Viso, km 15. 14270 Hinojosa del Duque (Córdoba).²Departamento de Ingeniería Forestal, ETSIAM. Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales 14071 Córdoba (España) e-mail: ir1ferep@uco.es³Departamento de Producción Animal, ETSIAM. Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales 14071 Córdoba (España)

Resumen: Este trabajo ha pretendido describir la gestión pastoral realizada en olivares y evaluar la producción ganadera asociada al olivar y la reducción de los costes de cultivo que implica el pastoreo. Se ha realizado en siete olivares, situados en distintas zonas de Andalucía, con marcadas diferencias en el potencial productivo. Todos estos olivares utilizan el pastoreo con ganado ovino para controlar la vegetación herbácea, aunque las estrategias seguidas difieren sustancialmente. Mediante entrevista realizada a los olivarereros, se ha obtenido información sobre la gestión del olivar, la producción de aceituna y aceite, los costes de cultivo y la gestión del ganado ovino. A partir de esta información, hemos estimado los ingresos debidos a la producción de ovino, los costes imputados a la gestión del pastoreo y la reducción de los costes de cultivo que conlleva su utilización. Los resultados indican que hay una importante variación en función de las características ambientales y morfológicas del olivar, de las infraestructuras para el pastoreo existentes y de la estrategia de pastoreo. En la mayoría de los casos, la incorporación del ovino supone una mejora en la rentabilidad de las explotaciones, especialmente si se liga a producciones ganaderas de calidad y a estrategias reproductivas eficientes.

Palabras clave: ovino, sistema agrosilvopastoral, rentabilidad, producción agrícola, gestión del olivar

Abstract: This study analyzes grazing management in olives groves and its economical benefits. We have studied seven olive-farms with different olive oil productions, environmental conditions and grazing management by means of a personal questionnaire and visits to the farms. We have got annual costs, incomes and saving linked to the grazing. Results show that grazing benefits mainly depend on environmental factors, livestock systems and grazing strategies. In most of the farms profitability has been improved because of the grazing, specially with livestock production of high quality and efficient reproductive strategies.

Key words: sheep, agrosilvopastoral system, profitability, agricultural production, olive management

INTRODUCCIÓN

El olivar es uno de los sistemas agrícolas más representativos de Andalucía y de otros puntos del sur de la Península Ibérica. En las últimas décadas, el cultivo del olivo se ha intensificado y expandido ampliamente, especialmente en aquellas zonas más fértiles, generando en numerosas ocasiones problemas ambientales (pérdida de biodiversidad, erosión del suelo y contaminación edáfica y ambiental), y problemas económicos como un exceso de oferta escasamente diferenciada, que ha conllevado una disminución de la rentabilidad de este cultivo (Guzmán *et al.*, 2008). Por otro lado, un 57% de la superficie de olivar andaluz se localiza sobre suelos con severas limitaciones productivas y alto riesgo de pérdida de suelo, siendo los niveles productivos de estos olivares muy bajos y existiendo un alto riesgo de abandono (Gómez y Giráldez, 2008). La gestión del olivar como un sistema agrosilvopastoral, donde convive el estrato arbóreo con una cubierta vegetal estable y un aprovechamiento ganadero, podría proporcionar una alternativa viable a algunos olivares, ya que ambas producciones pueden verse beneficiadas tanto desde un punto de vista económico, como social y ambiental, debido a la mayor estabilidad y rentabilidad del binomio agricultura-ganadería (Fernández *et al.*, 2004). Sin embargo, al ser reducido el número de explotaciones mixtas, existen grandes interrogantes respecto al manejo de estos sistemas, predominando la percepción de que el ganado provoca daños importantes en los árboles, disminuyendo la rentabilidad de los olivares. Es por ello que los objetivos de este trabajo han sido (a) describir la gestión realizada en olivares pastoreados, (b) cuantificar la producción ganadera asociada al olivar y (c) los gastos ocasionados por la gestión del pastoreo y el ahorro que supone las labores realizadas en este cultivo por el ganado.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo ha analizado 7 explotaciones que realizan pastoreo con ovino en el olivar (Tabla 1), siendo en todas el uso agrícola la principal orientación. En todos los casos, el propietario del olivar es también el propietario del ganado. Las características físicas y ambientales de las fincas se han obtenido a través de la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM) y de las visitas. A los agricultores de cada explotación se les ha realizado una entrevista estructurada para recoger información de aspectos relacionados con la gestión y la producción agrícola y ganadera del olivar, estrategias de pastoreo, comercialización de productos y

subvenciones recibidas. Los ingresos del sistema son los debidos a la venta de la producción obtenida (precios de productos obtenidos en Gaitán *et al.*, 2011) y a las subvenciones recibidas. Se han considerado los salarios y los precios de productos e insumos del año 2011 y los costes de cultivo indicados por Martínez *et al.* (2007). La producción ganadera del olivar se ha medido en kilogramos de cordero en peso vivo por ha de olivar. Para su cuantificación se ha considerado el número de animales que pastorean el olivar y el tiempo de pastoreo a lo largo del año. De aquí se obtienen el número de raciones alimenticias provenientes del olivar, y por lo tanto, la contribución del olivar a la alimentación del rebaño ovino. El número de corderos asignados a los pastos del olivar es función de esta contribución y del número de corderos de la explotación, el cual deriva de la fertilidad, prolificidad y reposición del rebaño, datos característicos de cada finca. Puesto que el engorde de los corderos hasta su venta se realiza en cebadero, se ha considerado el peso de destete (15 kg) como índice de transformación de número de corderos a kg de cordero en peso vivo por ha.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La introducción del ganado ovino en el olivar persigue realizar un control adecuado del pasto para evitar la competencia con el olivo por agua, que puede tener unos efectos negativos sobre la producción si se produce a finales de primavera especialmente (Pastor *et al.*, 1999). Adicionalmente, el ganado ovino facilita la eliminación de restos de poda pues, en todos los olivares, el ganado los consume in situ, en algunos casos realiza el desvareto del olivo (P1, P2, P3, C1) y contribuye a fertilizar el olivar total o parcialmente a través de las excretas en pastoreo y del estiércol que se produce en naves y corrales de manejo que posteriormente son distribuidos en el olivar (P1, P2, P3, C2, S1 y S2).

Las estrategias de pastoreo son diversas, siendo el tamaño de las parcelas del olivar, su heterogeneidad física y vegetal y la distancia entre el olivar y las tierras en las que pastorea el ganado cuando no está en el olivar, los factores determinantes. En explotaciones con parcelas grandes y alta heterogeneidad de ambientes, el ganado permanece día y noche en el olivar, rotando de parcela cada 2 o 3 semanas (P1, P2 y P3) mientras que en el resto de explotaciones, con parcelas más pequeñas y/o menor heterogeneidad, los animales entran al olivar sólo durante un número de horas al día siendo su ritmo de rotación también mayor (Tabla 1).

Tabla 1. Características generales de las 7 fincas de olivar que son pastoreadas.

	P1	P2	P3	C1	C2	S1	S2
	Pozoblanco (Córdoba)	Pozoblanco (Córdoba)	Pozoblanco (Córdoba)	Linares (Jaén)	Hinojosa del Duque (Córdoba)	Montefrío (Granada)	Montefrío (Granada)
Localización							
Altitud (m)	600	620	500	350	600	900	870
PMA (mm)	650,4	650,4	650,4	547,7	433,7	633,6	633,6
TMA (°C)	16,6	16,6	16,6	16,9	15,2	14,6	14,6
Tipo de suelo	silíceos- litosoles	silíceos- litosoles	silíceos- litosoles	silíceos- cambisoles y	silíceos- cambisoles	calcáreos- albariza	calcáreos- albariza
Orografía	Pendiente fuerte	Pendiente fuerte	Pendiente fuerte	Pendiente llana	Pendiente llana	Pendiente alomada	Pendiente alomada
VS (ha)	2,7	3	2,5	1	0,2	0,6	0
Superficie olivar (ha)	56	93	55	20	15	50	8
(ha)	14	23	55	5	15	50	1,6
Raza ovino	Merino	Merino	Merino	Segureño	Merino	cruzado	cruzado
N (ovejas)	320	170	55	500	180	200	20
D (días)	180	365	365	150	150	150	120
Manejo diario del ganado	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí
Ritmo de rotación entre parcelas	2 semanas	3 semanas	-	1 semana	1semana	-	1 semana
Control Reproductivo	No	Sí	No	Sí	No	No	No
U.A.	Almendro- Rastrojera	Dehesa	-	Dehesa	Dehesa/ Rastrojera	Rastrojera / Monte	Rastrojera / Aprisco
Distancia U.A. (km)	11	40	0	0	0	0	1
	Aceite de oliva	Aceite de oliva	Aceite de oliva	Aceite de oliva	Aceite de oliva	Aceite de oliva	Aceite de oliva
Producción agrícola	ecológico	ecológico	ecológico	ecológico	ecológico	convencional	convencional
Producción ganadera	Cordero ecológico	Cordero convencional	Cordero ecológico	Cordero ecológico	Cordero ecológico	Cordero convencional	Cordero convencional

P.M.A: Precipitación media anual; T.M.A: Temperatura media anual; Orografía: pte llana <5%, pte alomada 5-20%, pte fuerte >20%; VS: Superficie de vegetación silvestre dentro del olivar; N: Tamaño medio del rebaño que pastorea el olivar; D: Días de pastoreo; U.A, Ubicación del ganado cuando no está en el olivar.

La mayor diversidad de ambientes en el olivar propiciados por las fuertes pendientes y la mayor diversidad vegetal dentro de la finca (ver indicador VS en Tabla 1) reduce la posibilidad de daños al olivo (Fernández *et al.*, 2004). La época de pastoreo tampoco es homogénea pues aunque en todos los olivares se realiza pastoreo invernal y primaveral, algunos mantienen al ganado durante todo el año (P2 y P3) ajustando las cargas ganaderas a los recursos existentes en el medio (Tabla 2), y otros realizan pequeñas incursiones en verano para conseguir una adecuada eliminación de las varetas del olivo (P1 y C1). Son escasas las fincas en las que se realiza pastoreo otoñal (P2, P3 y S1) debido a las potenciales pérdidas que puede causar el ovino al consumir la aceituna casi madura, la escasez de fibra del pasto que

puede incentivar el consumo de hoja de olivo (Díaz-Gaona *et al.*, 2005) y el incremento de los riesgos de erosión y compactación del suelo en esta época (Fernández *et al.*, 2004).

Tabla 2. Fechas de pastoreo en el olivar a lo largo del año y carga ganadera media empleada (ovejas/ha).

Fincas	Año											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P1	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7		0,5					
P2	2,2	2,2	2,2	2,2	0,8	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	2,2	2,2
P3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C1	6	6	6	6	6	6						
C2	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6							
S1	4	4	4	4	4						4	4
S2		2,5	2,5	2,5	2,5							

La mayor productividad agrícola ha sido encontrada en las explotaciones C1, S1 y S2 debido a la mayor fertilidad del medio en que se asientan. S1 y S2 son también las explotaciones con menor productividad ganadera pues realizan un aprovechamiento muy liviano de los recursos pastables, por el temor a producir daños en el olivo. Gaitán *et al.* (2011) indican que en olivares más productivos puede tenderse a adoptar estrategias más conservadoras, para evitar pérdidas en la producción agrícola. Sin embargo hay olivares con media-alta producción agrícola y alta producción ganadera (C1, P1 y P2) y esto está relacionado con una buena gestión ganadera, con especial énfasis en la estrategia reproductiva y alimentaria del rebaño, y con un pastoreo eficiente del olivar. Las explotaciones con mayores rendimientos ganaderos presentan parcelas más pequeñas de olivar y un manejo diario del ganado (C1 y C2) que permite un aprovechamiento más eficiente de los recursos pastables. En una situación intermedia se encuentran las explotaciones P1, P2 y P3, con una mayor superficie media de parcela y una orografía abrupta, que dificulta un aprovechamiento tan homogéneo de los recursos como en olivares más parcelados y homogéneos. Existe un ahorro importante en tareas como el desvareado en aquellas fincas que utilizan el ganado para ello (P1, P2, P3, C1 y S1) siendo la tarea más beneficiada por el pastoreo, pero también en el control del pasto en explotaciones con orografía abrupta (Tabla 3). El ahorro en fertilizantes que supone esparcir el estiércol producido es de escasa cuantía, mayor lógicamente en

explotaciones que realizan esta tarea todos los años (S1 y S2), e inexistente en explotaciones que no utilizan el estiércol como fertilizante (C1). Los costes de gestión del ganado ovino (Tabla 3) difieren mucho entre fincas debido a que en algunas de ellas (P1, P2, P3) el ganado permanece día y noche en el olivar, teniendo por lo tanto unos menores requisitos en cuanto a mano de obra y desplazamiento. En seis de las siete explotaciones, el ahorro que supone el pastoreo unido a los beneficios aportados por el ganado compensa sus gastos de gestión. Sólo en las explotaciones de orografía más abrupta y con una menor intensidad de manejo el ahorro que supone el ganado supera a los costes de gestión. Los ingresos ligados al uso ganadero incrementan la rentabilidad de las fincas en porcentajes que oscilan entre el 2,6% al 20,9% (Tabla 3), teniendo un peso importante la estrategia reproductiva más orientada al mercado en las fincas P2 y C1, pero también las subvenciones ligadas a la producción ganadera ecológica (P1, P3, C1 y C2).

Tabla 3. Producción agraria (PG y PA), ingresos ligados al olivar y al ganado (IVO, ISO, IVA y ISA), ahorro en labores de mantenimiento del olivar (AP, ADV, AF y AT) debido al pastoreo y costes derivados de la gestión del ganado (CGO).

Fincas	PG (kg /ha)	PA (kg /ha)	IVO (€/ha)	ISO (€/ha)	IVA (€/ha)	ISA (€/ha)	AP (€/ha)	ADV (€/ha)	AF (€/ha)	CGO (€/ha)
P1	30	1785	110	152	823	702	53	87	5	67
P2	22	1986	80	39	915	736	53	65	3	53
P3	12	818	46	63	376	537	71	87	1	40
C1	36	3125	182	125	1294	743	29	87	0	169
C2	38	990	140	155	569	477	15	0	8	122
S1	9	3500	33	54	1619	741	29	35	19	134
S2	9	3125	33	27	1445	662	9	0	11	215

PG: Producción Ganadera, kg cordero por hectárea; PA: Producción aceituna, kg aceituna por hectárea; IVO: Ingreso venta corderos; ISO: Ingreso subvenciones ligadas al ovino; IVA: Ingreso venta aceituna; ISA: Ingreso subvenciones ligadas a la producción de aceituna; AP: Ahorro en tareas de control de pasto debido a la introducción del ovino en el olivar; ADV: Ahorro en tareas de desvareto manual al olivo debido a la introducción del ovino en el olivar; AF: Ahorro en fertilizante debido al estiércol recogido en instalaciones ganaderas; CGO: Costes achacables a la gestión del ovino en el olivar. Los costes incluidos en este apartado hacen referencia al pienso suplementado al ganado en el olivar, los gastos en desplazamientos y los jornales empleados en su cuidado.

CONCLUSIONES

Existe una amplia variabilidad en las estrategias de pastoreo en los olivares, encontrándose diferencias importantes en función de las características ambientales y morfológicas del olivar, de las infraestructuras para el pastoreo existentes y de la estrategia de pastoreo. El ganado ovino elimina las varetas de los olivos suponiendo

ésta la partida más beneficiada por el pastoreo aunque en explotaciones de orografía abrupta el ahorro derivado de eliminar el desbroce de la hierba es también considerable. La gestión del pastoreo en los olivares genera un gasto adicional que en general es inferior al ahorro y los ingresos que genera. Es por ello que el binomio ovino-olivar es una alternativa interesante en el aspecto económico especialmente si se liga a producciones ganaderas de calidad y a estrategias reproductivas eficientes.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo se enmarca dentro del proyecto “Modelos experimentales de olivar adehesado”, proyecto innovador asociado a la Red Rural Nacional (2010) financiado por el Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino y el FEADER. En el participan la Consejería de Agricultura Pesca y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, la asociación Grupo para el Desarrollo Rural Subbética Cordobesa, el Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, IFAPA, y las Universidades de Jaén y Córdoba. Agradecemos a los olivicultores/ganaderos que nos contaron y mostraron cómo gestionaban sus olivares y el pastoreo del ganado ovino

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DÍAZ-GAONA C., MATA C., LÓPEZ GARCÍA J.C. Y CABALLERO I. (2005) Integración de ganado ovino en explotaciones ecológicas de olivar de sierra. En: Fundació Càtedra Iberomericana (ed) *Actas IV Congreso SEAE*, pp. 12-16. Palma de Mallorca, España.
- FERNÁNDEZ P., BLÁZQUEZ A., CARBONERO M.D. Y FERNÁNDEZ R. (2004) El pastoreo como estrategia para el control de la vegetación espontánea en las forestaciones realizadas en terrenos agrarios. En: Fernández *et al.* (eds.) *Mantenimiento y Conservación del suelo en forestaciones agrarias*, pp 139-173. Córdoba, España: AEAC/SV.
- GAITÁN A.J., LÓPEZ I. Y ORTIZ F. (2011) *Estudio comparativo entre olivar ecológico, convencional y adehesado*. Córdoba, España: IFAPA, Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.
- GUZMÁN-ÁLVAREZ J.R., GÓMEZ J.A. Y RALLO L. (2008) El olivar en Andalucía. Lecciones para el futuro de un cultivo milenario. En: Gómez (ed.) *Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía*, pp 7-20. Sevilla, España: Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía
- GÓMEZ J.A. Y GIRÁLDEZ J.V. (2008) Erosión y degradación de suelos. En: Gómez (ed.) *Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía*, pp 45-85. Sevilla, España: Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía

MARTÍNEZ I., GUZMÁN A., SÁNCHEZ A. Y ALCÁZAR, J. (2007) *Costes de producción en el olivar jiennense*. Jaén, España: Diputación Provincial de Jaén.

PASTOR M., CASTRO J., MARISCAL M.J., VEGA V., ORGAZ F., FERERES E. Y HIDALGO J. (1999) Respuestas del olivar tradicional a diferentes estrategias y dosis de agua de riego. *Investigación Agraria: Producción Vegetal*, 14(3), 393-404.

EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS FORRAJEROS DE LA DEHESA EN PRESENCIA DE MATORRAL

Evaluation of Forage Resources of the Dehesa with Shrubs Canopy

M.L. LÓPEZ DÍAZ¹, G. MORENO MARCOS¹ y V. ROLO ROMERO²

¹Grupo de Investigación Forestal. Universidad de Extremadura. ²Faculty of Forestry and Wood Technology. Mendel University. Czech Republic, lurdesld@unex.es

Resumen: La dehesa ha sido tradicionalmente un sistema muy diverso en el que, además de los pastos naturales y cultivos periódicos, han existido manchas de monte y zonas de arbolado claro con matorral. Existen cada vez más evidencias científicas y técnicas del papel positivo que puede jugar el matorral en la dehesa, principalmente en la regeneración del arbolado. Sin embargo, la matorralización de la dehesa puede tener consecuencias en la productividad total del sistema. El objetivo de este ensayo es evaluar los efectos de la matorralización en la producción de pasto herbáceo. El estudio se ha enfocado en dos tipos de matorral que presentan comportamientos muy contrastados en términos de uso de recursos edáficos: jaral (*Cistus ladanifer* L.) y retamal (*Retama sphaerocarpa* (L.) Boiss.). La producción de pasto se redujo con la presencia de jara. En cambio, se observó un efecto facilitador de la retama que, sin embargo, no dio lugar a una mejora significativa en la productividad del sistema, debido a las limitaciones en la superficie influenciada por la presencia de este arbusto.

Palabras clave: *Cistus ladanifer*, *Retama sphaerocarpa*, producción de pasto.

Abstract: Grazed Mediterranean open woodlands, as the Iberian dehesa, are an outstanding example of silvopastoral system where shrub encroachment has been proposed as an effective means to facilitate tree seedling recruitment and ensure the system persistence. The aim of this essay is to test the effects of different intensity of shrub encroachment on pasture production. Two shrub species are studied: *Cistus ladanifer* L. *Retama sphaerocarpa* (L.) Boiss.. Pasture production was reduced with *C. ladanifer*. By contrast, It was observed a facilitation effect of *R. sphaerocarpa*, but not significant due to the limitation of influenced surface by the shrub presence.

Key words *Cistus ladanifer*, *Retama sphaerocarpa*, pasture production

INTRODUCCIÓN

La dehesa es un sistema agrosilvopastoral muy diverso en el que, además de pastos naturales, existe la siembra periódica de cultivos y la matorralización, deseada o no, de manera más o menos periódica. Cada vez existen más evidencias técnicas y científicas del papel positivo que puede jugar el matorral (sometido a una gestión controlada y ordenada) en el funcionamiento de muchos sistemas silvopastorales, entre ellos la dehesa, como son en la regeneración natural del arbolado (Plieninger *et*

al., 2010), en la diversificación de la dieta de los animales (Patón, 2003), en el control de la erosión (Lavado *et al.*, 2004) y en el mantenimiento de la biodiversidad (Díaz *et al.*, 2003). Sin embargo, la matorralización puede tener consecuencias en el funcionamiento y productividad de la dehesa. Diversos estudios han señalado los efectos que provoca el arbolado en la productividad y calidad del pasto que crece bajo su copa, lo que en muchos casos relacionan con su influencia en el estado fenológico de las plantas y en las modificaciones que causan en la composición específica del pasto (Gea-Izquierdo *et al.*, 2009; Gea-Izquierdo *et al.*, 2010). Sin embargo, apenas existen estudios del efecto del matorral sobre el pasto. Algunos autores han mostrado como el matorral puede incrementar la producción de pasto de forma similar al arbolado, debido a la mejora en las condiciones microclimáticas y edafológicas (Moreno *et al.*, 2007), pero a su vez el matorral puede competir por los recursos edáficos, debido a la superposición de las raíces de ambos tipos de vegetación (Rolo y Moreno, 2011). Además, el entramado de interacciones entre los distintos estratos de la dehesa y la alta variedad de especies de matorral y coberturas hacen difícil establecer unas recomendaciones generales sobre la presencia de matorral en la dehesa. En ensayos precios (Rivest *et al.*, 2011) realizados en dehesas del norte de Cáceres, se observó que la presencia de jara (*Cistus ladanifer* L.) redujo la producción de pasto, mientras que el efecto facilitador de la retama (*Retama sphaerocarpa* (L.) Boiss.) dio lugar a una mejora en la productividad del sistema. En el caso de Rivest *et al.* (2011), se asumió que la producción de pasto era homogénea en toda la superficie, sin embargo puede que esto no sea así. En este ensayo se pretende analizar a qué extensión y con qué intensidad la presencia de matorral afecta a la producción de pasto para poder obtener información detallada al respecto.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en seis dehesas del norte de Cáceres. Todas ellas presentaron una densidad normal de arbolado maduro (*Quercus ilex*: 15-35 árboles ha⁻¹; > 30 cm de diámetro de tronco). El clima de la zona es típicamente mediterráneo en todos los casos, con una precipitación media anual comprendida entre 450 y 650 mm (concentrada en el periodo octubre-mayo) y una temperatura media anual comprendida entre 15 y 1 °C. Se seleccionaron las dos especies de matorral más representativas de la zona y que, además, presentan caracteres contrastados: jara (*Cistus ladanifer* L.) y retama (*Retama sphaerocarpa* (L.) Boiss. La

jara, con un sistema radicular compacto y superficial, se agrupa en manchas extensas y densas. En cambio, la retama es un arbusto de la familia de las leguminosas que generalmente aparece disperso y que desarrolla un sistema radical profundo que permite captar agua en profundidad.

El ensayo se realizó en tres dehesas que presentaban jara como matorral acompañante al arbolado y otras tres con retama. Para determinar la influencia del matorral en la producción de pasto, en la primavera de 2010 (antes de la introducción del ganado), se tomaron muestras de pasto, nueve en jara y diez en retama, de tamaño 0,15 x 0,30 m, con cizallas, a diferentes distancias respecto a plantas aisladas, según se indica en la Figura 1. La diferencia en el número de muestras según la especie se justifica por los distintos tamaños medios de las plantas (radio medio: jara: 0,59 m; retama: 0,91 m). Se muestrearon 15 plantas de cada tipo, de tamaño medio (cinco en cada dehesa). Se observó que no se desarrollaba pasto en el círculo más interno de la proyección de la jara, donde se desarrollan los distintos tallos, lo que suponía el 25% del total (I en Figura 1). En ambos casos (jara y retama), la primera muestra se situó justo bajo la periferia de la copa, lo que se correspondía con la tercera corona en jara (0,30-0,45 m) y la cuarta en retama (0,45-0,60 m) (Figura 1). A continuación, se tomaron dos (jara: 0-0,15 y 0,15-0,30 m respecto a la periferia) y tres muestras (retama: 0-0,15; 0,15-0,30 y 0,30-0,45 m respecto a la periferia). El resto de las muestras se tomaron desde la periferia de la copa hacia el exterior. Respecto a la retama, se asumió que la producción de pasto en la superficie más interior, lo que suponía un círculo que abarcaba el 35% de la copa (I en Figura 1), era similar a la primera muestra (0-0,15 m). Se ajustaron los datos a una función de Boltzman por mínimos cuadrados para distinguir los distintos niveles de influencia en la producción de pasto alrededor del matorral: superficie con la influencia máxima en producción de pasto bajo el matorral (H); superficie con influencia intermedia (L) y superficie sin influencia (W).

Con estos datos, y basándonos en las producciones de pasto publicadas en Rivest et al. (2011), en cuyo ensayo se consideraba que la producción era homogénea en superficie, se calcularon con exactitud las producciones de pasto ($t\ ha^{-1}\ año^{-1}$) correspondientes a los distintos tratamientos ensayados, teniendo en cuenta las zonas con distinta influencia del matorral. Estos datos se analizaron estadísticamente mediante ANOVAs, empleando el paquete estadístico Statistica 6.0. Cuando el

resultado de la producción anual de pasto era significativo ($p < 0,05$) se realizó la comparación posterior de medias mediante el test LSD.

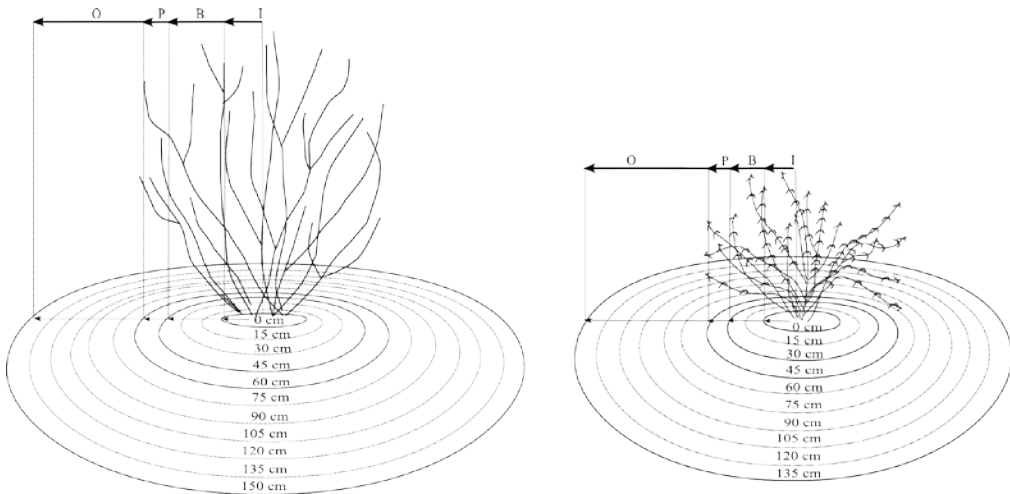


Figura 1. Diseño del muestreo para determinar la superficie de influencia de una planta de retama (izquierda) y jara (derecha). I: círculo interno de la copa; B: bajo el arbusto; P: periferia de la planta; O: fuera de la copa de la planta.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos con la ecuación de Boltzman (Figura 2) indican que es posible establecer dos zonas de influencia de los arbustos sobre la producción de pasto. Podemos hablar de una zona con influencia máxima bajo la cobertura del matorral (H), que suponía una superficie de $0,6927 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$ (jara) y $0,724 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$ (retama), y cuyo límite exterior se encontraba situado a $0,49 \text{ m}$ (en la jara) y $0,48 \text{ m}$ (en la retama), respecto al centro de la planta. A continuación se podía distinguir una zona con una influencia intermedia (L), que ocupaba $1,7341 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$ (radio respecto al centro de la planta: $0,89 \text{ m}$) y $1,1487 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$ en el caso de la retama (radio respecto al centro de la planta: $0,77 \text{ m}$). Para el cálculo de estos radios respecto al centro de la planta, se han sumado los radios obtenidos con la Figura 2 y los correspondientes a la zona I (interior) de jara ($0,14 \text{ m}$) y retama ($0,31 \text{ m}$), como se ha explicado anteriormente. Estos datos indican que la superficie total de influencia (H+L) de las plantas de jara era mayor que el tamaño medio de la copa ($1,09 \text{ m}^2$), es decir, que cada planta influye en la producción de pasto en una cierta zona fuera de

su cobertura, mientras que este efecto se producía en una superficie menor a la zona de cobertura en el caso de la retama ($2,60 \text{ m}^2$).

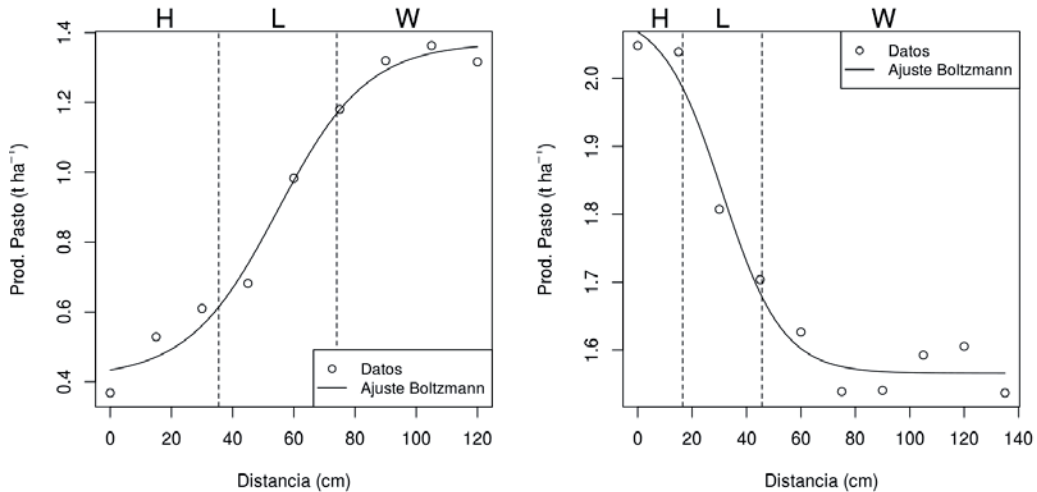


Figura 2. Producción de pasto ($\text{t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) a diferentes distancias respecto a plantas de jara (izquierda) y retama (derecha). El origen del eje x coincide con el comienzo de los muestreos.

Influencia máxima bajo el matorral (H), intermedia (L) y sin influencia (W).

Ecuaciones: Jara: $P(x) = 1,37071 - 0,9593(1 + \exp((x - 54,7456)/14,63))^{-1}$; $R^2 = 0,99$; Retama: $P(x) = 2,09833 - 0,5325(1 + \exp(-(x - 31,1097)/11,06893))^{-1}$; $R^2 = 0,97$, siendo P la producción de pasto ($\text{t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) y x la distancia al origen (cm).

Considerando la función de Boltzmann que se muestra en la Figura 2, se puede cuantificar con detalle la productividad de cada superficie según la distancia a cada una de las plantas, lo que permitirá conocer la evolución de la producción de pasto según la cobertura del matorral. En la Tabla 1, se presentan los datos relativos a las producciones de pasto entre los años 2007 y 2010 en las parcelas sin matorral (control) y con matorral (jara y retama). La presencia de jara redujo significativamente la producción de pasto, siendo esta reducción como media del 43,4%. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en las parcelas de retama, aunque se detectaron valores ligeramente superiores con la presencia de este arbusto (1778 kg ha^{-1}) respecto al control (1666 kg ha^{-1}).

Tabla 1. Producción de pasto (kg ha) respecto a la presencia de jara o retama.

	Año	Control	Matorral	Sign
Jara	2007	2732±340	1461±100	***
	2008	2342±470	1412±170	ns(0,07)
	2009	991±450	470±90	ns
	2010	1837±240	1198±60	**
Retama	2007	2354±223	2553±216	ns
	2008	2376±324	2483±262	ns
	2009	359±33	403±37	ns
	2010	1576±150	1672±137	ns

ns: no significativo, *: $P<0.05$, **: $P<0.01$, ***: $P<0.001$. Se indican los valores medios \pm error estándar.

DISCUSIÓN

En este ensayo se ha detectado que, si se tienen en cuenta las dos zonas de influencia (H+L) de las jaras, la superficie que se ve afectada por la presencia de este arbusto era mayor que la superficie de cobertura, es decir, que la reducción en la producción de pasto se detecta más allá de la proyección de su copa. En concreto, es un 22% mayor que el tamaño medio de su copa. Esto significa que, cuando la densidad de este matorral es de un 45%, toda la superficie se encuentra afectada por la presencia de este matorral. En cambio, los beneficios que provoca la retama se localizan en una superficie un 28% menor a su cobertura.

En publicaciones previas (Rivest *et al.*, 2011), se observó que la presencia de jara provocaba efectos negativos en la producción de pasto, al igual que en este ensayo, donde se evalúa la superficie real de influencia del matorral. Probablemente, esto es debido a la elevada competencia que se produce a nivel radicular en las capas más superficiales del suelo, donde se desarrollan la mayor parte de las raíces de la jara y también de las herbáceas (Rolo y Moreno, 2012). A esto hay que unir los efectos alelopáticos que produce la jara, al inhibir la germinación de las semillas y el crecimiento radicular de las herbáceas (Sosa *et al.*, 2010). Diversos estudios realizados en ecosistemas mediterráneos han mostrado el potencial de la retama para mejorar el medio en el que se desarrolla, como aumentando el contenido de materia orgánica y nitrógeno mineral del suelo o los contenidos de humedad en los primeros centímetros del suelo (Prieto *et al.*, 2010), lo que se traduciría en incrementos en la producción (Rivest *et al.*, 2011) y en la calidad del pasto en cuanto a contenido en N, Mg y K (Rolo *et al.*, 2012). En cambio, en este estudio no se han obtenido respuesta

significativa en producción de biomasa de herbáceas respecto a la presencia de este matorral. Esto es debido a que, en este ensayo, la influencia positiva de este matorral se ha visto reducida en superficie, mientras que en estudios anteriores se asumía que el incremento en la producción de pasto que causaba la retama era homogéneo en toda la superficie.

CONCLUSIONES

La producción de pasto se redujo con la presencia de jara. En cambio, se observó un efecto facilitador de la retama que, sin embargo, no dio lugar a una mejora significativa en la productividad del sistema, debido a las limitaciones en la superficie influenciada por la presencia de este arbusto. La información obtenida resultará útil para mejorar el manejo de la dehesa respecto a la optimización de sus recursos forrajeros así como a su conservación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Plan Nacional I+D+I del Ministerio de Ciencia e Innovación (AGL2011-25456). Deseamos expresar nuestro agradecimiento a Rafael Benítez Suárez, del Departamento de Matemáticas de la Universidad de Extremadura por la ayuda prestada en el desarrollo de los modelos matemáticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DÍAZ M., PULIDO F.J. Y MARAÑÓN T. (2003) Diversidad biológica y sostenibilidad ecológica y económica de los sistemas adehesados. *Ecosistemas* 3, <http://www.aeet.org/ecosistemas/033/investigacion4.htm>.
- GEA-IZQUIERDO G., MONTERO G. Y CAÑELLAS I. (2009) Changes in limiting resources determine spatio-temporal variability in tree-grass interactions. *Agroforestry Systems*, 76, 375-387.
- GEA-IZQUIERDO G., ALLEN-DÍAZ B., SAN MIGUEL A. Y CAÑELLAS I. (2010) How do trees affect spatio-temporal heterogeneity of nutrient cycling in Mediterranean annual grasslands? *Ann For Sci*, 67, 112-122
- LAVADO J.F., SCHNABEL S. Y TRENADO R. (2004) Comparison of recent land use and land cover changes in two dehesas agrosilvopastoral land use systems, SW Spain. *Advances in GeoEcology*, 37, pp 57-70.
- MORENO G., OBRADOR J.J. Y GARCÍA A. (2007) Impact of evergreen oaks on the fertility and oat production in intercropped dehesas. *Agr Ecosyst Environ*, 119, 270-280.

- PATÓN D. (2003) Elaboration of a multivariate model for the determination of the Metabolizable Energy of Mediterranean bushes based on chemical parameters. *Journal of Arid Environments*, 53(2), 271-280.
- PLIENINGER T., ROLO V. Y MORENO G. (2010) Large-scale patterns of *Quercus ilex*, *Quercus suber* and *Quercus pyrenaica* regeneration in Central-Western Spain. *Ecosystems*, 13, 644-660.
- PRIETO I., KIKVIDZE Z. Y PUGNAIRE F.I. (2010) Hydraulic lift: soil processes and transpiration in the Mediterranean leguminous shrub *Retama sphaerocarpa* (L.) Boiss. *Plant Soil*, 329, 447-456.
- RIVEST D., ROLO V., LÓPEZ-DÍAZ M.L Y MORENO G. (2011) Shrub encroachment in Mediterranean silvopastoral systems: *Retama sphaerocarpa* and *Cistus ladanifer* induce contrasting effects on pasture and *Quercus ilex* production. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 141, 447-454.
- ROLO V. Y MORENO G. (2011) Shrub species affect distinctively the functioning of scattered *Quercus ilex* trees in Mediterranean open woodlands. *Forest Ecology and Management*, 261, 1750-1759.
- ROLO V. Y MORENO G. (2012) Interspecific competition induces asymmetrical rooting profile adjustments in shrub encroached open oak woodlands. *Tree – Structure and Function*, 26, 997-1006.
- ROLO ROMERO V., LÓPEZ DÍAZ L. Y MORENO MARCOS G. (2012) Shrubs affect soil nutrients availability with contrasting consequences for pasture understory and tree overstory production and nutrient status in Mediterranean grazed open woodlands. *Nutrient cycling in Agroecosystems*, 93, 89-102.
- SOSA T., VALARES C., ALÍAS J.C. Y CHAVES LOBÓN N. (2010) Persistence of flavonoids in *Cistus ladanifer* soils. *Plant and Soil*, 337, 51-63.

OPINIONES DE LOS GANADEROS SOBRE LAS RELACIONES ENTRE LAS EXPLOTACIONES OVINAS Y LA GESTIÓN DE UN ESPACIO NATURAL PROTEGIDO

Farmers' Opinions on the Relationship between Sheep Farms and Natural Protected Area Management

B. A. ZAMUDIO, E. MANRIQUE y A.M. OLAIZOLA.

Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural (CAMENA) Univ. de Zaragoza.
Miguel Servet 177. 50013. Zaragoza, zamudio@unizar.es

Resumen: Se parte de las hipótesis básicas de que en las explotaciones familiares agrarias la unidad decisional es la unidad familiar, con influencia de variables económicas, sociodemográficas y psicográficas, y de que sus objetivos, múltiples, pretenden maximizar una función de utilidad. En el marco de un análisis de los factores de comportamiento de sistemas ovinos que utilizan un espacio natural protegido, se estudian las opiniones de los ganaderos respecto a la gestión del Parque Natural de Guara (Huesca). La información utilizada se ha obtenido mediante encuesta directa a una muestra de 46 explotaciones ovinas. Ha sido tratada mediante Análisis de Componentes Principales (ACP). Posteriormente se establecieron cuatro grupos de explotaciones con un Análisis Cluster Jerárquico. La mayoría de los ganaderos manifiestan opiniones en el sentido de considerar esencial la función medioambiental que desempeña la ganadería, así como las ventajas que supone para las explotaciones ovinas. Sobre todo, se reconoce el papel del Parque en la generalización del turismo rural que beneficia a la ganadería, la cual presenta un buen futuro en la zona, sin que se señalen implicaciones negativas. No obstante, opinan que el Parque no ha jugado un papel activo favorecedor de los pastos y de la ganadería.

Palabras clave: Actitudes, sistemas familiares ovinos, análisis cluster, Parque Natural.

Abstract: In family farms, the decision unit is the familiar unit conditioned by economic, socio demographic and psychographic variables. In this communication the attitudes and opinions of sheep farmers (46 farms) about the management of Natural Protected Park that they use was studied. Data were obtained by means of direct interview of farmers. A farmer's typology was established using Principal Components Analysis and Cluster Analysis. The environmental function of sheep farming and the advantages of farming in a Natural Protected Area were considered the most important things by most of the farmers. Also, the encouragement of rural tourism by the influence of Natural Protected Park was considered very important. Farmers did not think the Natural Park had negative effects on farming. Nevertheless, they believed the Natural Park had not benefits for the improvement of pastures and livestock.

Keywords: attitudes, sheep farms, family sheep systems, cluster analysis, Natural Park

INTRODUCCIÓN

El análisis de explotaciones agrarias familiares con un enfoque sistémico, requiere considerar los objetivos, la situación y las percepciones del grupo familiar para llegar a comprender sus necesidades, decisiones y funcionamiento como un todo (Zamudio *et al.*, 2009) y como forma de conocer todas las interacciones del sistema (Dillon, 1992). Desde un punto de vista microeconómico, en la explotación familiar agraria se combinan teóricamente dos unidades fundamentales, la familia y la empresa, que en la práctica no son separables; ya que la desvinculación del trabajo y la vida familiar contradice la propia esencia de este tipo de explotaciones (Hernández Sancho, 1992). Como consecuencia, ya Heady (1970) cuestionó el realismo de la hipótesis neoclásica de maximización de beneficios a corto plazo como principal objetivo empresarial; destacando la importancia de la unidad familiar como “unidad decisional”. El análisis de la explotación familiar ha conducido a diversos modelos, distintos a los de optimización del beneficio. Por ejemplo, Patrick y Kliebenstein (1983) pusieron de manifiesto empresas agrarias de carácter familiar enfrentadas a una función de criterio caracterizada por múltiples objetivos en los que predomina más una actitud de satisfacción que de optimización. En Nakajima (1986), por su parte, el objetivo de la explotación familiar es la maximización de una función de utilidad.

Las explotaciones adoptan distintas estrategias de supervivencia y diversificación según sus características sociales y productivas y en relación con las características del entorno económico, territorial e institucional (Ondersteijn *et al.* 2003). Las variables económicas y sociodemográficas juegan un papel importante en la explicación de la toma de decisiones; si bien diversos trabajos, sobre todo en el ámbito de la adopción de innovaciones, han demostrado que estas variables no son suficientes para explicar las pautas de comportamiento. Crecientemente se vienen introduciendo para explicar la conducta de los agricultores variables psicográficas (Guillén Pérez, 2002) que engloban diversos aspectos, como valores de los individuos, estilos de vida, personalidad y actitudes (Kahle y Goff, 1983).

Las “actitudes”, variables internas de carácter subjetivo, han sido definidas como predisposiciones, positivas o negativas, a evaluar algún símbolo, objeto o aspecto de su mundo, de forma favorable o desfavorable, y que se reflejan en el comportamiento (Katz, 1960). Las opiniones que manifiesta el individuo, ante objetos,

personas, acciones o acontecimientos, forman parte de la dimensión verbal de la actitud.

El conocimiento de los factores de comportamiento de los agricultores, adquiere especial interés en áreas desfavorecidas de alto valor ambiental en las que la explotación ganadera constituye un elemento central de los sistemas agro-silvo-pastorales y un condicionante básico de su sostenibilidad. Las políticas de gestión de estos espacios pueden ver dificultada su eficacia si se desconocen o no se consideran las percepciones, opiniones y actitudes de los ganaderos.

En esta comunicación se exponen y discuten resultados sobre las opiniones de ganaderos de ovino que utilizan un espacio natural protegido (Parque de Guara), relativas a la gestión del Parque y su relación con la actividad ganadera. Estos resultados se enmarcan en una investigación más amplia destinada a conocer los objetivos, los cambios y los factores que explican el comportamiento de los ganaderos de ovino.

MATERIAL Y MÉTODOS.

La información utilizada ha sido obtenida mediante encuesta personal realizada en 2008 a los ganaderos titulares de 46 explotaciones ovinas (87% del total del universo del área considerada) que utilizaban, en diferente medida, el Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara (Huesca). El cuestionario recogía información referida a las características de la explotación y sociodemográfica del titular; sobre la evolución de la estructura y el sistema de explotación y, además, opiniones del ganadero sobre determinadas medidas de la PAC, sobre el Parque, la profesión y el sector, así como la expresión de sus objetivos y sus proyectos inmediatos.

Para medir las opiniones sobre las relaciones de la actividad ovina con el Parque, se utilizó una escala de Likert de 1 a 5 (desde “totalmente en desacuerdo” hasta “totalmente de acuerdo”) (Foddy, 1996), como posible respuesta a las cuestiones que se les plantearon expresadas en 19 preguntas. Para establecer grupos de ganaderos en función de estas opiniones, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) sobre diez variables de opinión, en primer lugar y, posteriormente, un Análisis Cluster Jerárquico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 y la Figura 1 se recogen las opiniones de los ganaderos sobre las relaciones de las explotaciones ovinas con el Parque Natural. Estas opiniones ponen de manifiesto el reconocimiento mayoritario en valorar la función medioambiental que desempeña la ganadería ($\bar{X}=4,54$) y la situación de degradación de los pastos, consecuencia de su no utilización debidas a razones objetivas como la lejanía de la explotación u otros inconvenientes ligados al manejo ($\bar{X}=3,2$). Respecto al significado del Parque como estímulo a las actividades de servicios, se reconoce su papel en la generalización del turismo rural ($\bar{X}=3,00$) y, genéricamente, se considera que a la ganadería se le presenta un buen futuro ($\bar{X}=3,02$) en la zona del Parque de Guara. Sin embargo, opinan que el Parque no ha estimulado la demanda local de productos ($\bar{X}=2,02$) y una parte de los ganaderos manifiesta que el turismo y otras actividades recreativas no les benefician en sus actividades ($\bar{X}=2,61$), aunque tampoco dificultan el pastoreo y las actividades del ovino ($\bar{X}=2,48$). En la misma proporción aproximada, algunos ganaderos consideran que en determinadas zonas debieran limitarse los accesos y actividades turísticas y recreativas ($\bar{X}=2,74$).

Tabla 1. Opiniones de ganaderos sobre la actividad ovina y el Parque.

Opiniones	mediana	media
La ganadería tiene un buen futuro en la zona del Parque de Guara.	3	3,02
La ganadería es esencial para mantener el paisaje y el medio ambiente del Parque.	5	4,54
Algunas actividades turísticas y recreativas dificultan el pastoreo y las actividades del ovino.	2	2,48
Como consecuencia de la creación del Parque ahora hay mucho menos ganado que antes.	2	2
Hay zonas a las que quiero ir a pastar y no me lo permiten.	1	1,7
Hay antiguas zonas de pastos que quisiéramos utilizar y están embastecidas.	4	4
Hay zonas en las que podría pastar pero están lejos y me viene mal.	4	3,2
El turismo y otras actividades recreativas en la zona benefician a los ganaderos.	3	2,61
Los ganaderos que utilizamos el Parque tenemos más ayudas que otros ganaderos.	4	3,52
El Parque ha sido causante del aumento local de la demanda de nuestros productos y la venta directa.	2	2,02
La dirección del Parque ha construido los abrevaderos necesarios.	1	1,72
Los pastos que yo utilizo han mejorado y están en buenas condiciones.	4	3,33
Conozco zonas de pasto que podrían cercarse para mejorar el pastoreo.	4	3,57
El parque ha sido la causa de que se haya generalizado el turismo rural.	3	3
Sería necesario que la administración del Parque mejorara algunos pastizales.	4	3,83
Hay zonas de pastos que si me lo permitieran haría quemas controladas, desbroces o roturación.	4	3,41
En algunas zonas deberían limitarse los accesos y las actividades turísticas y recreativas.	2	2,74
Para algunos de nuestros productos podrían establecerse marcas específicas del Parque.	4	3,76
El Parque ha restringido la práctica de la caza y la pesca como las hacíamos siempre.	2	2,3

1= "Totalmente en desacuerdo"; 5= "Totalmente de acuerdo"

El Análisis de Componentes Principales ha permitido la obtención de cuatro factores que conjuntamente explican el 65,95% de la varianza total; es decir, explica ese porcentaje de todas las diferencias observadas (Tabla 2). El primer factor explica el 21,40% de la varianza. Se refiere sobre todo a cuestiones pastorales y señala insuficiencias en el papel del Parque a este respecto. También el papel esencial de la ganadería en el mantenimiento del medio natural y la posibilidad de establecer marcas comerciales apoyadas en la singularidad del espacio. El segundo factor explica el 15,49% de la varianza total y está altamente relacionado con opiniones que podrían interpretarse como cierto desencanto respecto a la utilidad del Parque para mejorar los pastos y las ventas de productos a pesar de lo esencial que se estima es la ganadería en el espacio del Parque. El factor tercero explica el 15,19% de la varianza y sería expresión de una valoración más positiva sobre el Parque en sus funciones de generalizar el turismo rural y, quizás por el hecho de que los pastizales estén en buenas condiciones; si bien se considera que sería necesario un papel más activo en la mejora de pastizales y en iniciativas de establecimiento de marcas específicas. El cuarto factor explica el 13,87% de la varianza. Es expresión de las opiniones más negativas tanto en relación con el turismo, generalizado por el establecimiento del Parque, y al que se debería limitar ciertos accesos, como en relación con la realidad de pastos embastecidos y en malas condiciones, incluso los que se utilizan.

Tabla 2. Correlaciones de las variables sobre los cuatro primeros factores del ACP.

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Hay zonas de pastos en las que si me lo permitieran haría quemas controladas, desbroces o roturación.	0,764			
Conozco zonas de pasto que podrían cercarse para mejorar el pastoreo.	0,758			
Sería necesario que la administración del Parque mejorara algunos pastizales.	0,675	0,343	0,26	
Para algunos de nuestros productos podrían establecerse marcas específicas del Parque.	0,599	0,208	0,392	
El Parque ha sido la causa de que aumente localmente la demanda de nuestros productos y la venta directa.		-0,871		
La ganadería es esencial para mantener el paisaje y el medio ambiente del Parque.	0,256	0,743		
El parque ha sido la causa de que se haya generalizado el turismo rural.			0,811	0,234
Los pastos que yo utilizo han mejorado y están en buenas condiciones.			0,773	-0,261
En algunas zonas deberían limitarse los accesos y las actividades turísticas y recreativas.				0,824
Hay antiguas zonas de pastos que quisiéramos utilizar y están embastecidas.	0,234			0,714
% Varianza total explicada	21,41%	15,49%	15,19%	13,87%

KMO = 0,609 Prueba de esfericidad de Bartlett Chi-cuadrado = 80,129 (p<0,001)

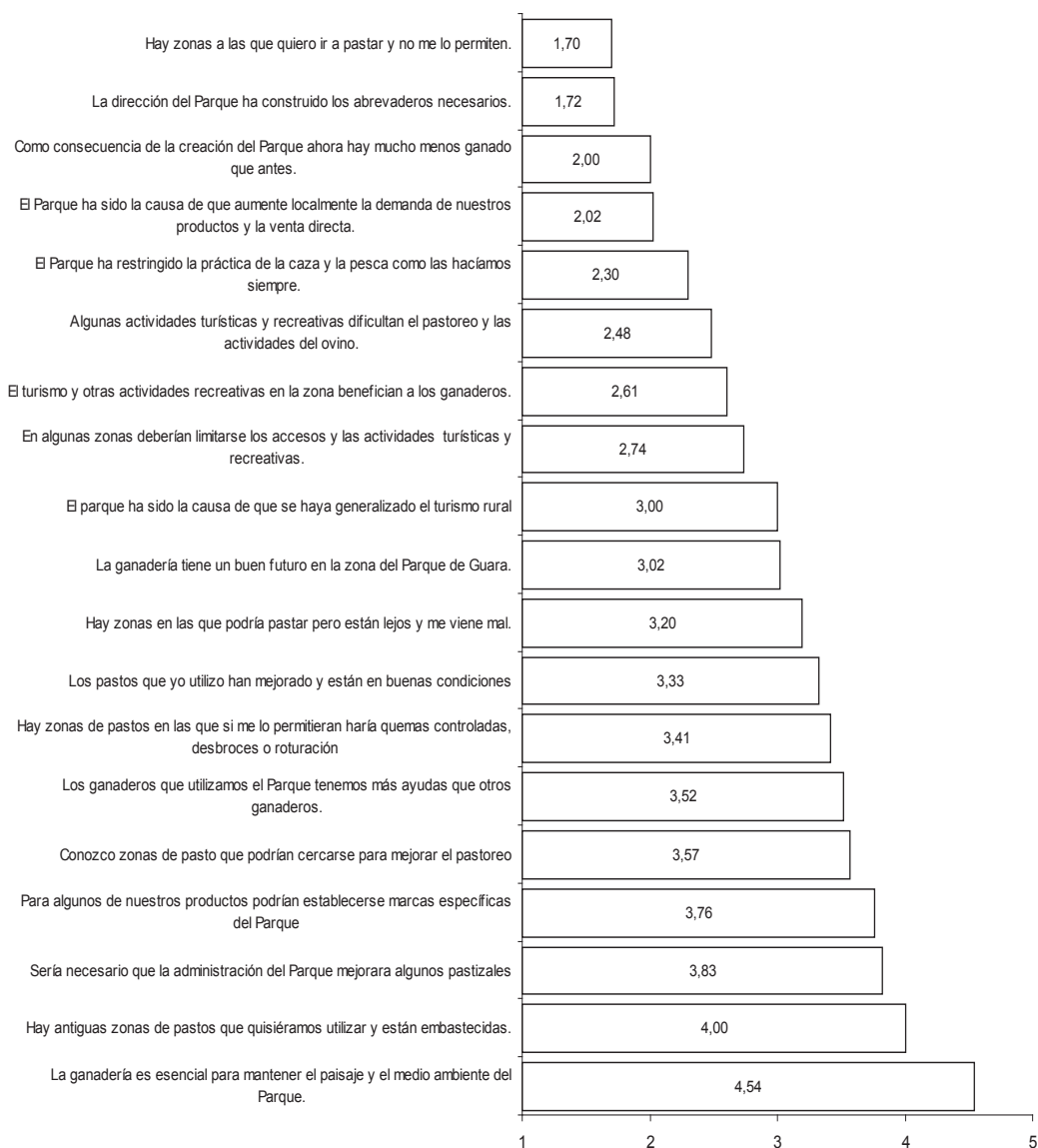


Figura 1. Opiniones medias sobre las relaciones del ovino y el Parque.
 1= “Totalmente en desacuerdo”; 5= “Totalmente de acuerdo”

El Análisis Cluster ha permitido diferenciar cuatro grupos de ganaderos por sus opiniones (Tabla 3). Todos los grupos coinciden en valorar como fundamental la función medioambiental de la ganadería y la existencia de muchas áreas de pastos deteriorados.

Asimismo, en referencia a sus producciones, ven factible el establecimiento de marcas específicas, aunque niegan, con mayor o menor énfasis, que haya representado un estímulo de la demanda local de sus productos. También hay coincidencia (tres grupos) en la necesidad de mejorar los pastos y que el Parque debería tener protagonismo en estas actuaciones. El primer grupo, el más numeroso (16 explotaciones; 35% de la muestra) manifiesta opiniones en el sentido mencionado. Además reconoce el protagonismo del Parque en la generalización del turismo rural y rechaza que sean necesarias limitaciones de accesos y de actividades recreativas en algunas zonas. Asimismo, es optimista al valorar las condiciones de los pastos que utiliza.

Tabla 3. Opiniones medias sobre el Parque de los diferentes grupos de explotaciones

Opiniones sobre el Parque	Grupos			
	1	2	3	4
La ganadería es esencial para mantener el paisaje y el medio ambiente del Parque.	4,7	4,3	4,6	4,5
Hay antiguas zonas de pastos que quisiéramos utilizar y están embastecidas.	3,6	3,8	4,4	4,7
El Parque ha sido causante del aumento local de la demanda de nuestros productos y la venta directa.	1,8	1,7	2,7	2,2
Los pastos que yo utilizo han mejorado y están en buenas condiciones	3,6	2,8	4,1	2
Conozco zonas de pasto que podrían cercarse para mejorar el pastoreo	4,1	2,9	3,2	4,3
El parque ha sido la causa de que se haya generalizado el turismo rural	3,2	2,3	3,9	2
Sería necesario que la administración del Parque mejorara algunos pastizales	4,3	2,8	4	4,5
Hay zonas de pastos en las que si me lo permitieran haría quemas controladas, desbroces o roturación	3,9	2,1	3,3	4,8
En algunas zonas deberían limitarse los accesos y las actividades turísticas y recreativas.	1,9	2,8	3,5	3,3
Para algunos de nuestros productos podrían establecerse marcas específicas del Parque	4,4	3	3,8	3,5
Total de explotaciones	16	12	12	6

Los grupos 3º y 4º manifiestan opiniones muy semejantes. El grupo tercero (12 explotaciones, 26% de la muestra) presenta opiniones que difieren del primero sólo en lo referente a las limitaciones de acceso, que opinan que sí deberían existir, y niega la incidencia del Parque en el incremento de la demanda de productos locales, con menor énfasis. El grupo 4º es el de menor dimensión (6 explotaciones). Además de compartir las opiniones del anterior, no admite que el Parque haya sido la causa de generalización del turismo rural y que sus pastos hayan mejorado y estén en buenas condiciones. Así mismo, plantea de forma más clara que los demás grupos la necesidad de mejora de los pastos con la intervención del Parque. El 2º grupo (12 explotaciones, 26% de la muestra) se caracteriza por una actitud negativa de incredulidad y desconfianza. Salvo reconocer el papel esencial de la ganadería en ese espacio, el deterioro de muchas zonas de pastos y negar que el Parque haya jugado un papel positivo en el incremento de la demanda, este grupo reconoce en menor

medida o niega que los pastos utilizados hayan mejorado, las posibilidades o la necesidad de cualquier mejora o de limitar los accesos y ni siquiera admite el papel jugado por el Parque en la generalización del turismo en la zona.

CONCLUSIONES

Los ganaderos de ovino tienen opiniones sobre el Parque mayoritariamente favorables que se manifiestan en el reconocimiento de su papel en la generalización del turismo rural y en los beneficios que reporta a la ganadería sin que señalen implicaciones negativas. Sin embargo, opinan que el Parque no juega un papel activo favorecedor de las áreas de pastos y la ganadería.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DILLON J.L. (1992) *The Farm as a purposeful system*. Department of Agricultural Economics. University of New England. Miscellaneous Publication 10.
- FODDY W. (1996) *Constructing questions for interviews and questionnaires. Theory and practice in social research*. Cambridge (UK). Cambridge University Press. 227 pp.
- GUILLÉN PÉREZ L.A. (2002) El perfil psicosocial: un nuevo paradigma en transferencia de tecnología agrícola. *Rev. Desarrollo Rural*. Segunda Época, Años 2-3, 4- 5, 103-122.
- HEADY E. (1970) *Economics of Agricultural Productions an Resource Use*. Prentice Hall. Englewood Cliffs. (USA). 850 pp.
- HERNÁNDEZ SANCHO F. (1992) *Aproximación metodológica al fenómeno de la agricultura a tiempo parcial en la Comunidad Valenciana*. Generalitat Valenciana. 118 pp.
- KAHLE L. Y GOFF S. (1983) "A Theory and a Method for Studying Values," En Kahle L. (ed.) *Social Values and Social Change: Adaptation to Life in America*, N.Y. Praeger. 324 pp.
- KATZ D. (1960) The functional Approach To The Study of Attitudes. *Public Opinion Quarterly*. 24, 63-204.
- NAKAJIMA C. (1986) *Subjective equilibrium theory of the farm household*. Holanda. Ed. Elsevier.
- ONDERSTEIJN C.J.M., GIESEN G.W.J., Y HUIRNE R.B.M. (2003) Identification of farmer characteristics and farm strategies explaining changes in environmental management and environmental and economic performance of dairy farms. *Agricult. Systems* 78, 31-55.
- PATRICK G.F. Y KLIEBENSTEIN J.B. (1983) Multiple Goals in Farm Decision Making. A societal science perspective. Department of Agricultural Economics. Agricultural Experimental Station, Purdue University, *Station Bulletin* 303.
- ZAMUDIO B.A., MANRIQUE E. Y OLAIZOLA A.M. (2009) Actitudes ante políticas sectoriales y medioambientales de ganaderos de ovino en un espacio natural protegido. En: Reiné, R. et al., (Eds.) *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*. Págs. 613-619. Huesca (España). S.E.E.P.

**EFFECTO DEL PASTOREO EN LA PRODUCCIÓN DE
BELLOTAS DE LA ENCINA EN LA DEHESA.
CONSECUENCIAS PARA EL FOLLAJE DEL ÁRBOL**
Influence of Grazing on Acorn Production of Holm Oak in Dehesa.
Consequences for Tree Foliage

**A.M. GARCÍA MORENO¹, M.D. CARBONERO MUÑOZ², F. MORENO
ELCURE¹, J.R LEAL MURILLO¹, M.T. HIDALGO FERNÁNDEZ¹ y P.
FERNÁNDEZ-REBOLLO¹**

¹Departamento de Ingeniería Forestal. ETSIAM. Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales 14071, Córdoba, ir1ferrep@uco.es. ²Área de Producción Agraria. IFAPA. Centro Hinojosa del Duque. Junta de Andalucía. Crta El Viso, km 15. 14270 Hinojosa del Duque (Córdoba)

Resumen: En la dehesa la producción de bellota de la encina se ve afectada por múltiples factores entre los que se encuentra la calidad del suelo. Se sabe que el pastoreo induce modificaciones en las condiciones edáficas, variando tanto la fertilidad del suelo como la disponibilidad de algunos nutrientes, entre los que destaca el nitrógeno. En este sentido, es posible que pueda afectar a la producción de bellota de las encinas adultas. Este trabajo analiza el efecto de la intensidad de pastoreo en la producción de bellota a partir de aforos realizados durante nueve años en dos zonas del norte de la provincia de Córdoba. Asimismo, se evalúa el efecto que las oscilaciones en la producción de bellota pueden tener en la vida de la hoja de la encina. Los resultados indican que en ambas zonas las parcelas pastoreadas con intensidades de pastoreo altas han registrado unas mayores producciones de bellotas que las zonas pastoreadas con menor carga ganadera. Dicha intensificación de la producción lleva asociada aumentos en la defoliación de los árboles.

Palabras clave: intensidad de pastoreo, defoliación, *Quercus ilex*.

Abstract: Acorn production of Holm oak in dehesa is affected by many factors among them soil quality is included. Grazing modifies physical edaphic conditions, soil fertility and some nutrient availability, mainly soil nitrogen. In this respect, it can affect acorn production of adult trees. This work assesses the influence of grazing intensity on Holm oak acorn production. During nine years we have surveyed acorn production and crown defoliation of Holm oak in areas with different grazing intensity located in the north of Córdoba (Spain). The results show that grazing increases acorn productions and this intensification induces higher defoliation.

Key words: grazing intensity, defoliation, *Quercus ilex*.

INTRODUCCIÓN

Una de las producciones vegetales más valorada y característica de la dehesa es la bellota, principalmente debido a la calidad que le confiere a los productos

derivados del cerdo Ibérico cuando la fase final de cebo se realiza en montanera alimentándose los animales de hierba y estos frutos. La producción de bellota en la dehesa es función de múltiples factores, algunos inherentes al árbol, como la especie y su dotación genética, y otros externos como las condiciones meteorológicas o la incidencia de plagas y enfermedades. La revisión realizada por Carbonero (2011) recoge los principales factores de los que depende la producción de bellota, destacando entre ellos la estructura de la vegetación. Desde antaño se ha buscado en la dehesa una baja espesura del arbolado y una ausencia de vegetación leñosa bajo el dosel arbóreo, no sólo para posibilitar la producción de hierba, sino también para permitir cosechas cuantiosas de bellota. El pastoreo del ganado ha sido una de las herramientas que ha utilizado el hombre para mantener a raya la vegetación leñosa y para mejorar la producción y la calidad de los pastos herbáceos, principalmente a través de la mejora en las condiciones edáficas (Peco et al., 2006). Aunque no está suficientemente documentado, la mejora de las condiciones edáficas propiciada por el pastoreo también puede afectar positivamente al crecimiento y a la producción del arbolado en la dehesa debido a la separación de nichos entre los sistemas radicales del arbolado y de los pastos herbáceos (García et al, 2012; Moreno et al, 2007). Sin embargo, un pastoreo en exceso, además de impedir la regeneración del arbolado y reducir la diversidad funcional de la dehesa, puede llegar a compactar el suelo dificultando el crecimiento de las raíces de las plantas, y alterar el balance de nutrientes originando carencias inducidas, dando lugar a reducciones del crecimiento y de la producción. Desde el punto de vista de la producción de bellota en la dehesa, no sabemos dónde está el umbral a partir del cual un aumento de la intensidad de pastoreo supone ya una disminución de la capacidad productiva del árbol. Las evidencias empíricas parecen indicar que este umbral puede ser alto en algunas zonas, incluso situarse por encima de la capacidad de pastoreo de los pastos herbáceos.

En este trabajo hemos tratado de clarificar el efecto de la intensidad de pastoreo en la producción de bellota de la encina, el árbol más representativo de la dehesa. Para ello hemos comparando series temporales de producción de bellota en parcelas de dehesa contiguas y con similar estructura vegetal pero con marcadas diferencias en la intensidad de pastoreo. Asimismo, hemos tratado de discernir si el esfuerzo productivo puede afectar al follaje del árbol, bien acortando la vida de la hoja o limitando los crecimientos vegetativos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Toma de muestras. El estudio se ha llevado a cabo en dos zonas (S1 y S2, en adelante) localizadas en Los Pedroches, en el norte de la provincia de Córdoba (España). En ambos sitios, los suelos se caracterizan por ser ácidos, de textura arenosa y poseer una escasa fertilidad (IARA-CSIC, 1989). La topografía de ambas zonas es llana o suavemente ondulada. Asimismo, se encuentran bajo la influencia del fitoclima IV4 (Allué, 1990), caracterizado por una temperatura media anual de 17 °C y una precipitación media anual superior a 500 mm/año. No obstante, S1 registra una menor precipitación media anual, en torno a los 400–500 mm/año, debido a que se encuentra en la zona de transición al fitoclima IV3. En ambas zonas se han seleccionado dos explotaciones contiguas pastoreadas por rebaños mixtos de ovino, vacuno y porcino pero que han mantenido distinta intensidad de pastoreo a lo largo de los últimos 10 años, con diferente nivel de complementación. Así, la carga ganadera se ha situado en torno a 0,4 UGM/ha para las dehesas con intensidad de pastoreo moderada y alrededor de 1,5 UGM/ha en aquellas con intensidad de pastoreo alta. En cada explotación se seleccionó una parcela y en cada parcela 20 encinas adultas, sumando un total de 80 individuos. Las características edáficas de cada parcela (correspondiente a los primeros 15 cm del suelo) y las características morfológicas del arbolado seleccionado se recogen en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1. Valores medios de las características dasométricas altura, diámetro normal, y longitud y diámetro de copa en función de la zona (S1 o S2) y la intensidad de pastoreo (moderada o alta).

Parámetros	S1				S2			
	moderada		alta		moderada		alta	
Densidad (pies/ha)	33		31		36		24	
Altura (m)	7,34	±1,65	7,43	±1,88	8,01	±1,29	7,5	±1,77
Diámetro normal (cm)	34,73	±9,32	38,01	±12,66	42,26	±9,25	44,4	1
Longitud de copa* (m)	4,49	±1,60	4,74	±1,79	5,27	±1,52	4,79	±1,66
Diámetro de copa (m)	8,2	±2,25	8,88	±2,73	9,01	±1,48	8,05	±2,68

* Diferencia entre la altura del árbol y la distancia al suelo de las primeras ramas vivas.

* Datos correspondientes al primer año de estudio, 2001.

Tabla 2. Valores medios de las variables edáficas: textura, (índice de cono, IC), materia orgánica (MO), P disponible, pH 1/2'5, capacidad de intercambio catiónico (CIC), porcentaje de saturación de bases (SB) y cationes de cambio, en función de la zona (S1 o S2) y la intensidad de pastoreo (moderada (M) o alta (A)).

Zona	Intensidad de pastoreo	Textura (%)			IC (MPa)	MO (%)	P (mg kg ⁻¹)	pH	CIC (meq kg ⁻¹)	SB (%)	Cationes de cambio (meq kg ⁻¹)			
		Arcilla	Arena	Limo							K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
S1	M	5	76,5	18,5	2,35	2,46	4,9	5,88	8,47	77	0,32	2,97	3,01	0,23
	A	5	83,8	11,2	2,98	3,49	19,3	6,01	7,83	72	0,39	4,21	0,64	0,36
S2	M	6,4	81,5	12,1	1,68	2,24	7,5	5,6	7,17	98	0,33	3,42	3,05	0,25
	A	7,5	76,3	16,2	2,99	2,6	15	5,98	10,43	71	0,59	3,86	2,51	0,46

* Datos correspondientes al último año de estudio, 2008.

Durante ocho años (2001 a 2008), en el mes de octubre, se estimaron visualmente la producción de bellotas y la defoliación en cada árbol. Para la obtención de la producción de bellota se realizó un muestreo a lo largo de la superficie de la copa del árbol contando el número medio de bellotas encontrado en un cuadrante imaginario de 20 cm por 20 cm. Se realizaron al menos 50 conteos en cada árbol que posteriormente se promediaron, obteniéndose así el número medio de bellotas en dicho cuadrante, que denominamos M. El grado de defoliación de la copa del árbol se realizó según el procedimiento recogido en Carbonero et al. (2004).

Tratamiento estadístico de los datos. Para cada árbol hemos calculado el número de bellotas medio del periodo, el mínimo y el máximo y hemos analizado el efecto de los factores finca e intensidad de pastoreo en estas variables mediante un ANOVA factorial. La normalidad de los datos se testó mediante la prueba de Bartlett y la homocedasticidad mediante la prueba de Levene. En caso necesario, se aplicó el análisis de comparación de medias LSD de Fisher al 95% de significación.

Para evaluar si la carga de bellotas puede afectar al follaje de la encina hemos calculado el coeficiente de correlación de Spearman entre la producción del año n y la variación de la defoliación de la copa entre los años n+1 y n. Todos los análisis fueron realizados con el programa STATISTICA v8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Existe una gran variabilidad en la producción de bellota de los árboles estudiados. Así, el número medio de bellotas en un cuadrante de 20 cm por 20 cm en

el periodo estudiado ha oscilado entre 0,08 y 3,27, mientras que el mínimo ha oscilado entre 0,00 y 1,31 y el máximo entre 0,24 y 7,10.

Se han encontrado diferencias significativas según la intensidad de pastoreo en el número de bellotas medio y máximo del periodo (Figura 1, Tabla 3). En las parcelas sometidas a un pastoreo de alta intensidad, la media del número medio de bellotas ha sido un 28% mayor y la media del número máximo de bellotas un 23% mayor. Sin embargo, no hemos encontrado diferencias en las producciones mínimas según la intensidad de pastoreo, alcanzando en ambos tratamientos valores bajos y similares. No existen diferencias significativas entre zonas ni en el número medio, máximo y mínimo de bellotas registrado en el periodo de estudio, indicando que las variaciones climáticas, principalmente variaciones en la precipitación anual son livianas y no suponen una limitación diferencial a la capacidad productiva de la encina (Tabla 3). El efecto de la intensidad de pastoreo en el número de bellotas es similar en ambas zonas.

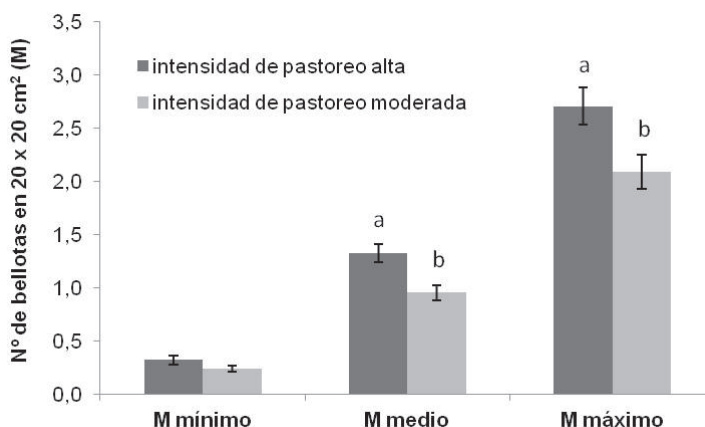


Figura 1. Valores medios del número mínimo, medio y máximo de bellotas (M) para el periodo 2001-2008 en función de la intensidad de pastoreo. Las barras indican valores de error estándar. Diferentes letras indican diferencias significativas.

El pastoreo mejora la fertilidad de los suelos oligotróficos de las dehesas, incrementando principalmente el contenido en materia orgánica y macronutrientes como el nitrógeno y el potasio (Fernández-Rebollo et al., 2007; Peco, 2006) (Tabla 2). En trabajos previos hemos comprobado que esta mejora de la fertilidad del suelo mediada por el pastoreo se traduce en mayores crecimientos de los brotes anuales de la encina y en aumentos significativos en el contenido foliar de N (García et al.,

2012), explicando por tanto las mayores producciones de bellota. Así por ejemplo, Sánchez-Humanes et al. (2011) al estudiar la relación entre crecimiento vegetativo y producción de bellota en *Quercus lobata* Née encuentran que los brotes sin bellota muestran un menor crecimiento vegetativo que aquellos que sí portan bellota. En otros árboles frutales, como por ejemplo el olivo, es conocido el papel del nitrógeno y del potasio en la mejora de la cantidad y calidad de las producciones, ya que estos elementos incrementan no sólo el vigor y el crecimiento de los brotes sino también la intensidad de la floración (Barranco et al., 2008). Por tanto, la alta carga ganadera que han mantenido de forma sostenida estas explotaciones de dehesa, por encima de la capacidad de pastoreo de los pastos, y que ha supuesto una elevada intensidad de pastoreo (y una mayor necesidad de alimentación complementaria al pastoreo) no ha dado lugar a una degradación del suelo, entendida esta cómo una reducción de la capacidad productiva de la vegetación, en nuestro caso la encina. Con estas cargas ganaderas, la producción de bellota aún mejora en relación a la de las encinas de dehesas con cargas ganaderas más próximas a la capacidad de pastoreo de los pastos. La topografía llana y la textura eminentemente arenosa de los suelos de ambas zonas, puede explicar que con estas elevadas intensidades de pastoreo no se hayan producido procesos erosivos de importancia en los que se haya perdido la capa superior del suelo enriquecida por el pastoreo del ganado.

Tabla 3. Resultados del ANOVA factorial (sitio e intensidad de pastoreo) para el número de bellotas mínimo, medio y máximo en un marco de 20 cm por 20 cm (M mínimo, M medio, M máximo) en el periodo 2001-2008.

Producción	Sitio		Intensidad de pastoreo		Sitio x Intensidad de pastoreo	
	F	p	F	p	F	p
M mínimo	0,257	0,614	1,734	0,192	0,037	0,847
M medio	0,253	0,616	7,832	0,006	0,249	0,619
M máximo	0,023	0,877	4,254	0,042	0,306	0,582

En la Tabla 4 se muestra la relación entre el número de bellotas de la encina para un año y la variación del grado de defoliación del árbol al año siguiente. Se observa que en las parcelas sometidas a una intensidad de pastoreo moderada no existe relación entre estas variables. Sin embargo, sí encontramos algunos años relaciones significativas y positivas en el caso de las parcelas con intensidad de pastoreo alta. Es decir, en estas parcelas, donde las producciones medias y máximas

de bellotas son mayores, tras una cosecha abundante el árbol pierde follaje, aumentando por tanto la defoliación de la copa sobre la que exhibía el año previo. Estas relaciones son significativas los años 2001, 2003, 2004 y 2007, años en los que se han registrado unas producciones altas de bellota. Durante la fase de crecimiento de la bellota, que se produce en la época estival y durante principios de otoño, la capacidad del árbol para extraer nutrientes del suelo está limitada por la escasa disponibilidad hídrica y es probable que el árbol movilice nutrientes desde las hojas viejas a los frutos que portan los brotes que derivan de estas ramas, acortando por tanto la vida de estas hojas. Además, las nuevas brotaciones y crecimientos de la estación siguiente pueden verse comprometidas si el árbol ha agotado sus reservas. Por tanto la intensificación de la producción frutal a la que se ve empujada la encina al incrementar la intensidad de pastoreo tiene un coste para el árbol, reduciendo la vida de las hojas y/o acortando los crecimientos de las brotaciones posteriores.

Tabla 4. Coeficiente de correlación de Spearman entre la producción (M_n) y la variación del grado de defoliación ($\Delta D = D_{n+1} - D_n$) de los árboles entre años, en función de la intensidad de pastoreo.

Intensidad de pastoreo	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
moderada	-0,12	-0,23	-0,06	0,23	0,13	-0,01	0,18
alta	0,40*	-0,25	0,40*	0,38*	-0,03	-0,01	0,38*

*: $p < 0.05$

CONCLUSIONES

La intensificación del pastoreo en la dehesa promueve mayores producciones de bellotas en la encina. Dichos esfuerzos productivos parecen tener efecto negativo sobre el follaje del árbol, aumentando la defoliación en el año siguiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLUÉ J.L. (1990) *Atlas Fitoclimático de España*. Madrid, España: MAPA.
- BARRANCO D., FERNÁNDEZ-ESCOBAR R. Y RALLO L. (2008) *El cultivo del olivo*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- CARBONERO M.D. (2011) *Evaluación de la producción y composición de la bellota de encina en dehesas*. Tesis Doctoral. Córdoba, España: Universidad de Córdoba.
- CARBONERO M.D., BLÁZQUEZ A. Y 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: GARCÍA-CRIADO B, GARCÍA-CIUDAD A, VÁZQUEZ DE ALDANA B,

- ZABALGOGEAZCOA I. (eds) *Pastos y ganadería extensiva*, pp 715-720 Salamanca, España: CSIC.
- FERNÁNDEZ REBOLLO P., LECHUGA DÍAZ M.P., CARBONERO MUÑOZ M.D. Y BLÁZQUEZ CARRASCO A. (2007) *Efecto a largo plazo del pastoreo en las características químicas de un suelo arenoso de dehesa*. En: PINTO, M. (Coord.) *Los sistemas forrajeros: entre la producción y el paisaje*, pp 569-576 Vitoria, España: NEIKER-Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- GARCÍA MORENO A.M., CARBONERO MUÑOZ M.D., MORENO ELCURE F., LEAL MURILLO J.R., HIDALGO FERNÁNDEZ M.T. Y FERNÁNDEZ REBOLLO P. (2012) *Influencia de la presión de pastoreo en el contenido de nutrientes en hoja de encina en la dehesa*. En: CANALS TRESSERRAS R.M. Y SAN EMETERIO GARCÍANDÍA L. (eds) *Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción*, pp. 51-57 Pamplona, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- IARA-CSIC (1989) Mapa de Suelos de Andalucía. Sevilla, España.
- MORENO G., OBRADOR J.J., GARCÍA E., CUBERA E., MONTERO M.J., PULIDO F. Y DUPRAZ C. (2007) *Driving competitive and facilitative interactions in oak dehesas through management practice*. *Agroforestry Systems*, (70), 25-40.
- PECO B., SÁNCHEZ A.M. Y AZCÁRATE F.M. (2006) Abandonment in grazing systems: Consequences for vegetation and soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, (113), 284-294.
- SÁNCHEZ-HUMANES B., SORK V.L. Y ESPELTA J.S. (2011) Trade-off between vegetative growth and acorn production in *Quercus lobata* during a mast year: the relevance of crop size and hierarchical level within the canopy. *Oecologia*, (166), 101-110.
- STATSOFT, Inc (2007) Statistica for windows version 8.0 (Computer Program Manual) Los Angeles, USA: StatSoft

EFFECTOS DE LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES DE NUEVA GENERACIÓN EN LA DEHESA TOLEDANA: PRODUCCIÓN, DIVERSIDAD Y COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE PASTOS HERBÁCEOS

Effect of New Fertilizers at the Dehesa: Yield and Species Composition of Herbaceous Pastures

C. LÓPEZ-CARRASCO¹, A. LÓPEZ-SÁNCHEZ², M.J. GÓMEZ¹, J.M. CARPINTERO³, J. BRAÑAS³ y S. ROIG G².

¹C.I.A. "Dehesón del Encinar", J.C. Castilla-La Mancha, 45560 Oropesa, Toledo. ²Dpto. Silvopascicultura. U. Politécnica de Madrid, 28040 Madrid., sonia.roig@upm.es.

³Departamento I+D+i. Fertiberia S.A. Avda. Francisco Montenegro s/n CP21001 Huelva

Resumen: La dehesa es un conocido sistema silvopastoral muy diverso, tanto en componentes como en producciones. Es precisamente en esa obtención de multiplicidad de productos en un medio ecológico difícil donde este sistema ha encontrado su mejor estrategia para subsistir durante casi un milenio: *producir conservando*. La fertilización puede ser un tratamiento interesante para mejorar las diferentes producciones de la dehesa así como para mejorar el vigor del arbolado. Con el objetivo de evaluar el efecto de varios fertilizantes de nueva generación sobre la producción herbácea de la dehesa se analizó la cantidad y diversidad de los pastos sometidos a tres tratamientos: control (pasto natural), fertilización con 36 UF de P₂O₅ a través de un fertilizante complejo NPK (de bajo contenido en N) y con fosfatos naturales de Gafsa con igual dosis de fósforo. El abonado se realizó en superficie en otoño de 2009, 2010 y 2011; se analizó la producción en MS, índices de diversidad y composición florística en la primavera del año posterior al abonado. El régimen de precipitaciones marca en gran medida la producción en MS de los pastos, su riqueza, así como la respuesta a la fertilización, factor que mejora producciones y riqueza en años con precipitaciones medias.

Palabras clave: Fosfatos naturales, NPK, diversidad, producción MS

Abstract: Fertilization can be an interesting treatment to improve the different productions of the dehesa and to improve tree vigor. In order to evaluate the effect of different fertilizers of new generation on herbaceous pasture diversity and species composition, in this work we analyzed the effect of three treatments: control (natural pastures), fertilization with 36 UF of P₂O₅ of a complex NPK and low content of N, and natural phosphates. Fertilization was applied in autumn of 2009, 2010 and 2011 and we analyzed herbaceous pastures composition and yield in springs of 2010, 2011 and 2012 (one control per year). The best results of production were obtained with the NPK application; also, pasture specific richness and diversity improved with the fertilization in years of average regime of precipitation.

Key words: Natural phosphates, NPK, botanical composition

INTRODUCCIÓN

La aplicación de la fertilización fosfórica para la mejora de la producción y calidad de los pastos herbáceos en la dehesa es una práctica que ha dado buenos resultados en general, especialmente con la incorporación de superfosfato de cal, y que ha sido objeto de numerosos estudios. En la dehesa del centro peninsular, con la excepción de algunos experimentos con roca fosfórica y fertilizantes con N (López-Carrasco *et al.*, 2012), aún no se cuenta con suficiente información de los resultados de nuevos fertilizantes y de la dependencia de su efectividad al régimen de precipitaciones y las características edáficas. La necesidad de conseguir una mayor eficiencia en el empleo de los fertilizantes y de abaratar los costes de producción, junto al interés de la búsqueda de nuevos productos compatibles con la producción ecológica, impulsan líneas de investigación hacia el análisis del efecto de estos productos en diferentes situaciones ecológicas y de gestión. El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de dos fertilizantes en la dehesa, poco probados en nuestra zona, sobre la producción de los pastos herbáceos, riqueza y diversidad con especial atención a la composición específica.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el CIA Dehesón del Encinar, Oropesa, Toledo, en tres parcelas adyacentes de cinco hectáreas de superficie con relieve suave y densidad baja del arbolado (17-20 pies/ha), con la encina (*Quercus ilex ssp ballota*, Lam.) como especie dominante. El suelo es franco-arenoso, pH ácido, bajo contenido en MO, N y moderado en P (López-Carrasco *et al.*, 1999). La vegetación herbácea de la parcela, se corresponde con pastos de anuales subnitrófilos (posíos), de la clase fitosociológica *Stellarietea mediae* y el orden *Sisymbrietalia officinalis*, pastada por ovejas de raza Talaverana. Los tratamientos de fertilización probados fueron: (1) control sin fertilizante, (2) fertilización con 36 U.F. de P_2O_5 en forma de roca fosfórica (26,5 % de P_2O_5 , apto para agricultura ecológica) y (3) abono complejo NPK (8-24-8) con la misma dosis de P que el tratamiento anterior. La fertilización se realizó en los otoños de 2009, 2010 y 2011 con abonadora centrífuga después de las primeras lluvias. Una descripción de los dos productos fertilizantes puede encontrarse en López-Carrasco *et al.* (2012), donde se realizó un primer análisis de producción y riqueza de los dos primeros años.

A mediados de la primavera (4 de mayo 2010, 27 de abril 2011 y 3 de mayo de 2012), se realizaron los muestreos para estimar la producción y composición florística, para lo cual se utilizaron 15 jaulas de exclusión de 2 m² de superficie interna por parcela o tratamiento, donde se cortaba y llevaba al laboratorio el contenido de un marco muestreo de 50 x 50 cm. En las muestras recogidas se realizó la separación manual, pesaje y desecación de cada una de las especies encontradas a 80°C y durante 24 horas. Los datos de producción de pasto y riqueza fueron analizados mediante ANOVA, considerando el tratamiento de fertilización y el año como factores principales. Se ha analizado la diversidad alfa (local) y la diversidad beta (comparación de comunidades) de la cubierta herbácea. Para medir la diversidad alfa se ha utilizado como índice la riqueza específica (Whittaker *et al.* 2001). Para medir la diversidad beta se ha calculado el índice de Whittaker (1960) entre: (a) años; (b) tratamientos; (c) años para cada tratamiento y (d) tratamientos por año. Se realizó un análisis de la composición florística a partir de la contribución en materia seca de cada especie determinada en los marcos de muestreo (Canonical Correspondence Analysis CCA, Legendre y Legendre (1998), considerando las especies más abundantes (presencia en marcos de muestreo superior a 2 g MS). Se calculó la distancia euclídea de las especies a cada centroide de la variables ambientales (año, tratamiento, materia seca, riqueza). Se seleccionaron aquellas especies que distasen menos del 0,40 del cada centroide como características de los mismos. Para el tratamiento de datos, análisis y presentación de resultados se ha utilizado el programa R programming environment (Version 2.14.1, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>) junto a los módulos, “vegan” (Oksanen *et al.*, 2011) y “car” (Fox y Weisberg, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de los fertilizantes sobre la producción de los pastos herbáceos.

Encontramos una gran variabilidad de los datos de materia seca según los años estudiados. La producción está muy relacionada con las precipitaciones del año (Tabla 1), con 2010 y 2011 años con precipitaciones superiores a la media de la zona y un año 2012 muy seco y producción muy escasa (62,5 g.m⁻² de media para los tres tratamientos). En los tres años muestreados, el tratamiento NPK consiguió valores superiores de MS, igualados por la roca fosfórica en el año húmedo. Los factores año y tratamiento resultaron significativos en el análisis ANOVA. Los valores de

producción de materia seca del pasto natural y la magnitud de la respuesta a la aplicación de roca fosfórica son similares a los encontrados en la misma zona en estudios anteriores, donde el efecto del año condiciona en gran medida la respuesta a la fertilización fosfórica (López-Carrasco *et al.*, 1999), como queda descrito también en otros trabajos en la dehesa (ej. Santamaría *et al.*, 2009). Los años de precipitación cercanos a la media de la zona la producción de pasto fueron similares a valores registrados en el mismo área experimental en años precedentes y similares condiciones de humedad y dentro del rango 2000-3000 kg de MS, referido por San Miguel (2001) para pastos herbáceos de la clase fitosociológica *Stellarietea mediae*. Las escasas precipitaciones de invierno y primavera de 2012 se tradujeron en una fuerte reducción de la producción en los tres tratamientos.

Tabla 1. Precipitaciones anuales y estacionales (mm) del área experimental

	09-oct	10-nov	11-dic	Media (87/88 a 08/09)
P anual	878,2	635,8	273,7	606,1
P otoño	109,5	152,7	152,5	195,5
P invierno	186,5	98,7	34,3	214,2
P primavera	174,5	160,6	82,3	158,7
P mayo	40,7	25,9	25,6	64,1

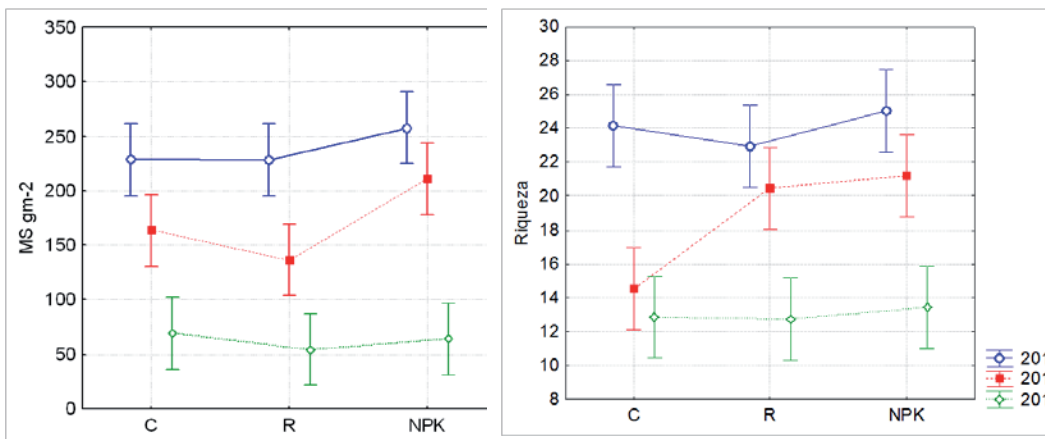


Fig.1. (izda) y **Fig.2.** (dcha). Producción en g MS.m⁻² (Fig.1.) y Riqueza (número de especies por marco de 0,25 m², Fig.2.) por tratamiento de fertilización y año. Tratamientos de fertilización: control (C), roca fosfórica (R), NPK. Las barras definen el intervalo de confianza al 95%.

Efecto de los fertilizantes sobre la diversidad y composición florística del pasto herbáceo. La composición del pasto es muy diferente según el año, así como la respuesta a la fertilización (Tabla 2). En los tres años y en el conjunto de los tres tratamientos, se identificaron un total de 129 especies. En el análisis ANOVA sobre la riqueza, resultan significativos los factores de año, tratamiento y su interacción (Fig 2), debido, principalmente, a la diferencia encontrada en el año 2011 de las parcelas fertilizadas y la control. Como en el caso de la producción, las escasas precipitaciones de 2012 resultan en unos valores de riqueza muy bajos para los tres tratamientos.

Tabla 2. Contribución de las leguminosas (leg), gramíneas (gram) y otras familias (otras) a la producción herbácea según tratamientos, en porcentaje de MS total.

Año	Tratamiento	% Leg	% Gram	% Otras
2010	control	25,2(b)	18,5(a)	56,3
2010	roca fosfórica	23,4(ab)	29,5(b)	47,1
2010	NPK	15,7(a)	34,8(b)	49,5
		p=0,076	p=0,001	ns
2011	control	1,3	76,9(b)	21,7(a)
2011	roca fosfórica	2,8	65,2(ab)	32,0(ab)
2011	NPK	2,3	55,0(a)	42,2(b)
		ns	p=0,036	p=0,053
2012	control	1,5	85,4	13,1
2012	roca fosfórica	2,6	76,6	20,8
2012	NPK	0,3	82,2	17,5
		ns	ns	ns

ns: sin diferencias significativas

En el análisis de la diversidad beta, no se encuentran grandes diferencias entre años y tratamientos. 2012 es el año con mayores diferencias en la comparación con 2010 (índice de Whittaker 0,1632) y 2011 (0,1028), mientras que el mayor índice de Whittaker entre tratamientos aparece entre los de “control” y “roca” (0,0943) y “control” y “NPK” (0,0825). La diversidad beta entre tratamientos aumenta con los años.

Los mayores porcentajes de leguminosas se encontraron en el año 2010, mientras que en 2011 se obtuvieron valores similares al año extremadamente seco y de bajísima producción (2012). No se observó una respuesta clara de la fertilización

al fomento de las leguminosas, especialmente en los años 2011 y 2012, con precipitaciones de mayo muy escasas, lo que ha podido limitar la maduración de las semillas de las leguminosas. En el estudio global de los tres años no se reconoce el efecto de la conocida “paradoja del enriquecimiento” que dice que existe una relación negativa entre la mayor producción y el número de especies (Marañón, 1991); en los niveles de producción de estos pastos, el incremento de producción obtenido con la aplicación de NPK no es lo suficientemente elevado como para provocar una disminución de la diversidad, más bien favorece el aumento de riqueza y diversidad, al mejorar las condiciones de fertilidad.

La variabilidad total del modelo CCA fue 5,5201 y la variabilidad restringida (variabilidad explicada por las variables ambientales) fue de 0,8361 (15,15% de la variabilidad total del modelo es explicada por las variables ambientales). La ordenación con las 60 especies más abundantes confirman los análisis anteriores (Figs 3a y 3b). El muestreo de año húmedo (2010) está relacionado con altos valores de materia seca y también riqueza específica. Los valores de menor diversidad (riqueza) se concentran en 2012 y en las parcelas control. Por el contrario, los tratamientos NPK y Roca aparecen mucho más mezclados y distribuidos por el plano de los dos ejes del CCA (mayor diversidad), separados de las parcelas control, y asociados a mayores producciones y riqueza.

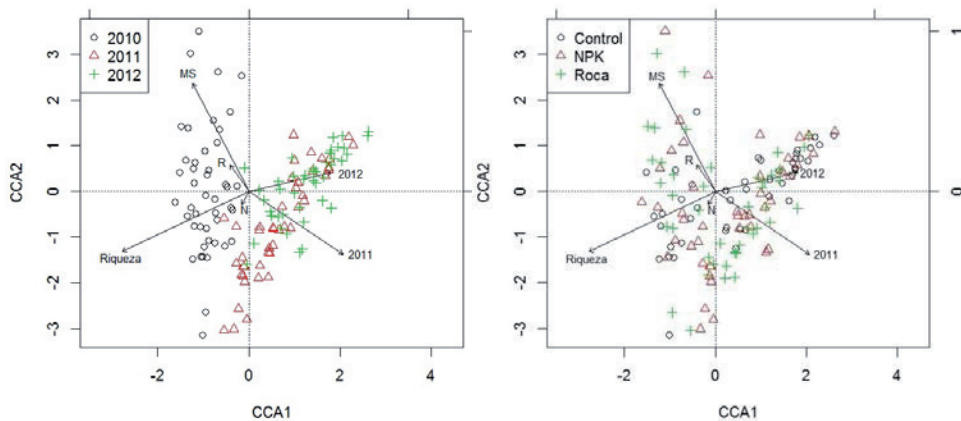


Fig.3.a (izda.) y 3.b (dcha). Distribución de los puntos de muestreo según año (a) y tratamiento (b) y relación con las variables ambientales analizadas según los ejes generados en el análisis CCA.

Las especies características de los años y tratamientos (Tabla 3) reflejan los resultados obtenidos en el análisis por familias en la composición florística del pasto. Las leguminosas aparecen como características del año 2010; las especies indicadoras en los tratamientos de fertilización son prácticamente las mismas.

Tabla 3. Distancia euclídea de las especies a cada centroide (Dist., menor a 0,4) de la variables ambientales año y tratamiento de fertilización.

2010		2011		2012	
Especie	Dist.	Especie	Dist.	Especie	Dist.
<i>Ornithopus perpusillus</i>	0,0797	<i>Hordeum murinum</i>	0,1852	<i>Hypochaeris glabra</i>	0,1812
<i>Parentucellia viscosa</i>	0,1854	<i>Cynodon dactylon</i>	0,3183	<i>Bromus hordeaceus</i>	0,2588
<i>Ornithopus compressus</i>	0,1972	<i>Avena barbata</i>	0,3902	<i>Gaudinia fragilis</i>	0,3278
<i>Echium plantagineum</i>	0,2469				
<i>Trifolium striatum</i>	0,2752				
Control		NPK		Roca	
Especie	Dist.	Especie	Dist.	Especie	Dist.
<i>Vulpia myuros</i>	0,0675	<i>Gaudinia fragilis</i>	0,0702	<i>Lolium rigidum</i>	0,1853
<i>Erodium moschatum</i>	0,0923	<i>Spergula arvensis</i>	0,2051	<i>Crepis capillaris</i>	0,2003
<i>Holcus lanatus</i>	0,1178	<i>Crepis capillaris</i>	0,2323	<i>Gaudinia fragilis</i>	0,3244
<i>Taeniatherum caput-medusae</i>	0,1503	<i>Lolium rigidum</i>	0,2694	<i>Spergula arvensis</i>	0,3271
		<i>Taeniatherum caput-medusae</i>	0,2944	<i>Trifolium campestre</i>	0,3348
<i>Gaudinia fragilis</i>	0,2797	<i>Raphanus raphanistrum</i>	0,3038		
<i>Anthoxanthum ovatum</i>	0,3291	<i>Anthoxanthum ovatum</i>	0,3138		
<i>Avena barbata</i>	0,3346	<i>Erodium moschatum</i>	0,319		
<i>Raphanus raphanistrum</i>	0,3391	<i>Vulpia myuros</i>	0,322		
<i>Lolium rigidum</i>	0,3722	<i>Rumex bucephalophorus</i>	0,3471		
		<i>Leontodon taraxacoides</i>	0,3603		

La fertilización con fertilizantes minerales convencionales o aptos para agricultura ecológica puede ser una herramienta de gestión y conservación de los pastos seminaturales (Pácurar *et al.*, 2012); en caso de la dehesa y debido a la importancia de la conservación del sistema y de los altos niveles de diversidad asociados a éste, su uso requiere analizar sus efectos sobre la producción, la diversidad y la composición florística detallada a medio plazo en diferentes condiciones climáticas.

CONCLUSIONES

Aunque el año condiciona la efectividad de los fertilizantes - lo que refuerza la necesidad de contar con series largas de datos en climas mediterráneos-, la aplicación de los productos probados ha impulsado aumentos de producción en los pastos herbáceos en la dehesa en años de precipitación media o superior a la media, a la vez que han mantenido o mejorado los valores de riqueza y diversidad específica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FOX J. Y WEISBERG S. (2011) *An {R} Companion to Applied Regression*. 2nd ed. Thousand oaks Sage, California, US. URL.
- LEGENDRE P. Y LEGENDRE L. (1998) *Numerical Ecology*. 2nd ed. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- LÓPEZ-CARRASCO C., GÓMEZ MJ., CARPINTERO J.M., BRAÑAS J., ROIG S. (2012) Efectos de la aplicación de fertilizantes de nueva generación en la dehesa toledana: producción y diversidad de pastos herbáceos. Actas de la 51 RC de la SEEP, Pamplona, pp 29-35.
- LÓPEZ-CARRASCO C., RODRÍGUEZ R. Y 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.
- MARAÑÓN T. (1991) Diversidad en comunidades de pasto mediterráneo: modelos y mecanismos de coexistencia. *Ecología*, 5, 149-157.
- OKSANEN J., BLANCHET F.G., KINDT R., LEGENDRE P., O'HARA R.B., SIMPSON G.L., SOLYMOS P., STEVENS M.H.H. Y WAGNER H.M. (2011) *Community Ecology Package*. R
- PÁCURAR R.S., ROTAR I., BOGDAN A.D., VIDICAN R.M., DALE L.M. (2012) The influence of mineral and organic long-term fertilization upon the floristic composition of *Festuca rubra* L.-*Agrostis capillaris* L. grassland in Apuseni mountains, Romania. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10, 866-879.
- PALMER M.W. (1993) Putting things in even better order: The advantages of canonical correspondence analysis. *Ecology*, 74, 2215-2230.
- SAN MIGUEL A. (2001) *Pastos naturales españoles*. Madrid, España: Ed. Mundi-Prensa.
- SANTAMARÍA O., POBLACIONES M.J., OLEA L., RODRIGO S., VIGUERA F.J. Y GARCIA-WHITE T. (2009) La producción de biomasa y parámetros de calidad en pastos de dehesa del SO Español. En: Reine R. et al (Eds) *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp.581-587. Huesca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- TER BRAAK C. J. F. (1986) Canonical Correspondence Analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67, 1167-1179.
- WHITTAKER R.H. (1960) Vegetation of the Siskiyou mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*, 30, 279-338.
- WHITTAKER R.J., WILLIS K.J. Y FIELD R. (2001) Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography*, 28, 453-470.

PASTOREO DE PRADERAS CULTIVADAS PARA MEJORAR LA RENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA DEL ALTIPLANO CENTRAL DE MÉXICO

Grazing of Cultivated Pastures as a Strategy for Improving Profitability of Small-Scale Dairy Systems in the Central Highlands of Mexico

D. HEREDIA NAVA¹, A.A. RAYAS AMOR¹, P.E. PINCAY FIGUEROA, F. VICENTE², A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ² y C.M. ARRIAGA JORDAN¹

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Instituto Literario # 100, Col. Centro, 50000 Toluca (Estado de México) México. cmarriagaj@uaemex.mx ² Programa de Investigación en Producción de Leche, Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA), Crta. Oviedo s/n, 33300 Villaviciosa (Asturias) España

Resumen: De manera conjunta entre el SERIDA, el IPLA y el Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) de la UAEM se desarrolla un proyecto financiado por la AECID que se lleva a cabo en el Municipio de Aculco, Estado de México, con una altitud media de 2450 msnm, clima templado sub húmedo con temperatura media de 13,2° C y lluvias en verano. La región se caracteriza por la producción de leche a pequeña escala, con rebaños entre 3 y 35 vacas en pequeñas unidades campesinas de producción con una superficie media de 4,0 ha. Uno de los objetivos es desarrollar, en conjunto con los productores, estrategias de alimentación de los rebaños basadas en el uso de pasto en pastoreo, o conservados como ensilado, complementados con cantidades moderadas de concentrados a fin de reducir los costos de producción y aumentar la viabilidad económica. Los sistemas tradicionalmente utilizan praderas irrigadas de raigrás (*Lolium perenne* L. y *L. multiflorum* Lam.) asociados con trébol blanco (*Trifolium repens* L.), que son utilizados bajo corte. Se presentan resultados iniciales comparando los costos de alimentación con la inclusión del pastoreo, lo que permite reducir los costos de alimentación en 32% (0,11 € en pastoreo vs. 0,16€ con corte/litro de leche vendido).

Palabras clave: Producción de leche, pequeña escala, pastoreo, corte y acarreo, rentabilidad, México.

Abstract: A joint project is developed between SERIDA, and the Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) of UAEM, funded by AECID; located in the municipality of Aculco in the State of Mexico, at a mean altitude of 2450 m, a sub-humid temperate climate with a mean temperature of 13.2° C and rains in summer. The region is characterised by small-scale dairy production with herds between 3 and 35 cows in small farms with a mean size of 4.0 ha. One of the objectives is to develop with farmers herd feeding strategies based on the use of forages by grazing, or conserved as silage, supplemented with moderate amounts of concentrates, in order to reduce production costs and increase economic viability. These systems traditionally utilise irrigated ryegrass (*Lolium perenne* and *L. multiflorum*) – white clover (*Trifolium repens*) pastures under a cut and carry system. Initial results are

presented comparing feeding costs with the inclusion of grazing, which enables the reduction of feeding cost by 32% (0.11 € under grazing vs. 0.16€ under cut and carry / litre of sold milk).

Key words: Dairy production, small-scale, grazing, cut and carry, profitability, México.

INTRODUCCIÓN

En muchas regiones del mundo, las unidades de producción familiar, ya sean de ganado de carne, de leche o de doble propósito, se han integrado más y más en la economía del país. De ser unidades de producción de subsistencia han pasado a unidades de producción de mediana intensificación. A este tipo de explotaciones se les conoce como sistemas en pequeña escala, los cuales han sido vistos como una alternativa viable para el desarrollo rural y para aminorar la pobreza en áreas rurales de los países en desarrollo. De acuerdo con la FAO (2010) estos sistemas generan empleos y reducen la migración hacia las áreas urbanas.

Estudios realizados en el altiplano central de México demuestran el potencial de los sistemas de producción de leche en pequeña escala para generar ingresos estables, ocupación en el medio rural para aminorar las necesidades de emigrar, utilización de los recursos limitados de las pequeñas unidades de producción, constituyendo una opción para el desarrollo rural. Sin embargo, el principal factor que limita la viabilidad de estos sistemas es el elevado costo de producción por concepto de alimentación.

En un estudio previo, Espinoza-Ortega *et al.* (2007) reportan que en los sistemas de producción de leche en pequeña escala del altiplano central de México, los costos de alimentos comprados fuera de la unidad de producción representan entre el 75 y el 85% de los costos totales en efectivo y Alfonso-Avila *et al.* (2012) reportan que los costos de alimentación representan el 71% de los costos totales en estos sistemas.

La alta dependencia de alimentos comprados, principalmente concentrados, que resultan en altos costos de producción, hace necesario en estos sistemas basar las estrategias de alimentación en forrajes de buena calidad cultivados en la propia unidad de producción (Arriaga-Jordán *et al.*, 2002).

Una opción viable es utilizar las praderas cultivadas de clima templado bajo pastoreo intensivo complementadas con forrajes de calidad ensilados y cantidades moderadas de concentrado, lo cual ha sido probado como estrategias viables (Anaya-Ortega *et al.*, 2009; Hernández-Ortega *et al.*, 2011; Albarrán-Portillo *et al.*, 2012) lo

que permite reducir la compra de alimentos concentrados y otros forrajes en la época seca, aumentando la rentabilidad de estos sistemas.

Aunque los productores de leche en pequeña escala de la región noroeste del Estado de México, el estado que rodea la Ciudad de México, utilizan praderas de clima templado basadas en raigrás (*Lolium perenne* y *L. multiflorum*) asociados con trébol blanco (*Trifolium repens*), como base de la alimentación de sus rebaños, estas praderas son manejadas tradicionalmente mediante un sistema de “corte y acarreo” (Heredia-Nava, 2007), desde su introducción en la década de 1960.

Este manejo tradicional, además de los costos involucrados en el corte (que generalmente se realiza de manera manual con guadaña) y en el acarreo, resulta en la provisión de forraje más maduro y de menor calidad nutritiva que el recolectado en pastoreo, porque los productores esperan a que la pradera tenga un altura razonable para justificar el corte, lo que significa etapas avanzadas de madurez del pasto. Además, los consumos tienden a ser menores porque los productores proveen raciones discretas a sus vacas, muy por debajo de su capacidad de consumo. La utilización de estas praderas bajo pastoreo, permite la utilización de los pastos a alturas cortas, con pasto de alta calidad, y que permite a las vacas incrementar la cantidad consumida, además de aliviar la carga de trabajo manual del corte y acarreo y reducir sus costos directos.

A fin de evaluar y desarrollar estrategias de alimentación del ganado lechero basadas en forrajes de calidad que permitan reducir costos y aumentar la rentabilidad, de manera conjunta entre el Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA) del Principado de Asturias, el Instituto de Productos Lácteos de Asturias (IPLA) y el Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), se desarrolla un proyecto financiado por la AECID, que tiene como uno de los objetivos del proyecto evaluar en finca la utilización de estas praderas cultivadas bajo pastoreo, en conjunto con los productores, mediante métodos de investigación participativa rural, en términos productivos, económicos y de evaluación de la sostenibilidad, en comparación con su utilización bajo corte y acarreo, tanto en época de lluvias (mayo – octubre) como en secas (noviembre – abril).

Las percepciones tanto de productores como de muchos profesionales en México es que el pastoreo no es una buena opción para la utilización de praderas cultivadas y menos en superficies pequeñas como las de los productores de leche en

pequeña escala, y no existen en México muchos profesionales que manejen los principios del pastoreo intensivo; por lo que hay gran reticencia de los productores para incorporar el pastoreo en sus estrategias de alimentación. Así es que el avance del proyecto en este objetivo ha sido lento, con apenas cuatro productores que han manifestado su interés y con apoyo del proyecto han establecido praderas de raigrás – trébol blanco para evaluar conjuntamente su desempeño. En este trabajo se presentan los resultados preliminares en relación a costos de alimentación del primer productor que ha implementado el pastoreo de praderas cultivadas en la estrategia de alimentación de su hato.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización de la Unidad de Producción.

En la evaluación participó un productor que realizaba el manejo tradicional de las praderas (corte y acarreo); sin embargo como participante del proyecto adoptó el sistema de pastoreo de su hato a partir del mes de julio. Se presenta la comparación de costos en el sistema de corte y acarreo para abril, mayo y junio de 2012 en comparación con los costos bajo 9 horas de pastoreo diarias para julio, agosto, septiembre y octubre.

El proyecto se desarrolla en el municipio de Aculco en la zona noroeste del Estado de México cuya cabecera se ubica en las coordenadas 20°05'58" N y 99°49'37"W; a una altitud de 2440 m. El clima es considerado templado sub-húmedo con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 13,2 °C y una precipitación pluvial anual promedio de 850 mm.

Características de la unidad de producción de leche (UPL).

En la UP viven 5 personas, de las cuales el padre (55 años) y el hijo (18 años) son los responsables de atender todas actividades productivas por lo tanto no hay mano de obra contratada. La UPL usufructúa 16,0 ha (integra la tierra del productor y de su hermano que emigró), de las cuales tiene 2,0 ha con pradera que anteriormente utilizaba en corte, 2,0 ha de una nueva pradera sembrada ex profeso para pastoreo dentro del proyecto, 6,0 ha con maíz criollo y 6,0 ha de pastizales nativos (llamados agostaderos en México). Se dispone de riego para todas las

praderas durante la época de secas (aproximadamente un riego cada mes) y para riego de siembra (llamado riego de punta en México) a 3,0 ha de maíz.

Las 2,0 ha de praderas de corte fueron sembradas entre 2003 y 2007, y contienen varias especies, entre las cuales el raigrás anual (*Lolium multiflorum*) y el trébol blanco (*Trifolium repens*) son las especies dominantes. La siembra de 2,0 ha pradera para pastoreo se realizó en el mes de abril de 2012 utilizando 25 kg de semilla de raigrás perenne (*Lolium perenne* cv. Bargala) y 4 kg de semilla de trébol blanco (*Trifolium repens* cv. Ladino). Antes de la siembra se distribuyó estiércol en el terreno (20,0 ton/ha aproximadamente) y se fertilizó con 46 – 92 – 60 N-P-K/ha utilizando urea, superfosfato triple y de cloruro de potasio. Posteriormente, todas las praderas se fertilizan cada siete semanas con 37,5 kg de urea (46%N)/ha. Como parte del proyecto se instaló un cerco eléctrico para contener al rebaño en las praderas durante el pastoreo, el cual dio inicio a finales de junio.

El hato se conforma por 17 bovinos de los cuales nueve son vacas de ordeño, tres reemplazos, cuatro terneros menores de un año y un semental. Las razas son Holstein y Suizo Pardo tipo americano. El ordeño se realiza dos veces al día (6:00 y 17:00 horas) mediante una ordeñadora de dos plazas, la leche se vende diariamente a un quesero a puerta de finca, por lo tanto el productor no utiliza insumos para la venta del producto. En la región, más del 80% de la producción de la región, se destina a la elaboración de quesos frescos tradicionales.

Colección de datos

La colecta de información inició en abril del 2012, mediante la aplicación de un cuestionario que contempla aspectos como superficie y distribución de la tierra, inventario de hato, recursos hídricos, instalaciones, maquinaria y equipo, alimentación, reproducción, sanidad, prácticas agronómicas, compras de insumos y ventas de productos. El seguimiento de la UPL fue mensual por el equipo de investigación, y la producción de leche se registró diariamente por el productor participante.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1, presenta los resultados en euros de la operación de la UPL entre abril y octubre de 2012 donde se puede apreciar claramente el efecto de incorporar el pastoreo de las praderas. Los costos de alimentación presentados no contemplan un costo económico (costo de oportunidad) de la fuerza de trabajo familiar, puesto que

en otras investigaciones se ha concluido que la rentabilidad y competitividad privada de estos sistemas, que son positivos, se ve sustancialmente mejorada cuando no se considera el costo económico de la mano de obra familiar, que genera un alto valor agregado en las regiones donde se ubican estos sistemas (Posadas-Domínguez *et al.*, 2012). Por otro lado, el productor no incurre en costos diferenciados por el trabajo realizado entre su hijo y él, puesto que viven del producto de su UPL sin devengar un salario, por lo que no se imputa un costo de mano de obra al sistema de corte y acarreo como tampoco para la inclusión del pastoreo.

La incorporación del pastoreo de las praderas cultivadas en sus estrategias de alimentación, permitió un incremento en el rendimiento diario de leche de 0.6 litros/vaca, junto con una disminución del 32% en los costos de alimentación resultando en un costo de alimentación de 0.11 € / litro de leche vendido al incluir el pastoreo, comparado con 0.16 € / litro bajo una estrategia de corte y acarreo.

Tabla 1. Costo de alimentación mensual de vacas en producción y secas

	Corte y Acarreo				Pastoreo				
	Abr	May	Jun	Media	Jul	Ago	Sep	Oct	Media
Vacas en Ordeño	8	7	7	7	8	7	7	6	7
Vacas Secas	2	2	3	2	1	2	2	3	2
Rendimiento (l/vaca/día)	16	16	16	16	17	18	17	17,5	17,4
Costo de alimentación (€)	508	685	560	584	335	461	418	421	409
Producción mensual (litros vendidos)	3875	3565	3300	3580	4092	4030	3570	3140	3708
Costo de alimentación por vaca (mensual) (€)	51	76	56	61	37	51	46	46	45
Costo por día de alimentación (€)	1,69	2,46	1,87	2,01	1,2	1,65	1,55	1,51	1,48
Ingresos por vaca por día (en ordeño) (€)	5,02	5,1	4,88	5	5,12	5,77	5,28	5,24	5,35
Ingresos por venta de leche (€)	1203	1107	1025	1112	1271	1252	1109	975	1151
Costo de alimentación por litro de leche (€)	0,13	0,19	0,17	0,16	0,08	0,11	0,12	0,13	0,11

El productor manifiesta que además de los menores costos de producción que el pastoreo ha significado para su UPL, se encuentra por un lado el ya no tener que realizar un trabajo laborioso en el corte y acarreo del forraje y en la limpieza de corrales y manejo del estiércol. En segundo término, manifiesta que ahora tiene libre el tiempo que antes empleaba en la recolección del forraje, lo que le permite planificar otras actividades para diversificar su unidad de producción.

CONCLUSIONES

Los resultados preliminares aquí presentados son favorables, y el productor participante se ha convertido en un activo promotor del proyecto compartiendo con otros productores los resultados que ha obtenido a la fecha, de forma que actualmente ya otros 4 productores han establecido praderas e iniciado su utilización mediante pastoreo; y se cuenta con por lo menos otros dos productores más, listos para la siembra de praderas para pastoreo en el mes de febrero de 2013 una vez que el riesgo de heladas haya disminuido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBARRÁN-PORTILLO B., GARCÍA-MARTÍNEZ A., ESPINOZA-ORTEGA A., ESPINOSA-AYALA E. Y ARRIAGA-JORDÁN C.M. (2012) Maize silage in the dry season for grazing dairy cows in small-scale production systems in Mexico's Highlands. *Indian Journal of Animal Research*, 4, 317 - 324.
- ALFONSO-ÁVILA A.R., WATTIAUX M.A., ESPINOZA-ORTEGA A., SÁNCHEZ-VERA E. Y ARRIAGA-JORDÁN C.M. (2012) Local feeding strategies and milk composition in small-scale dairy production systems during the rainy season in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 44, 637-644.
- ARRIAGA-JORDAN C.M., ALBARRAN-PORTILLO B., ESPINOZA-ORTEGA A., GARCIA-MARTINEZ A. Y CASTELAN-ORTEGA O.A. (2002) On-Farm comparison of feeding strategies based on forages for small-scale dairy production systems in the highlands of Central Mexico. *Experimental Agriculture*, 38, 375-388.
- ESPINOZA-ORTEGA A., ESPINOSA-AYALA E., BASTIDA-LÓPEZ J., CASTAÑEDA-MARTÍNEZ T. Y ARRIAGA-JORDÁN C.M. (2007) Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: Technical, economic and social aspects and their impact on poverty. *Experimental Agriculture*, 43, 241 - 256.
- FAO (2010) Status of and Prospects for Smallholder Milk Production – A Global Perspective, by T. Hemme and J. Otte. Rome.
- HERNÁNDEZ-ORTEGA M., HEREDIA-NAVA D., ESPINOZA-ORTEGA A., SÁNCHEZ-VERA E. AND ARRIAGA-JORDÁN C.M. (2011) Effect of silage from ryegrass intercropped with winter or common vetch for grazing dairy cows in small-scale dairy systems in Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 43, 947-954.
- HEREDIA-NAVA D., ESPINOZA-ORTEGA A., GONZÁLEZ-ESQUIVEL C.E. Y ARRIAGA-JORDÁN C.M. (2007) Feeding strategies for small-scale dairy systems based on perennial (*Lolium perenne*) or annual (*Lolium multiflorum*) ryegrass in the central highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 39, 179 - 188.
- POSADAS-DOMÍNGUEZ R.R., SALINAS-MARTÍNEZ J.A., ARRIAGA-JORDÁN C.M. CALLEJAS-JUÁREZ N. Y MARTÍNEZ CASTAÑEDA F.E. (2012) Competitividad y rentabilidad privada en la lechería de pequeña escala. En: Cavallotti Vázquez B.A. *et al.* (Eds) *Ganadería y Alimentación: alternativas frente a la*

crisis ambiental y el cambio social. Vol. 2., pp 593 – 605. Chapingo, México:
Universidad Autónoma Chapingo.

EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA EN LA ÉPOCA DE SECAS EN EL NOROESTE DEL ESTADO DE MÉXICO

Assessment Sustainability during Dry Season in Small-Scale Dairy Production Systems from Central Mexico

F. PRÓSPERO BERNAL¹, B. ALBARRÁN PORTILLO², A. ESPINOZA ORTEGA¹ y C.M. ARRIAGA-JORDÁN¹

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Instituto Literario # 100, Col. Centro, 50000 Toluca (Estado de México) México. cmarrigaj@uaemex.mx. ²Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), 51300 Temascaltepec (Estado de México) México

Resumen: La región de estudio se caracteriza por producción de leche en pequeña escala con hatos de 3 a 35 vacas en pequeñas unidades de producción, que puede ser una opción de desarrollo. El objetivo fue evaluar la sustentabilidad de estos sistemas en época de secas. Se utilizó el método IDEA (*Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles*) con modificaciones. Se evaluaron 36 indicadores en las escalas agroecológica, socio-territorial y económica. El nivel de sustentabilidad es la escala con la menor puntuación de un máximo de 100. Se realizaron visitas mensuales a 22 Unidades de Producción de Leche, de enero a junio de 2011. La puntuación promedio fue 65 puntos en la escala agroecológica, 58 en la socio-territorial y 48 en la económica. Se realizó un análisis de clúster por agrupación jerárquica por el método de Ward (Field, 2005). Se obtuvieron 4 grupos: clúster 1 es el económicamente más sustentable, clúster 2 es el grupo más equilibrado, clúster 3 es el socio-territorialmente más sostenible pero económicamente menos viable, el clúster 4 es el agroecológicamente más sostenible, pero con menor sustentabilidad socio-territorial. La escala limitante fue la económica, apuntando a la necesidad de reducir los costos de alimentación dada la alta dependencia de insumos externos.

Palabras clave: Producción de leche, pequeña escala, método IDEA

Abstract: The study region is characterised by small-scale dairy production systems with herds between 3 and 35 cows in small farms, which may be a development option. The objective was to assess the sustainability of these systems in the dry season. The IDEA method (*Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles*) was followed with modifications. Thirty-six indicators were assessed in the Agroecologic, Socio-territorial, and Economic scales. The level of sustainability is the scale with the lowest score out of a maximum of 100. Monthly visits were undertaken to 22 farms from January to June 2011. Mean scores were 65 points in the Agroecologic scale, 58 in the Socio-territorial scale, and 48 in the Economic scale. A cluster analysis with hierarchical grouping (Ward's method) was performed. Four groups were obtained: Cluster 1 is the most sustainable in the Economic scale, cluster 2 is the most balanced group, cluster 3 is the most sustainable in the Socio-territorial scale but less in the economic scale, and cluster 4 is the most sustainable in the agroecological scale, but with the least socio-territorial sustainability. The limiting scale was the economic scale pointing towards the need to reduce feeding costs given a high reliance on external inputs.

Key words: Dairy production, small-scale, IDEA method.

INTRODUCCIÓN

Los Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala (SPLPE) contribuyen con el 37% de la producción de leche en México (FAO, 2010). Estos sistemas se caracterizan por depender de la fuerza de trabajo familiar, la pequeña superficie de las unidades de producción, hatos de tamaño entre 3 y 35 vacas de ordeña, dependientes de los cultivos que la propia familia siembra y de la compra de insumos para la alimentación. Sus producciones más elevadas las logran en la época de lluvias por la disponibilidad de forrajes verdes para el ganado, siendo vulnerables en la época de secas por la poca disponibilidad de forraje verde y por los altos costos de los insumos externos de los que dependen. Son sistemas dinámicos y se adaptan a las nuevas realidades. Los sistemas de producción de leche en pequeña escala son considerados como una opción de desarrollo rural por las características y capacidad de adaptación a condiciones adversas (Espinoza *et al.*, 2007).

Desde los años noventa, el desarrollo sustentable se ha convertido en el paradigma para el desarrollo y en un principio para la implementación de políticas públicas. La sustentabilidad debe entenderse como una construcción social, cambiante en función de las demandas de la sociedad, teniendo en cuenta cada ámbito geográfico y condición de producción. La evaluación de la sostenibilidad debe fundamentarse en la triple dimensión del concepto: medioambiental, económica y social (Zahm *et al.*, 2007). Es importante el estudio de la sostenibilidad de los sistemas de producción de leche en pequeña escala en México por ser sistemas con potencial para el desarrollo sustentable. El noroeste del Estado de México es una zona de producción de leche en pequeña escala de importancia estatal con amplia variabilidad en el uso de insumos y servicios dependiendo la época del año; en constante cambio por ser un sistema que se adapta a las circunstancias (económicas y medio ambientales). El objetivo del trabajo fue evaluar la sustentabilidad de sistemas de producción de leche en pequeña escala en la época de secas en el Noroeste del Estado de México; a fin de detectar áreas de oportunidad para su mejora (Zahm *et al.*, 2008).

MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción del área de trabajo: La evaluación se realizó en el municipio de Aculco, localizado en el noroeste del Estado de México, a 2440 msnm, entre las

coordenadas 20°05'58" N y 99°49'37" W con una temperatura media anual de 13,2 °C. Clima templado sub-húmedo con lluvias en verano, con una precipitación promedio anual entre 700 y 850 mm y con temperaturas bajo cero de diciembre a febrero (INEGI, 2005).

Descripción de las Unidades de Producción de Leche (UPL): La selección de las UPL se hizo previamente mediante un muestreo por bola de nieve, de manera que los productores que aceptaron participar recomendaron a productores potenciales para integrarse al proyecto (Joseph, 2009). Se realizaron visitas mensuales a 22 Unidades de Producción de Leche (UPL) con hatos entre 3 y 35 vacas (Tabla 1), para la recolección de información relacionada con el desarrollo y producción de la finca para medir las 3 escalas de sustentabilidad, y tomar muestras de leche, forrajes y alimentos, en el periodo de enero a junio de 2011.

Tabla 1. Características de las 22 unidades de producción lechera evaluadas.

	Superficie Total (ha)	Superficie Pradera (ha)	VACAS		REND LECHE /VACA/ DÍA	Precio de la Leche (\$)	Mano de Obra Familiar	Grasa (%)	Proteína (%)
			En producción	Secas					
PROMEDIO	6,23	1,45	9	2	13,76	4,53	2,55	3,63	3,07
DS	5,1	0,53	5,84	2,11	2,54	0,18	0,86	0,31	0,06
MD	4,25	1,5	8	2	14,6	4,5	3	3,55	3,06
MÍNIMOS	1	0,75	4	0	8,27	4,27	1	3,25	2,95
MÁXIMOS	20	3	30	8	17,58	4,83	5	4,43	3,23

\$ = Pesos mexicanos. DS: Desviación Estándar. MD: Media.

Tabla 2. Componentes por escala.

ESCALA	COMPONENTE
AGROECOLÓGICA	Diversidad local
	Manejo de nutrientes y espacio
	Prácticas de manejo
SOCIOTERRITORIAL	Calidad de productos
	Empleo y servicios
	Ética y desarrollo humano
ECONÓMICA	Viabilidad
	Independencia
	Transmisibilidad
	Eficiencia

Metodología: Se utilizó el método IDEA (Indicadores de Sustentabilidad de Explotaciones Agropecuarias) versión 3.0 (Vilain, 2008) para evaluar la sustentabilidad. Consta de 42 indicadores, agrupados en 10 componentes que forman las escalas Agroecológica, Socio-territorial y Económica (ver Tabla 2). El método se basa en la ponderación de resultados donde el nivel de sustentabilidad de la unidad de producción es la escala con la menor puntuación de un máximo de 100 puntos (Vilain, 2008).

Análisis Estadístico: Se hizo un análisis de conglomerados por agrupación jerárquica por el método de Ward (Field, 2005) con las puntuaciones obtenidas en cada escala para poder clasificar y obtener las características que hacen a estos sistemas de producción más o menos sustentables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para poder realizar la evaluación de los sistemas de producción de leche en pequeña escala, fue necesario realizar algunas adecuaciones al método para el entorno mexicano y especialmente a la zona de estudio, dando como resultado la evaluación de 36 indicadores, agrupados en 10 componentes (Figura 1) que forman las 3 escalas (agroecológica, socioterritorial y económica).

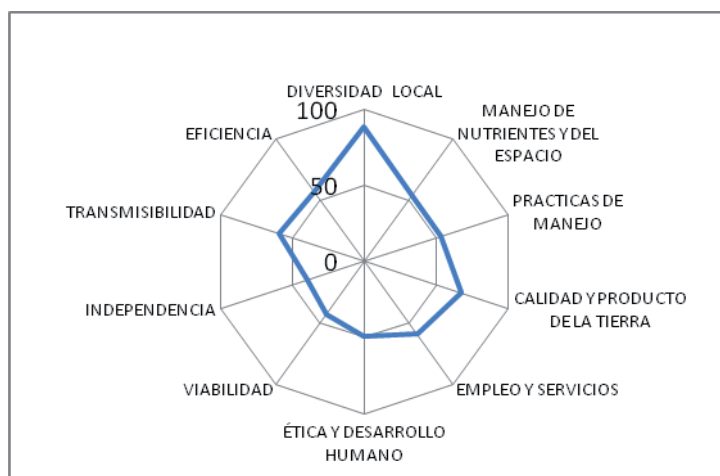


Figura 1. Promedio de los componentes en porcentaje obtenido por las 22 UPL

La puntuación promedio de las 22 UPL es de 65 puntos en la escala Agroecológica, 58 en la escala Socio-territorial y 49 puntos en la escala Económica, y

el nivel de sustentabilidad de las 22 UPL es de 48 puntos. La Figura 1, muestra el promedio de los componentes en porcentaje obtenido para su mejor interpretación. La viabilidad, independencia, transmisibilidad y eficiencia, que pertenecen a la escala económica son los de menor porcentaje, resultando esta escala como la limitante (Vilain, 2008; Zahm *et al.*, 2008) dentro de estos sistemas de producción.

Se realizó un análisis de conglomerados o de clúster para agrupar a las 22 UPL, tomando en cuenta la puntuación obtenida en cada escala de sustentabilidad, dando como resultado la identificación de 4 grupos en la época de secas, (Tabla 2). Grupo 1 es el económicamente más sustentable, Grupo 2 es el grupo más equilibrado y tienen una calificación equivalente al promedio en las tres escalas evaluadas, Grupo 3 es el socio-territorialmente más sostenible, pero con la desventaja de ser el económicamente menos viable por su baja eficiencia económica, el Grupo 4 es el agroecológicamente más sustentable, pero con la menor puntuación en sustentabilidad socio-territorial.

Escala agroecológica: La escala agroecológica es la que muestra una mayor puntuación en todos los grupos, siendo el Grupo 4 (integrado por 5 productores) el que obtuvo el mayor valor por la mayor eficiencia en el uso de los recursos y prácticas de manejo dentro de la finca: (i) tienen gran diversidad de cultivos, (ii) utilizan todo el estiércol generado en la finca para la fertilización de los cultivos, que posteriormente se integran a la dieta del ganado, (iii) el abono sintético y pesticidas utilizados están dentro de las normas mexicanas y que son necesarios debido a que los terrenos de cultivo son suelos muy bajos en materia orgánica, nitrógeno total y fósforo extraíble (Fadul, 2011), (iv) además de la baja dependencia de productos veterinarios en esta época, por la menor incidencia de problemas de salud del hato por cuestiones medioambientales. Sin embargo el corte de pradera por parte de los productores, disminuye la puntuación de la escala agroecológica y no permite tener mejores resultados debido a que en la época de secas ningún productor utiliza el pastoreo como base de la dieta y no se tiene rotación de cultivos, puntos que impactan negativamente en la escala agroecológica. A pesar de todo, la escala agroecológica nunca muestra ser un limitante en los sistemas de producción en pequeña escala estudiados. Con el uso de los recursos naturales y al ser sistemas que tienen una interacción entre cultivos y animales, se logran ciclos sustentables porque algunos productos que se generan en un sistema logran ser útiles y son aprovechados para el otro sistema, como son el estiércol y los subproductos de la

cosecha, lo que mejora la optimización de los recursos (Schiere *et al.*, 2002; Funes *et al.*, 2009).

Tabla 3. Grupos identificados y sus características.

GRUPO/ CARACTERÍSTICA	ESCALA AGROECOLÓGICA	ESCALA SOCIOTERRITORIAL	ESCALA ECONÓMICA
Grupo 1 Económicamente más sustentable	61	59	59
Grupo 2 Grupo promedio de las tres escalas	63	59	48
Grupo 3 Socio- territorialmente más sostenible	65	61	35
Grupo 4 Agroecológicamente más sustentable	71	56	51

Escala Socioterritorial: Los resultados obtenidos en la escala socioterritorial, indican que la variación obtenida en esta escala es mínima, debido a que todos los productores logran una composición fisicoquímica de la leche superior a la requerida por la norma mexicana, que es de 28 g de proteína por kg de leche y de 30 g de grasa por kg de leche, obteniendo un promedio de 36.3 y 30.7 g de proteína y grasa respectivamente por kg de leche, quedando por encima de la norma. Además, todas las UPL evaluadas son generadoras de empleo, ya sea para la propia familia (autoempleo) ya sea, en algunos casos para lograr tener un empleado a tiempo completo o temporal, principalmente en la época de cosechas y trabajo de tierra, lo que aporta al desarrollo rural sustentable y ayuda a mitigar la pobreza de las comunidades, ya que la producción de leche en pequeña escala genera ingresos superiores a los salarios mínimos en la región de estudio (Espinoza *et al.*, 2007). En el sentido de ética y desarrollo humano, las UPL tienen una mayor sensibilidad puesto que este componente depende de la calidad de vida de productor, la educación y la calidad de las instalaciones, principalmente. Aunque en todas las fincas se cuenta con los servicios básicos de luz, agua potable y unidades sanitarias, el Grupo 3 es el que logra tener una mayor puntuación en esta escala, debido a mejores instalaciones y al nivel de educación de algunos miembros de la familia productora, además de que

son las que tienen un empleado a tiempo completo, lo que le permite alcanzar una mayor puntuación respecto a las demás.

Escala Económica: Esta escala cuenta con cuatro componentes: viabilidad, independencia, transmisibilidad y eficiencia. El Grupo 1, obtiene la mayor puntuación por la mayor tasa de especialización en la viabilidad; estos productores cuentan con al menos 2 compradores para la leche, lo que da mayores alternativas para la venta del producto, son menos sensibles a los apoyos gubernamentales y de préstamos bancarios, son independientes a la hora del crecimiento y las UPL son valoradas de manera que algún miembro de la familia las pueda adquirir o algún agente externo, y tienen una superficie adecuada para permitir un crecimiento y desarrollo a la gente que quiera depender de ésta, además de mostrar una eficiencia económica en promedio de 65% respecto a los otros Grupos, que es de sólo el 40% en promedio. Esta escala siempre es la limitante y por ende, la que marca el nivel de sustentabilidad de las UPL evaluadas, debido a la falta de especialización económica por parte de los encargados de las fincas, y la dependencia de insumos externos para la alimentación del ganado y el uso más sustentable de los recursos naturales, lo que hace que las dietas de las vacas sean siempre muy costosas. Las 22 UPL muestran en la escala económica su punto más débil, pero al mismo tiempo la flexibilidad de estos sistemas indica la gran capacidad para un futuro por la continuidad que han tenido a través del tiempo.

CONCLUSIONES

La clasificación obtenida muestra la diversidad dentro de un mismo sistema de producción e indica que las prácticas de manejo pueden hacer más o menos sustentables a los sistemas de producción de leche en pequeña escala.

Los sistemas de producción en pequeña escala, tienen un gran potencial para incrementar su sustentabilidad. No existen UPL 100 % sustentables, las UPL con una baja puntuación, muestran tener muchas áreas de acción, por tal motivo, en los sistemas de producción de leche en pequeña escala, tienen que trabajar en su especialización para poder ser más eficientes económicamente explotando de manera racional el medio ambiente. Estos sistemas de producción son de gran importancia en la generación de empleo y servicios en la comunidad donde se encuentran y brindan un producto que cumple con las normas de buena composición química. Las UPL evaluadas son un reflejo de la zona de estudio, estos resultados obtenidos

demuestran que cuanto más eficiente sea el uso de los recursos locales generados en la propia UPL, la sustentabilidad será mayor. Los SPLPE obtienen las mejores puntuaciones en las escalas agroecológicas y socio-territorial, por la relación que existe entre los productores y la gente de la comunidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

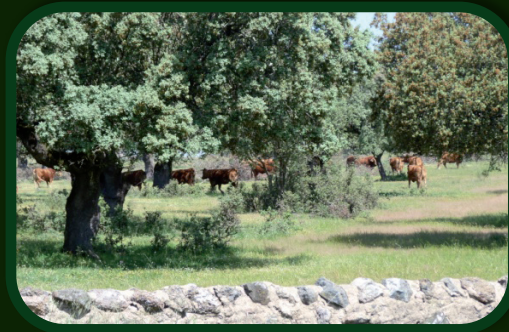
- ESPINOZA A., ESPINOSA E., BASTIDA J., CASTAÑEDA T. AND ARRIAGA C. M. (2007) Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: Technical, economic and social aspects and their impact on poverty. *Experimental Agriculture*, 43(1), 39-56.
- FAO (2010) Status of and Prospects for Smallholder Milk Production – A Global Perspective, by T. Hemme and J. Otte. Rome.
- FADUL L. (2011) Evaluación de la sustentabilidad en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el noroeste del estado de México en época de lluvias. Tesis de Maestría, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.
- FIELD ANDY (2005) Discovering Statistics Using SPSS, London, Great Britain, SAGE Publications.
- FUNES F.R., MONZOTE M., LANTINGA A., TER BRAAK J.F., SÁNCHEZ E. AND VAN KEULEN H. (2009) Agro-Ecological Indicators (AEIs) for Dairy and Mixed Farming Systems Classification: Identifying Alternatives for the Cuban Livestock Sector, *Journal of Sustainable Agriculture*, 33(4), 435-460
- INEGI (2005) Sistema de Consulta del Cuaderno Estadístico Municipal de Almoloya de Juárez, México. Edición 2005.
- JOSEPH J. (2009) Convenience sampling applied to research. Experiment-Resources.com Scientific Method: A website about research and experiments <http://www.experiment-resources.com/conviencencesampling.html>.
- SCHIERE B, IBRAHIM M. AND VAN KEULEN H. (2002) The role of livestock for sustainability in mixed farming: criteria and scenario studies under varying resources allocation. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 90: 139-153.
- VILAIN LIONEL (2008) La méthode IDEA, Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles. Troisième Édition Actualisée. Educagri Editios.
- ZAHM F., VILAIN L., GIRARDIN F., VIAUX P. AND MOUCHET C. (2007) Farm Sustainability Assessment using the IDEA Method: from the concept of farm sustainability to case studies on French Farms. INFASA Symposium. March 16 and 17. Zentrum Paul Klee Bern, Switzerland.
- ZAHM F., VIAUX P., VILAIN L., GIRARDIN F. AND MOUCHET C. (2008) Assessing Farm Sustainability with the IDEA Method- from the concept of agriculture sustainability to case studies on Farms. *Sustainable Development* 16: 271-281.

ÍNDICE DE AUTORES

Abad, M.	457	Carbonero Muñoz, M.D.	513-537
Afif-Khoury, E.	227	Carita, T.	179
Albarrán Portillo, B.	345-561	Carpintero, J.M.	545
Albizu Beitia, I.	505	Cassinello, J.	367-383
Alonso, P	49	Castro Insua, J.F.	187
Alonso-González, E.	57	Cebolla, C.	49
Álvarez, A.	171	Chaso, M.A.	321
Andrés, S.	139	China, E.A.,	107
Andueza, D.	131-259	Chocarro, C.	73-481
Anza Hortalá, M.	25-505	Cifré, J.	433
Arana, W.	367	Collado, A.	321
Arriaga-Jordán, C.M.	313-345- 553-561	Contreras, J.	367
Atti, N.	361	Cruz Sobrado, V.	115-235- 243
Báez, K.	489	De la Roza Delgado, B.	195
Báez Bernal, M.D.	187	De Santiago Roldán, A.	235
Bande-Castro, M.J.	147-155	Del Río, S.	203-211
Baraza Ruiz, E.	383	Delaby, L.	391
Barrantes, O.	425	Delgado, I.	131-163- 259
Bartolomé Filella, J.	367-375- 383	Delgado-Pertíñez, M.	329-337
Batista, C.	107	Demdoum, S.	131
Benaouda, M.	219	Dorward, P.	313
Brañas, J.	545	Epelde Sierra, L.	505
Broca, A.	425	Escribano, J.A.	465-489
Burgos-Paz, W.	383	Espejo Díaz, M.	251
Cabeza Arcas, F.M.	497	Espejo Gutiérrez de Tena, A.	251
Calleja, A.	139	Espinoza, M.	367
Campo Ramón, L.	275	Espinoza Ortega, A	561
Canals, R.M.	33	Fajardo Nolla, E.	513
Caparrós, R.	49	Fanlo Domínguez, R.	473-481
Capó Rodríguez, A.	383		

Fernández Aguilar, X.	375	González-Rebollar, J.L.	401-497
Fernández Sirera, L.	375	González-Robinson, S.	57
Fernández-Caballero, I.	441	González-Rodríguez, A.	353-391
Fernández-Cabanás, V.M.	329-337	Gonzalo, J.	305
Fernández-Lorenzo, B.	147-155	Gorgoso-Varela, J.J.	227
Fernández-Rebollo, P.	441-513- 537	Guerrero, M.J.	321
Ferrer, C.	425	Guerrero Ginel, J.E.	513
Flores, G.	147-155	Gulías, J.	433
Fonseca, I.	195	Gutiérrez, R	33
Frontera, J.	433	Gutiérrez, R	329-337
Gallard, E.	391	Hajji, H.	361
Gallego Olivenza, R.A.	115-235- 243	Heredia Nava, D.	553
Gálvez Cerón, A.L.	375	Hernández Díaz-Ambrona C.G.	465-489
Garbisu Crespo, C.	25-505	Herrero, L.	211
García, R.	139-203- 211	Hidalgo Fernández, M.T.	537
García Moreno, A.M.	513-537	Iglesias, E.	489
García Pomar, M.I.	187	Jiménez Mateos, M.A.	123
García-Ciudad, A.	107-123- 171	Jiménez Peralta, F.S.	345
García-Criado, B.	107-123- 171	Juaristi, A.	33
García-Criado, L.	123	Lavín, S.	375
García-González, R.	41	Leal Murillo, J.R.	537
García-Olmo, J.	441	Leurent, S.	391
García-White, T.	65	Lledó, S.	65
Gassó, D.	375	Llera Cid, F.	115-179- 235-243
Giráldez, F.J.	139	Llorente, P.	139
Gómez, M.J.	545	Lloveras, J.	73
Gómez-Cabrera, A.	441	López, S.	203-211
Gómez-García, D.	41	López Díaz, M.L.	521
González Blanco, V.O.	123	López Olvera, J.R.	375
González Embarcadero, C.M.	345	López-Carrasco, C.	545
González López, F.	83-251- 267	López-Mosquera, M.E.	391
González Martínez, A	267	López-Sánchez, A.	545
González Ronquillo, M.	345	Louro López, A.	187
		Lucía, V.	49
		Madroño, S.	195
		Mahouachi, M.	361
		Mangado, J.M.	449

Manrique, E.	529	Reche Sabater, O.	473
Marco, I.	375	Rehman, T.	313
Martínez, T.	457	Reiné, R.	425
Martín Sánchez, I.	25-505	Resch, C.	147-155
Mártínez-Fernández, A.	195-219- 553	Rivera Sánchez, L.	383
Martínez-García, C.G.	313	Robles Cruz, A.B.	497
Martínez-Sagarra, G.	49	Roca-Fernández, A.I.	353-391
Maya Blanco, V.	83-267	Rodrigo, S.M.	65-305
Mena, Y.	329-337	Rodríguez, D.N.	163
Mendarte Azkue, S.	505	Rodríguez, P.L.	321
Mentaberre, G.	375	Roig Gómez, S.	3-545
Mijangos Amezaga, I.	25-505	Rojas López, A.I.	285
Minaya, M.A.	49	Rolo Romero, V.	521
Moreno Elcure, F.	537	Ruiz, F.A.	329-337
Moreno Marcos, G.	521	Salas Reyes, I.G.	345
Moreno-González, J.	275	Salcedo-García, I.	441
Múgica, L.	33	San Emeterio, L.	33
Muñoz, F.	131-163- 259-361	San Miguel Ayanz, A.	3
Navarro González, N.	375	Santamaría, O.	65
Navarro-Cerrillo, R.	441	Seguí, B.	433
Olaizola, A.M.	529	Serrano, E.	367-375
Olea, L.	65-305	Siguas, O.	367
Oliveira-Prendes, J.A.	57-227	Smeti, S.	361
Orgaz, D.	49	Soldado, A.	195
Palencia-García, P.	227	Tavares de Sousa, M.M.	179
Pascual, M.R.	321	Tejerina Barrado, D.	115
Pedro, J.	33	Tejido, M.L.	139
Pereira-Crespo, S.	147-155	Temprano, F.	163
Pincay Figueroa, P.E.	553	Tovar Andrada, J.	285
Poblaciones, M.J.	65-305	Valdés, C.	139-203
Próspero, F.	219-561	Vázquez de Aldana, B.R.	123-171
Quispe, E.	367	Vicente, F.	219-553
Ramos Font, M.E.	497	Zabalgoeazcoa, I.	171
Rayas Amor, A.A.	553	Zamundio, B.A.	529
		Zudaire, E.	451



Patrocinan:



GOBIERNO DE EXTREMADURA
Vicepresidencia Segunda y Consejería de
Economía, Comercio e Innovación

PROPRADO
ESPAÑA, S.L.



Unión Europea
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa

