

Jordi Bartolomé Filella
Elena Albanell
María José Milán
Emmanuel Serrano
María José Broncano
Carmen L. Manuelian



56ª REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA SEEP

Barcelona, 25 a 28 abril, 2017

LIBRO DE ACTAS

Renaturalización vs. Ruralización

(Rewilding vs. Re-farming)



© Los autores

© De la presente Edición

Edita: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos

Edición coordinada por: Jordi Bartolomé Filella
 Elena Albanell
 María José Milán
 Emmanuel Serrano
 María José Broncano
 Carmen L. Manuelian

Maquetación: coordinadores

Imágenes portada: Jordi Bartolomé y Maristela Rovai

ISBN: 978-84-16989-59-1

COMITÉ ORGANIZADOR DE LA 55ª REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA SEEP

Elena Albanell, Universitat Autònoma de Barcelona
Jordi Bartolomé Filella, Universitat Autònoma de Barcelona
María José Broncano, Universitat Autònoma de Barcelona
Sara Chaves, Universitat Autònoma de Barcelona
Johan Espunyes, Universitat Autònoma de Barcelona
Carmen L. Manuelian, Università degli Studi di Padova
Lluís Martínez Ujaldon, Diputació de Barcelona
María José Milán, Universitat Autònoma de Barcelona
David Sàez, Fundació la Pedrera
Emmanuel Serrano, Universidade de Aveiro
Marc Taüll, Centre Tecnològic i Forestal de Catalunya

ORGANIZA Y COLABORA



Gramona

ÍNDICE

COMITÉ ORGANIZADOR DE LA 55ª REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA SEEP	VII
ORGANIZA Y COLABORA.....	VII
COMITÉ CIENTÍFICO.....	VIII
PRESENTACIÓN	X
PRODUCCION VEGETAL	1
EFFECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTAS EN EL AREA FOLIAR Y LA PRODUCTIVIDAD DEL MAIZ	
J.A. OLIVEIRA-PRENDES, J.I. LIZASO, P. PALENCIA	2
MODELIZACIÓN DEL EFECTO DE VARIACIONES EN EL CLIMA EN LA PRODUCCIÓN DE MAIZ FORRAJERO EN REGIONES TEMPLADO-HÚMEDAS DEL NORTE PENINSULAR	
J. DOLTRA, P. GALLEJONES, R. ORTIZ-GONZÁLEZ, J. BUSQUÉ, G. SALCEDO, D. BÁEZ, A. ARGAMENTERÍA, A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A. GARCÍA-RODRÍGUEZ, J. MANGADO	8
AUTOTOXICIDAD EN ALFALFA. EFECTO DEL INTERVALO ENTRE DOS SIEMBRAS SUCESIVAS SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL FORRAJE	
I. DELGADO, F. MUÑOZ, D. ANDUEZA	14
EVALUACION DE DIFERENTES DOSIS DE SIEMBRA DE ALFALFA EN SECANO	
I. DELGADO, F. MUÑOZ, D. ANDUEZA	20
PRODUCCIÓN Y PERSISTENCIA DE GRAMÍNEAS PERENNES EN CONDICIONES DE SECANO EN CLIMA MEDITERRÁNEO	
N. SIMÕES, S. RODRIGO, M. POBLACIONES, J.P. CARNEIRO, M.M. TAVARES-DE-SOUSA, L. OLEA	26
FACTORES CLIMÁTICOS RELACIONADOS CON LA PRODUCCIÓN FORRAJERA DEL CULTIVO DE MAÍZ EN SECANO EN LA CORNISA CANTÁBRICA	
J. BUSQUÉ, J. DOLTRA, S. JIMÉNEZ, G. SALCEDO, D. BÁEZ, G. FLORES, A. ARGAMENTERÍA, A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, J.M. MANGADO.....	32
PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE MEZCLAS FORRAJERAS CEREAL-LEGUMINOSA DE SECANO EN EXTREMADURA	
V. MAYA BLANCO, F. GONZÁLEZ LÓPEZ, J. GRAGERA FACUNDO.....	39
INFLUENCIA DEL ARBOLADO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL FORRAJE DE DIFERENTES VARIEDADES DE TRITICALE EN SISTEMAS AGROFORESTALES	
O. SANTAMARÍA, S. RODRIGO, A. ALBARRÁN, G. MORENO, M.J. POBLACIONES.....	46
EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN CON PURÍN DE VACUNO SOBRE EL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRICIONAL DE UNA MEZCLA DE TRÉBOLES ANUALES COMPARADA CON RAIGRÁS ITALIANO COMO CULTIVOS DE INVIERNO PARA ENSILAR	
J. VALLADARES, S. PEREIRA-CRESPO, A. BOTANA, C. RESCH, G. FLORES-CALVETE	52
SENSORES NIRS PARA EL CONTROL NUTRITIVO Y FERMENTATIVO DE ENSILADOS DE MAÍZ EN EXPLOTACIÓN	

S. MODROÑO LOZANO, A. SOLDADO, A. MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, B. DE LA ROZA DELGADO	58
EFFECTO DE LA FECHA DE CORTE Y DE LA DISTANCIA ENTRE LÍNEAS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA EN ALFALFA DE REGADIO	
C. CHOCARRO, J. LLOVERAS	65
DETECCIÓN DE MICOTOXINAS EN <i>LOLIUM PERENNE</i> MEDIANTE NIRS	
M.C. SOTO-BARAJAS, I. ZABALGOGEAZCOA, B.R. VÁZQUEZ DE ALDANA	71
CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES DE UN SUELO AGRÍCOLA EN FUNCIÓN DEL CULTIVO Y EL TIPO DE FERTILIZACIÓN	
S. BAIZÁN, J.A. OLIVEIRA, F. VICENTE, C. GONZÁLEZ, A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ	77
EFFECTO DEL CULTIVO DE INVIERNO SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL GIRASOL UTILIZADO PARA FORRAJE Y DEL CONJUNTO DE LA ROTACIÓN EN SECANOS HÚMEDOS DE LA GALICIA ATLÁNTICA	
J. VALLADARES, S. PEREIRA-CRESPO, A. BOTANA, C. RESCH, G. FLORES-CALVETE	84
PRODUCTIVIDAD Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL SORGO PARA ENSILAR CULTIVADO CON Y SIN RIEGO EN GALICIA	
A. BOTANA, A. SAINZ-RAMÍREZ, J. VALLADARES, S. PEREIRA-CRESPO, M. VEIGA, C. RESCH, G. FLORES-CALVETE	90
EFFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA SOBRE EL RENDIMIENTO, COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRICIONAL DE TRES VARIEDADES DE GIRASOL COSECHADAS PARA FORRAJE EN LA ZONA SECA DE GALICIA	
A. SAINZ-RAMÍREZ, A. BOTANA, J. VALLADARES, S. PEREIRA-CRESPO, M. VEIGA, C. RESCH, G. FLORES-CALVETE	96
EFFECTO DE LA VARIEDAD Y DE LA FECHA DE CORTE SOBRE EL RENDIMIENTO Y EL VALOR NUTRITIVO DEL GIRASOL COSECHADO PARA ENSILAR EN LA ZONA ATLÁNTICA DE GALICIA	
A. SAINZ-RAMÍREZ, A. BOTANA, J. VALLADARES, S. PEREIRA-CRESPO, M. VEIGA, C. RESCH, G. FLORES-CALVETE	102
SIETE ESPECIES DE LA FAMILIA CHENOPODIACEAE COMO RECURSO FORRAJERO PARA ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS. VALORACIÓN NUTRITIVA	
A.B. ROBLES, M.E. RAMOS, J. RUIZ-MIRAZO, J.L. GONZÁLEZ-REBOLLAR	108
EFFECTOS DE LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS SOBRE EL CONTENIDO EN MATERIA ORGÁNICA Y NITRÓGENO DEL SUELO EN PRADERAS EN GALICIA	
M.J. BANDE, M.J. SAINZ, M.E. LÓPEZ-MOSQUERA	115
PRODUCCIÓN DE VARIOS CULTIVOS FORRAJEROS DE INVIERNO QUE INCORPORAN LEGUMINOSAS Y EFFECTO EN EL MAÍZ POSTERIOR	
M.D. BÁEZ BERNAL, M.I. GARCÍA POMAR, C. GILSANZ REY, A. LOURO LÓPEZ, V. GARCÍA SOUTO Y J.F. CASTRO INSUA.....	122
BOTÁNICA Y ECOLOGÍA DE PASTOS	129

IMPACTO DEL JABALÍ EN LA ESTRUCTURA Y CALIDAD DE PASTOS DEL PIRINEO	
C. G. BUENO, D. GÓMEZ GARCÍA	130
CONTRIBUCIÓN DE LA GANADERÍA CAPRINA EN LA DISPERSIÓN DE ESPECIES DEL MATORRAL MEDITERRÁNEO	
D. GRANDE CANO, J.M. MANCILLA-LEYTÓN, A. MARTÍN VICENTE, M. DELGADO-PERTÍÑEZ	137
COLONIZACIÓN DE PASTOS POR QUERCUS ILEX L. MEDIANTE PROCESOS DE FACILITACIÓN	
A. PALMA GUILLÉN, E. BARAZA, J. BARTOLOMÉ FILELLA	143
PRINCIPALES CAMBIOS EN LA EXPLOTACIÓN GANADERA Y EL PAISAJE EN SAN JUAN DE PLAN (PIRINEOS DE HUESCA) EN LOS ÚLTIMOS 36 AÑOS	
BORRUEL GÁRATE, F. FILLAT ESTAQUÉ, A. J. AGUIRRE DE JUANA, D. GÓMEZ GARCÍA	147
<i>PICRIS WILLKOMMII</i>, ENDEMISMO DEL SUROESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA AMENAZADO POR ELIMINACIÓN DE LOS PASTIZALES QUE CONSTITUYEN SU HÁBITAT	
F.J. MONTEAGUDO SÁNCHEZ DE MOVELLÁN, I. BUTLER SIERRA	154
EFFECTOS EL ESTIÉRCOL DE CABRA Y DE OVEJA EN LA EMERGENCIA Y SUPERVIVENCIA DE PLÁNTULAS DE LEGUMINOSAS HERBÁCEAS Y ARBUSTIVAS	
M.E. RAMOS FONT, F.M. CABEZA ARCAS, M.T. TOGNETTI BARBIERI, J.L GONZÁLEZ REBOLLAR, A.B. ROBLES CRUZ	161
METODOLOGIA DE EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE BOSQUES PASTADOS PARA LA PREVENCIÓN DE INCENDIOS EN CATALUÑA	
F. PAUNÉ FABRÉ, C. CASAS ARCARONS, A. SALVAT SALADRIGAS	167
EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD Y COMPOSICIÓN DE LA DIETA DEL REBECO PIRENAICO EN LA RESERVA NACIONAL DE CAZA Y FAUNA SALVAJE DE ORLU	
S. CHAVES, J. ESPUNYES, J. BARTOLOMÉ, E. ALBANELL, M. GAREL, K. FOULCHE, I. MARCO, S. LAVÍN, E. SERRANO.....	173
PRODUCCIÓN ANIMAL	179
INVESTIGACIÓN EN PASTOS: EL VALOR AÑADIDO DE LOS DATOS	
F. MAROTO MOLINA, A. GÓMEZ CABRERA, J.E. GUERRERO GINEL, A. GARRIDO VARO, D.C. PÉREZ MARÍN	180
EMISIONES DE CO₂ DEL MAIZ DE PRODUCCION ECOLÓGICA PARA ENSILADO FERTILIZADO CON ABONOS VERDES	
G. SALCEDO DÍAZ.....	186
EFFECTOS DEL TIPO DE ENSILADO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA LECHE	
G. SALCEDO, A. VILLAR, J. DOLTRA.....	192
SITUACIÓN ACTUAL Y EVOLUCIÓN DE LAS EXPLOTACIONES CON BOVINO EN ESPAÑA DURANTE LAS TRES ÚLTIMAS DÉCADAS: EL CASO DE LA CORNISA CANTÁBRICA	

I. VÁZQUEZ, E. GARCÍA, A.I. GARCÍA.....	198
TRASLAPE ESPACIAL DE NICHOS ECOLÓGICOS EN VENADO COLA BLANCA Y CAPRINOS EN LA UMA DE COSOLTEPEC, OAXACA	
L. MENDOZA MÉNDEZ, R. SORIANO ROBLES, O.A. VILLARREAL ESPINO BARROS, L. RIVERA SÁNCHEZ.....	204
ENSILADO DE AVENA SAIA EN LA ALIMENTACIÓN DE VACAS LECHERAS EN SISTEMAS A PEQUEÑA ESCALA EN EL ALTIPLANO CENTRAL MEXICANO	
M.M.N. BECERRIL-GIL, J.G. ESTRADA-FLORES, F. LÓPEZ-GONZÁLEZ, C.M. ARRIAGA-JORDÁN ...	210
PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA CARNE DE CORDERO DE RAZA AUTÓCTONA MALLORQUINA EN FUNCIÓN DEL PESO Y DE LA ALIMENTACIÓN	
R. GUTIÉRREZ-PEÑA, M. DELGADO-PERTÍÑEZ, J.L. GUZMÁN-GUERRERO, A. HORACADA	216
EVALUACIÓN DE ENSILADO DE AVENA CHIHUAHUA PARA VACAS EN PASTOREO EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE MÉXICO	
V. A. BURBANO MUÑOZ, F. LÓPEZ GONZÁLEZ, J. G. ESTRADA FLORES, C. M. ARRIAGA JORDÁN	222
PRODUCCIÓN Y CALIDAD BROMATOLÓGICA E HIGIENICO-SANITARIA DE LA LECHE DE CABRA EN SISTEMAS PASTORALES TIPO ARBUSTIVO-MEDITERRÁNEO	
R. GUTIÉRREZ-PEÑA, Y. MENA, V.M. FERNÁNDEZ-CABANÁS, M. DELGADO-PERTÍÑEZ	228
COMPARACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA LECHE DE VACA PRODUCIDA EN SISTEMAS ECOLÓGICOS Y CONVENCIONALES DE GALICIA	
A. BOTANA, C. RESCH, L. GONZÁLEZ, T. DAGNAC, S. PEREIRA-CRESPO, B. FERNÁNDEZ-LORENZO, R. LORENZANA, M. VEIGA, I. LEMA, G. FLORES-CALVETE.....	234
HERRAMIENTA EN R PARA EL CÁLCULO E INTERPRETACIÓN SIMULTÁNEO DE DIFERENTES ÍNDICES DE SELECCIÓN DE DIETA	
L. RIVERA-SÁNCHEZ, W. BURGOS-PAZ	240
VARIABLES QUE FAVORECEN O LIMITAN EL USO DE PRADERAS Y ENSILADO DE MAÍZ EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA	
C.G. MARTÍNEZ-GARCÍA, J.T. PEDRAZA BELTRA, A.A. RAYAS-AMOR, C.M. ARRIAGA-JORDÁN ...	246
RECURSOS SILVO PASTORALES	252
INFLUENCIA DE LA SEQUÍA EN LA FENOLOGÍA PRIMAVERAL DE LA ENCINA. EFECTO DEL MANEJO COMO ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN	
M.D. CARBONERO, P. FERNÁNDEZ, J.R. LEAL, M.T. HIDALGO, J.M. LIMOUSIN, R. JOFFRE, J.M. OURCIVAL	253
PASTOREO DEL SOTOBOSQUE CON OVINO DE RAZA RIPOLLESA PARA LA PREVENCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES	
M. FARRÉS CID, J. BARTOLOMÉ FILELLA.....	259

RENDIMIENTO DE PASTOS EN SISTEMAS SILVOPASTORALES CON DIFERENTES DENSIDADES ARBÓREAS EN LA REGIÓN TROPICAL HÚMEDA DE MÉXICO	
J. NAHED-TORAL, E. GUZMÁN, D. GRANDE CANO, J.B. SÁNCHEZ-MUÑOZ.....	263
FLUJOS DE CO₂ DEL SUELO EN SISTEMAS SILVOPASTORALES DE LA SIERRA DE GUADARRAMA	
R.M. INCLÁN CUARTAS, T. MARTÍNEZ MARTÍNEZ, C. YAGÜE ANGUIS, D. MANRIQUE PEREZ, A. HUIDOBRO RUIZ, J. J. URQUÍA GARCÍA.....	269
PASTOREO CON GANADO VACUNO EN PINARES MEDITERRÁNEOS PARA LA PREVENCIÓN DE INCENDIOS	
M. TERUEL COLL, J.C. PAREJA LOAYZA, F. PAUNÉ, P. ENCINA GARCÍA, R. MARTÍ, E. SERRANO FERRON, J.A. CALLEJA ALARCÓN, J. BARTOLOMÉ FILELLA	275
ESTUDIO DE SEGUIMIENTO DE LA APLICACIÓN DE QUEMA PRESCRITA PARA LA RECUPERACIÓN DE PASTOS EN EL PARQUE NATURAL DEL MONTSENY	
J. PLAIXATS BOIXADERA, M.J. BRONCANO ATENCIA, L. MARTINEZ UJALDÓN	280
EL PAPEL DEL GANADO DOMÉSTICO AUTÓCTONO EN LA MEJORA DE PASTOS HERBÁCEOS	
D. GRANDE CANO, J.M. MANCILLA-LEYTÓN, A. MARTÍN VICENTE, M. DELGADO-PERTÍÑEZ	287
CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS QUE AFECTAN A LA PRODUCCIÓN, RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE PASTOS HERBÁCEOS EN DEHESAS DE SUELOS BÁSICOS	
C. LÓPEZ-CARRASCO, M.P. RODRÍGUEZ- ROJO, A. RODRÍGUEZ MAJANO, S. ROIG GÓMEZ	293
CONSUMO ENERGÉTICO POR LOCOMOCIÓN EN RUTAS TRASHUMANTES DE OVINO	
C. BETRÁN, O. BARRANTES, R. REINÉ	300
EXPERIENCIA DEMOSTRATIVA DE CONTROL DEL MATORRAL EN RONCESVALLES: RESULTADOS PRELIMINARES DEL REBROTE DEL ARGOMAL	
L. MÚGICA AZPILICUETA, R. M. CANALS TRESSERRAS, L. SAN EMETERIO GARCIANDÍA, J. L. SÁEZ ISTILART, I. VERGARA HERNÁNDEZ, L. ECHEVERRÍA ECHAVARREN, A. ZABALZA IZCO	306
SELECCIÓN DE DIETA EN VERANO DE LA CABRA CRIOLLA PASTOREÑA DE LA MIXTECA OAXAQUEÑA	
L. RIVERA-SANCHEZ, L. ARIAS, B. GONZÁLEZ-LEÓN, A. LOZANO, W. BURGOS-PAZ	312
EFFECTOS DE LA MATORRALIZACIÓN SOBRE UNA COMUNIDAD DE GRANDES HERBÍVOROS EN EL PIRINEO ORIENTAL: UNA APROXIMACIÓN MEDIANTE SIMULACIÓN	
J. ESPUNYES, M. LURGI, J. BARTOLOMÉ, B. CLARAMUNT, A. GÁLVEZ-CERÓN, E. SERRANO	318
DIETA ESTACIONAL DEL CORZO (<i>Capreolus capreolus</i>) EN LA SIERRA DE GUADARRAMA	
T. MARTÍNEZ, A. ÁLVAREZ, M. ABAD.....	323
VARIACIÓN MORFOLÓGICA Y BROMATOLÓGICA DE LA BELLOTA DE ENCINA DENTRO DEL ÁRBOL	
P. FERNÁNDEZ-REBOLLO, M.T. HIDALGO, J.R. LEAL, M.D. CARBONERO, J. FERNÁNDEZ-HABAS, S. ANDICOBERRI, J.M. JIMÉNEZ, J.M. PACHECO	330

PREFERENCIA DE LA OVEJA DE PELO PELIBUEY POR LAS PRINCIPALES ESPECIES ARBÓREAS FORRAJERAS DEL TROPICO SECO CENTROAMERICANO

K. LÓPEZ BENAVIDES, L.R. ROCHA MOLINA, E. BARAZA RUIZ, E. SERRANO FERRON, J. BARTOLOMÉ FILELLA **337**

EFFECTOS DE LA EXCLUSIÓN DE HERBÍVOROS SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE PASTOS CONSUMIDOS POR EL REBECO EN LA RESERVA NACIONAL DE CAZA DE FRESER-SETCASES, PIRINEO CATALÁN (ESPAÑA)

L. JARQUE-BASCUÑANA, E. ALBANELL, J. BARTOLOMÉ, J. ESPUNYES, A. GÁLVEZ-CERÓN, M. VILLAMUELAS, D. GASSÓ, X. FERNÁNDEZ-AGUILAR, A. COLOM-CADENA, E. SERRANO **342**

ÍNDICE DE AUTORES.....348

COMITÉ CIENTÍFICO

Albanell Trullàs, Elena

Universitat Autònoma de Barcelona

Albizu Beitia, Isabel

NEIKER-Tecnalia. Derio. Bizkaia

Aldezabal Roteta, Arantza

Euskal Herriko Unibertsitatea. Leioa. Bizkaia

Alvir Morencos, Maria Remedios

Universidad Politécnica de Madrid

Arriaga Jordan, Carlos Manuel

Universidad Autónoma del Estado de México

Báez Bernal, María Dolores

INGACAL-CIAM. Xunta de Galicia

Bande Castro, María J.

INGACAL-CIAM. Xunta de Galicia

Barrantes Díaz, Olivia

Universidad de Zaragoza

Blázquez Carrasco, Ángel

Universidad de Córdoba

Broca, Alfonso

Universidad de Zaragoza

Busqué Marcos, Juan

CIFA-Gobierno de Cantabria

Caballero de la Calle, José Ramón

Universidad de Castilla-La Mancha

Campo Ramírez, Laura

INGACAL-CIAM. Xunta de Galicia

Canals Tresserras, Rosa María

Universidad Pública de Navarra

Cano Carmona, Eusebio

Universidad de Jaén

Carbonero Muñoz, María Dolores

Universidad de Córdoba

Casasús Pueyo, Isabel

CITA-Zaragoza

Castro Insua, Juan

INGACAL-CIAM. Xunta de Galicia

Cebolla Lozano, Consuelo

Universidad Autónoma de Madrid

Chinea Correa, Eduardo

Universidad de la Laguna. Tenerife

Chocarro Gómez, Cristina

Universitat de Lleida

De la Roza Delgado, Begoña

SERIDA. Asturias

Delgado, Ignacio

CITA-Zaragoza

Escribano Sánchez, Miguel

Universidad de Extremadura

Fanlo Domínguez, Rosario

Universitat de Lleida

Fernández González, Federico

Universidad de Castilla-La Mancha

Fernández Rodríguez-Arango, Benito

CIFA-Cantabria

Fernández Rebollo, Pilar

ETSIAM- Universidad de Córdoba

Fillat Estaqué, Federico

CSIC- Instituto Pirenaico de Ecología

Flores Calvete, Gonzalo

INGACAL-CIAM

García Gonzalez, Ricardo

IPE-CSIC

García Navarro, Ricardo

Universidad de León

García, Alma María

Universidad de Córdoba

Gómez Cabrera, Augusto

Universidad de Córdoba

Gómez García, Daniel

IPE-CSIC

González Hernández, Pilar

Universidad de Santiago de Compostela

González López, Francisco

CICYTEX

Hernández Diaz-Ambrona, Carlos Gregorio

Universidad Politécnica de Madrid

Inclán Cuartas, Rosa María

CIEMAT

Izco Sevillano, Jesus

Universidad de Santiago de Compostela

Leiva Morales, María José

Universidad de Sevilla

López Abasolo, Carlos

TRAGSA

López-Carrasco Fernández, Celia

Junta de Comunidades de Castilla La Mancha

López Puente, Secundino

Universidad de León

López Díaz, Julio Enrique

INGACAL-CIAM. Xunta de Galicia

Mangado Urdániz, Jesús María

INTIASA-Gobierno de Navarra

Martínez Fernández, Adela

SERIDA. Asturias

Martínez Martínez, Teodora

IMIDRA. Alcalá de Henares

Megías Rivas, María Dolores

Universidad de Murcia

Méndez, Pilar

ICIA- Instituto Canario de Investigaciones Agrarias

Morales Rodrigo, Sara

Universidad de Extremadura

Mosquera Losada, María Rosa

Escuela Politécnica Superior de Lugo-USC

Oliveira Prendes, José Alberto

Universidad de Oviedo

Ortiz Somovilla, Victor

Junta de Andalucía

Peco Vázquez, Begoña

Universidad Autónoma de Madrid

Pérez Badía, Rosa

Universidad de Castilla-La Mancha

Pérez Corona, Esther

Universidad Complutense de Madrid
Pérez-Carral Lorenzo, Cristina
Universidad de Huelva
Pereira Dopazo, Carlos
Universidad de Santiago de Compostela
Plaixats Boixadera, Josefina
Universitat Autònoma de Barcelona
Poblaciones Suárez, María José
Universidad de Extremadura
Puente García, Emilio Manuel
Universidad de León
Ramos Font, María Eugenia
CSIC-Estación Experimental del Zaidín
Reiné Viñales, Ramón
Universidad de Zaragoza
Rigueiro Rodríguez, Antonio
Universidad de Santiago de Compostela
Robles Cruz, Ana Belén
Estación Experimental del Zaidín-CSIC. Granada
Roca Fernández, Ana Isabel
Universidad de Santiago de Compostela
Rodríguez Rojo, María del Pilar
Universidad de Castilla-La Mancha
Rodríguez-Vázquez de Aldana, Beatriz
IRNASA-CSIC. Salamanca
Roig Gómez, Sonia
Universidad Politécnica de Madrid
Sainz Osés, María Jesús
Escuela Politécnica Superior de Lugo-USC
Salcedo Díaz, Gregorio
CIFP La Granja-Gobierno de Cantabria
San Miguel Ayanz, Alfonso
Universidad Politécnica de Madrid
Santamaría Becerril, Óscar
Universidad de Extremadura
San Emeterio, Leticia
ETSEA- Universitat de Lleida
Valdés, Carmen
Universidad de León
Valladares, Juan
INGACAL-CIAM
Vázquez Yáñez, Orlando Pablo
Xunta de Galicia
Vicente Mainar, Fernando
SERIDA. Asturias

PRESENTACIÓN

Desde hace décadas las actividades ganaderas y agrícolas tradicionales están disminuyendo en nuestro país. Los pastos alpinos, que habían rebajado sus cotas altitudinales a lo largo de la historia gracias al fuego y al ganado, se están matorralizando. Lo mismo ocurre en las dehesas y en otras formaciones herbáceas dedicadas al pastoreo. El paisaje está cambiando, por un lado aumentan los cultivos superintensivos, y por otro, también lo hacen las masas forestales. Uno de los grandes valores de los pastos, su biodiversidad, se percibe amenazado. Esta diversidad de especies, comunidades y paisajes se reduce significativamente con la matorralización y la intensificación. Parece evidente que hay que intentar conservar esta riqueza biológica, entrelazada con una riqueza cultural, y sin duda también económica. Sin embargo, las formas de cómo hacerlo son diversas, a menudo confusas, y a veces incluso opuestas. No es raro escuchar opiniones a favor de la matorralización, en el sentido de que si las actividades antrópicas tradicionales desaparecen, el bosque recuperará su estado prístino o salvaje. Se da así paso a la ingenua esperanza de recuperar aquellos paisajes de hace miles de años, cuando el hombre era un componente más, con poca capacidad para modificar los ecosistemas donde se integraba. En esta línea de opinión se utiliza a menudo el valor que se ha dado a la recuperación de los bosques. Así podemos observar como la lucha contra la deforestación es uno de los pilares de la mayoría de movimientos conservacionistas. Este argumento arranca con fuerza a finales del siglo XIX y, efectivamente, ha facilitado la creación de muchos espacios naturales protegidos. Sin embargo, este mismo argumento es el que ha permitido, y permite todavía, los grandes planes de reforestación, acertados algunos y totalmente inapropiados otros, con los que muchos países pretenden demostrar su preocupación por la conservación de la naturaleza. Así se han dado casos de reforestación con especies exóticas en zonas de pastos, con consecuencias nefastas. Es interesante constatar que no se da el mismo valor a la conservación de los pastos que a lo forestal, como si lo forestal fuera lo más natural, en el sentido climático del término. Sin embargo, ante la falta de suficiente ganado en los pastos de muchos países desarrollados, lo que sí está emergiendo es una corriente de opinión a favor de la recuperación de los grandes herbívoros salvajes. Una opinión que en el extremo supone una sustitución de herbívoros domésticos por salvajes, lo cual quizás permitiría conservar estos ecosistemas. Ésta es la línea argumental de la denominada “renaturalización” (*rewilding*, en inglés). A su favor tenemos la evidente recuperación de muchas poblaciones de herbívoros, como el ciervo o el corzo. Es cierto que para una ocupación de los pastos abiertos, que mantiene o mantenía el ganado, serían más adecuados grandes herbívoros pastadores y con menos vocación forestal. De ahí que puedan defenderse proyectos ambiciosos como la recuperación del bisonte europeo en la península ibérica. Por otro lado, también es evidente que las poblaciones de herbívoros introducidos por el hombre, y por tanto considerados exóticos, también están aumentando. En nuestro país tenemos los ejemplos del arruí, del gamo, o del muflón, cuya expansión plantea serios problemas de gestión, en cuanto existen argumentos tanto para su conservación como para su erradicación. Este incremento de las poblaciones de herbívoros salvajes está siendo visto con buenos ojos por dos sectores antaño contrapuestos, como son el sector ecoturístico, y el sector cinegético. Ambos sectores son considerados a menudo un tanto elitistas, en tanto que promueven actividades para determinadas clases sociales. Sin embargo, ambos están demostrando que su capacidad para generar recursos económicos se aproxima, o incluso supera, a las actividades del sector primario tradicional.

La otra línea de argumentación para la conservación de los pastos se fundamenta en el papel de la ganadería tradicional, lo que llamamos “ruralización” (*refarming*). En este caso se asume que la actividad ancestral del hombre con el ganado es la que ha permitido conservar la biodiversidad de

los ecosistemas pastorales. Por consiguiente, hay que estimularla para invertir la tendencia decreciente. En este sentido, argumentos basados en la visión de los ganaderos como guardianes o jardineros del paisaje se emplean para justificar ayudas desde las administraciones públicas. Sin embargo, estos calificativos no agradan demasiado al sector, el cual prefiere plantear el problema como una necesidad intrínseca de adaptarse o reinventarse. En este sentido han proliferado las iniciativas de conjugar la actividad ganadera con el turismo (gastronomía, hostelería, etc.), con el riesgo de que esta última se convierta en actividad principal, y la primera se mantenga sólo como atractivo o cebo para captar clientes. También en esta línea han surgido muchas actividades de carácter silvopastoral, encaminadas a la prevención de fuegos forestales mediante el pastoreo en bosques. Estas iniciativas están muy focalizadas en los bosques y matorrales mediterráneos, muy susceptibles a los incendios y en general de baja calidad forrajera. Este tipo de gestión requiere a menudo de trabajos previos a la entrada del ganado, de suplemento alimentario, y de un buen ajuste de la carga ganadera, lo cual no incentiva demasiado a los ganaderos.

En resumen, nos encontramos ante una dicotomía entre renaturalización y ruralización de gran interés para la conservación de los pastos españoles. Por ello se ha escogido esta temática como lema de la 56ª Reunión Científica de la SEEP, esperando que las comunicaciones, ponencias y debates aporten conocimientos científicos a los argumentos esgrimidos en ambos sentidos que faciliten puntos de encuentro.

Comité Organizador



Producción vegetal

EFEECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTAS EN EL AREA FOLIAR Y LA PRODUCTIVIDAD DEL MAIZ

J.A. OLIVEIRA-PRENDES¹, J.I. LIZASO², P. PALENCIA¹

¹Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. Área de Producción Vegetal. Universidad de Oviedo. C/ Gonzalo Gutiérrez Quirós s/n. 33600 Mieres (España). ²Grupo de Sistemas Agrarios-CEIGRAM. Área de Producción Vegetal. Universidad Politécnica de Madrid. 28040 Madrid (España).
Correspondencia: oliveira@uniovi.es

RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.), como planta C4, exhibe una mayor eficiencia fotosintética que las plantas C3, pero a un coste energético mayor. Por ello resulta fundamental optimizar la densidad del aparato fotosintético en las siembras comerciales. En el presente trabajo se estudió el efecto de la densidad de plantas (4, 8 y 12 plantas m⁻²) en el área foliar y la productividad del híbrido de maíz precoz (ciclo FAO 300) 'PR37N01', en un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones en Candás (Asturias) durante 2016.

Al aumentar la densidad disminuyeron los componentes del rendimiento en cada planta, como los granos mazorca⁻¹ (de 556 a 486), el peso seco de granos mazorca⁻¹ (de 197,1 a 118,2 g) y el peso del grano (de 358,2 a 244,9 mg). De la misma manera, los valores de área y peso foliar individual y total disminuyeron a medida que aumentaba la densidad de plantas. En cambio el rendimiento en grano aumentó de 8859 kg ha⁻¹ a 9513 kg ha⁻¹ al pasar de 4 plantas m⁻² a 8 plantas m⁻², para luego disminuir hasta 8485 kg ha⁻¹ a la máxima densidad estudiada de 12 plantas m⁻².

Palabras clave: Hojas, peso seco, rendimiento en grano, *Zea mays* L.

SUMMARY

Maize (*Zea mays* L.), as a C4 plant, exhibits greater photosynthetic efficiency than C3 plants, but at a higher energy cost. It is therefore essential to optimize the density of the photosynthetic apparatus in the commercial sowing of maize. The effect of plant density (4, 8 and 12 plants m⁻²) on leaf area and productivity of the early maize hybrid (FAO 300 cycle) 'PR37N01' was studied in a complete block design with three replications in Candás (Asturias) in 2016. As the density increased, grain yield components in each plant, such as grains ear⁻¹ (from 556 to 486), grains ear⁻¹ weight (from 197.1 to 118.2 g) and grain weight (from 358.2 to 244.9 mg). Likewise, the values of leaf area and individual and total leaf weight decreased as plant density increased. On the other hand, grain yield increased from 8859 kg ha⁻¹ to 9513 kg ha⁻¹ from 4 plants m⁻² to 8 plants m⁻², and then decreased to 8485 kg ha⁻¹ at the highest density of 12 plants m⁻².

Key words: leaves, dry weight, grain yield, *Zea mays* L.

INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre densidades de siembra para híbridos de maíz, tanto grano como forrajeros, son abundantes (Campo y Moreno, 2009). En estudios llevados a cabo sobre híbridos de maíz grano, el aumento positivo del rendimiento respecto de la densidad, solo se observó hasta las 9 plantas por m² (Campo, 1999) ya que densidades mayores producían un mayor estrés competitivo entre las plantas. Peláez *et al.* (2005), establecieron densidades óptimas de siembra para maíz grano en la zona costera de Asturias entre 9 y 10 plantas m⁻².

El crecimiento del área foliar del maíz está afectado por la acumulación de tiempo térmico y la humedad disponible (Dwyer y Stewart, 1986). Una reducción en la intensidad de la luz en el área foliar con densidades de plantas altas puede resultar en una disminución del rendimiento en grano (Lambert *et al.*, 2014). Por otro lado, cada localidad dispone de una oferta luminosa promedio que determina las densidades óptimas.

Los modelos de crecimiento de cultivos permiten optimizar la densidad de plantas en función de la disponibilidad de radiación de cada localidad. Dichos modelos tienen en cuenta las diferentes respuestas a la radiación fotosintética según la posición y la edad de las hojas en la planta, siendo necesario una determinación precisa del área foliar para calibrar dichos modelos (Lizaso *et al.*, 2005).

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la densidad de siembra en el área foliar y la productividad de una variedad de maíz grano en Asturias, así como obtener información que sirva de base para la calibración del módulo de área foliar del modelo de maíz IXIM dentro del programa DSSAT (Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones para Transferencia de Tecnología Agrícola) (Hoogenboom *et al.*, 2015).

MATERIAL Y MÉTODOS

Parcelas de ensayo

El ensayo se realizó en una parcela perteneciente a la finca “Casero” (colaboradora con el Área de Producción Vegetal de la Universidad de Oviedo) en Carreño (43° 35' N, 5° 47' O, 80 m sobre el nivel del mar), Asturias, España, en un suelo tipo Inceptisol Dystrudept y en un clima oceánico templado. Durante el periodo del ensayo entre mayo y finales de septiembre, las temperaturas medias de máximas no fueron demasiado altas y en los meses de julio y agosto las precipitaciones fueron escasas (Tabla 1). Los datos de radiación solar muestran valores medios mensuales en MJ m⁻² y día, bajos. Previamente a la siembra se realizó un análisis de suelo de la parcela. El suelo presentó un pH neutro (pH = 6,7), con bajas conductividades eléctricas (0,03 dS m⁻¹). La textura fue franco arcillo-arenosa con una densidad aparente de 1450 kg m⁻³. El porcentaje de materia orgánica fue del 5,8%, el N total del 0,3%, y la relación C/N = 11,7 indica una mineralización adecuada de la materia orgánica. El P Mehlich 3 disponible (14,3 mg kg⁻¹) fue bajo. El K cambiante (0,53 cmol_c kg⁻¹) presentó unos valores medios. El Mg cambiante (0,69 cmol_c kg⁻¹) estuvo por debajo de los niveles críticos (> 1,60 cmol_c kg⁻¹) al igual que el Ca cambiante (8,73 cmol_c kg⁻¹). El Na cambiante (0,39 cmol_c kg⁻¹) estuvo dentro de los niveles normales (< 2 cmol_c kg⁻¹). La capacidad de intercambio catiónico efectiva (10,6 cmol_c kg⁻¹) estuvo dentro de los valores normales (10-20 cmol_c kg⁻¹).

Se aplicó un abonado de fondo con 120 kg P₂O₅ ha⁻¹ mediante superfosfato de cal de 18% de P₂O₅ y 220 kg K₂O ha⁻¹ con sulfato potásico del 50% de K₂O antes de la siembra de las parcelas.

Tratamientos y diseño experimental

Tras una labor de arado y un pase posterior de fresadora se sembró el cultivar ‘PR37N01’ de maíz híbrido simple precoz (ciclo 300) de Pioneer, con una sembradora mono surco Earthway (modelo 1001-B, Earthways Products, Inc., Bristol, Indiana, Estados Unidos) provista de un disco número 1002-18 a una profundidad de 0,5-1 cm y 8 cm de separación entre granos. La siembra se realizó el 23 de mayo de 2016 con tres densidades de siembra (4, 8 y 12 plantas m⁻²) en un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones. Las parcelas de 42 m² (12 m x 3,5 m) estuvieron compuestas de 5 líneas separadas 75 cm.

Tabla 1. Precipitación y temperaturas medias de mínimas y de máximas desde mayo a octubre 2016. Estación meteorológica de Somio (Gijón). Lat: 43º 32' 17"N, Long: 5º 37' 26"O, 30 m (www.meteogijon.es). Los datos de radiación solar se obtuvieron de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

Mes	Radiación solar (MJ m ⁻² y día)	Precipitación mensual (mm)	Temperatura media de mínimas (°C)	Temperaturas media de máximas (°C)
Mayo	1,73	56,8	11,3	18,3
Junio	1,93	48,6	14,7	20,5
Julio	1,86	19,8	16,3	22,3
Agosto	1,79	13,2	16,2	23,7
Septiembre	1,15	71,8	15,5	22,4
Octubre	0,84	18,0	11,6	19,4

Posteriormente en el estadio de cuatro hojas se realizó un aclareo ajustando el nº de plantas a las tres densidades establecidas.

El abonado nitrogenado (nitrato amónico cálcico del 27% N) en cobertera fue de 200 kg de N ha⁻¹ con 30-40 cm de altura (seis hojas desarrolladas) de la planta.

Durante el ensayo se aportaron un total de ocho riegos con un sistema de riego por goteo con una dosis de riego de 5,2 L m⁻² por riego (42 mm totales).

Después de la siembra (24-mayo) se aplicó el herbicida Camix® en preemergencia (S-metolacloro 40% p/v + Mesotriona 4% p/v) en dosis de 5 L ha⁻¹ junto con el insecticida Chas® (Clorpirifos 25% p/p) en dosis de 4,25 L ha⁻¹. Posteriormente (18 de junio) en plantas con 7-8 hojas visibles se aplicó el herbicida Diode® (Sulcotriona 30% p/v SC) en dosis de 1,5 L ha⁻¹ contra juncia (*Cyperus rotundus* L.), gramíneas y dicotiledóneas anuales.

Área y peso seco foliar

Se anotó el número de hojas completamente expandidas y ápice de la última hoja visible, en tres plantas por repetición, resultando ser de 19 hojas planta⁻¹. Para estimar el área foliar (A), se midió la longitud y anchura máxima de la lámina foliar una vez completada la expansión (collar visible) en tres plantas por repetición. Se aplicó la fórmula: $A = (\text{longitud} \times \text{anchura}) \times 0,75$ para estimar el área foliar de cada hoja (Maddoni y Otegui, 1996).

Con los datos obtenidos se determinó la superficie foliar total por planta (suma de las superficies foliares de todas las hojas de una planta) y el índice de área foliar como cociente entre la superficie foliar total por la superficie ocupada por cada planta para cada una de las densidades de plantas (0,25 m² en 4 plantas m⁻², 0,125 m² en 8 plantas m⁻² y 0,083 m² en 12 plantas m⁻²). Se determinó también el peso seco de cada hoja en estufa de ventilación forzada a 70 °C hasta peso constante.

Rendimiento en grano

El 11 de octubre, en madurez fisiológica de granos (humedad del grano ≤ 34,9%), se contaron el nº de plantas en 2 líneas por repetición, nº de primeras y segundas mazorcas en cinco plantas por repetición. En el laboratorio se determinó en cada mazorca recogida, el nº de hileras y el nº de granos hilera⁻¹, permitiendo el cálculo del nº de granos mazorca⁻¹. Se calculó el nº de granos de las primeras y segundas mazorcas y se determinó el peso seco de los granos de las primeras y segundas mazorcas en estufa a 70 °C hasta peso constante, determinando la humedad en el momento de la recolección. Con los resultados obtenidos se determinó el rendimiento en kg ha⁻¹ en cada repetición. Los resultados de granos mazorca⁻¹, peso seco granos mazorca⁻¹ y peso seco del grano presentados en este trabajo son los obtenidos en las primeras mazorcas.

Tratamiento estadístico

Para comparar el efecto del tratamiento densidad de siembra sobre las variables evaluadas, se realizó un análisis de varianza con el factor tratamiento (tres densidades de siembra) como efecto fijo, el factor repetición (tres bloques) como efecto aleatorio y la interacción densidad x repetición. Al no resultar significativa esta interacción se eliminó del modelo de análisis de varianza.

En el caso de las variables superficie foliar individual y peso seco foliar individual se incluyó también el factor posición de la hoja en la planta como efecto fijo (19 hojas por planta). En el caso de efectos significativos del tratamiento densidad de siembra se efectuó la separación de medias mediante el test LSD a un nivel de significación del 5%. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS versión 22 (SPSS 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Área y peso seco foliar

La densidad de plantas mostró diferencias significativas en todos los caracteres evaluados, lo que indica la importante variabilidad obtenida en las tres densidades estudiadas (Tablas 2 y 3).

Tabla 2. Valores medios (y desviación estándar) de los caracteres agronómicos: número de granos por mazorca, peso seco granos por mazorca (g), peso seco grano (mg), humedad (%) y rendimiento en grano (kg ha^{-1}) del híbrido simple de maíz 'PR37N01', evaluado en Candás, Asturias, 2016. Medias con letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes (LSD, 0,05).

Densidad (Plantas m^{-2})	Granos mazorca ⁻¹	Peso seco granos mazorca ⁻¹	Peso seco grano	Humedad	Rendimiento
4	556 (54)a	197,1 (17,3)a	358,2 (18,5)a	22,5 (1,4)a	8859 (664,6)b
8	542 (43)ab	164,1 (16,6)b	303,3 (28,4)b	18,9 (1,4)b	9513 (929,9)a
12	486 (64)c	118,2 (11,8)c	244,9 (22,1)c	19,4 (1,2)b	8485 (856,4)b

Tabla 3. Valores medios (y desviación estándar) de las variables: superficie foliar individual (cm^2), peso seco foliar individual (g) en tres plantas por repetición, superficie foliar total por planta (m^2) e Índice de área foliar por planta del híbrido simple de maíz 'PR37N01', evaluado en Candás, Asturias, 2016. Medias con letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes (LSD, 0,05).

Densidad (Plantas m^{-2})	Superficie foliar individual	Peso seco foliar individual	Superficie foliar total planta ⁻¹	Índice de área foliar
4	413,5 (295,8)a	2,69 (2,19)a	0,7881 (0,0212)a	3,1 (0,08)c
8	352,1 (265,3)b	2,01 (1,73)b	0,6739 (0,0032)b	5,4 (0,02)b
12	324,1 (258,0)c	1,80 (1,56)c	0,6206 (0,0129)c	7,5 (0,15)a

Se observó que al aumentar la densidad, disminuyeron significativamente los valores de todas las variables estudiadas (Tablas 2 y 3), salvo en el rendimiento en grano que aumentó de 8859 kg ha^{-1} en la densidad de 4 plantas m^{-2} a 9513 kg ha^{-1} en la densidad de 8 plantas m^{-2} y disminuyó a 8485 kg ha^{-1} en la densidad de 12 plantas m^{-2} .

El Índice de área foliar aumentó de 3,1 en la densidad de 4 plantas m^{-2} a 7,5 en la densidad de 12 plantas m^{-2} . El área de las hojas totalmente desarrolladas dependió de la posición de la hoja en la planta y de la densidad de plantas (Fig. 1). El área foliar se incrementó desde las posiciones basales hasta la hoja 11 y disminuyó a partir de la hoja 12 hasta la hoja apical (hoja 19), siendo mayor en la densidad de 4 plantas m^{-2} que en la de 8 y 12 plantas m^{-2} .

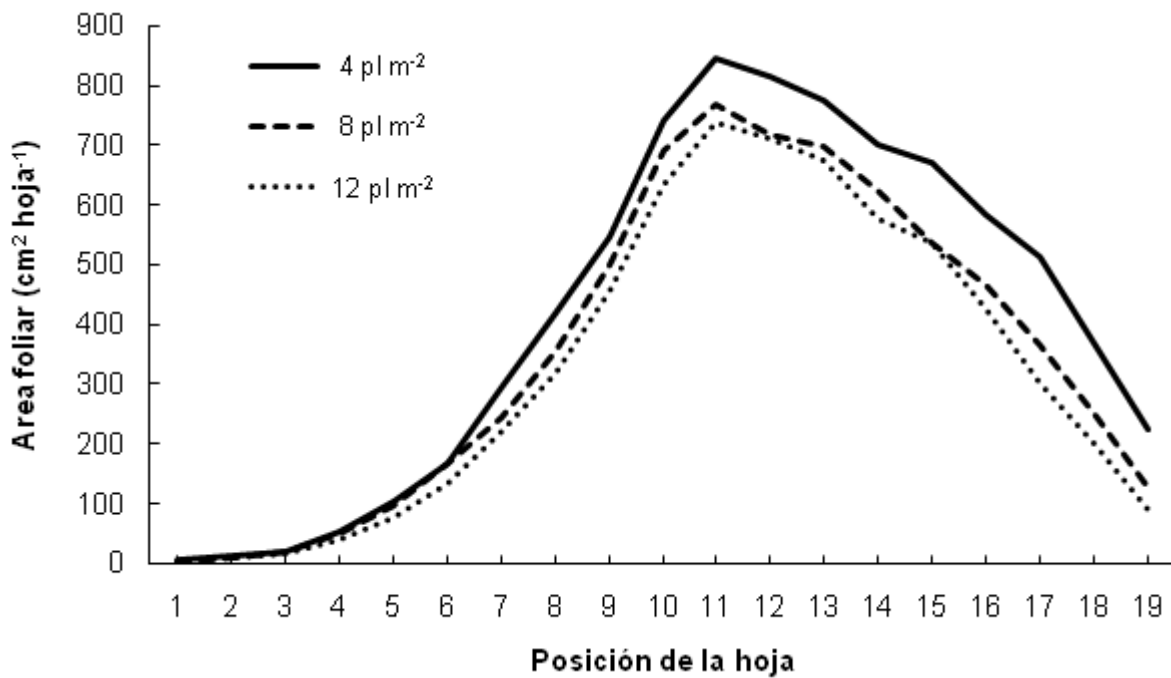


Figura 1. Área de hojas individuales en diferentes posiciones de la planta de maíz en tres densidades de plantas (4, 8 y 12 plantas m⁻²).

Rendimiento en grano

La producción por planta disminuyó al aumentar la densidad de plantas, pero este descenso quedó superado por el aumento del número de plantas cuando se estimó el rendimiento en grano por ha, hasta la densidad de 8 plantas m⁻². Los resultados de rendimiento grano en relación a la densidad de plantas son bastante similares a los obtenidos por Campo (1999) y Peláez *et al.* (2005) en híbridos de maíz grano en Galicia y Asturias y parecen indicar que para esta localidad densidades de 12 plantas m⁻² serían excesivas, pues se obtienen rendimientos inferiores a los obtenidos con la densidad de 8 plantas m⁻².

En conjunto esta información muestra que densidades en torno a 8 plantas m⁻² parecen ser las más apropiadas para estos ambientes del Norte de España, con temperaturas frescas y limitada radiación debido a la nubosidad frecuente. Sin embargo, se debe tomar en cuenta la limitación de que son sólo datos de un año y de un genotipo.

CONCLUSIONES

Los datos de área foliar obtenidos este primer año, son consistentes con estudios previos que indican que las mejores densidades para estos maíces de ciclo corto en el norte de España están en torno a 8 plantas m⁻². Esta información, junto a la que se pretende obtener en 2017 permitirá mejorar las estimaciones de área foliar en el modelo IXIM de maíz dentro del programa DSSAT.

AGRADECIMIENTOS

Los autores están agradecidos al proyecto CGL2012-38923-C02-02: MULCLIVAR: financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad y a la Agencia Estatal de Meteorología por el envío de los datos de radiación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Campo L. (1999) *Estudio de la competencia de plantas en el rendimiento, caracteres agronómicos y estimación de parámetros genéticos en el maíz (Zea mays L.)*. Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela, España, 247 p.

Campo L. y Moreno J. (2009) Efecto de la densidad en poblaciones locales de maíz para grano. En: Reiné R. *et al.* (eds) *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp. 399-405. Huesca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

Dwyer L.M. y Stewart D.W. (1986) Leaf area development in field grown maize. *Agronomy Journal*, 78, 334-343.

Hoogenboom G., Jones J.W., Wilkens P.W., Porter C.H., Boote K.J., Hunt L.A., Singh U., Lizaso J.I., White J.W., Uryasev O., Ogoshi R., Koo J., Shelia V. y Tsuji G.Y. (2015) Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.6 (www.DSSAT.net). Washington, Estados Unidos: DSSAT Foundation, Prosser.

Lambert R.J., Mansfield B.D. y Mumm R.H. (2014) Effect of leaf area on maize productivity. *Maydica*, 59, 58-64.

Lizaso J.I., Batchelor W.D., Boote K.J. Westgate M.E. y Rochette P. (2005) "Evaluating a Leaf-Level Canopy Assimilation Model Linked to CERES-Maize." *Agronomy Journal*, 97, 734-740.

Maddoni G.A. y Otegui M.E. (1996) Leaf area, light interception and crop development in maize. *Field Crops Research*, 48, 81-87.

Pélaez R., González B., Alonso L.F. y Fernández L. (2005) Estudio del efecto de la fecha de recolección en la calidad nutritiva y rendimiento del maíz forrajero (*Zea mays L.*). En: De la Roza B. *et al.*, (eds) *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural*, pp. 649-656. Asturias, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

MODELIZACIÓN DEL EFECTO DE VARIACIONES EN EL CLIMA EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO EN REGIONES TEMPLADO-HÚMEDAS DEL NORTE PENINSULAR

J. DOLTRA¹, P. GALLEJONES¹, R. ORTIZ-GONZÁLEZ¹, J. BUSQUÉ¹, G. SALCEDO², D. BÁEZ³, A. ARGAMENTERÍA⁴, A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ⁴, A. GARCÍA-RODRÍGUEZ⁵, J. MANGADO⁶

¹Centro de Investigación y Formación Agrarias (CIFA). Gobierno de Cantabria. Héroe 2 de mayo 27, 39600. Muriedas, Cantabria. ²Dpto. Calidad e Innovación. CIFP “La Granja”, Heras, Cantabria. ³Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo, A Coruña, Galicia. ⁴Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario, Villaviciosa, Asturias. ⁵NEIKER-Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario, Arkaute, País Vasco. ⁶Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias, Villava, Navarra
Correspondencia: jordidoltra@cifacantabria.org

RESUMEN

En este estudio se utiliza el modelo de cultivo FASSET para simular la producción de materia seca (MS) y de nitrógeno (N) del maíz (*Zea mays*) a nivel de parcela en las regiones de la Cornisa Cantábrica en las condiciones climáticas actuales y en escenarios basados en las predicciones para las próximas décadas. Para la calibración y validación del modelo se utilizaron datos experimentales procedentes de diferentes ensayos en estas regiones. Se simularon diez años de producción de maíz en las condiciones de clima actuales y con las siguientes variaciones de temperatura media diaria y de la precipitación anual: -1 °C / 0 %, + 1 °C / 0 %; + 2 °C / -10 %, + 3 °C / -20%. La evaluación estadística de las simulaciones muestra que el modelo reproduce aceptablemente los rendimientos obtenidos en los ensayos, siendo mejor la modelización de la MS que del N. Las proyecciones climáticas indican una aceleración del ciclo fenológico del maíz que penaliza la productividad y, en el escenario más extremo, el N del cultivo. Las estrategias de adaptación apuntan a reconsiderar los ciclos de cultivo anuales y a atender a cultivares con rasgos de eficiencia del uso del agua y del N adecuados.

Palabras clave: modelización, materia seca, nitrógeno, cambio climático, zona atlántica

SUMMARY

This study applies the FASSET crop model to simulate, at a field level, maize dry matter (MS) and nitrogen (N) in wet areas of northern Spain under current and future projected climate conditions. Datasets from field experiments in these regions were used for model calibration and validation. Maize yield was simulated for ten years under baseline climate conditions and with the following variations of mean daily temperature and annual precipitation: -1 °C / 0 %, + 1 °C / 0 %, + 2 °C / -10 %, + 3 °C / -20%. Statistical evaluation showed acceptable maize yield simulations, with better performance for MS than for N. Model response to climatic projections indicates a shorter duration of the growing cycle with negative impacts on crop MS and, in the most extreme scenario, N. Adaptation strategies should reconsider annual growing cycles and should adopt cultivars with adequate water and N use efficiency.

Key words: modelling, dry matter, nitrogen, climate change, Atlantic area

INTRODUCCIÓN

El maíz forrajero no irrigado es el cultivo más extendido en las regiones de clima Atlántico del norte peninsular (MAGRAMA, 2012). En un reciente análisis de la producción de dicho forraje en estas regiones, se ha puesto de manifiesto la influencia de la disponibilidad de agua durante el

crecimiento del cultivo en el rendimiento obtenido en cosecha (Busqué *et al.*, 2017). Los escenarios climáticos en la Cornisa Cantábrica proyectan un cambio gradual del clima Atlántico hacia climas de transición Mediterráneo-oceánicos y ambientes Mediterráneos con temperaturas más altas y un descenso en las precipitaciones que al final del siglo podrían suponer una variación en promedio de 3 °C y del 20% respectivamente (Gutiérrez *et al.*, 2010). Estos cambios en el clima suponen una menor disponibilidad de agua en el suelo durante el ciclo de cultivo del maíz, elevando el riesgo de estrés hídrico. Hasta la fecha no se conocen estudios que evalúen el impacto del cambio climático en la producción de maíz forrajero en el norte peninsular aplicando herramientas de modelización de cultivos. Este conocimiento es fundamental para anticipar las estrategias de manejo que permitan optimizar las producciones durante las próximas décadas.

Este trabajo evalúa la capacidad del modelo de simulación dinámico FASSET (Farm ASSEssment Tool) (Olesen *et al.*, 2012) para simular la producción de materia seca (MS) y de nitrógeno (N) del maíz en regiones templadas y húmedas del norte peninsular. Además se simulan los efectos de un incremento gradual de la temperatura y de una disminución de las precipitaciones en la producción de maíz en Cantabria.

MATERIAL Y MÉTODOS

Datos experimentales

Se utilizaron datos experimentales procedentes de diferentes ensayos con maíz forrajero realizados en las dos últimas décadas en Galicia, Asturias, Cantabria, Navarra y País Vasco en el marco de proyectos INIA y autonómicos recopilados en el proyecto RTA2012-00065-C05-00 (Busqué *et al.* 2017). Se descartaron los ensayos con insuficiente información de manejo o necesaria para la validación de resultados. La mayor parte de estas áreas de producción se encuentran caracterizadas por temperaturas suaves todo el año, con medias anuales de 11.6 a 14.5 y una alta precipitación anual, con valores medios de 782 a 1483 mm (Tabla 1) concentrada de otoño a primavera. Los experimentos evaluaron factores como el cultivar, el tipo y cantidad de fertilizante nitrogenado, la secuencia de cultivos, incluyendo abonos verdes, y el sistema de producción ecológico o convencional. Para cada experiencia se dispuso de los datos necesarios para poder configurar las simulaciones, comprendiendo las características físico-químicas del suelo (incluyendo al menos clase textural, contenidos de arcilla, limo y arena, densidad aparente y materia orgánica), variables climáticas diarias (temperatura máxima y mínima, precipitación y radiación global) y los datos de manejo del cultivo (relativos a las operaciones de siembra, abonado, laboreo, cosecha, etc.). Se dispuso de un total de 79 observaciones de maíz en cosecha, de las que un subconjunto, procedente de tratamientos experimentales en Mabegondo (Galicia) y Heras (Cantabria) se usó para la calibración del modelo ajustando el rango de contenido de N en grano. El resto de las observaciones (41 en cuatro localizaciones) se usaron para la evaluación del modelo utilizando los indicadores descritos más adelante.

Modelización del maíz forrajero

Se utilizó el modelo de simulación de cultivos FASSET v2.5 (Olesen *et al.*, 2002, Doltra *et al.*, 2015) para simular a escala diaria el crecimiento y la producción del maíz, así como los flujos de carbono (C) y N en el sistema suelo-planta-atmósfera. El crecimiento del cultivo en el modelo es función de la temperatura, la radiación, la disponibilidad de agua y el estado nutricional que está condicionado por el contenido de N. El modelo ha sido utilizado para evaluar los efectos del manejo agronómico y del cambio climático en diferentes condiciones ambientales y sistemas productivos (p.ej., Olesen *et al.*, 2002, Doltra *et al.*, 2014). Para simular los experimentos de este estudio, se

ajustaron los parámetros fenológicos del modelo (integral térmica en emergencia, anthesis y llenado de grano) al ciclo del maíz en función del cultivar. Las simulaciones abarcaron los cultivos anteriores al maíz en los experimentos en los que esta información estuvo disponible. Para reducir la influencia de las condiciones iniciales del modelo en relación al suelo, la modelización se realizó repitiendo en al menos una ocasión la secuencia de cultivos. Se consideraron los resultados de la última secuencia para la evaluación de las producciones simuladas.

Tabla 1. Experiencias con maíz forrajero utilizadas para la calibración y validación del modelo FASSET, con indicación de la temperatura media (T, °C) y la precipitación total (P, mm) anual. El valor en paréntesis indica el número de ensayos de cada localidad.

Localización	Suelo	Ensayo	Cultivares	Ciclo cultivo	T	P
Mabegondo (Galicia)	Franco-limoso	Fertilización (1)	DKC3745	2008-2010	14.4	1008
Villaviciosa (Asturias)	Franco arcilloso	Rotación Sistema de producción (2)	Clarica; Es Paolls; Pollen; LG3276	1999-2000; 2006-2009	13.6	1059
Grado (Asturias)	Franco arcillo arenoso	Rotación Sistema de producción (1)	Es Paolls; Pollen; LG3276	2006-2009	14.0	1000
Heras (Cantabria)	Franco arcillo limoso	Rotación Fertilización (1)	Fisco350FAO	2007-2009	14.5	1129
Arkaute (País Vasco)		Cultivares Fertilización (1)	Franki; Meribel	2010- 2011	11.6	782
Doneztebe (Navarra)	Franco arenoso	Cultivares (11)	Fleuri; Bounti; Cerbere; Karen; Alinea; DKC5542; Gageo; Codisud; DKC5401; Kerbanis; PO222	2003-2014	13.9	1483

Para la evaluación del impacto del cambio climático, se simuló la producción de maíz en Heras (Cantabria), en condiciones adecuadas de fertilización nitrogenada (250 kg N /ha, el 45% en forma de purín y el resto aplicado en siembra como fertilizante amoniacal en forma sólida), y el mismo ciclo de cultivo y fecha de siembra utilizados en la validación. Se simularon diez años en las condiciones de clima actuales y con las siguientes variaciones de temperatura media diaria y de la precipitación anual: -1 °C /0 %, + 1 °C /0 %, +2 °C /-10 %, +3 °C /-20%. Para evaluar el efecto de estas variables climáticas, sin otras interacciones en el análisis, no se consideró la influencia del incremento del CO₂ atmosférico en la producción del maíz.

Análisis estadístico

Para la evaluación de la simulación de la producción de MS y N en los experimentos modelizados se emplearon índices estadísticos complementarios entre sí. El índice de concordancia (*d*) es un indicador del tamaño relativo de las diferencias entre las predicciones del modelo y las observaciones (Willmott, 1982):

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_i^n (O_i - M_i)^2}{\sum_i^n (|O_i| + |M_i|)^2} \right]$$

donde O_i y M_i son los valores observados y simulados para la observación i , $|O_i|$ y $|M_i|$ son las diferencias con respecto a la observación media, de las observaciones y la simulaciones, respectivamente, siendo n el número total de observaciones. Un valor de 1 indica la máxima precisión del modelo y un valor de 0 la mínima. La raíz del error cuadrático medio (RMSE), reflejo de las diferencias entre los valores observados y las predicciones, y el error "bias" (sesgo) medio

(MBE), de las desviaciones sistemáticas se calcularon mediante las ecuaciones propuestas por Wilmott (1982):

$$RMSE = \sqrt{\left(\sum_i^n (O_i - M_i)^2 / n \right)}$$

$$MBE = \sum_i^n (M_i - O_i) / n$$

La eficiencia de la modelización (EF) (Nash y Sutcliffe, 1970) puede variar entre menos infinito y uno. Un valor negativo indica que la media de las observaciones es un mejor estimador que las predicciones del modelo, y la calidad de la simulación aumenta en la medida en que este indicador se aproxima a uno.

$$EF = 1 - \frac{\sum_i^n (M_i - O_i)^2}{\sum_i^n (O_i - \bar{O})^2}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación estadística de las simulaciones (Tabla 2) muestra que el modelo reproduce los rendimientos obtenidos de forma razonable con valores de d superiores a 0,7 y una EF positiva, que es mejor para la MS que para el N, como también se aprecia visualmente (Figura 1). Valores negativos de MBE indican una subestimación de ambas variables, aunque de forma más acentuada para el N. La Figura 1 muestra que, para muchos tratamientos, los rendimientos simulados son muy cercanos a las observaciones de MS y, en menor medida, también a las de N, con independencia de la localización. Sin embargo, las diferencias sustanciales entre diseños experimentales (sistema de producción, cultivares, etc.), han podido contribuir de forma significativa a incrementar los errores en la modelización, con desviaciones considerables entre las producciones simuladas y observadas en algún tratamiento. Este sería el caso del maíz producido de forma convencional en Villaviciosa, donde se obtuvieron rendimientos en MS total por encima de 20 Mg ha⁻¹ con contenidos en N superiores a 250 kg Nha⁻¹. Así, se pone de relieve la necesidad de explorar una calibración específica (i.e., optimización de parámetros genéticos en el modelo) para diferentes cultivares incluso dentro de una misma región agro-climática.

Tabla 2. Evaluación estadística de la simulación de producción de materia seca (MS) y de nitrógeno (N) del maíz forrajero no irrigado en regiones atlánticas del norte peninsular. Número de observaciones, $n=41$ para ambas variables.

	MS (Mg ha ⁻¹)	N (kg ha ⁻¹)
índice de concordancia (adimensional)	0.71	0.72
raíz cuadrada del error cuadrático medio	3.07	45.6
error de sesgo medio	-0.88	-30.7
eficiencia de la modelización (adimensional)	0.34	0.15

La aceleración del ciclo de cultivo con la temperatura aparece como causa principal del descenso de la producción de MS del maíz simulado con FASSET en los escenarios de cambio climático (Figura 2). Esto sería debido a la reducción del periodo disponible para la interceptación de radiación, asimilación de carbono y producción de biomasa (p. ej. Muchow *et al.*, 1990). En el caso de un aumento de 3 °C, la reducción del ciclo puede ser superior a un mes según los resultados del modelo. De esta forma la reducción de MS podría ser significativa sino se produce un adelanto de la siembra

o se adoptan cultivares con ciclo más largo. Esta misma aceleración del ciclo de cultivo atenuaría el impacto de la reducción de la intensidad de las precipitaciones en los escenarios analizados. En efecto, se observa como FASSET simula un menor número de días de cultivo con déficit hídrico al aumentar la temperatura. Esto supone que las estrategias de adaptación al cambio climático basadas en la elección de cultivares de ciclo más largo deban abordar también la eficiencia en el uso del agua en las regiones húmedas del Norte peninsular”.

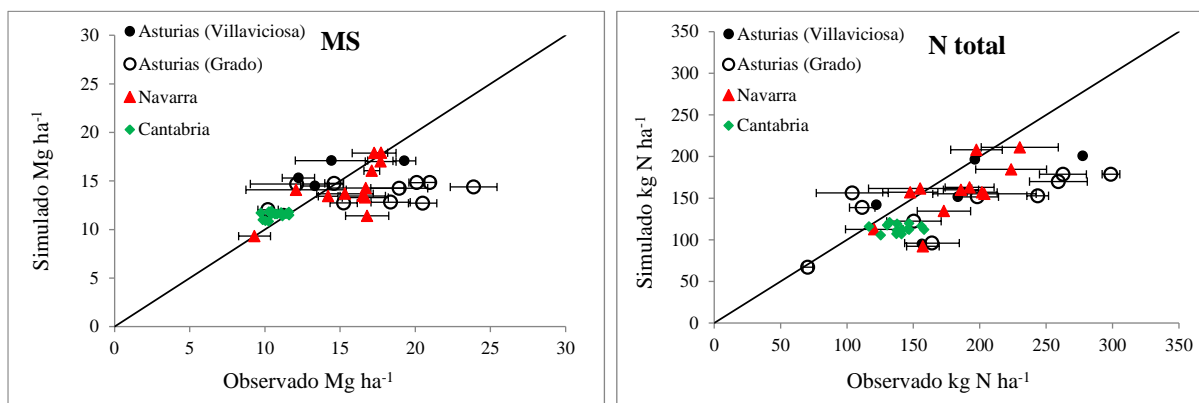


Figura 1. Producción de materia seca (MS) y nitrógeno (N) en cosecha del maíz forrajero utilizado para la validación del modelo. Las barras de error indican el error estándar de las observaciones.

En este ejercicio de simulación, aumentos de temperatura de hasta 2 °C no suponen un efecto negativo en el N absorbido por el maíz (Figura 2). Un aumento de la temperatura, en condiciones no limitantes de agua, favorece la mineralización del N en el suelo y la actividad radicular (Olesen y Bindi, 2002). Este efecto es reproducido por FASSET con un incremento en la mineralización neta durante el cultivo del maíz y un incremento en el ratio de absorción de N. Sin embargo, la aceleración de la fenología simulada con un incremento de la temperatura media diaria de 3 °C no es compensada por una mayor disponibilidad de N para la planta. El resultado es una reducción del N del cultivo, si bien la concentración proteica continua aumentando hasta cerca de un 20% respecto a la situación actual.

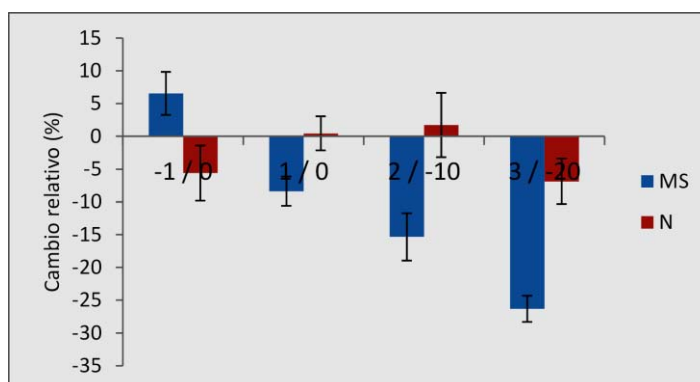


Figura 2. Efecto de la variación de la temperatura y de la precipitación en la producción de materia seca (MS) y nitrógeno (N) del maíz respecto a la situación actual (MS = 10 Mg ha⁻¹; N=103 kg ha⁻¹) en Heras (Cantabria). En el eje-x los números a la izquierda y derecha de la barra indican la variación de la temperatura (°C) y de la precipitación (%) diaria, respetivamente. Las barras de error indican la variabilidad del cambio relativo (n = 10 años).

CONCLUSIONES

FASSET es una herramienta válida para modelizar la producción de maíz forrajero a nivel de parcela en regiones húmedas del Norte Peninsular. Cultivares con atributos significativamente diferenciales (p. ej. muy elevada respuesta productiva) requieren, no obstante, una adaptación específica del modelo. Los resultados del modelo ante las proyecciones climáticas indican una aceleración de la fenología del maíz que penaliza su productividad. Aunque se trata de un estudio inicial en el que no se ha tenido en consideración, por ejemplo, la elevación prevista de la concentración del CO₂ en la atmósfera, los escenarios evaluados apuntan a reconsiderar los ciclos de cultivo anuales y a tener en cuenta la eficiencia en el uso del agua y del N como estrategias de adaptación en estas áreas de producción.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) a través del proyecto RTA2012-00065-C05-00/03.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Busqué J., Doltra J., Jiménez S., Salcedo G., Báez D., Flores G., Argamentería A., Martínez-Fernández A. y Mangado J. (2017). Factores climáticos relacionados con la producción forrajera del cultivo del maíz en secano en la Cornisa Cantábrica. Barcelona, 56ª Reunión Científica de la SEEP.

Doltra J., Lægdsmand M. y Olesen J.E. (2014). Impacts of projected climate change on productivity and nitrogen leaching of crop rotations in arable and pig farming systems in Denmark. *Journal of Agricultural Science* 152, 75-92.

Doltra J., Olesen J.E., Báez D., Louro A. y Chirinda N. (2015). Modeling nitrous oxide emissions from organic and conventional cereal-based cropping systems under different management, soil and climate factors. *European Journal of Agronomy* 66, 8–20.

Gutiérrez J.M., Herrera S., San Martín D., Sordo C., Rodríguez J.J., Frochoso M., Ancell R., Fernández J., Cofiño A.S., Pons M.R y Rodríguez M.A. (2010). *Escenarios regionales probabilísticos de cambio climático en Cantabria: Termopluiometría*. Universidad de Cantabria, 169 pp.

MAGRAMA (2012). *Anuario de Estadística Agraria 2012*. Capítulo 13. Superficies y producciones de cultivos: Cultivos forrajeros. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Muchow R. C., Sinclair T. R. y Bennett J.M. (1990). Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locations. *Agronomy Journal* 82, 338-343.

Nash J.E. y Sutcliffe J.V. (1970). River flow forecasting through conceptual models, Part I – A discussion of principles. *Journal of Hydrology* 10, 282–290.

Olesen J.E. y Bindi M. (2002). Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy* 16, 239-262.

Olesen J.E., Petersen B.M., Berntsen J., Hansen S., Jamieson P.D. y Thomsen A.G. (2002). Comparison of methods for simulating effects of nitrogen on green area index and dry matter growth in winter wheat. *Field Crops Research* 74, 131-149.

Illmott C.J. (1982). Some comments on the evaluation of model performance. *Bulletin of the American Meteorological Society* 63 (11), 1309-1313.

AUTOTOXICIDAD EN ALFALFA. EFECTO DEL INTERVALO ENTRE DOS SIEMBRAS SUCESIVAS SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL FORRAJE

I. DELGADO¹, F. MUÑOZ¹, D. ANDUEZA²

¹Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Avda. Montañana 930. 5059 Zaragoza (España). ²INRA-UMR1213 Herbivores, INRA, VetAgro Sup, Clermont Université, Université de Lyon, 63122 Saint-Genès-Champagnelle, France

Correspondencia: idelgado001@hotmail.com

RESUMEN

La autotoxicidad en la alfalfa se manifiesta en el laboratorio por un descenso de la germinación y vigor de las plántulas, pero puede no manifestarse en el campo, si entre el alzado de un alfalfar viejo y una nueva siembra, se deja un intervalo de tiempo sin cultivar alfalfa. En el presente trabajo se evalúa el efecto autotóxico en condiciones de campo del valle medio del Ebro, durante 2009-2013. Se ensayaron tres intervalos de tiempo entre alzado y siembra: 15 días, seis meses y un año. Se evaluó la implantación, la producción y el contenido en proteína bruta del forraje. Los resultados mostraron una menor implantación cuando el intervalo de tiempo fue de 15 días y seis meses. La producción de forraje se redujo cuando el intervalo fue de 15 días, pero solo se manifestó el primer año en los restantes intervalos. La autotoxicidad no afectó al contenido en proteína bruta del forraje. Los resultados sugieren que la autotoxicidad de la alfalfa puede no suponer un impedimento para el establecimiento de nuevos alfalfares, si se mantiene al menos un intervalo de un año, en las condiciones de cultivo del experimento.

Palabras clave: *Medicago sativa* L., rotación de cultivos, establecimiento, regadío, proteína bruta

SUMMARY

Alfalfa plants contain water-soluble substances that inhibit the germination and seedling growth of alfalfa in laboratory studies. However, this effect may be absent under field conditions. This work evaluates the autotoxicity of alfalfa under field conditions when reseeding alfalfa in rotation intervals of 15 days, six months and 12 months. The study was carried out under irrigation conditions in the Ebro valley, in Zaragoza during 2009-2013. A lower establishment was observed when the rotation interval between alfalfa stands was 15 days or six months compared to that of 12 months. The forage yield was significantly lower when the rotation interval was 15 days, but decreased only in the first year in the other delays. The crude protein content was not affected by the autotoxicity. Results suggest that alfalfa autotoxicity may not be an obstacle for reseeding alfalfa stands under field conditions, at least, if a rotation interval of 12 months is established between alfalfa stands.

Key words: *Medicago sativa* L., crop rotation, establishment, irrigation, crude protein

INTRODUCCIÓN

La autotoxicidad en alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una expresión intraespecífica de la alelopatía que la planta manifiesta al liberar sustancias químicas solubles en agua, las cuales alteran el establecimiento de nuevas plantas en un suelo en el que se encontraba implantado otro cultivo de alfalfa. La afección suele manifestarse en la germinación de la semilla, el establecimiento de las nuevas plántulas y desarrollo de las raíces, y en la producción de forraje (Chon *et al.*, 2006). El efecto nocivo de las siembras sucesivas de alfalfa es conocido desde hace tiempo entre los agricultores y, por ello, la rotación con otros cultivos ha sido una práctica llevada a cabo tradicionalmente, con el

fin de evitar la proliferación de enfermedades específicas, fallos y pérdidas de vigor (de Travernet, 1848), existiendo el dicho popular de que debe dejarse sin cultivar alfalfa en un campo, tantos años como ha permanecido el anterior alfalfar (Baeta, 1912).

Los efectos tóxicos directos de la exudación de la alfalfa han sido ampliamente demostrados en el laboratorio y en el invernadero utilizando material inerte (Chung y Miller, 1995; Chocarro y Lloveras, 2014), pero no están nada claros en condiciones de campo, debido a la interacción de numerosos factores del medio como el tipo de suelo o la pluviosidad (Jennings y Nelson, 1998), y a la variabilidad intraespecífica de la especie (Chon *et al.*, 2003). Algunos autores sugieren que el contenido en componentes tóxicos varía con la edad de un alfalfar ya que aquellos se incrementan con la duración del cultivo (Angler, 1992), pero otros autores indican que la toxicidad no afecta si se mantiene un tiempo prudencial entre el alzado del viejo alfalfar y la nueva siembra (Tesar, 1993).

No hay acuerdo en la bibliografía consultada sobre el intervalo de tiempo que debe transcurrir entre el alzado de un alfalfar y el establecimiento de otro en la misma parcela. Según autores, varía desde ser suficiente un descanso de 2-3 semanas (Tesar, 1993; Seguin *et al.*, 2002), un año (Jennings y Nelson, 2002) hasta los que recomiendan dejar pasar 6 años hasta el establecimiento de un nuevo alfalfar (Webster *et al.*, 1967). Esta variabilidad de recomendaciones sugiere que pueden contribuir a ello, las condiciones edáficas y pluviométricas del lugar (Jennings y Nelson, 1998). El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto del intervalo entre alzado y siembra de un nuevo alfalfar sobre el establecimiento del cultivo, la producción y calidad del forraje en las condiciones de cultivo con riego por inundación del valle medio del Ebro.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en un campo de 5000 m² preparado para riego por inundación, en la finca experimental del CITA en Zaragoza, entre otoño de 2009 y octubre de 2013. Las características climatológicas del periodo fueron: 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. Las características edafológicas en los primeros 30 cm de profundidad fueron: textura franco-arcillo-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.

Tres años antes de iniciar el experimento, con el fin de disponer de suelo cultivado y no cultivado de alfalfa, se estableció un ensayo comparativo con dos cultivos, alfalfa y festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb.), distribuidos en bloques al azar con cuatro repeticiones, siendo la parcela elemental de 108 m² (18 x 6 m). Las cuatro parcelas de alfalfa tenían por finalidad ser utilizadas para la siembra de alfalfa tras alfalfa en el experimento objeto de este trabajo, y las de festuca alta disponer de suelo que no había sido sembrado de alfalfa desde al menos tres años antes. El campo se alzó en otoño de 2009. Cada una de las ocho parcelas, se dividieron en tres partes iguales con un tamaño de parcela elemental de 36 m² (6 x 6 m), con el fin de realizar los siguientes tratamientos: i) siembra inmediatamente después del alzado en otoño; ii) siembra a los seis meses, en la primavera siguiente; iii) siembra al año de efectuarse el alzado. En este último tratamiento, el año de espera que precedió a la siembra con alfalfa, se ocupó con raigrás italiano (*Lolium multiflorum* L.).

La dosis de siembra utilizada fue de 25 kg ha⁻¹ de semilla de cultivar 'Aragón'. Como abonado de fondo se aportaron 500 kg ha⁻¹ del complejo 8-15-15 y 300 kg ha⁻¹ en los años siguientes en cobertera, en invierno. Al mes de la siembra se contabilizó el número de plántulas presentes mediante el lanzamiento de cuatro marcos de 0,25 m² por parcela elemental. Cuando la siembra se

realizó en otoño se efectuaron seis cortes anuales, y cuando se efectuó en primavera, cuatro cortes el primer año y seis los restantes. El experimento concluyó en otoño de 2013. La producción de materia seca (MS) se evaluó mediante el lanzamiento al azar de dos cuadros de 0,5 m² en cada parcela elemental en el estado fenológico de inicio de floración, salvo en los cortes primero y último, que no presentaban inflorescencias. Una muestra de forraje por cada parcela elemental 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). El diseño estadístico fue en bloques a azar con cuatro repeticiones, analizando cada fecha de siembra independientemente. Los resultados se compararon mediante el análisis de la varianza (ANOVA) y el test LSD, con el paquete estadístico SAS (2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos sobre el número de plantas establecidas al mes de la siembra se presentan en la Tabla 1. Los resultados muestran un efecto alelopático elevado ($P < 0,01$) cuando la siembra sobre alfalfa se realizó a los 15 días del arranque del anterior alfalfar, siendo el número de plantas establecidas de 68 pl m⁻² en las parcelas implantadas con alfalfa en el cultivo precedente vs 174 pl m⁻² en las parcelas implantadas con festuca alta en el cultivo precedente. Cuando el distanciamiento de la siembra posterior al arranque del alfalfar fue de seis meses, el efecto alelopático se redujo ($P < 0,05$), siendo de 217 pl m⁻² vs 256 pl m⁻², respectivamente. No se obtuvieron diferencias significativas entre los cultivos de alfalfa implantados tras alfalfa o tras festuca respectivamente cuando el intervalo entre el alzado del cultivo precedente y la siembra de la alfalfa fue de un año. Estos resultados son acordes con los aportados por la bibliografía (Jennings y Nelson, 1998; Seguin *et al.*, 2002; De Albuquerque *et al.*, 2011), en cuanto que los exudados de la alfalfa afectan al establecimiento de nuevas plantas de alfalfa, pero que estos se diluyen con el tiempo por efecto del lixiviado por la lluvia o el riego, o son inmovilizados por la textura limosa del suelo.

Tabla 1. Número de plantas establecidas m⁻², según el intervalo de tiempo entre dos siembras sucesivas de alfalfa.

Fecha de siembra	Tratamiento	Plantas m ⁻²
15 días después del alzado	Alfalfa sobre alfalfa	67,8
	Alfalfa sobre festuca	174,0
Significación		**
6 meses después del alzado	Alfalfa sobre alfalfa	217,5
	Alfalfa sobre festuca	256,0
Significación		*
Un año después del alzado	Alfalfa sobre alfalfa	84,8
	Alfalfa sobre festuca y raigrás	119,0
Significación		NS

NS: $P > 0,05$; *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$.

La producción de MS también se vio afectada por el efecto alelopático de la alfalfa sobre sí misma, según se muestra en la Tabla 2. Cuando el intervalo entre siembra y alzado del cultivo precedente fue de 15 días, la producción se redujo significativamente ($P < 0,01$) en la siembra de alfalfa tras alfalfa, siendo de 44 480 kg vs 52 707 kg de MS ha⁻¹, en el total de los cuatro años del experimento. Cuando el intervalo entre siembra y alzado del cultivo precedente fue de seis meses la producción fue de 45 224 kg vs 48 515 kg de MS ha⁻¹, aunque las diferencias no fueron significativas ($P > 0,05$). Cuando el distanciamiento entre siembras fue de un año, la producción total

de tres años de experimento (uno menos que en las anteriores siembras) fue de 31 388 kg vs 36 292 kg de MS ha⁻¹, pero la diferencia significativa habida entre las producciones (P<0,05) se debió al primer año, no siendo significativo en los dos años restantes.

Tabla 2. Producción anual, en kg de materia seca ha⁻¹, según el intervalo de tiempo entre dos siembras sucesivas de alfalfa.

Fecha de siembra	Tratamiento	2010	2011	2012	2013	Total
15 días después alzado	Alfalfa sobre alfalfa	11 008	13 583	11 903	7986	44 480
	Alfalfa sobre festuca	13 208	17 905	13 153	8443	52 707
Significación		*	**	*	NS	**
6 meses después alzado	Alfalfa sobre alfalfa	7381	13 881	13 510	10 452	45 224
	Alfalfa sobre festuca	7547	16 571	13 551	10 846	48 515
Significación		NS	*	NS	NS	NS
Un año después alzado	Alfalfa sobre alfalfa	-	8386	13 491	9511	31 388
	Alfalfa sobre festuca y raigrás	-	12 171	14 114	10 007	36 292
Significación			*	NS	NS	*

NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01.

Como puede apreciarse por los resultados, el efecto de la fitotoxicidad sobre la producción de materia seca mostró su mayor expresión en el primer año de producción en todos los tratamientos; en los años siguientes, la producción se igualó salvo en la siembra de alfalfa tras alfalfa a los 15 días del alzado, que se mantuvo hasta el tercer año. Resultados similares se recogen en la bibliografía consultada. Seguin *et al.* (2002) obtuvieron una menor producción en el primer año de siembra, cuando no hubo descanso entre alzado y siembra, pero el efecto se diluyó con un intervalo de 15 días entre alzado y siembra; Jennings y Nelson (2002) obtuvieron menores producciones el año de siembra con periodos de descanso entre alzado y siembra de hasta seis meses; Chon *et al.*, (2006) apreció que era necesario un periodo de descanso entre seis y 12 meses antes de volver a sembrar alfalfa, pero recomendaba su prolongación a 24 meses por seguridad. Dado que la alfalfa también tiene efectos alelopáticos sobre otros cultivos, Miller (1983) recomendó utilizar como cultivo intercalar el maíz por su menor afección. Los resultados de este experimento contradicen los realizados en un experimento anterior en el cual no se apreciaron efectos alelopáticos en la alfalfa. Se utilizaron para ello macetas rellenas con tierra de campo. La manipulación de la tierra y el riego continuado de las macetas pudo contribuir al lixiviado de los exudantes tóxicos y a la no manifestación de los efectos tóxicos (Delgado y Muñoz, 2009).

En lo que respecta a la incidencia de la autotoxicidad sobre el contenido en proteína bruta del forraje, aquélla no le afectó significativamente (P>0,05), según muestran los resultados de la Tabla 3. Tampoco se han encontrado referencias en la bibliografía ya citada, ni en la revisión efectuada por De Albuquerque *et al.* (2011) de que la autotoxicidad afectase a la calidad del forraje.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que la siembra de alfalfa a los 15 días del alzado del alfalfar viejo afecta tanto a la nascencia como a la producción total de forraje, pero estos efectos se aminoran notablemente cuando se mantiene el campo sin sembrar un periodo de seis meses, y apenas es perceptible el efecto autotóxico cuando se intercala un cultivo anual entre dos siembras de alfalfa.

Desde un punto de vista práctico, los resultados de este estudio permiten acortar considerablemente la duración del periodo entre dos siembras de alfalfa en la misma parcela. Tradicionalmente, el agricultor tras el alzado de un alfar dejaba sin cultivar nuevamente alfalfa tantos años como había permanecido el cultivo anterior. Con los resultados obtenidos se puede aseverar que 6 meses o a lo sumo un año, sería suficiente tiempo intercalar entre dos cultivos sucesivos de alfalfa, acortando notablemente el tiempo de espera.

Tabla 3. Porcentaje de proteína bruta sobre materia seca según el intervalo de tiempo entre dos siembras sucesivas de alfalfa.

Fecha de siembra	Tratamiento	1 ^{er} corte	2 ^o corte	3 ^{er} corte	4 ^o corte	5 ^o corte	6 ^o corte
2010							
15 días después del alzado	Alfalfa sobre alfalfa		18,7	17,3	17,9	21,9	18,6
	Alfalfa sobre festuca		20,6	18,2	17,6	22,9	18,3
Significación			NS	NS	NS	NS	NS
6 meses después del alzado	Alfalfa sobre alfalfa			20,4	18,4	23,3	19,8
	Alfalfa sobre festuca			19,3	17,3	22,7	19,3
Significación				NS	NS	NS	NS
2011							
15 días después del alzado	Alfalfa sobre alfalfa	22,1	18,0	17,4	19,9	17,7	21,5
	Alfalfa sobre festuca	23,0	20,0	16,9	19,4	18,4	20,5
Significación		NS	NS	NS	NS	NS	NS
6 meses después del alzado	Alfalfa sobre alfalfa	21,3	18,1	17,4	20,8	17,5	23,1
	Alfalfa sobre festuca	23,1	19,0	17,1	19,6	17,2	20,6
Significación		NS	NS	NS	NS	NS	NS
Un año después del alzado	Alfalfa sobre alfalfa		16,6	19,7	22,0	18,6	17,8
	Alfalfa sobre festuca y raigrás		19,0	18,9	20,8	17,5	21,5
Significación			NS	NS	NS	*	NS
2012							
15 días después del alzado	Alfalfa sobre alfalfa	20,7	19,4	17,0	-	20,9	25,5
	Alfalfa sobre festuca	19,9	20,6	17,4	-	20,9	24,0
Significación		NS	NS	NS	-	NS	NS
6 meses después del alzado	Alfalfa sobre alfalfa	20,7 a	21,6	15,0	-	20,5	25,2
	Alfalfa sobre festuca	19,4 b	21,7	15,0	-	19,9	20,6
Significación		*	NS	NS	-	NS	*
Un año después del alzado	Alfalfa sobre alfalfa	20,3	18,8	16,1	-	20,4	20,9
	Alfalfa sobre festuca y raigrás	20,3	20,2	16,7	-	20,6	22,0
Significación		NS	NS	NS	-	NS	NS

NS: P>0,05; *: P<0,05.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el M^o de Economía, Industria y Competitividad y FEDER, dentro del proyecto RTA2009-00063-C02-01.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Angler D.A. (1992) Changes in soil aggregation and organic carbon under corn and alfalfa. *Soil Science of Society American Journal*, 56, 1244-1249.

Baeta J.A. (1912) *Mi vida en el campo*. Tomo I. Zaragoza, España: Imprenta del Hospicio Provincial.

- Chocarro C. y Lloveras J. (2014) Potencial alelopático de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) sobre diferentes leguminosas forrajeras. En: Busqué J. *et al.* (eds.). *Pastos y PAC 2014-2020*, pp. 153-160. Potes, Cantabria: SEEP.
- Chon S.U., Nelson C.J. y Coutts J.H. (2003) Physiological assessment and path coefficient analysis to improve evaluation of alfalfa autotoxicity. *Journal of Chemical Ecology*, 29 (11), 2413-2424.
- Chon S.U., Jennings J.A. y Nelson C.J. (2006) Alfalfa (*Medicago sativa* L.) autotoxicity: Current status. *Allelopathy Journal*, 18 (1), 57-80.
- Chung I.M. y Miller D.A. (1995) Effect of alfalfa plant and soil extracts on germination and growth of alfalfa. *Agronomy Journal*, 87 (4), 762-767.
- De Albuquerque M., Dos Santos R., Lima L., Melo Filho P., Nogueira R., Da Camara C. y Ramos A. (2011) Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 31, 379-395.
- De Travernet Marques de (1848) *Catecismo de agricultura universal*. Madrid, España: S. Saunaque.
- Delgado I. y Muñoz F. (2009) Valoración de la autotoxicidad en alfalfa en condiciones de campo. En: Reiné R. *et al.*, (eds.). *La multifuncionalidad de los pastos: Producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp. 311-317. Huesca, España: SEEP.
- Helrick K. (1990) *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Arlington, USA: AOAC International.
- Jennings J.A. y Nelson C.J. (1998) Influence of soil texture on alfalfa autotoxicity. *Agronomy Journal*, 90 (1), 54-58.
- Jennings J.A. y Nelson C.J. (2002) Rotation interval and pesticide effects on establishment of alfalfa after alfalfa. *Agronomy Journal*, 94, 786-791.
- Miller D.A. (1983) Allelopathic effects of alfalfa. *Journal of Chemical Ecology*, 9(8), 1059-1072.
- SAS (2004) *SAS user's guide: Statistics version 9.1.2*. N.C., USA: SAS Institute Inc., Cary.
- Seguin P., Sheaffer C.C., Shmitt M.A., Ruselle M.P., Randall G.W., Peterson P.L., Hoverstad T.R., Quiring S.R. y Swanson D.R. (2002) Alfalfa autotoxicity: Effects of reseeding delay, original stand age, and cultivar. *Agronomy Journal*, 94, 775-781.
- Tesar M.B. (1993) Delayed seeding of alfalfa avoids autotoxicity after plowing or glyphosate treatment of established stands. *Agronomy Journal*, 85 (2), 256-263.
- Webster G.R., Khan S.U. y Moore A.W. (1967) Poor regrowth of alfalfa (*Medicago sativa* L.) on some Alberta soils. *Agronomy Journal*, 59, 37-41.

EVALUACION DE DIFERENTES DOSIS DE SIEMBRA DE ALFALFA EN SECANO

I. DELGADO¹, F. MUÑOZ¹, D. ANDUEZA²

¹Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Avda. Montañana 930. 5059 Zaragoza (España). ²INRA-UMR1213 Herbivores, INRA, VetAgro Sup, Clermont université, université de Lyon, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France.

Correspondencia: idelgado001@hotmail.com

RESUMEN

El coste del establecimiento de un alfalar en secanos semiáridos puede suponer un impedimento económico cuando su destino es el pastoreo o la protección de las aves. En el presente trabajo se ensayaron cuatro dosis de siembra, 7, 14, 21 y 28 kg/ha en tres condiciones de secano de Aragón, durante 2009-2014, evaluando la implantación y persistencia de las plantas, y la producción de forraje. Los resultados mostraron que la implantación fue menor con la dosis de siembra más baja pero el número de plantas presentes se igualó al final del experimento. No hubo diferencias en la producción de forraje atribuibles a la dosis de siembra. Los resultados sugieren que la dosis de siembra de 7 kg/ha puede ser suficiente para el establecimiento de alfalfares en distintas condiciones de secano.

Palabras clave: *Medicago sativa* L., cubierta vegetal, establecimiento, producción de materia seca, persistencia

SUMMARY

The establishment cost of alfalfa stands can be an impediment when their destination is for grazing or bird protection. This work studies four seeding rates, 7, 14, 21 and 28 kg/ha under three dryland conditions in Aragón, during 2009-2014. We evaluated establishment, persistence and forage dry matter yield. Results showed that the crop establishment was lower when seeding rates were lower, but the number of surviving plants was similar among doses. Forage dry matter yield was not affected by seeding rates. These data suggest that a seeding rate at 7 kg/ha may be sufficient for the proper establishment of alfalfa stands in dryland conditions.

Key words: *Medicago sativa* L., plant cover, establishment, dry matter yield, persistence

INTRODUCCIÓN

La alfalfa es el segundo cultivo forrajero en España en superficie ocupada con 247 639 ha, 35% de las cuales se localizaron en secano y, de ellas, el 12,6% se aprovechó mediante pastoreo. En Aragón es el primer cultivo forrajero con 86 018 ha, de las cuales el 18,4% se cultivó en secano y el 47,8% se destinó a pastos (MAGRAMA, 2016). El mayor destino a pastoreo de la alfalfa en Aragón, puede atribuirse a que se utiliza como cubierta vegetal para la reconversión de las tierras poco productivas en pastos de bajo coste para el ganado o para la protección de las aves, dadas sus cualidades de adaptación al medio, productividad y valor forrajero (Delgado, 2012).

Para el establecimiento de un alfalar en España, es habitual que los agricultores utilicen dosis de semilla, que con frecuencia superan los 40 kg/ha en regadío (Álvaro y Lloveras, 2003), cifras que en la práctica trasladan al secano. Con ello buscan garantizar un establecimiento seguro del cultivo, la lucha contra las malas hierbas, la obtención de una mayor producción de forraje el primer año o

más calidad por el menor grosor de los tallos. En contrapartida, encarecen los gastos de establecimiento.

En la bibliografía consultada no se aprecia que la producción de forraje se incremente significativamente con dosis de siembra superiores a 10-12 kg/ha (Hycka, 1983; Sarraj, 1987; Tesar y Marble, 1988; Nelson *et al.*, 1996; Min *et al.*, 2000; Hall *et al.*, 2004; Lloveras *et al.*, 2008). Sin embargo, otros autores recomiendan utilizar dosis de 20-25 kg/ha para garantizar un buen establecimiento (Le Gall *et al.*, 1992) o controlar las malas hierbas (Yazdani *et al.*, 2012). Una dosis de siembra de 10 kg/ha supone la aportación de al menos 360 semillas viables/m² (450 semillas/g x 80% de germinación), las cuales pueden asegurar el establecimiento de, entre 150 plantas/m² (Lloveras *et al.*, 2008) y 250 plantas/m² (Tesar y Marble, 1988) en buenas condiciones de humedad, y de 75 plantas/m² (Hycka, 1983) en condiciones de secano semiárido. Estas dosis se consideran suficientes para obtener producciones óptimas de forraje, según dichos autores.

En el presente trabajo se evalúan diferentes dosis de siembra de alfalfa en secanos semiáridos de Aragón, con el fin de disponer de resultados para difundir entre los agricultores prácticas de cultivo que contribuyan a rebajar los gastos de establecimiento en campos destinados a pastoreo para el ganado o a la protección de la fauna.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en tres localizaciones de secano: Ligüerre de Cinca (Huesca), Zuera (Zaragoza) y Badules (Zaragoza), entre otoño de 2009 y octubre de 2014. Las principales características climatológicas y edafológicas de los lugares donde se llevaron a cabo los ensayos se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Altitud, características climatológicas, edafológicas y fecha de siembra de los ensayos

Localización	Ligüerre (Hu)*	Badules (Z)**	Zuera (Z) ***
Altitud (m)	535	930	400
T ^a mensual media máxima (°C)	20,2	18,5	20,7
T ^a mensual media mínima (°C)	5,8	8,9	7,9
Precipitación media anual (mm)	492,2	403,9	370,6
Precipitación anual 2009 (mm)	584,4	-	-
Precipitación anual 2010 (mm)	538,1	-	345,2
Precipitación anual 2011 (mm)	404,5	371,6	372,0
Precipitación anual 2012 (mm)	441,8	384,1	317,8
Precipitación anual 2013 (mm)	-	491,0	440,3
Precipitación anual 2014 (mm)	-	368,7	-
Textura	franca	franca	franco-arcillosa
pH al agua 1:2,5	8,32	8,5	8,25
Salinidad C.E. 1:5 (dS/m)	0,24	0,2	0,19
MO por espectrometría (%)	1,49	2,33	2,24
P Olsen por espectrometría (mg/kg)	7,15	18	19,14
K (extracto acetato amónico) (mg/kg)	134	250	288
Fecha de siembra	24.4.2009	11.3.2011	29.10.2009

Estaciones meteorológicas ; * Barbastro; ** Daroca; *** Vedado de Zuera

Se ensayaron cuatro dosis de siembra: 7, 14, 21 y 28 kg/ha, utilizando como semilla el ecotipo 'Tierra de Campos'. La siembra se realizó a voleo, en las fechas que se presentan en la Tabla 1. En todos los ensayos se evaluaron tres años productivos, por lo que el estudio duró cuatro años en cada ensayo, dado que, en secano, el año de siembra no se considera como productivo ya que el establecimiento de los ensayos en dichas condiciones es lento y apenas hay oferta de pasto. Como abonado de fondo se aportaron 250 kg/ha del complejo NPK 8-15-15. La dosis se repitió a los dos años de la siembra.

Se llevaron a cabo las siguientes evaluaciones, poblamiento al inicio y final del experimento y producción de materia seca. El poblamiento al inicio se realizó mediante el lanzamiento al azar de cuatro cuadros de 0,25 m² por parcela elemental al mes de iniciada la nascencia; el del final mediante el arranque y conteo de las raíces de dos cuadros de 0,50 m². La producción de materia seca se evaluó mediante el muestreo del forraje obtenido en dos cuadros de 0,50 m² lanzados al azar en cada parcela elemental antes de cada corte. Los aprovechamientos se realizaron en el estado fenológico de inicio de floración, salvo en los cortes primero y último, que no presentaban inflorescencias. Una muestra de forraje por cada parcela elemental se secó a 60 °C en estufa ventilada, hasta peso constante.

Las cuatro dosis de siembra se compararon según un diseño estadístico en cuadrado latino, con cuatro repeticiones, en cada localidad. El tamaño de la parcela elemental fue de 50 m² (5 x 10 m) en Ligüerre de Cinca y Zuera, y de 25 m² (5 x 5 m) en Badules, analizando cada localización independientemente. Los resultados se compararon mediante el análisis de la varianza (ANOVA) y el test LSD, con el paquete estadístico SAS (2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de poblamiento al inicio y final del experimento se presentan en la Tabla 2. La nascencia fue satisfactoria en los ensayos de Ligüerre de Cinca y Badules, siendo el número de plántulas presentes al mes de la siembra en Ligüerre de Cinca de 68, 148, 169 y 178 plántulas/m² para las dosis de 7, 14, 21 y 28 kg de semilla/ha, respectivamente, y en Badules de 84, 216, 292 y 356 plántulas/m². En Zuera la nascencia fue más escasa con 18, 37, 51 y 50 plántulas/m², debido a la mayor irregularidad de las lluvias y a las heladas invernales. Al final del experimento, el poblamiento se había reducido de media al 51% en Ligüerre, 19 % en Badules y 29% en Zuera. En Badules, el número de plantas presentes al inicio del experimento con la densidad de 7 kg/ha fue mayor que al final del mismo, lo que podría atribuirse al establecimiento de nuevas plantas con posterioridad al control de la nascencia. La mayor desaparición de plantas tuvo lugar con las dosis de siembra más altas, quedando al final del experimento 90,4%, 65,5%, 57,4% y 53,9% para las dosis de 7, 14, 21 y 28 kg de semilla/ha respectivamente.

El poblamiento al mes de la siembra fue significativamente inferior con la dosis de 7 kg/ha en todas las localizaciones. Posteriormente, la densidad de plantas se igualó al final del experimento, no siendo significativa, en las localidades de Ligüerre de Cinca y Badules, y permaneció significativamente inferior para la dosis de 7 kg/ha en el ensayo de Zuera. Los resultados de Ligüerre de Cinca y Badules, coinciden con los aportados por la bibliografía consultada, donde se muestra que el establecimiento inicial es proporcional al número de semillas aportadas, pero con el envejecimiento del alfalar el número de plantas que desaparecen es mayor cuanto más elevada es la dosis de siembra inicial debido principalmente a la competencia que se establece entre las plantas por el espacio (Hycka, 1983; Nelson *et al.*, 1996; Hall *et al.*, 2004). En el ensayo de Zuera, la irregularidad del establecimiento en la dosis de 7 kg/ha lastró los resultados.

Tabla 2. Densidad de plántulas/m² de alfalfa presentes al mes de la nascencia y al final del experimento, según la dosis de siembra, en tres localizaciones de secano.

Localización	Ligüerre de Cinca		Badules		Zuera	
Fecha	Nascencia	Alzado	Nascencia	Alzado	Nascencia	Alzado
	27.5.09	22.3.12	5.5.11	19.11.14	24.2.10	20.3.14
Dosis (kg/ha)	Plántulas/m ²					
7	68 b	39	84 c	119	18 b	13 b
14	148 a	60	216 bc	156	37 a	31 a
21	169 a	78	292 ab	173	51 a	34 a
28	178 a	89	356 a	177	50 a	31 a
Significación	**	NS	**	NS	*	*

NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01. Letras diferentes dentro de la columna indican P<0,05.

Las producciones de materia seca por cortes y anuales, se presentan en las Tablas 3, 4 y 5. La producción total de materia seca de los tres años productivos, promedio de las cuatro dosis de siembra, fue de 15 997 kg/ha en Ligüerre, 12 267 kg/ha en Badules y 7251 kg/ha en Zuera. Su diferente cuantía podría estar relacionada con la pluviosidad y la altitud (Tabla 1), dado que la evapotranspiración en altura es menor, pero no con la dosis de siembra que no fue significativa (P>0,05), exceptuando el año 2013 en Badules, donde la producción con la dosis de 28 kg/ha fue significativamente inferior (P<0,05). Por cortes, los más productivos fueron los dos primeros coincidiendo con la primavera siendo, en porcentaje, del 66% en Ligüerre, 83% en Badules y 62% en Zuera.

Tabla 3. Producción de materia seca de alfalfa por cortes (C) y total anual en Ligüerre de Cinca (Huesca), según la dosis de siembra.

Corte	C1	C2	C3	C4	Total	C1	C2	C3	C4	Total	C1	C2	C3	Total
Fecha	17.5	24.6	3.8	5.10	2010	27.4	2.6	14.7	5.9	2011	26.4	12.6	25.7	2012
Dosis	kg/ha													
7	1877	2829	2295	921	7922	2281	1148	2346	753	6529	663	989	501	2154
14	1988	2837	2247	785	7857	2242	1184	2258	590	6274	802	1157	498	2457
21	2074	2645	1865	771	7354	1922	1009	1651	428	5010	946	1051	374	2371
28	2022	2448	1920	898	7288	2352	1103	2108	641	6204	815	1328	426	2569
Signif.	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS: P>0,05

Tabla 4. Producción de materia seca de alfalfa por cortes (C) y total anual en Badules (Zaragoza), según la dosis de siembra.

Corte	C1	C2	Total	C1	C2	C3	C4	Total	C1	C2	C3	C4	Total
Fecha	16.5	26.6	2012	6.5	1.7	13.8	7.10	2013	14.5	20.6	22.7	19.11	2014
Dosis	kg/ha												
7	1168	568a	1736	2273	2377a	1109	107	5865a	1800	1638a	1353	250	5040
14	1475	547ab	2022	2403	2467a	1079	94	6042a	2001	1650a	1265	318	5233
21	1376	470bc	1845	2403	2555a	1121	80	6159a	1910	1864a	1073	295	5141
28	1189	441c	1189	2055	1899b	865	115	4933b	1887	1299b	1100	306	4591
Signif.	NS	*	NS	NS	*	NS	NS	*	NS	**	NS	NS	NS

NS: P>0,05; *: P<0,05; **P<0,01. Letras diferentes dentro de la columna indican P<0,05.

Los resultados confirman las observaciones llevadas a cabo por otros autores (Hycka, 1983; Sarraj, 1987; Nelson *et al.*, 1996; Min *et al.*, 2000; Lloveras *et al.*, 2008), en cuanto a que la dosis de siembra no afecta a la producción de forraje. Las plantas inicialmente establecidas varían según las dosis de siembra y autores: de 3 a 25 kg/ha y 30 a 222 plantas establecidas/m² (Nelson *et al.*, 1996); de 16 a 494 plantas trasplantadas/m² (Min *et al.*, 2000); de 3 a 27 kg/ha y 100 a 800 plantas establecidas/m² (Hall *et al.*, 2004); y de 10 a 40 kg/ha y 129-570 plantas establecidas/m² (Lloveras *et al.*, 2008), pero después del primer año, las máximas producciones ya se alcanzan con las densidades menores. Ello se atribuye a que las altas dosis de siembra producen una mayor nascencia pero la desaparición de plantas en el primer año es también mayor, llegando a igualarse en los años siguientes (Hall *et al.*, 2004). Por otra parte, las plantas más espaciadas desarrollan mayor número de tallos, supliendo así la menor densidad (Nelson *et al.*, 1996), y tallos más gruesos (Min *et al.*, 2000; Lloveras *et al.*, 2008).

Tabla 5. Producción de materia seca de alfalfa por cortes (C) y total anual en Zuera (Zaragoza), según la dosis de siembra.

Corte	C1	C2	Total	C1	C2	C3	C4	Total	C1	C2	C3	C4	Total
Fecha	26.4	31.5	2011	7.5	7.6	3.7	20.9	2012	2.5	12.6	17.7	20.9	2013
Dosis	kg/ha												
7	1150	736	1887	310	136	664	294	1404	1077	808	1219	422	3526
14	1230	896	2126	333	221	599	283	1435	866	901	1154	335	3256
21	1015	770	1785	328	151	418	279	1176	994	1011	1203	311	3519
28	1267	629	1896	306	156	406	293	1161	856	801	1116	371	3143
Signif.	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS: P>0,05.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que la producción de forraje de alfalfa en secanos semiáridos no se vio modificada significativamente por el incremento de la dosis de siembra entre 7 y 28 kg/ha y que la densidad de plantas se había igualado al final del cuarto año de siembra.

Desde un punto de vista práctico, los resultados de este estudio permiten acortar considerablemente la dosis de siembra para el establecimiento de alfalfares en secanos semiáridos, reduciendo así los costes de implantación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el M^º de Economía, Industria y Competitividad y FEDER, dentro del proyecto RTA2009-00063-C02-01.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvaro, J. y Lloveras, J. (2003) *Estudio sobre la metodología de la producción de alfalfa en España. Informe final*. Lleida, España: Asociación Interprofesional de Forrajes Españoles.

Delgado I. (2012) Abandono de tierras y cubiertas vegetales orientadas a la producción de pastos en zonas áridas y semiáridas de la cuenca media del Ebro. En: R.M. Canals y L. San Emeterio (eds.) *Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción* pp. 387-400. Pamplona, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

- Hall M.H., Nelson C.J., Coutts J.H. y Stout R.C. (2004) Effect of seeding rate on alfalfa stand longevity. *Agronomy Journal*, 96(3), 717-722.
- Hycka M. (1983) Alfalfa en secano: densidad de siembra. *Anales de la Estación Experimental de Aula Dei*, 16 (3/4), 329-340.
- Le Gall, A., Arnaud J.D., Guy P., Bousquet H., Pflimlin A., y Planquaert P. (1992) *La luzerne. Culture et utilisation*. Paris, Francia : Groupement National Interprofessionnel des Semences-Institut Technique de l'Élevage Bovin-Institut Technique des Cereals et des Fourrages.
- Lloveras J., Chocarro C., Freixes O., Arqué E., Moreno A. y Santiveri F. (2008) Yield, yield components, and forage nutritive value of alfalfa as effected by seeding rate under irrigated conditions. *Agronomy Journal*, 100(2), 191-197.
- MAGRAMA (2016) *Anuario de Estadística 2015*. Madrid, España: Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.
- Min D.H., King J.R., Kim D.A. y Lee H.W. (2000) Stand density effects on herbage yield and forage quality of alfalfa. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 13(7), 929-934.
- Nelson C.J., Mattas R.E. y Coutts J.H. (1996) Seeding rate, plant density, and persistence of alfalfa. En: M.J. Williams (ed.) *Proceedings of the forage and grassland conference*, vol. 5, pp 231-235. Vancouver, Canadá: Forage and Grassland Conference.
- Sarraj W. M. (1987) Effect of variety and seeding rate on establishment and productivity of alfalfa sown in autumn. *Agronomy and Crop Science*, 159, 34-40.
- SAS (2004) *SAS user's guide: Statistics version 9.1.2*. N.C., USA: SAS Institute Inc., Cary.
- Tesar M.B. y Marble V.L. (1988) Alfalfa establishment. En: A.A. Hanson, D.K. Barnes y R.R. Hill (eds.) *Alfalfa and alfalfa improvement*, pp. 595-620. Agronomy 29, series: Madison, Wisconsin, USA.
- Yazdani A.A., Abravan P. y Fazeli A.A. (2012) Effects of alfalfa sowing rate and planting methods on weeds population dynamic in establishment year. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3 (5), 1045-1051.

PRODUCCIÓN Y PERSISTENCIA DE GRAMÍNEAS PERENNES EN CONDICIONES DE SECANO EN CLIMA MEDITERRÁNEO

N. SIMÕES¹, S. RODRIGO², M. POBLACIONES², J.P. CARNEIRO¹, M.M. TAVARES-DE-SOUSA¹, L. OLEA^{2†}

¹Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária - Polo de Elvas. Estrada de Gil Vaz, Apartado 6, 7351-901 Elvas (Portugal). ²Dpto de Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal (Univ. de Extremadura). Escuela de Ingenierías Agrarias. Avda. Adolfo Suárez s/n, 06007 Badajoz (España).
Correspondencia: nuno.simoes@iniav.pt

RESUMEN

Las gramíneas perennes constituyen una solución para complementar las leguminosas en la formación de los pastos. Así, el objetivo de este trabajo fue evaluar la persistencia y la producción de 19 cultivares de gramíneas perennes, pertenecientes a las especies *Dactylis glomerata* L., *Festuca arundinacea* Schreb., *Lolium perenne* L. y *Phalaris aquatica* L., en condiciones de secano mediterráneo. En el año 2005-2006 en la *Estação de Melhoramento de Plantas – INIAV (Elvas)*, se sembró el ensayo en bloques aleatorios con tres repeticiones. Entre 2005-2006 y 2008-2009 se evaluó la persistencia de las plantas, y en los años 2006-2007 y 2007-2008 se evaluó la producción de materia seca realizándose cuatro cortes a lo largo del año. Los resultados mostraron que la cultivar de *D. glomerata* 'Kasbah' (66,7%) presentó la mayor persistencia. Las cultivares de *F. arundinacea* presentaron los valores más altos de producción de materia seca (media de dos años de 9906 kg MS ha⁻¹). Por otra parte, las cultivares de *L. perenne* y la cultivar de *D. glomerata* 'Porto' tuvieron un mal comportamiento, tanto en capacidad de persistir como en producir materia seca.

Palabras clave: *Dactylis*, *Festuca*, *Lolium*, *Phalaris*, persistencia

SUMMARY

Perennial grasses represent a solution to complement legumes in the establishment of pastures. The objective of this work was to evaluate the persistence and production of 19 cultivars of perennial grasses belonging to the species *Dactylis glomerata* L., *Festuca arundinacea* Schreb. *Lolium perenne* L. and *Phalaris aquatica* L., under rainfed conditions in a Mediterranean climate. On 2005-2006 at *Estação de Melhoramento de Plantas - INIAV (Elvas)*, a field trial was established in random blocks with three replicates. Between 2005-2006 and 2008-2009, the persistence of the plants was evaluated, and in 2006-2007 and 2007-2008 four cuts were carried out throughout the year to determine the biomass yield of the cultivars. The results showed that the variety of *D. glomerata* 'Kasbah' (66.7%) presents the highest persistence. The varieties of *Festuca arundinacea* had the highest values of biomass yield (9906 kg MS ha⁻¹). The two varieties of *L. perenne* and *D. glomerata* 'Porto' showed the poorest behavior, both in their ability to persist and yield.

Keywords: *Dactylis*, *Festuca*, *Lolium*, *Phalaris*, persistence

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de la dehesa es la producción extensiva de ganado (Olea y San Miguel-Ayaz, 2006), donde los pastos desempeñan un papel extremadamente importante en la protección contra la erosión hídrica por presentar una cobertura vegetal biodiversa (polifita). En este aspecto habrá que destacar la importancia de las plantas perennes. Éstas, al contrario que las anuales, permanecen vivas todo el año, incluso durante el período de sequía, lo que contribuye en mayor

medida a la disminución de la erosión, a una mejor distribución temporal de biomasa y a la conservación del agua en el suelo (Acar *et al.*, 2009). El valor agronómico y ambiental de esas plantas depende de su persistencia a lo largo de los años y están altamente relacionados con su capacidad de sobrevivir varios años con veranos extremadamente secos, debido en algunas ocasiones a la capacidad de entrar en dormancia estival (Volaire y Lilièvre, 1997). Uno de los desafíos actuales es el de encontrar gramíneas perennes que persistan durante varios años, para acompañar las leguminosas anuales en mezclas, ya que, en las regiones semiáridas del Mediterráneo, las gramíneas perennes pueden representar un importante papel en la alimentación del ganado, complementando las especies anuales para aumentar la disponibilidad de material vegetal, tanto total como por momentos de corte (Salis *et al.*, 2006). Por ello, el objetivo del presente trabajo es el de evaluar la persistencia de diferentes gramíneas perennes, así como su producción anual, cuando se siembran en zonas con climas semiáridos mediterráneos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El campo experimental se localizó en Elvas – Portugal (38° 53' N de latitud y 7° 09' W de longitud) estando situado a una altitud de 208 m. El suelo es un Cambisol y el análisis de las muestras tomadas donde estaba instalado el ensayo mostró los siguientes valores: P > 87 ppm; K =102 ppm; Mg > 125 ppm; Materia orgánica 1,3 % y pH (H₂O) 6,7. Las características climáticas del año de estudio y del año medio pueden observarse en la Fig. 1.

El 26 de octubre de 2005 se instaló, en los campos del INIAV – Polo de Elvas, un ensayo con 19 cultivares de gramíneas perennes (siete cultivares de *Festuca arundinacea* Schreb., siete cultivares de *Dactylis glomerata* L., tres cultivares de *Phalaris aquatica* L. y dos cultivares de *Lolium perenne* L.). La cultivar 'Flecha' (*F. arundinacea*) fue testada con y sin endófito ('Flecha E542' y 'Flecha NE'). El diseño experimental fue de bloques con parcelas distribuidas aleatoriamente, con 3 repeticiones. Cada una de las 57 parcelas elementales (19 cultivares × 3 repeticiones) constó de 10 líneas de 2,5 metros de longitud con una separación entre líneas de 20 cm (5 m²) y una dosis de siembra de 3,1-3,3 g/m² en falaris, 2,3-2,4 g/m² en raigrás, 2,6-8 g/m² en festuca y 2,6-7,5 g/m² en dactilo (en función de la capacidad germinativa de cada cultivar).

La persistencia se midió contando el número de plantas vivas en un área de 0,25 m², en tres sitios dentro de cada parcela. Esta observación se hizo en la primavera de 2005-2006 y se repitió en el otoño y primavera de 2006-2007 y 2007-2008, siempre en los mismos sitios. También se hizo la observación en otoño de 2008.

Para cada uno de los dos años se realizaron cuatro cortes en cada una de las parcelas: Corte 1 (otoño), Corte 2 (invierno), Corte 3 y Corte 4 (primavera). Los cortes se realizaron, en cada parcela, en las 6 líneas centrales (3 m²), para determinar la producción de materia seca.

Los datos obtenidos del ensayo se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA factorial) mediante el paquete estadístico STATISTIX 8.0 (Analytical Software, Tallahassee, 2003). Para testar la diferencia de medias de persistencia y producción de materia seca entre variedades de la misma especie se utilizó el test de Tukey.

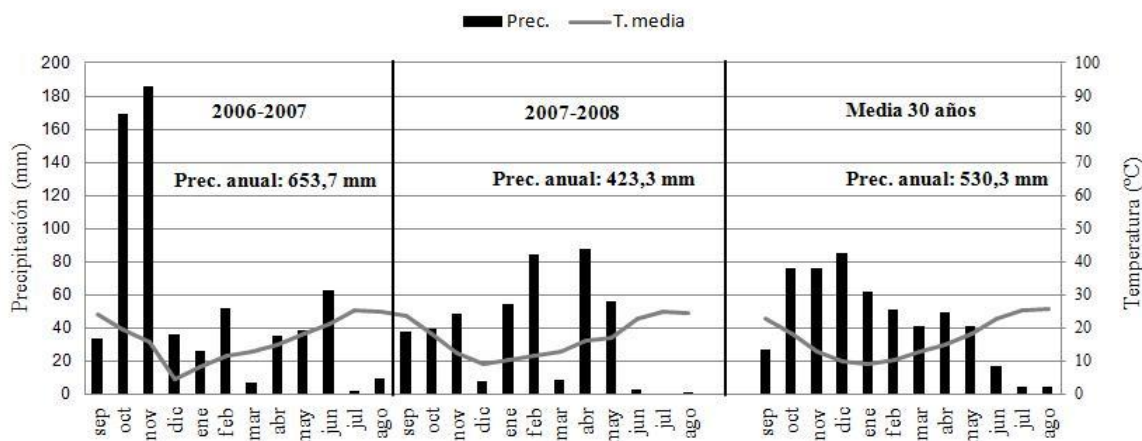


Figura 1. Diagrama ombrotérmico en la zona de estudio durante los años agrícolas 2006-2007 y 2007-2008 y en el año medio (media de 30 años)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Observando la Figura 2a se puede constatar la manera en la que ha evolucionado la persistencia en las cultivares de *D. glomerata*. La cultivar 'Porto', que ha sido seleccionada para clima templado o continental, usa sus reservas en la producción, no generando reservas para su supervivencia durante el periodo estival (Annicchiarico *et al.*, 2011); así partiendo de un porcentaje de plantas vivas del 85% en la primavera de 2006 (1^{er} año), bajó a un valor de tan solo 15% de plantas vivas en el ensayo después de pasado el primer verano.

Las cultivares 'Jana' y 'Medly' tuvieron una sensible disminución de la persistencia al final del primer año, verificándose que las demás cultivares en estudio mantuvieron una persistencia más o menos constante a lo largo de la duración del ensayo, con una disminución marcada en el otoño del 2008-2009. La excepción ha sido la cultivar 'Kasbah' que incluso en el otoño del cuarto año de observación mantuvo una persistencia bastante elevada (66,7%). Esta disminución de la persistencia en casi todas las cultivares se puede explicar por una menor precipitación en los meses calurosos del verano de 2007-2008 (entre el 1 de Junio de 2008 y el 31 de Agosto de 2008 solo llovieron 3,2 mm), lo que impidió a las plantas acumular reservas que le permitiesen sobrevivir. Norton *et al.* (2006) constataron que la cultivar 'Kasbah' mantiene la dormancia estival (inhibición fisiológica del crecimiento) aun disponiendo de agua en el suelo, siendo esta dormancia una peculiaridad que confiere a la planta una mayor tolerancia a la sequía. En lo que se refiere a la persistencia de las cultivares de *Festuca*, se observó un descenso muy gradual de la persistencia a lo largo de los años (Fig. 2b). Del primer al segundo año, que es normalmente el periodo más crítico, las cultivares que presentaron una mayor disminución de la persistencia fueron 'Lutine' (del 80,0% al 65,0%) y Sisa (del 80,0% al 68,3%). En el cuarto año, y tal como sucedió con *Dactylis*, hubo una disminución más acentuada en la persistencia en todas las cultivares de *Festuca*, pese a no ser tan marcada como en el caso de los *Dactylis*. Se observa también que no hubo ningún efecto visible del endófito en la persistencia de la cultivar Flecha como cabría esperar según estudios realizados por Pecetti *et al.* (2007). En *P. aquatica* se observó una tendencia semejante a lo anteriormente acontecido para *Dactylis* y *Festuca* (Fig. 2c). Una disminución inicial más acentuada, seguida de una disminución más gradual en las fechas siguientes para terminar con una marcada disminución, de nuevo, en el otoño del cuarto año de ensayo. En *L. perenne* las dos cultivares tuvieron un comportamiento muy semejante en las fechas de observación (Fig. 2d), presentando un descenso

muy acentuado de planta viva entre la primavera de 2005-2006 y el otoño de 2006-2007. En otoño de 2008-2009 se observó que todas las plantas habían muerto. Esto va en consonancia a lo que se esperaba ya que, en general, el *L. perenne*, no suele persistir en zonas mediterráneas, no sobreviviendo a los veranos calientes y secos característicos de dicho clima (Sanna *et al.*, 2014).

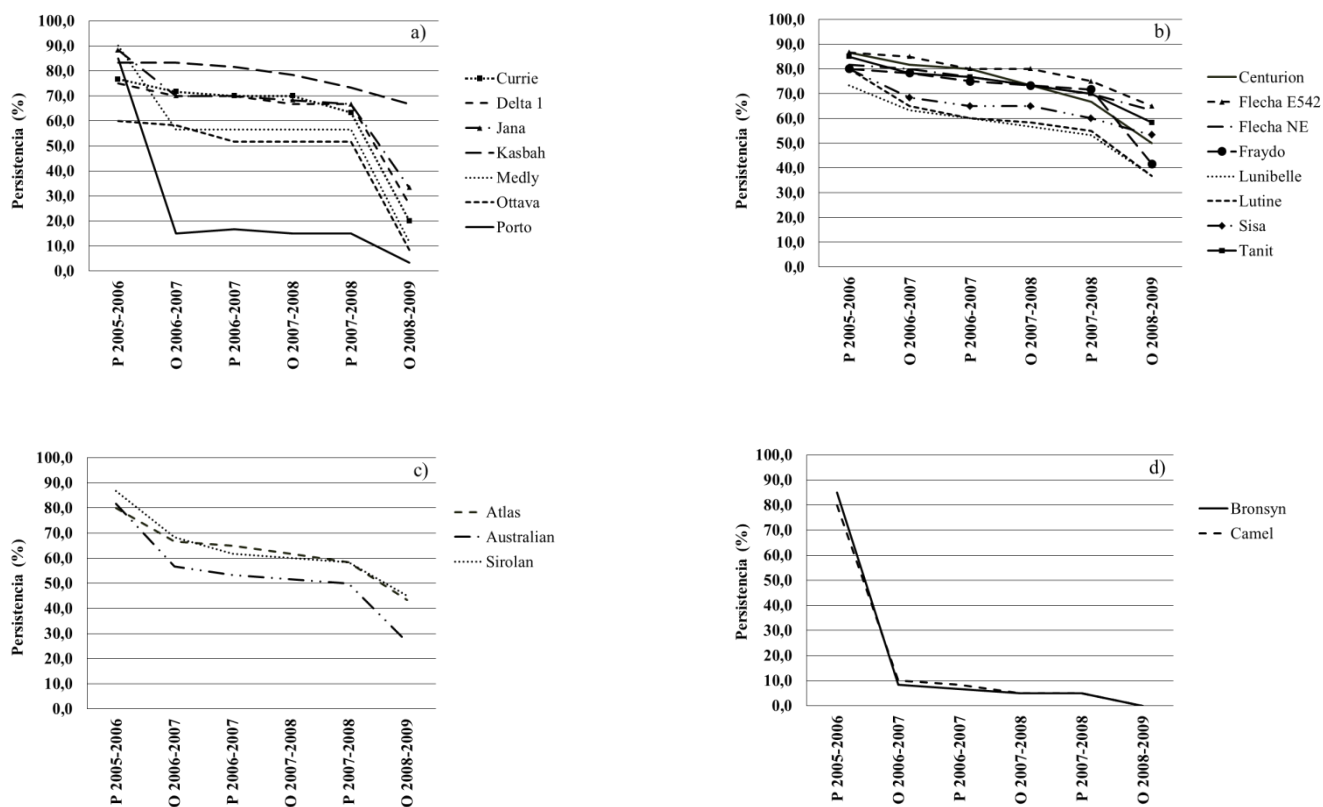


Figura 2. Evolución de la persistencia de las cultivares de *Dactylis glomerata* (a), *Festuca arundinacea* (b), *Phalaris aquatica* (c) y *Lolium perenne* (d) observada en 6 fechas (P – primavera; O – otoño).

En lo que se refiere a la producción de materia seca solamente se consideraron los años agrícolas 2006-2007 y 2007-2008, segundo y tercero años del estudio, ya que se consideró que eran en esos años en los que las plantas ya estaban debidamente instaladas. Así, se analizó la cantidad de materia seca de cada cultivar en cada año y en cuatro momentos distintos de corte. El análisis ANOVA, mostró significación en la interacción triple Año x Corte x Cultivar ($p \leq 0,001$), interacción que muestra sus resultados en la Figura 3. En la Figura 3 se observa que en el Corte 1 (otoño) de los dos años, destacan las cultivares de *F. arundinacea* 'Sisa' y 'Flecha NE' con producciones de 4232 kg MS ha⁻¹ y 4127 kg MS ha⁻¹ (2006-2007) y 2613 kg MS ha⁻¹ y 2611 kg MS ha⁻¹ (2007-2008), respectivamente. Por otra parte, cabe mencionar las bajas producciones, en estos dos años, del *D. glomerata* 'Porto' y del *L. perenne* 'Bronsyn'. Por su parte, en el Corte 2, y para los dos años, prácticamente no se encuentran diferencias entre las cultivares en estudio, aunque la tendencia parece marcar que las cultivares de *F. arundinacea* 'Flecha NE', 'Flecha E542', 'Fraydo' y 'Centurion' muestran una mayor producción, siendo estas superiores en el año 2007-2008.

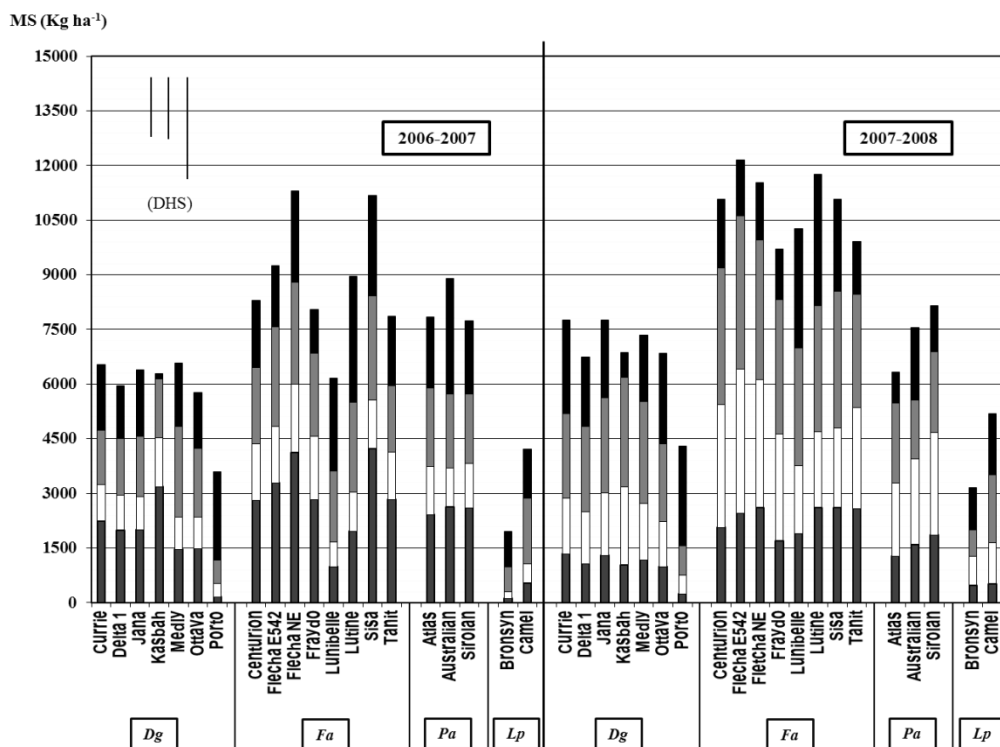


Figura 3. Efecto del Año x Corte x Cultivar sobre la producción de materia seca de cada uno de los cuatro cortes realizados para las cultivares de *D. glomerata* (Dg), *F. arundinacea* (Fa), *P. aquatica* (Pa) y *L. perenne* (Lp) en los años 2006-2007 y 2007-2008. Las barras verticales indican la DHS (Tukey) a $p \leq 0,05$ para la comparación entre cultivares: primero, al mismo nivel de Año y Corte (cuando se compara el mismo corte entre las cultivares para cada año); segundo, al mismo nivel de Año (cuando se compara los diferentes cortes para cada cultivar para cada año); tercero, a diferente nivel de Año (cuando se compara el mismo corte para cada cultivar en diferentes años).

Las cultivares de *F. arundinacea* ‘Flecha NE’, ‘Lutine’ y ‘Sisa’ mostraron los valores más altos de producción de materia seca en los cortes realizados en primavera (Corte 3 y Corte 4). Es de destacar que la cultivar de *D. glomerata* ‘Kasbah’ presentó en el Corte 4, unas producciones muy bajas, lo que era de esperar debido a su dormancia estival, donde cesa la producción de materia seca con el objeto de acumular reservas que le permitan sobrevivir al verano. En términos de producción total de materia seca, se observa que las cultivares que han tenido mayores producciones en los dos años pertenecen a la especie *F. arundinacea*. En el primer año de estudio destacan las cultivares ‘Flecha E542’, ‘Flecha NE’, ‘Lutine’ y ‘Sisa’ con producciones totales superiores a $9000 \text{ kg MS ha}^{-1}$ en el año 2006-2007. En el segundo año destacan las cultivares ‘Centurion’, ‘Flecha E542’, ‘Flecha NE’, ‘Lutine’ y ‘Sisa’ con producciones superiores a $11000 \text{ kg MS ha}^{-1}$.

CONCLUSIONES

Las cultivares pertenecientes a la especie *F. arundinacea* tuvieron, en general, una mayor persistencia que las restantes especies, destacando también la cultivar de *D. glomerata* ‘Kasbah’, la única cultivar en estudio que presenta una dormancia estival completa. En lo que se refiere a la producción de materia seca, también las cultivares de *F. arundinacea* presentaron los valores más altos, destacando ‘Flecha’ y ‘Sisa’. Por otra parte, hay que destacar la baja persistencia y producción de las dos cultivares de *L. perenne*, así como la cultivar de *D. glomerata* ‘Porto’.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acar Z., Ayan I., Asci O., Basaran U. y Mut H. (2009) Biodiversity in morphological properties and nutritional values of forage grass species. *Journal of Environmental Biology*, 30, 583-589.
- Annicchiarico P., Pecetti L., Bouzerzour H., Kallida R., Khedim, A., Porqueddu, C., Simões N. M., Volaire F. y Lelièvre F. (2011). Adaptation of contrasting cocksfoot plant types to agricultural environments across the Mediterranean basin. *Environmental and Experimental Botany*, 74, 82-89.
- Norton M.R., Lelièvre F. y Volaire F. (2006) Summer dormancy in *Dactylis glomerata* L.: the influence of season of sowing and a simulated mid-summer storm on two contrasting cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research*, 57(5), 565-575.
- Olea L. y San Miguel-Ayanz A. (2006) The Spanish *dehesa*. A traditional Mediterranean silvopastoral system linking production and nature conservation. *Grassland Science in Europe*, 11, 3-13.
- Pecetti L., Romani M., Carroni A.M., Annicchiarico P. y Piano E. (2007) The effect of endophyte infection on persistence of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) populations in two climatically contrasting Italian locations. *Australian Journal of Agricultural Research* 58(9), 893-899.
- Salis M., Seddaiu G. y Ledda L. (2006) Drought resistance evaluation of perennial grasses. In: 21st General Meeting on 'Sustainable grassland productivity'. *Grassland Science in Europe* 11, 68-70.
- Sanna F., Franca A., Porqueddu C., Piluzza G., Re G., Sulas L. y Bullitta S. (2014) Characterization of native perennial ryegrasses for persistence in mediterranean rainfed conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 12(4), 1110-1123.
- Voltaire F. y Lelièvre F. (1997) Production, persistence and water soluble carbohydrate accumulation in 21 contrasting populations of *Dactylis glomerata* L. subjected to severe drought in the south of France. *Australian Journal of Agricultural Research*, 48, 933-944.

FACTORES CLIMÁTICOS RELACIONADOS CON LA PRODUCCIÓN FORRAJERA DEL CULTIVO DE MAÍZ EN SECANO EN LA CORNISA CANTÁBRICA

J. BUSQUÉ¹, J. DOLTRA¹, S. JIMÉNEZ¹, G. SALCEDO², D. BÁEZ³, G. FLORES³, A. ARGAMENTERÍA⁴, A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ⁴, J.M. MANGADO⁵

¹Centro de Investigación y Formación Agrarias (CIFA). c/Héroes 2 de mayo 27, 39600. Cantabria. ²Dpto. Calidad e Innovación. CIFP “La Granja”, 39792 Heras, Cantabria ³Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo, A Coruña, Spain ⁴Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario, Villaviciosa, Spain ⁵Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias, Villava, Spain.
Correspondencia: juanbusque@cifacantabria.org

RESUMEN

Se han utilizado datos correspondientes a nueve experimentos llevados a cabo en la Cornisa Cantábrica desde 1996 hasta 2014 para analizar el efecto de factores climáticos y ambientales en la producción de maíz forrajero. Tras seleccionar las observaciones con valores del índice de nutrición nitrogenada cercanos a la unidad, se confeccionaron tres tipos de modelos relacionando la producción forrajera con (1) la precipitación acumulada y la integral térmica, (2) factores de humedad y temperatura acumulados basados, respectivamente, en balances hídricos y en el efecto de la temperatura en la fotosíntesis, y (3) los mismos factores de humedad y temperatura, pero calculados para cuatro períodos de 30 días cada uno contados a partir de la siembra. Los modelos más robustos de los dos primeros análisis mostraron compensaciones entre las variables relacionadas con la disponibilidad hídrica y las relativas a la temperatura, pero siendo modelos locales que tampoco lograron representar relaciones biológicas claras. Por el contrario, el tercer análisis produjo un modelo que claramente relaciona de forma positiva la producción con la disponibilidad de agua en el segundo mes del cultivo, revelando que éste es un periodo crítico del ciclo de cultivo del maíz al estrés hídrico en la Cornisa Cantábrica.

Palabras clave: índice de nutrición nitrogenada, precipitación, integral térmica, factor de humedad, factor de temperatura

SUMMARY

We collected and used data from nine field experiments within the Cantabrian fringe between 1996 and 2014 to analyze the effect of climatic factors on the yield of forage maize. After selecting the observations with a nitrogen nutrition index close to one, we constructed three types of models relating forage productivity with (1) accumulated precipitation and degree-days, (2) accumulated humidity and temperature factors estimated through water balances and a simple temperature-photosynthesis function, and (3) the same humidity and temperature factors, but for 30 day periods starting from sowing date. The most robust models of the first two analyses showed water-temperature compensations, but were too local and not sufficiently meaningful from a biological point of view. On the contrary, the third analysis produced a model that positively linked forage yield with water availability in the second month of the crop. These results prove the importance of explicitly considering different growth stages of the crop.

Key words: nitrogen nutrition index, precipitation, degree-days, humidity and temperature factors

INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz forrajero en secano es habitual en muchas explotaciones de leche de la Cornisa Cantábrica debido a su gran valor alimenticio, fácil ensilabilidad y buenas condiciones climáticas (Muslera y Ratera, 1984). Sin embargo, existe una variabilidad climática interanual que se traduce en una variabilidad en su productividad forrajera, y en años adversos las bajas producciones obtenidas pueden llegar a no compensar los costes asociados (Mangado, 2012). Conocer qué factores climáticos influyen más en la productividad del cultivo de maíz y cuándo lo hacen, es de gran interés para planificar la toma de decisiones en las explotaciones a medio plazo. Una vía interesante para investigar la influencia del clima regional en la producción de un cultivo es analizar conjuntamente estas relaciones con datos de experimentos realizados en distintas localidades y años, buscando reflejar así la variabilidad climática característica del cultivo. El objetivo de este trabajo es realizar este tipo de análisis estadístico, considerando datos experimentales de producción de maíz forrajero de las dos últimas décadas, realizados en centros de investigación agraria de la Cornisa Cantábrica, desde Galicia hasta Navarra.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se recopilaron datos meteorológicos diarios, precipitación y temperatura media, y de producción forrajera y concentración de nitrógeno en la cosecha de nueve experimentos de cultivo de maíz forrajero en secano, correspondientes a cinco localidades de cuatro Comunidades Autónomas de la Cornisa Cantábrica (Tabla 1). Con el objetivo de buscar la independencia entre observaciones, en cada experimento se promediaron los valores de las repeticiones correspondientes a los mismos tratamientos en el mismo año. De esta manera, se dispuso de 220 observaciones para el análisis, provenientes de 32 combinaciones diferentes de año x experimento.

Tabla 1. Descripción de los experimentos de maíz utilizados en el análisis.

Región	Exp.	ETRS89 UTM	Descripción de los tratamientos	Años	Nº Obs.
Asturias	A1E1	30 302480- 4816460	Maíz-Soja asociados (selección de tratam. sólo de maíz)	1999-2002	3
	A3E1		Maíz en rotación con Raigrás italiano	1996-1998	6
	A4E1	29 737620- 4807640	Maíz bajo sistema convencional o ecológico	2008-2009	4
	A4E2		Maíz sólo o en rotación Triticale-Haboncillos y con distintos tipos de pasto previos; convencional/ ecológico	2007-2009	15
Cantabria	C1E1	30 437600- 4805880	Maíz en rotación con cultivos de cereal-leguminosa	2013-2014	9
	C1E4		Maíz en rotación con 5 cultivos de invierno, con 2 tipos de purín, a 4 dosis diferentes	2007-2008	61
Galicia	G1E1	29 559360- 4787750	Maíz. 4 tipos de fertilización	2008-2010	12
	G2E1		Maíz. Producción no experimental en finca del CIAM	2003-2005	15
Navarra	N1E1	30 609090- 4776196	Maíz. Comparación de variedades. Variables entre años	2003-2014	95

De cara a determinar las observaciones con posibles anomalías nutricionales, se estimó, en primer lugar, el Índice de Nutrición Nitrogenada (*INN*) de todas las observaciones, considerando sus valores de biomasa y concentración de nitrógeno, y la curva de dilución de referencia del maíz (Lemaire *et al.*, 2008).

Con los datos diarios de temperatura media y precipitación, desde la siembra hasta la cosecha del cultivo para cada año y localidad, se calcularon la integral térmica con umbral a 8°C (*IT₈*) y la precipitación acumulada (*P_{ac}*). Con estos mismos datos diarios también se calcularon valores diarios durante la duración del cultivo de un factor de humedad (*FH*) y un factor de temperatura (*FT*), ambos

con valores entre cero y uno. *FH* mide el estrés hídrico, considerando la evapotranspiración y precipitación, y parámetros de suelo y cultivo asumidos constantes. Su cálculo implica la realización de un balance hídrico diario en el suelo (Allen *et al.*, 2006). *FT* es un factor reductor de la fotosíntesis por bajas (< 18°C) o altas (> 30°C) temperaturas medias diarias (Sau *et al.*, 2010). Los valores diarios de *FH* y *FT* se agregaron para todo el periodo del cultivo (FH_{ac} y FT_{ac}), y para períodos fijos de 30 días, desde el día de la siembra hasta el día 120 del cultivo (FH_{0-30} , FH_{30-60} , FH_{60-90} , FH_{90-120} y FT_{0-30} , FT_{30-60} , FT_{60-90} , FT_{90-120}).

Se realizaron tres tipos de análisis estadísticos (modelos lineales múltiples) según las variables explicativas de partida utilizadas: (1) IT_8 y P_{ac} , (2) FH_{ac} y FT_{ac} ; y (3) *FH* y *FT* de los periodos 0-30, 30-60, 60-90 y 90-120 días. Para los dos primeros tipos de análisis se escogió el mejor de siete modelos de regresión diferentes, considerando en el más complejo las dos variables, sus valores cuadráticos y todas las interacciones lógicas posibles. Se probaron estos modelos para todas las observaciones y también para los distintos experimentos o localizaciones. En el tercer tipo de análisis se consideraron de partida las ocho variables simples y las cuatro localizaciones, eligiendo el mejor modelo mediante la selección del mejor subconjunto (James *et al.*, 2014; librería “leaps” de R) y con el menor error cuadrático medio (o si existían varios modelos con ECM similares, el más parsimonioso). Una vez escogido el mejor modelo simple, se comparó éste con modelos similares añadiendo las mismas covariables en forma cuadrática y sus posibles interacciones. Para evitar sobreajustes, todas las regresiones y análisis de covarianza fueron realizados mediante validación cruzada con 10 particiones de las observaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la relación entre biomasa forrajera y concentración de nitrógeno

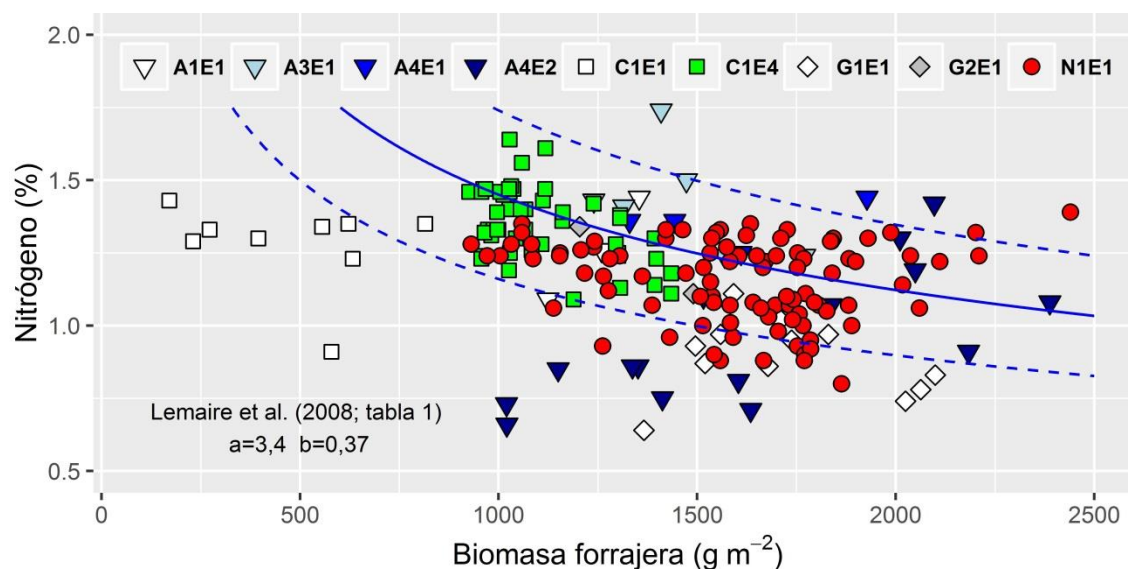


Figura 1. Relación entre la biomasa y la concentración de nitrógeno en experimentos de cultivo de maíz forrajero. Las líneas azules muestran la relación exponencial $\%N_c = a W^b$ (línea continua; $INN=1$) y los valores de INN 0,8 y 1,2 (líneas discontinuas).

El 81% de los datos de cosecha de maíz forrajero se encuentran dentro del rango de valores de INN considerados no limitantes (mayor de 0,8) y sin consumo de nitrógeno de lujo (menor de 1,2; figura 1). Por debajo de $INN=0,8$ se sitúan 37 observaciones correspondientes a tratamientos con baja disponibilidad de nitrógeno en sus experimentos, bien por aportes de fertilizante

aparentemente deficitarios (A1E1, G1E1), o por problemas manifiestos de competencia con adventicias en sistemas ecológicos (A4E2; Martínez *et al.*, 2009). De cara al análisis de los efectos climáticos sobre la producción, y con el objetivo de no mezclar efectos de distinta naturaleza, se prescinde de las observaciones fuera del rango de INN 0,8-1,2.

Análisis del efecto de factores climáticos sobre la producción de maíz forrajero

Análisis 1. Efecto de la precipitación y la integral térmica de todo el ciclo productivo

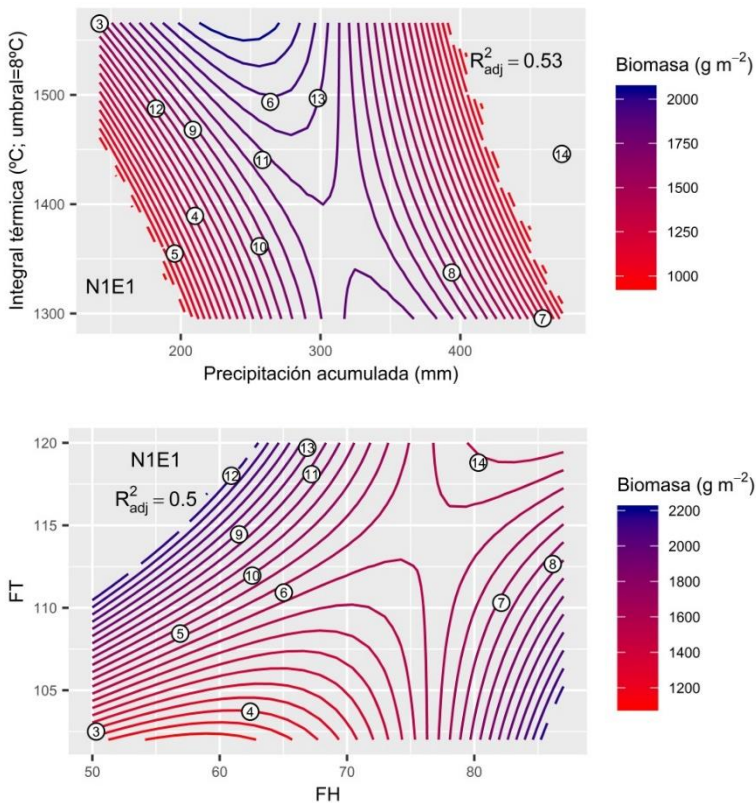


Figura 2. Representación por líneas de contorno de valores iguales de los mejores modelos lineales relacionando la producción de maíz forrajero con: (superior; análisis 1) la precipitación acumulada y la integral térmica desde la siembra a la cosecha, (inferior; análisis 2) los factores humedad y temperatura. Los dos modelos corresponden sólo a las observaciones del experimento N1E1 con $0,8 < INN < 1,2$, y los puntos señalan la localización de las observaciones de cada año (números dentro de los puntos).

La relación más robusta encontrada es la correspondiente a las observaciones del experimento N1E1, que además es el que tiene un mayor número de años muestreados.

$$MS \text{ (g} \cdot \text{m}^{-2}\text{)} = -153\,411(\pm e.s. \ 18\,045.9) + 208,2(\pm 24,07) \cdot IT8 - 0,1(\pm 0,01) \cdot IT8^2 + 49,5(\pm 7,93) \cdot P_{ac} - 0,03(\pm 0,01) \cdot P_{ac} \cdot IT8 \quad R_{adj}^2 = 0,53 \quad \text{Error Estándar Residual (EER)} = 198,7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$$

Este modelo en forma de “silla de montar” (figura 2 superior) muestra las mayores producciones de maíz forrajero a valores intermedios (200-400 mm) del rango de P_{ac} , y con compensaciones entre los valores de P_{ac} y los de IT_8 : a valores de P_{ac} bajos (200 mm) se consiguen producciones altas

cuando la IT_8 es alta (>1450 °C); a valores de P_{ac} altos (400 mm) la producción es alta si la IT_8 es baja (<1350 °C).

Análisis 2. Efecto de los factores de humedad y temperatura de todo el ciclo productivo

En este caso también el modelo más robusto considera sólo las observaciones de N1E1:

$$MS \text{ (g}\cdot\text{m}^{-2}\text{)} = 47\,992(\pm 11\,303.1) - 1\,136,7(\pm 220,16)\cdot FT_{ac} + 6,4(\pm 1,09)\cdot FT_{ac}^2 + 498,1(\pm 83,21)\cdot FH_{ac} - 4,3(\pm 0,74)\cdot FT_{ac}\cdot FH_{ac}$$

$$R_{aj}^2=0,50 \quad EER=206,1 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$$

De nuevo, el modelo vuelve a mostrar compensaciones entre las variables que indican disponibilidad de agua y de temperaturas adecuadas (figura 2 inferior), con producciones más altas con valores altos de FH_{ac} y bajos de FT_{ac} o viceversa. Las producciones mínimas predichas se dan con valores bajos de FH_{ac} y FT_{ac} .

Análisis 3. Efecto de los factores de Humedad y Temperatura de cada periodo de 30 días

El mejor modelo obtenido consideró todos los experimentos, pero explícitamente diferenciando las observaciones de la localización de Cantabria del resto, y la variable FH_{30-60} . Este modelo alcanzó un R_{aj}^2 de 0,62 y un EER de 0,15 (variable respuesta transformada a su logaritmo neperiano). A partir de este modelo, la inclusión de FH_{30-60} en forma cuadrática y su interacción con el factor localidad de Cantabria mejoró aún más la varianza explicada:

$$\ln(MS) = 7,33(\pm 0,54) - 0,08(\pm 0,05)\cdot FH_{30-60} + 0,003(\pm 0,001)\cdot FH_{30-60}^2 - 0,83(\pm 0,55)\cdot LOC_{NoCant} + 0,16(\pm 0,05)\cdot FH_{30-60}\cdot LOC_{NoCant} - 0,004(\pm 0,001)\cdot FH_{30-60}^2\cdot LOC_{NoCant}$$

$$R_{aj}^2=0,68 \quad EER=0,13$$

Este último modelo (figura 3) pone de relieve la importancia directa de la humedad del suelo en la producción de maíz forrajero en momentos concretos de su desarrollo. Diferentes autores señalan la sensibilidad del cultivo del maíz al estrés hídrico, especialmente en su desarrollo vegetativo y comienzo de la fase reproductiva (Bolaños y Edmedaes, 1996; Aslam *et al.*, 2015; Daryanto *et al.*, 2016). En nuestro caso, la relación obtenida es inequívocamente positiva para el segundo mes del cultivo, que comprende, para todas las variedades contempladas, estas mismas fases fenológicas (www.fao.org/nr/water/cropinfo_maize.html). Este resultado contrasta con lo observado respecto a la humedad para todo el ciclo productivo (FH_{ac} ; figura 2 inferior), con valores contrapuestos e influenciados también por la temperatura (FT_{ac}), a veces de difícil interpretación. Por otro lado, la ausencia de relación entre la producción y los factores FH_{0-30} , FT_{30-60} y FT_{60-90} no se descarta tras el análisis, ya que las observaciones carecen de suficiente variabilidad en estos factores, siempre con valores altos. Por último, las diferencias observadas en la relación entre producción y FH_{30-60} en los experimentos de Cantabria sea posiblemente derivada de no haber considerado la textura del suelo en el cálculo del factor humedad, siendo los suelos de la localidad cántabra muy diferentes a los del resto de localidades experimentales utilizadas.

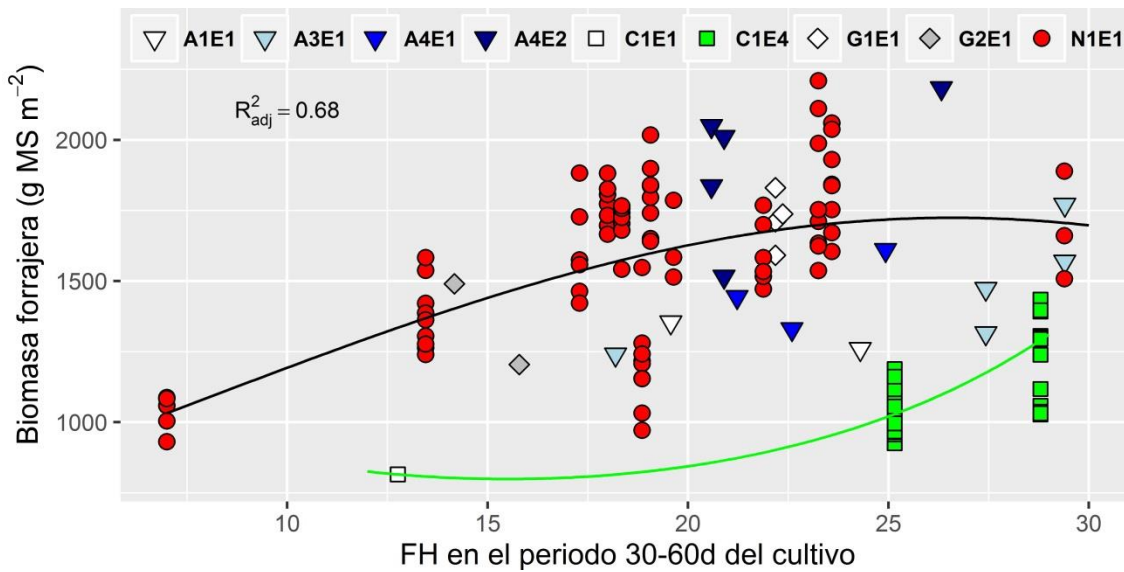


Figura 3. Modelo relacionando las observaciones de producción de maíz forrajero con el factor mensual más influyente (FH_{30-60}). La línea verde señala la regresión significativamente diferente encontrada para las observaciones de la localidad de Cantabria.

CONCLUSIONES

Las variables climáticas agregadas para todo el periodo del cultivo de maíz forrajero no muestran relaciones robustas con su productividad para todos los experimentos del arco cantábrico considerados (análisis 1 y 2). Sin embargo, esta relación aparece cuando las variables climáticas originales se transforman en estimadores de estrés hídrico o disponibilidad de agua para las plantas, considerando periodos sucesivos del desarrollo del cultivo (análisis 3); en concreto, de forma clara, con la disponibilidad de agua en el segundo mes del cultivo. Estos resultados, usados con predicciones meteorológicas estacionales, podrían llegar a ser útiles para la planificación temporal de los cultivos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) a través del proyecto RTA2012-00065-C05-00/03.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D. y Smith M. (2006) *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Estudio FAO Riego y Drenaje nº 56. Roma, Italia.
- Aslam M., Maqbool M.A. y Cengiz R. (2015) *Drought stress in maize (Zea mays L.)*. Springer briefs in Agriculture: Springer.
- Bolaños J. y Edmedaes, G.O. (1996) The importance of the anthesis-silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. *Field Crops Research* 48: 65-80.
- Daryanto S., Wang L. y Jacinthe P.A. (2016) Global synthesis of drought effects on maize and wheat production. *PLoS ONE* 11(5): e0156362. doi:10.1371/journal.pone.0156362

James G., Witten D., Hastie T. y Tibshirani R. (2014) *An introduction to statistical learning*. Springer Texts in Statistics. Springer.

Lemaire G., Jeuffroy M.H. y Gastal F. (2008) Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage. *European Journal of Agronomy*, 28, 614-624.

Mangado J.M. (2012). Producción de forrajes en el área atlántica: costes económicos, energéticos y huella de carbono. *Navarra Agraria*, 195, 24-28.

Martínez-Martínez A., Pedrol N. y Martínez-Fernández A. (2009) Maíz para ensilar cultivado en sistemas de producción convencional o ecológica. En: Reine R. *et al.* (eds) *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp. 391-397. Huesca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

Muslera E. y Ratera C. (1984) *Praderas y forrajes: Producción y aprovechamiento*. Ed. Mundi Prensa, Madrid, España. 702 pp.

Sau F., López-Cedron F.X., Confalone A.E., Lizaso I. (2010) Modelos de simulación del cultivo del maíz: fundamentos y aplicaciones en España. *Pastos* 40: 117-138.

PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE MEZCLAS FORRAJERAS CEREAL- LEGUMINOSA DE SECANO EN EXTREMADURA

V. MAYA BLANCO, F. GONZÁLEZ LÓPEZ, J. GRAGERA FACUNDO

CICYTEX. Finca "La Orden-Valdesequera". 06187 Guadajira, Badajoz (España)
Correspondencia: francisco.gonzalezl@juntaex.es

RESUMEN

Se han estudiado distintas alternativas para la producción de forrajes en Extremadura, basadas en la mezcla cereal-leguminosa. Se ha analizado la influencia que las especies, su proporción en la mezcla y el momento de corte, pueden tener en la calidad y producción de los forrajes. Los resultados obtenidos demostraron que a medida que se retrasaba el momento de corte la calidad forrajera disminuía y la productividad de materia seca aumentaba notablemente. Las mezclas con guisante tuvieron mejor calidad que el resto en los cortes más tempranos y las mezclas con triticale mejor producción en los cortes más tardíos. Las mezclas con mayor proporción de plantas de dicha leguminosa tuvieron mejor calidad en algunos cortes tempranos o intermedios.

Palabras clave: Veza, guisante, triticale, avena, heno

SUMMARY

Some cereal-legume mixtures for forage production were tested in Extremadura. The influence of the species, percentage of legume plants in the crop mixture and harvesting date over hay yield and quality were analyzed. As the harvesting date was delayed, the yield increased strongly and the quality decreased. Pea mixtures were of better quality at the early harvesting dates and triticale mixtures had higher yields at the later dates. The mixtures with a greater percentage of legumes resulted in better quality in some early or intermediate harvesting dates.

Key words: Vetch, pea, triticale, oat, hay

INTRODUCCIÓN

En Extremadura, la producción de forrajes en la propia explotación es una práctica muy extendida cuyo objetivo es poder alimentar el ganado en épocas sin disponibilidad de pastos.

Tradicionalmente, se recurre a la siembra de mezclas de leguminosas anuales con cereales, para posteriormente ensilarlas o henificarlas, según la disponibilidad de maquinaria de la explotación. La mezcla de avena (*Avena sativa* L.) y veza (*Vicia sativa* L.) es la más extendida para la producción de heno. En esta asociación, la avena aporta el soporte estructural, mejora la intercepción de la luz y facilita la siega mecánica, mientras que la veza mejora la calidad del forraje. En otros casos, con el objetivo de aumentar la producción, se emplean otras especies. Suárez *et al.* (2002) propusieron la asociación de guisante (*Pisum sativum* L.) con triticale (x *Triticosecale* Witlm. ex A. Camus) como la más favorable de entre las estudiadas, para las condiciones gallegas.

Martínez *et al.* (2002) estudiaron distintas mezclas forrajeras cereal-leguminosa demostrando la importancia de la leguminosa utilizada en la producción total de materia seca. En su estudio no encontraron diferencias según tutores utilizados, avena y triticale, pero sí con las leguminosas utilizadas, veza, guisante, alberjón (*Vicia narbonensis* L.) y haboncillo (*Vicia faba* L.) siendo las

mezclas con guisante forrajero y con haboncillo, superiores a las que se dieron con veza o con alberjón.

En cuanto a fecha de corte, Maresma *et al.* (2014) demostraron la influencia de esta sobre la producción de varias especies forrajeras, aumentando en cortes tardíos y sobre la calidad, siendo esta superior en cortes tempranos. En cuanto a especies, estos mismos autores observaron diferencias productivas a favor del triticale respecto de la avena.

Respecto a las dosis de siembra de las mezclas, Castro y Piñeiro (1998) estudiaron siete dosis de siembra de la mezcla avena-veza, con una dosis objetivo de 300 plantas/m². Según este trabajo, el aumento de la proporción de avena en la dosis de siembra condujo a un aumento en la producción de materia seca y un descenso en el porcentaje de proteína bruta, así como un aumento en el contenido de fibra ácido y neutro detergente, materia orgánica y carbohidratos solubles.

Aunque existen bastantes estudios relacionados con la producción forrajera, son pocos los desarrollados en condiciones de secano en Extremadura. En el presente trabajo se aborda la evaluación de cuatro mezclas forrajeras en diferentes estadios fenológicos y con diferentes proporciones de cereal y leguminosa.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la Finca `La Orden`, Guadajira (Badajoz). El clima de esta localización es seco, templado medio de inviernos suaves, con unos valores medios de la estación meteorológica más cercana (Badajoz Aeropuerto) de 17,1 °C de temperatura media anual y 447 mm de precipitación media anual (datos de 30 años) y con 18,1 °C de temperatura media y 366 mm de precipitación en el año agrícola de 2015 y 18,1 °C de temperatura media y 465 mm de precipitación en el año agrícola de 2016 (AEMET, 2017). El suelo de esta localización es aluvial, de textura franco-arenosa, ligeramente ácido, pH 6,5, y contenido en materia orgánica inferior al 1%.

Los ensayos se desarrollaron durante dos años (2015 y 2016), utilizándose 4 mezclas sencillas cereal-leguminosa combinando avena y triticale como cereal y veza y guisante como leguminosa (Tabla 1).

Tabla 1. Material vegetal integrante de las mezclas ensayadas.

Especie	Variiedad	Peso de mil granos (g)
Veza (<i>Vicia sativa</i> L.)	Gravesa	65,6
Guisante (<i>Pisum sativum</i> L.)	Forrimax	141,4
Avena (<i>Avena sativa</i> L.)	Hamel	38,9
Triticale (x <i>Triticosecale</i> Wittm.)	Verato	40,5

En 2015, para cada mezcla cereal-leguminosa se probaron tres proporciones de leguminosa: 33 (1/3), 50(1/2) y 67% (2/3). La densidad de siembra en todos los casos fue de 300 plantas/m² calculada a partir del peso de 1000 semillas y del porcentaje de germinación. De este modo el ensayo incluía las 12 combinaciones posibles, 4 mezclas sencillas con 3 proporciones de leguminosas, en 4 bloques al azar. Cada parcela elemental tenía 1,5 m de ancho y 10 m de largo. Se muestreó al inicio y final de la floración de cada especie en cada mezcla, los días 9, 23, 30 y 31 de marzo y 16, 21 y 27 de abril (Tabla 2). Se evaluó producción y calidad de cada muestra.

En el ensayo de 2016, se repitieron las proporciones y densidades de siembra ensayadas en avena en el año 2015. En las mezclas con guisante la dosis de siembra fue de 250 plantas/m². Se ensayaron proporciones de guisante de 20, 33, 40 y 60%. Este año sólo se muestreó al final de

floración de la leguminosa (29 de abril en las mezclas de veza y 4 de mayo en las de guisante) evaluándose únicamente la producción de materia seca.

Tabla 2. Periodos de floración, barras grises, de las especies integrantes de las mezclas en 2015.

	Marzo	Abril
Veza		
Guisante		
Avena		
Triticale		

Todos los muestreos se realizaron segando el heno de un cuadrado de 0,5 m x 0,5 m. La producción de heno seco (Kg M.S./ha) se obtuvo a partir del peso seco de la muestra tras secado en estufa. Los parámetros de calidad evaluados en 2015 fueron: % proteína bruta (% proteína), % cenizas, % fibra bruta (% FB), % fibra neutro detergente (% FND), % fibra ácido detergente (% FAD), % lignina ácido detergente. Se siguieron los métodos de análisis de la AOAC (2003) y se calculó el valor relativo del forraje (VRF) de acuerdo con Linn y Martín (1989).

En el ensayo de 2015 se realizaron análisis de varianza factoriales de los datos de cada fecha de corte por separado, considerando cruzados los factores tipo de mezcla y proporción de leguminosa.

En el ensayo de 2016 se realizaron dos análisis de varianza independientes: uno para las mezclas con veza y otro para las mezclas con guisante. En estos dos análisis se consideraron cruzados los factores tipo de cereal y proporción de leguminosa en la mezcla. Se realizaron pruebas de Student-Newman-Keul para comparar más de dos medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayo 2015

Se observó claramente cómo, a medida que se retrasaba la fecha de corte, aumentaba la producción y disminuía la calidad. Resultados similares se observan en diversas condiciones y con diversas mezclas Maresma *et al.* (2014).

En la primera fecha de corte (inicio floración guisante) se muestreó guisante con avena y guisante con triticale. Se observaron diferencias significativas entre ambas mezclas para % proteína (Tabla 3) y % LAD, siendo las mezclas con triticale las de mayor contenido proteico. Diversos autores (Suárez *et al.*, 2002; Maresma *et al.*, 2014) también han obtenido los mejores resultados en mezclas con triticale. En cuanto a la proporción de leguminosa, las mezclas con 67% de guisante se diferenciaron significativamente del resto en % cenizas y % LAD, si bien estas diferencias no influían en la calidad del heno. En la Tabla 3 no se presentan datos de % en cenizas y % LAD porque los rangos observados en estos parámetros eran muy bajos para influir de modo importante en la calidad del forraje. Para % proteína hubo interacción entre proporción de leguminosa y tipo de mezcla, que se explicaba porque con el 33% de leguminosa en la mezcla la diferencia entre la mezcla con avena, 18,5% proteína (menor que el promedio, ver Tabla 3), y la mezcla con triticale, 27,0% proteína (mayor que el promedio, ver Tabla 3) era mucho más acusada que con el 50% y el 67%.

En la segunda fecha de corte (inicio floración triticale) se muestreó veza con triticale y guisante con triticale. Hubo diferencias significativas entre veza y guisante para % proteína, % FB, % FND, % FAD y VRF que indicaban mejor calidad de las mezclas con guisante (Tabla 3). Otros autores, en

diversas condiciones han observado también mejores niveles de calidad en mezclas con guisante (Martínez *et al.*, 2002; Suárez *et al.*, 2002). En esta fecha de corte el % FND decrecía y el VRF mejoraba significativamente con el aumento de la proporción de leguminosa de la mezcla (Tabla 4) de modo similar al descrito por Castro y Piñeiro (1998).

Tabla 3. Media \pm error estándar de los parámetros evaluados en las mezclas forrajeras recolectadas en cada fecha de corte y significación de la F en los análisis de varianza. Las medias significativamente diferentes aparecen en negrita seguidas de letras diferentes.

Fecha de corte	Veza + Avena	Veza + Triticale	Guisante + Avena	Guisante + Triticale	Sig. F
09/03/2015, inicio de floración de guisante					
kg M.S./ha	-	-	5305 \pm 150	5607 \pm 361	n.s.
% proteína	-	-	22,1 \pm 2,1 b	25,8 \pm 0,7 a	0,01
% FB	-	-	18,6 \pm 0,3	19,3 \pm 0,6	n.s.
% FND	-	-	40 \pm 1,2	39,2 \pm 0,7	n.s.
% FAD	-	-	24,9 \pm 0,5	26,2 \pm 0,7	n.s.
VRF	-	-	163 \pm 6	163 \pm 4	n.s.
23/03/2015, inicio de floración de triticale					
kg M.S./ha	-	5907 \pm 140	-	5452 \pm 376	n.s.
% proteína	-	16,8 \pm 0,7 b	-	22,8 \pm 0,9 a	0,00
% FB	-	22,6 \pm 0,2 a	-	19,4 \pm 0,6 b	0,00
% FND	-	50,2 \pm 0,8 a	-	40,7 \pm 1,6 b	0,00
% FAD	-	29,4 \pm 0,3 a	-	26,6 \pm 0,9 b	0,00
VRF	-	123 \pm 2 b	-	157 \pm 7 a	0,00
30 y 31/03/2015, inicio de floración de veza y avena					
kg M.S./ha	5380 \pm 143	6120 \pm 306	6273 \pm 535	-	n.s.
% proteína	18,1 \pm 0,7	16,3 \pm 1,3	17,9 \pm 0,5	-	n.s.
% FB	20,3 \pm 0,2 b	24,6 \pm 0,1 a	20,5 \pm 0,4 b	-	0,00
% FND	44,0 \pm 0,3 b	54,9 \pm 0,7 a	43,4 \pm 0,3 b	-	0,00
% FAD	26,0 \pm 0,3 b	32,1 \pm 0,1 a	26,6 \pm 0,4 b	-	0,00
VRF	145 \pm 1 a	108 \pm 2 b	146 \pm 2 a	-	0,00
16/04/2015, final de floración de guisante					
kg M.S./ha	-	-	7103 \pm 457	7609 \pm 686	n.s.
% proteína	-	-	16,6 \pm 1,4	17,4 \pm 0,9	n.s.
% FB	-	-	25,2 \pm 0,7	25,3 \pm 0,8	n.s.
% FND	-	-	49,6 \pm 1,5	48,6 \pm 1,8	n.s.
% FAD	-	-	29,1 \pm 0,5	29,3 \pm 0,8	n.s.
VRF	-	-	125 \pm 5	128 \pm 6	n.s.
21/04/2015, final de floración de avena					
kg M.S./ha	8536 \pm 542 a	-	7637 \pm 171 b	-	0,03
% proteína	15,2 \pm 1,0	-	14,5 \pm 0,8	-	n.s.
% FB	24,1 \pm 0,4	-	24,2 \pm 0,4	-	n.s.
% FND	52,1 \pm 1,0	-	50,4 \pm 0,7	-	n.s.
% FAD	29,7 \pm 0,4	-	28,8 \pm 0,3	-	n.s.
VRF	118 \pm 3	-	124 \pm 3	-	n.s.
27/04/2015 final de floración de veza y triticale					
kg M.S./ha	9108 \pm 533 b	11068 \pm 623 ab	-	12674 \pm 605 a	0,01
% proteína	13,2 \pm 0,6	12,9 \pm 0,7	-	12,7 \pm 0,4	n.s.
% FB	27,7 \pm 0,2	27,4 \pm 0,9	-	27,9 \pm 0,7	n.s.
% FND	55,4 \pm 0,6	54,5 \pm 1,2	-	53,9 \pm 0,2	n.s.
% FAD	33,3 \pm 0,4	32,8 \pm 0,8	-	33,6 \pm 0,9	n.s.
VRF	106 \pm 1	109 \pm 3	-	108 \pm 1	n.s.

Tabla 4. Media \pm error estándar de las mezclas y significación de la F en los análisis de varianza, según su proporción de leguminosa en las fechas de corte en las que se detectaron diferencias significativas para este factor en parámetros relevantes. Las medias significativamente diferentes aparecen en negrita seguidas de letras diferentes.

Fecha de corte	33%	50%	67%	Sig. F
23/03/2015				
kg M.S./ha	6050 \pm 91	5743,5 \pm 376	5245 \pm 390	n.s.
% proteína	19,5 \pm 3,1	18,6 \pm 2,8	21,3 \pm 3,1	n.s.
% FB	21,4 \pm 1,4	21,4 \pm 1,5	20,2 \pm 2,0	n.s.
% FND	47,4 \pm 4,0 a	45,6 \pm 5,1 ab	43,4 \pm 5,2 b	n.s. (0,053)
% FAD	28,3 \pm 1,4	28,8 \pm 1,0	26,8 \pm 1,9	n.s.
VRF	133 \pm 13 b	138 \pm 17 ab	148,8 \pm 21 a	n.s. (0,055)
16/04/2015				
kg M.S./ha	7668 \pm 187	7566,5 \pm 1290	6833 \pm 343	n.s.
% proteína	15,2 \pm 1,1 b	16,8 \pm 0,0 b	19,0 \pm 0,1 a	0,00
% FB	26,0 \pm 0,3	25,9 \pm 0,1	23,8 \pm 0,1	n.s.
% FND	51,4 \pm 0,2 a	49,8 \pm 0,5 ab	45,9 \pm 0,8 b	0,03
% FAD	29,9 \pm 0,4	29,7 \pm 0,1	28,0 \pm 0,2	n.s.
VRF	119 \pm 0 b	124 \pm 2 ab	137 \pm 2 a	0,03

En la tercera fecha de corte (inicio floración veza y avena) se muestrearon veza con avena, veza con triticale y guisante con avena. Las mezclas de veza con triticale alcanzaron unos niveles significativamente más altos de fibra (% FB, % FND, % FAD y LAD) y, consecuentemente, un nivel de VRF más bajo que el resto (Tabla 3). Esto se explica porque el triticale, estaba en un estadio fenológico más avanzado que la avena, aportando menos proteína y bastante más fibra a la mezcla que la avena. En este momento no se observaron diferencias significativas entre las distintas proporciones de leguminosas ensayadas.

En la cuarta fecha de corte (final floración guisante) se muestreó guisante con avena y guisante con triticale. Se detectaron diferencias significativas entre ambos tipos de mezclas a nivel de % cenizas y % LAD aunque, como se apuntó anteriormente, el rango de variación era muy bajo como para influir en la calidad. En esta fecha de corte las mezclas con 67% de leguminosa tenían mejor calidad forrajera que las mezclas con 33% de leguminosa (Tabla 4) de modo similar a lo observado por otros autores (Castro y Piñeiro, 1998).

En la quinta fecha de corte (final floración avena) se muestreó veza con avena y guisante con avena, encontrándose diferencias significativas para tipo de mezcla en kg M.S./ha a favor de la veza (Tabla 3). De esta fecha en adelante no hubo diferencias entre las distintas proporciones de leguminosa de las mezclas.

En la sexta y última fecha de corte (final floración veza y triticale) se muestrearon las mezclas de veza con avena, veza con triticale y guisante con triticale. Las mezclas forrajeras más productivas fueron las que incluían como cereal al triticale, siendo la más productiva, de acuerdo con Martínez *et al.* (2002) y Suárez *et al.* (2002), la de guisante con triticale (Tabla 3).

Ensayo 2016

En el análisis de varianza que incluía las mezclas de guisante se encontraron diferencias significativas entre las mezclas de guisante con avena y las de guisante con triticale (Tabla 5.A) de modo similar a lo observado en otros trabajos (Martínez *et al.*, 2002). En cambio, en el análisis de varianza que incluía las mezclas de veza no se encontraron diferencias significativas entre avena y triticale (Tabla 5.B). En ninguno de los dos análisis de varianza se detectaron diferencias significativas para proporción de leguminosas.

Tabla 5. Media \pm error estándar y significación de la F en los análisis de varianza, de la producción de materia seca/ha de las mezclas guisante (A) y veza (B) en 2016. Las medias significativamente diferentes aparecen en negrita seguidas de letras diferentes.

A:			
Fecha de corte 29/04/2016, final de floración de guisante			
	Guisante + Avena	Guisante + Triticale	Sig. F
kg M.S./ha	10320 \pm 581 b	12520 \pm 484 a	0,04
B:			
Fecha de corte: 04/05/2016, final de floración de veza			
	Veza + Avena	Veza + Triticale	Sig. F
kg M.S./ha	11320 \pm 742	11480 \pm 551	n.s.

CONCLUSIONES

Se ha podido comprobar que en los cortes tempranos la producción es mucho menor y la calidad es mayor que en los cortes tardíos. En los cortes más tempranos hay diferencias de calidad a favor de las mezclas de guisante. En los cortes más tardíos se observan diferencias productivas a favor de las mezclas con triticale. La proporción más alta de leguminosa en las mezclas puede contribuir a la mejora de calidad del forraje en los cortes tempranos, pero no en los tardíos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado con ayudas de la Junta de Extremadura (PRI, GR15036), el Gobierno de España (INIA, RFP2014000007-00-00) y fondos FEDER de la Unión Europea.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEMET, Agencia Española de Meteorología. <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos> acceso online: 20/02/2017
- AOAC (2003) Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (17th ed.). Gaithersburg (MD), EEUU: AOAC International.
- Linn JG. y Martin NP. (1989) Forage quality tests and interpretation. St Paul, Minnesota, EEUU: Minn. Ext. Serv., AG-FO-2637. Univ. Minnesota.
- Castro M.P. y Piñeiro J. (1998) Efecto de la dosis de siembra de avena (*Avena sativa* L.) y veza común (*Vicia sativa* L.) en la producción, composición botánica y valor nutritivo de la asociación. *Actas de la XXXVIII Reunión Científica de la SEEP*, pp. 173-176. Soria, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- Maresma A., Santiveri F., Chocarro C., Aragay M. y Lloveras J. (2014) Evaluación de forrajes de invierno en sistemas de doble cultivo con maíz en regadío. En: Busqué J. *et al.* (Eds). *Pastos y PAC 2014-2020*, pp. 295-302. Potes, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- Martínez A., Argamentería A., De la Roza B. y Martínez A. (2002) Mezclas cereal-leguminosa como forraje invernal en zonas húmedas. En: Chocarro C. *et al.* (Eds). *Producción de Pastos, Forrajes y Céspedes*, pp. 315-320. Lleida, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

Suárez R., Díaz N., Pineiro J. y Santoalla C. (2002) Avena, centeno y triticale con tutores de guisante y veza en rotaciones forrajeras ecológicas. En: Chocarro C. *et al.* (Eds). *Producción de Pastos, Forrajes y Céspedes*, pp. 701-710. Gijón, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

INFLUENCIA DEL ARBOLADO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL FORRAJE DE DIFERENTES VARIEDADES DE TRITICALE EN SISTEMAS AGROFORESTALES

O. SANTAMARÍA¹, S. RODRIGO¹, A. ALBARRÁN¹, G. MORENO², M.J. POBLACIONES¹

¹Dpto de Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal (Univ. de Extremadura). Escuela de Ingenierías Agrarias. Avda. Adolfo Suárez s/n, 06007 Badajoz. ²Dpto de Biología Vegetal, Ecología y CC. Tierra (U. Extremadura). Centro Universitario de Plasencia. Avda. Virgen del Puerto 2, 10600 Plasencia.
Correspondencia: osantama@unex.es

RESUMEN

El triticale se utiliza cada vez más como cultivo forrajero en dehesas. Sin embargo aún se desconoce su comportamiento productivo en presencia de arbolado. Con el objetivo de evaluar el efecto de estas condiciones sobre la producción de biomasa y parámetros de calidad (proteína, fibra y lignina) se inició en 2014/2015 un estudio sobre tres cultivares de triticale. Con el mismo objetivo, se presentan aquí los resultados del 2015/2016. El estudio se realizó en una dehesa de Badajoz, sembrando 1,5 ha de cada variedad. En cuatro árboles de cada zona se tomaron muestras de forraje del área bajo copa, zona borde y fuera de copa, en dos momentos, invierno y primavera. La presencia del árbol incidió claramente sobre la producción y calidad del forraje en triticale. Para las condiciones concretas del año de estudio la presencia del árbol tuvo un efecto positivo en la producción invernal y en la total anual (incrementándose un 30% y 34%, respectivamente). Entre los parámetros de calidad, la proteína y la fibra ácido detergente se vieron favorecidos por la presencia del árbol, pero no así la fibra neutro detergente. De las variedades ensayadas, ninguna mostró especial aptitud para crecer bajo las condiciones que se dan en presencia de arbolado.

Palabras clave: TriticumxSecale, dehesa, biomasa, valor nutritivo, cobertura arbórea

SUMMARY

Triticale is increasingly used as a forage crop in *dehesas*. However, its productive behaviour while growing under a tree canopy is still unknown. With the aim of evaluating the effect of the tree on biomass yield and nutritive value parameters (protein, fibre and lignin), a study was initiated in 2014/2015 on three triticale cultivars. With the same objective, the results from 2015/2016 are presented here. The study was performed in a *dehesa* in Badajoz (southwestern Spain), sowing 1.5 ha with each cultivar. In four trees of each, forage samples were taken twice, in the winter and spring, from three areas: under the tree cover, outside of tree cover influence, and from the border area. The trees had a strong and clear influence on the biomass yield and quality parameters of the triticale forage. Under the specific conditions of the study year, the trees had a positive effect on both the winter and total herbage yield (with increments of 30% and 34%, respectively). Among the nutritive value parameters, protein and acid detergent fibre were also enhanced by trees, but the neutral detergent fibre was not. None of the cultivars examined showed a special aptitude to grow under tree canopy conditions.

Keywords: TriticumxSecale, dehesa, biomass yield, nutritive value, tree cover

INTRODUCCIÓN

Las dehesas son sistemas agrosilvopastorales con árboles dispersos y un estrato herbáceo muy desarrollado, dedicados principalmente a la alimentación del ganado en régimen extensivo y situados principalmente en el suroeste de la Península Ibérica. En estas zonas, como consecuencia del clima mediterráneo y de los suelos escasos y poco fértiles, la producción de pastos es en general escasa y de baja calidad nutritiva (Vázquez de Aldana *et al.*, 2006). Por ello, habitualmente los ganaderos se ven obligados a adquirir alimentos (piensos, forrajes, etc.) para suplementar la dieta de los animales, lo cual incrementa mucho los costes de producción y pone en riesgo la rentabilidad de las explotaciones. Una alternativa para aumentar la disponibilidad y disminuir los costes de alimentación consiste en la siembra de cultivos forrajeros. Dentro de éstos, el triticale es un cereal que está adquiriendo cada vez más interés debido a su alta productividad, gran calidad del forraje y por su doble aptitud, que permite un aprovechamiento en invierno mediante pastoreo, y otro a finales de primavera o verano para henificar o para grano (Rodrigo *et al.*, 2010).

Con el fin de evaluar diferentes estrategias en sistemas agroforestales, entre ellas la evaluación del comportamiento de diferentes cultivares de triticale creciendo bajo arbolado, se inició en 2013 un proyecto europeo del 7º Programa Marco (proyecto AGFORWARD, ref. N° 613520). En el marco de este proyecto, se ha realizado un trabajo cuyo objetivo consistió en evaluar el efecto de presencia del arbolado sobre la producción de biomasa herbácea y parámetros de calidad nutritiva (proteína, fibra y lignina) en tres cultivares de triticale, usados comúnmente en esa doble aptitud. Los resultados del primer año de estudio (2014/2015), presentados en el congreso de la SEEP del 2016 celebrado en Galicia (Báez *et al.*, 2016), mostraron que mientras la producción forrajera invernal se vio favorecida por la presencia del árbol, tanto la primaveral como la total anual disminuyó cerca del 30% con respecto a la producida fuera de copas. Los parámetros de calidad del forraje se vieron favorecidos por la presencia del árbol, especialmente proteína y fibra. Ninguna de las variedades ensayadas mostró especial aptitud para crecer bajo arbolado (Santamaría *et al.*, 2016). Con este mismo objetivo, se presentan a continuación los resultados del segundo año de estudio (2015/2016).

MATERIAL Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron durante el año agrícola 2015/2016 en la dehesa Los Varales, situada en el término municipal de La Albuera, Badajoz (Coordenadas UTM: 30N, X = 686864 m; Y = 4293812 m). El estrato arbóreo de la zona estaba dominado por encinas (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) adultas con una densidad de unos 10 pies/ha. Dicha explotación se dedica a la cría de ovino principalmente (cargas ganaderas de 4 ovejas/ha), con pastoreo continuo diferido y suplementación en los meses de carencia de alimento. El clima del área de estudio es semiárido mediterráneo y presenta las características observadas en la Fig. 1. El ensayo se asentó sobre un suelo pobre, de pH ácido y cuyas características se detallan en la Tabla 1.

Para el experimento se seleccionó una zona de 4,5 ha, dividida en 3 parcelas de 1,5 ha, que tuvieran al menos 4 encinas cada una, para sembrar cada cultivar de triticale utilizado: cv Fronteira (Portugal), cv Montijano (España) y cv Verato (España). La siembra se realizó el 10/nov/2015 a una dosis de 220 kg de semilla/ha con una sembradora en líneas. Previamente a la siembra, se realizó laboreo convencional (dos pases cruzados de cultivador) y se fertilizó con 200 Kg/ha (NPK: 27-09-09) de un producto con liberación lenta de N.

Dentro de cada parcela se seleccionaron 4 árboles adultos homogéneos para la toma de muestras durante la duración del ensayo. Los árboles presentaban un diámetro de tronco de 40-50

cm, un diámetro de copa de 8-10 m y una altura de las ramas vivas más bajas de entre 1,5-2 m. El área de cultivo debajo de cada árbol fue dividido en 4 sectores, (1) uno justo en las inmediaciones del tronco, que fue excluido de la toma de muestras por la falta de homogeneidad de plantas derivada de la siembra mecanizada; (2) un segundo sector situado claramente bajo la copa del árbol y denominado como zona bajo copa; (3) un tercer sector situado claramente fuera de la copa del árbol y denominado como zona fuera de copa; y (4) un cuarto sector situado entre los dos anteriores y denominado como zona borde.

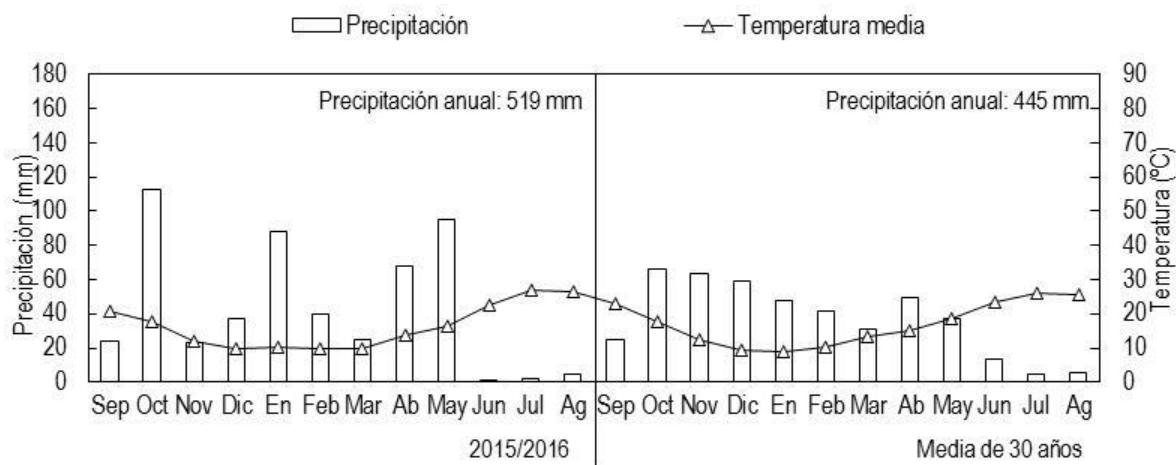


Figura 1. Diagrama ombrotérmico en la zona de estudio durante el año agrícola 2015/2016 y en el año medio (media de 30 años)

El área experimental fue pastoreado/segado en dos momentos del año: en marzo y en mayo de 2016. Justo antes de cada aprovechamiento (el 4 de marzo y el 16 de mayo) se tomaron muestras de forraje de cada sector, de cada encina y de cada parcela de una superficie de 0,25 m² (por tanto se tomaron un total de 36 muestras por aprovechamiento). Todas las muestras fueron tomadas según orientación Este.

Tabla 1. Características edáficas de la zona de ensayo. Media \pm error estándar.

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
Textura	Franco arenoso	P Olsen (ppm)	1,47 \pm 0,32
pH	5,90 \pm 0,08	K (meq/100 g)	1,64 \pm 0,14
Cond. electr. (μ S/cm)	588,46 \pm 44,91	Mg (meq/100 g)	0,90 \pm 0,32
Materia orgánica (%)	0,73 \pm 0,04	Ca (meq/100 g)	4,25 \pm 0,41
Nitrógeno (%)	0,10 \pm 0,01	Na (meq/100 g)	0,73 \pm 0,06

Datos obtenidos de 4 muestras tomadas en la zona de ensayo con anterioridad a la aplicación de fertilizantes

En las muestras de forraje se determinó primero la producción de biomasa (materia seca aérea) después de su secado en estufa a 70°C hasta pesada constante. Posteriormente fueron molidas y pasadas por un tamiz de luz de 1 mm de paso. Las determinaciones de calidad fueron: proteína bruta (PB) según el método Kjeldahl; fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina ácido detergente (LAD) con analizador de fibra ANKOM 8-98. El análisis estadístico de los datos consistió en ANOVAs de 2/3 entradas y test de comparaciones múltiples (LSD de Fisher) para ver la influencia de los factores analizados (influencia de la variedad, de la cobertura, del corte, y sus interacciones) sobre cada una de las variables de producción y calidad analizadas. Las variables

fueron transformadas cuando fue necesario para estabilizar la varianza residual. Todo ello se hizo con Statistix v. 8.10.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de biomasa invernal, primaveral y total (suma de las dos anteriores) se vio significativamente afectada ($P < 0,05$) tanto por la variedad de triticale como por la presencia del árbol (en este caso exceptuando la producción primaveral), aunque no así por la interacción entre ambos factores. La variedad Montijano fue la que produjo más biomasa en invierno (1821 kg/ha) y Verato en primavera (2182 kg/ha).

En la producción anual, al compensarse la invernal y primaveral, no hubo diferencias entre estas dos (3288 y 3478 kg/ha respectivamente; Fig. 2). El comportamiento productivo de estas variedades estuvo influenciado por las condiciones concretas del año, puesto que en el estudio del año anterior (Santamaría *et al.*, 2016), fue la variedad restante (Fronteira) la más productiva. Además la producción media fue bastante mayor en 2014/2015 que en 2015/2016 (4206 frente a 2996 kg/ha, respectivamente).

Sin embargo la precipitación anual no fue el parámetro más influyente, puesto que contrariamente ésta fue mayor en 2015/16. En 2014/2015 llovió bastante más en noviembre, lo que explicaría la mayor producción invernal, mientras que en 2015/2016, debido a las altas lluvias de enero, se tuvo que retrasar el aprovechamiento invernal, lo cual fue claramente en detrimento de la producción primaveral, y por tanto de la total. Las variedades más tempranas, como Fronteira, se vieron favorecidas por las condiciones de 2014/2015, mientras que las más tardías, como Montijano y Verato (González *et al.*, 2012), sufrieron menos con el tardío corte invernal.

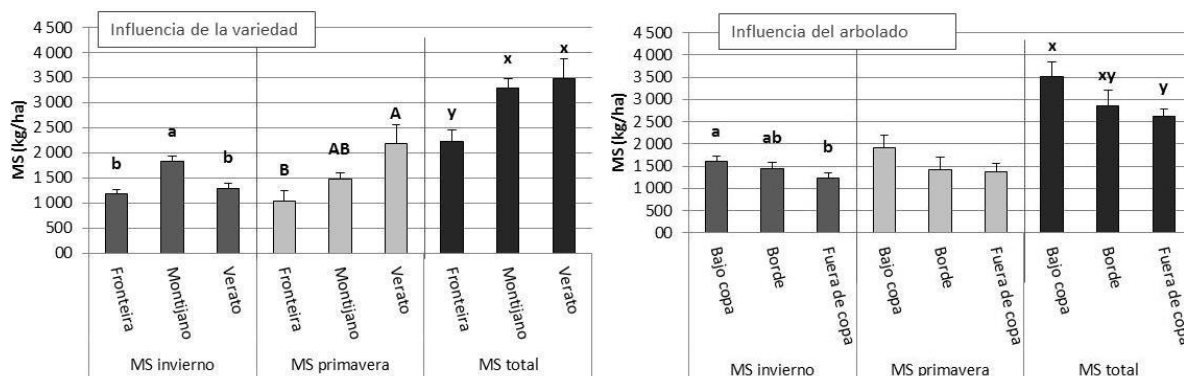


Figura 2. Influencia de la variedad y de la presencia del árbol en la producción de materia seca (MS) en invierno, primavera y total. Valores medios \pm error estándar. Para cada MS, letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$) según test LSD de Fisher. Para el ANOVA y test de Fisher, en la MS primavera, la variable fue transformada según $\text{Ln}(x + 1)$.

Por otra parte, en el muestreo de invierno el árbol tuvo un efecto positivo sobre la biomasa (se produjo un 30% más con respecto al triticale sin cubierta), posiblemente debido a su carácter amortiguador de las temperaturas bajas, principal factor limitante para el crecimiento vegetal en ese periodo (Fig. 2). Sin embargo, y a diferencia de lo ocurrido en 2014/2015, en primavera la presencia del árbol no tuvo influencia sobre la producción; y en la producción total, ésta tuvo un efecto beneficioso sobre dicha producción (Fig. 2).

En primavera, cuando ni la humedad ni la temperatura son limitantes para el crecimiento, la insolación incidente debería ser el principal factor que afectase la producción, lo cual contradice nuestros resultados de este año. El tardío aprovechamiento invernal que se realizó podría explicar este hecho, ya que habría limitado la producción primaveral, que suele ser la mayor y en la que la influencia de la insolación suele ser más importante. Por tanto en este caso, el efecto de la insolación en primavera contribuyó menos en la producción anual que el efecto amortiguador de las temperaturas en invierno.

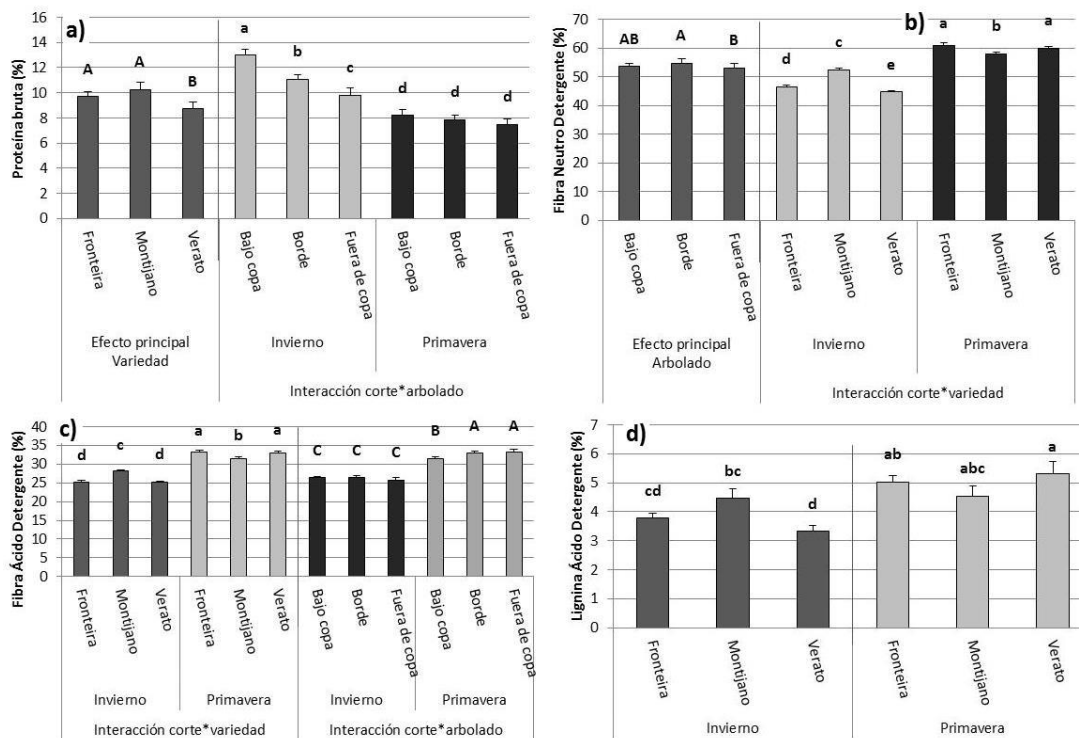


Figura 3. Influencia de la variedad de triticale, del arbolado, del corte y/o de sus interacciones en la proteína bruta (a), fibra neutro detergente (b), fibra ácido detergente (c) y lignina ácido detergente (d) del forraje. Valores medios ± error estándar. Dentro de cada variable, letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$) según test LSD.

Con respecto a los parámetros de calidad nutritiva, los tres efectos principales considerados, variedad, árbol y aprovechamiento, tuvieron influencia significativa ($P < 0,05$) sobre la proteína, así como la interacción arbolado*aprovechamiento. La variedad Montijano, aunque sin diferencias significativas con Fronteira, fue la de mayor contenido proteico (Fig. 3a), al igual que ocurrió en 2014/2015 (Santamaría *et al.*, 2016). El forraje situado bajo copa mostró mayor contenido proteico que el de fuera de copa, pero sólo en el corte invernal (Fig. 3a). Esto podría ser explicado por las condiciones microclimáticas de mayor humedad del suelo bajo copa (Cubera y Moreno, 2007), que producirían mayor eficiencia en la absorción y uso del nitrógeno (Pecio, 2010). También una mayor tasa de aparición de hojas de triticale bajo copa (por temperaturas más suaves durante el invierno) podría explicar dicho aumento, al haber mayor contenido proteico en las hojas más jóvenes.

La fibra (tanto FND como FAD) y la lignina (LAD) del forraje fueron significativamente afectadas ($P < 0.05$) por el aprovechamiento y por la interacción aprovechamiento*cultivar. Además, los efectos principales cultivar y árbol afectaron la FND, y la interacción corte*árbol la FAD. Con respecto al comportamiento de los cultivares, éste fue opuesto según el momento del aprovechamiento (Fig. 3b, c y d). Así el cultivar más productivo en invierno (Montijano) fue el que presentó los mayores valores de FND, FAD y LAD en ese corte, y los menores en el aprovechamiento primaveral. En relación a la influencia de la presencia del árbol, ésta fue negativa para la FND (Fig.

3b), pero positiva para la FAD, especialmente en el corte primaveral para ésta última (Fig. 3c). El patrón de dichos valores fue distinto al encontrado en 2014/2015 (Santamaría *et al.*, 2016), por lo que se muestran influenciados por las condiciones concretas del año y por el manejo realizado.

CONCLUSIONES

La presencia del árbol tuvo una incidencia clara sobre la producción y calidad del forraje en triticale. Para las condiciones del año de estudio, el árbol tuvo un efecto positivo tanto sobre la producción invernal como en la total anual (con incrementos del 30% y 34%, respectivamente). Entre los parámetros de calidad del forraje, la PB y la FAD se vieron favorecidos por la presencia del árbol, pero no así la FND. De las variedades ensayadas, ninguna mostró especial aptitud para crecer bajo arbolado.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido cofinanciado por la Comisión Europea y la Dirección General para la Investigación y la Innovación dentro del 7º Programa Marco, a través del proyecto AGFORWARD de referencia N° 613520. La asistencia de Oscar Santamaría ha sido financiada por la Consejería de Economía e Infraestructuras de la Junta de Extremadura y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Báez M.D., Campo L., Pereira S., Bande M.J. y López J.E. (2016) Innovación sostenible en pastos: hacia una agricultura de respuesta al cambio climático. Lugo-A Coruña, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

Cubera E. y Moreno G. (2007) Effect of single *Quercus ilex* trees upon spatial and seasonal changes in soil water content in Dehesas of central western Spain. *Annals of Forest Science*, 64, 355-364.

González F., Gil A., Llera F., González J.A. y Maya V. (2012) Catálogo de variedades de semillas obtenidas en el Centro de Investigación la Orden-Valdesequera. Gobierno de Extremadura, Mérida.

Pecio A. (2010) Productivity of triticale affected by nitrogen fertilization and weather conditions. *Fertilizer and Fertilization*, 40, 101-116.

Rodrigo S., Poblaciones M.J., Pinheiro N., Maças B., Olea L., Santamaría O., García-White T. y Coutinho, J. (2010) Dry matter yield and quality evaluation at different growth stages of Triticale forage in S.W. of the Iberian Peninsula. 13th Meeting of the FAO-CIHEAM sub-network on mediterranean pastures and fodder crops, Alicante.

Santamaría O., Rodrigo S., Albarrán A., Moreno G. y Olea L. (2016) Producción y calidad del forraje de variedades de triticale cultivadas en condiciones de sombra, para su utilización en sistemas agroforestales. En Báez M.D. *et al.* (Eds) Innovación sostenible en pastos: hacia una agricultura de respuesta al cambio climático, pp. 331-337. Lugo-A Coruña, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

Vázquez De Aldana B.R., García-Ciudad A., García-Criado B. (2006) Biomass production and protein content of semiarid grasslands in western Spain over a 20-years period. *Grassland Science in Europe*, 11, 547-549.

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN CON PURÍN DE VACUNO SOBRE EL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRICIONAL DE UNA MEZCLA DE TRÉBOLES ANUALES COMPARADA CON RAIGRÁS ITALIANO COMO CULTIVOS DE INVIERNO PARA ENSILAR

J. VALLADARES¹, S. PEREIRA-CRESPO², A. BOTANA¹, C. RESCH¹, G. FLORES-CALVETE¹

¹Instituto Galego de Calidade Alimentaria. Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo. (INGACAL-CIAM), Apdo. 10, 15080. A Coruña (España). ²Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL). Mabegondo, 15318 Abegondo. A Coruña (España).

Correspondencia: juan.valladares.alonso@xunta.gal

RESUMEN

Se presentan los resultados de un estudio realizado durante dos años en la zona costera de Galicia donde se comparó el rendimiento y valor nutricional de una mezcla de raigrás híbrido con tréboles anuales (RH5L) vs. un cultivo monofito de raigrás italiano (RNA), sembrados en otoño y fertilizados con 0, 50, 100 y 150 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N) procedente de purín de vacuno. El diseño fue en parcelas divididas con el tipo de cultivo como parcela principal y la dosis de N como subparcela, con 4 repeticiones. La cosecha se realizó en un corte único para ensilar a mediados de mayo del año siguiente. En todo el rango de dosis de N el rendimiento de materia seca (MS) y de proteína bruta (PB) de RH5L superó al de RNA con valores medios de 5122 vs. 2289 kg MS ha⁻¹ y de 749 vs. 163 kg PB ha⁻¹ para el tratamiento sin N y de 6170 vs. 4414 kg MS ha⁻¹ y de 819 vs. 275 kg PB ha⁻¹ para el de 150 kg N ha⁻¹, respectivamente. Se concluye acerca del favorable comportamiento de la mezcla de tréboles anuales frente al raigrás italiano, en las condiciones de ensayo.

Palabras clave: tréboles anuales, raigrás italiano, N orgánico, producción, composición botánica

SUMMARY

This work presents the results of a two-year study performed in the coastal zone of Galicia (NW Spain). The yield and nutritive value of a mixture of a hybrid ryegrass and annual clovers (RH5L) was compared to a monoculture crop of Italian ryegrass (RNA), sown in autumn and fertilized with 0, 50, 100 or 150 kg ha⁻¹ of nitrogen (N) from cow slurry. The experiment followed a split-plot design where the crop type was the main plot and the dose of N the subplot, with four replications. The crops were harvested for silage the following spring in a mid-May single-cut. Across all the levels of applied N, dry matter (DM) and crude protein (PB) yield of RH5L was higher compared with RNA, with average values of 5122 vs. 2289 kg MS ha⁻¹ and 749 vs. 163 kg PB ha⁻¹ in the control (without N) and of 6170 vs. 4414 kg MS ha⁻¹ and 819 vs. 275 kg PB ha⁻¹ in the 150 kg N ha⁻¹ treatments, respectively. The annual clovers mixture showed a more favorable performance compared to the pure stand of Italian ryegrass, as winter crops, in the conditions studied.

Key words: annual clovers, Italian ryegrass, organic N, production, botanical composition

INTRODUCCIÓN

En Galicia la producción de leche sigue mayoritariamente un modelo intensivo, dependiente del cultivo del maíz forrajero como cultivo de verano, que suele rotar mayoritariamente con raigrás italiano sembrado en otoño para ensilar a finales de abril-mediados de mayo (Fernández-Lorenzo *et al.*, 2009). A fin de evaluar las posibilidades de mejorar los resultados de la rotación, trabajos

realizados en los últimos años en el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM) obtuvieron información acerca del buen comportamiento de tréboles anuales y sus mezclas en cuanto a productividad y contenido proteico (Pereira-Crespo *et al.*, 2012b). La referida intensificación de la producción lechera de Galicia con frecuencia lleva asociada una acumulación de purines en las explotaciones, cuyo uso como fertilizante en la propia granja es obligado en un contexto de racionalidad de la producción. Diversos estudios han abordado el estudio del efecto de la utilización de fuentes de N orgánico en forma de purines, tanto en praderas como en las rotaciones de cultivos invernales con maíz en Galicia, demostrando la potencialidad de los fertilizantes orgánicos para reducir los inputs de N mineral de las explotaciones, rebajar los gastos en la compra de fertilizantes y minimizar las emisiones de contaminantes al medio (Báez-Bernal *et al.*, 2014; García-Pomar *et al.*, 2015a).

Para ampliar el conocimiento acerca del cultivo invernal de las mezclas de leguminosas anuales se planteó un ensayo con el objetivo de evaluar el rendimiento productivo y valor nutricional de una mezcla de tréboles anuales con raigrás híbrido comparado con un monocultivo de raigrás italiano, cuando reciben dosis variables de N procedente de purín de vacuno en el otoño y son cosechadas para ensilar en primavera.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo entre noviembre y mayo durante dos campañas (2012-2013 y 2013-2014) en la finca experimental del CIAM en la provincia de A Coruña (Latitud 43° N, Longitud 8° O) situada en la zona costera atlántica de Galicia, a 100 m. de altitud, de clima templado-húmedo con suelos de textura franco-limosa, profundidad media, con pH 5,96 y unos niveles 14,6 mg L⁻¹ de P (Olsen, extraído en NaHCO₃) y de 201,1 mg L⁻¹ de K (extraído en NH₄NO₃), calificados como moderadamente ácidos y de fertilidad media según Castro-Ínsua *et al.* (2012).

El área experimental, de 1,06 ha, se dividió en 4 bloques dentro de cada uno de los cuales se dispusieron aleatoriamente, siguiendo un diseño de parcelas divididas, dos tipos de cultivo como parcela principal (RH5L: una mezcla de raigrás híbrido y 5 tréboles anuales y RNA: un monocultivo de raigrás italiano no alternativo) y cinco dosis de N procedente de purín (0, 50, 100 y 150 kg N ha⁻¹) como subparcelas. En total, se evaluaron 10 tratamientos (2 cultivos x 5 dosis de N) con 4 réplicas en dos años consecutivos. Cada parcela elemental tenía 5 m de ancho y 66 m de largo, suficientes para la realización de las labores con la maquinaria de la explotación. El purín, procedente del ganado vacuno de leche de la explotación, tenía una riqueza media por m³ de 3,12 kg de N, 1,5 kg de P₂O₅ y 3,9 kg de K₂O y fue aplicado inmediatamente mediante inyección en el terreno el 31 de octubre de 2012 y el 11 de noviembre de 2013, siendo ajustada la dosis considerando una eficiencia total de N del 67% (García-Pomar *et al.*, 2015b). El resto de la fertilización se aplicó según Castro-Ínsua *et al.* (2012) aplicando de fondo en cada subparcela superfosfato del 18% y cloruro potásico del 60% en las cantidades necesarias para complementar el purín y alcanzar un nivel mínimo de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 130 kg ha⁻¹ de K₂O. Toda la superficie de ensayo fue encalada con una dosis equivalente a 1000 kg ha⁻¹ de Ca₂O a finales de octubre de 2012.

La siembra se realizó entre el 2 y el 5 de noviembre de 2012 y el 14 de noviembre de 2013, estando compuesta la fórmula de la mezcla RH5L (en kg ha⁻¹) por 10 kg raigrás híbrido (*Lolium baucheanum* Kvnth.) cv Barsilo, 6 kg de trébol encarnado (*Trifolium incarnatum* L.) cv Contea, 3 kg de trébol micheliano (*T. michelianum* Savi) cv Bolta, 3 kg de trébol persa (*T. resupinatum* L. ssp. *resupinatum*) cv Nitro Plus, 3 kg de trébol alejandrino (*T. alexandrinum* L.) cv Alex y 3 kg de trébol vesiculoso (*T. vesiculosum* Savi) cv Zulu II, mientras que para el tratamiento RNA se utilizaron 40 kg

ha⁻¹ de raigrás italiano no alternativo (*Lolium multiflorum* L.) cv Bolero. Todos los tréboles estaban peletizados e inoculados con *Rhizobium* específicos para su cultivo.

El cultivo se cosechó en un único corte, realizado entre el 21 y 22 de mayo de 2013 y el 13 de mayo de 2014 utilizando una segadora rotativa acondicionadora de rodillos Kuhn FC243-R-GII que segó con una anchura de 2,40 m en el centro de cada parcela elemental con los deflectores abiertos, tomándose una muestra representativa de la hierba recién segada. Tras un presecado de 24 h en la parcela, la hierba se recogió con una rotoempacadora Vicon Opticut RV-1601, obteniéndose una rotopaca en cada parcela elemental. Esta fue pesada en el campo y, de ella, se tomó una muestra en el sentido radial de la rotopaca con una sonda mecanizada (Valladares *et al.*, 2005) para análisis posterior en el laboratorio. La determinación de MS de las muestras se realizó en estufa de aire forzado Unitherm a 80 °C durante 16 horas, siendo molidas posteriormente a 1 mm en molino de martillos. Mediante espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) se estimó el contenido de las muestras secas y molidas en materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND), carbohidratos solubles en agua (CSA), carbohidratos no estructurales totales (CNET) así como la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (IVDMO) según lo descrito por Pereira-Crespo *et al.* (2012a). El análisis estadístico fue realizado mediante ANOVA considerando el año y el bloque como factores aleatorios y el cultivo y la dosis de N como factores fijos. Las comparaciones de medias se realizaron mediante la diferencia mínima significativa protegida por Fisher, empleando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temperatura media y la precipitación acumulada del período de cultivo entre los meses de octubre a mayo fueron, respectivamente, de 10,6 °C y 1094,2 mm en 2012/2013 y de 11,5 °C y 1063,5 mm en 2013/2014. Comparado con la media de los 15 últimos años para dicho período (11,1 °C y 966,2 mm) el ensayo se desarrolló en condiciones de temperatura similares pero más lluviosas que las observadas en dicho período. El cultivo se estableció satisfactoriamente los dos años y se desarrolló sin incidencias apreciables de hierbas adventicias, plagas y enfermedades.

Como se observa en la Tabla 1, como media de los cultivos RH5L y RNA, el presecado del forraje aumentó significativamente el contenido en MS ($p < 0,001$; +10,4 puntos), la concentración (en %MS) de MO ($p < 0,001$; +0,7 puntos) y de FND ($p < 0,001$; +1,4 puntos), disminuyendo el contenido en CSA ($p < 0,05$; -1,9 puntos) y la IVDMO ($p < 0,001$; -1,4 unidades).

No se observó efecto significativo de la interacción Cultivo x Presecado salvo para el contenido en MS, ya que el incremento de MS del raigrás (14,1 puntos) fue más del doble que el observado para la mezcla RH5L.

Tabla 1. Contenido en materia seca, composición química y digestibilidad de la hierba recién segada y presecada 24 h para ensilar (valores medios de los cultivos RH5L y RNA).

Muestra	n	MS	MO	PB	FAD	FND	CSA	CNET	IVDMO
Segada	64	20,7	91,7	10,3	30,9	43,5	26,3	27,6	73,1
Presecada	64	31,1	92,4	10,3	30,6	44,9	24,4	26,6	71,7
<i>p</i>		***	***	ns	ns	***	*	ns	***

n: número total de observaciones; MS: materia seca (%); MO: materia orgánica (%MS); PB: proteína bruta (%MS); FAD: fibra ácido detergente (%MS); FND: fibra neutro detergente (%MS); CSA: carbohidratos solubles en agua (%MS); CNET: carbohidratos no estructurales totales (%MS); IVDMO: digestibilidad *in vitro* de la MO.

p: significación del test F en el ANOVA ($p < 0,001$ ***; $p < 0,01$ **; $p < 0,05$ *; ns: no significativo).

El efecto de la dosis de N sobre la composición botánica de la mezcla RH5L (Tabla 2) permite observar que no se ve afectado el porcentaje de especies sembradas sobre la MS total, que se mantiene en el rango 98,7-99,2%, mientras que, como era de esperar, el incremento de la dosis de N aplicada reduce la proporción de trébol desde el 90,0% al 70,0% mientras que la del raigrás híbrido aumenta desde el 8,7% al 28,7% de la MS total entre el tratamiento control sin N y 150 kg N ha⁻¹, respectivamente.

Entre otros autores, Streeter y Wong (1988) atribuyen el efecto depresor del crecimiento de las leguminosas cuando se utilizan dosis altas de N al efecto inhibitor del nitrato del suelo sobre el desarrollo de los *Rizobium* si bien en el presente estudio es de destacar, en todo caso, la alta proporción de leguminosas incluso en el tratamiento con mayor aporte de N.

Tabla 2. Efecto de la dosis de N sobre la composición botánica de la mezcla RH5L.

	Dosis de N (kg/ha)				p	e.s.m.
	0	50	100	150		
n	8	8	8	8		
Especies (% MS total)						
Raigrás híbrido	8,7	18,6	22,0	28,7	***	1,14
Tréboles	90,0	80,6	76,0	70,0	**	1,65
Total sembradas	98,7	99,2	98,0	98,7	ns	1,11

n=número total de observaciones; MS: materia seca; p: significación del test F en el ANOVA ($p<0,001$ ***; $p<0,01$ **; $p<0,05$ *; ns: no significativo); e.s.m.: error estándar de la media.

En la Tabla 3 se muestran los valores medios de materia seca, composición química, digestibilidad y rendimiento obtenido en los distintos tratamientos para el forraje presecado. El año afectó significativamente a la composición química del forraje, salvo al contenido en FND, y al rendimiento de proteína bruta pero no modificó ni la digestibilidad ni el rendimiento de MS. El tipo de cultivo afectó significativamente a todos los parámetros evaluados salvo el contenido en FND del forraje, mostrando el raigrás italiano, comparado con la mezcla de tréboles anuales, un superior contenido en MS (39,9 vs. 22,3%), una mayor concentración de MO (94,5 vs. 90,4% MS) y sobre todo de carbohidratos no estructurales (CNET, 38,2 vs. 15,0% MS) y de CSA (36,6 vs. 12,2% MS) y un valor de IVDMO más elevado (74,5 vs. 68,9% MS), mientras que el contenido en PB fue claramente inferior (6,7 vs. 13,9% MS). Los valores medios de PB de las especies sembradas oscilaron entre 5,9 y 6,3 %MS para el raigrás italiano, entre 9,2 y 10,3 %MS para el raigrás híbrido y entre 14,2 y 14,7 %MS para los tréboles anuales (datos no mostrados en las tablas). La elevada ensilabilidad del raigrás italiano y su alto valor energético ha sido indicada en numerosos estudios (por ejemplo, Demarquilly, 1986) y el bajo contenido en proteína corrobora observaciones anteriores de ensayos realizados con aportes de N moderados (Flores *et al.*, 2013).

El rendimiento medio de la mezcla RH5L fue significativamente superior al de RNA (5625 vs. 3293 kg MS ha⁻¹ y 782 vs. 215 kg PB ha⁻¹, respectivamente) reflejando, por un lado, una escasa disponibilidad de N para el raigrás italiano durante el período de cultivo, probablemente influido por las abundantes precipitaciones registradas, y por otro, la capacidad de fijación simbiótica de N de los tréboles anuales.

El rendimiento de ambos cultivos se incrementó linealmente con la dosis de N aplicada, pero lo hizo de forma muy diferente, oscilando los valores medios de RNA entre 2289 y 4414 kg MS ha⁻¹ y entre 163 y 275 kg PB ha⁻¹ y los de RH5L entre 5122 y 6170 kg MS ha⁻¹ y entre 749 y 819 kg PB ha⁻¹ para el tratamiento sin N y la dosis de 150 kg N ha⁻¹, respectivamente. La eficiencia media de uso del N aplicado fue de 13,5 kg MS kg⁻¹ N para RNA y casi la mitad (6,9 kg MS kg⁻¹ N) para RH5L. El

aporte a la producción total de MS de la fracción leguminosa de la mezcla RH5L, entre los niveles sin N y 150 kg N ha⁻¹, fue casi constante mientras que la del raigrás híbrido se incrementó por un factor de 4 entre ambos extremos, con valores de 4593 a 4318 kg MS ha⁻¹ para los tréboles y de 445 a 1764 para el raigrás híbrido, respectivamente.

Tabla 3. Efecto del tipo de cultivo, la dosis de N y el año sobre el contenido en MS, la composición química, el valor nutricional y rendimiento del forraje presecado para ensilar.

	Cultivo			Dosis de N aplicada (kg ha ⁻¹)						Año		
	RH5L	RNA	p	0	50	100	150	p	e.s.m.	2013	2014	p
n	32	32		16	16	16	16			32	32	
MS	22,3	39,9	***	31,8	30,9	30,7	30,9	ns	0,53	37,8	24,4	***
MO	90,4	94,5	***	92,2	92,7	92,4	92,5	ns	0,11	93,6	91,3	**
PB	13,9	6,7	***	11,0	10,3	10,3	9,8	***	0,12	9,6	11,0	*
FAD	34,3	26,9	***	30,1	30,1	31,1	31,2	ns	0,41	29,7	31,5	*
FND	44,9	45,0	ns	43,6	44,0	45,6	46,5	*	0,64	44,3	45,6	ns
CSA	12,2	36,6	***	23,7	25,6	23,9	24,5	ns	0,66	28,0	20,8	**
CNET	15,0	38,2	***	26,0	27,7	26,0	26,6	ns	0,66	29,6	23,7	**
IVDMO	68,9	74,5	**	72,1	72,3	71,3	71,1	ns	0,37	71,7	71,7	ns
Producción												
kg MS ha ⁻¹	5625	3293	**	3705	4285	4554	5292	***	98,24	4298	4620	ns
kg PB ha ⁻¹	782	215	***	456	487	505	547	*	14,7	449	549	**

n: número total de observaciones; MS: materia seca (%); MO: materia orgánica (%MS); PB: proteína bruta (%MS); FAD: fibra ácido detergente (%MS); FND: fibra neutro detergente (%MS); CSA: carbohidratos solubles en agua (%MS); CNET: carbohidratos no estructurales totales (%MS); IVDMO: digestibilidad *in vitro* de la MO; p: significación del test F en el ANOVA ($p < 0,001$ ***; $p < 0,01$ **; $p < 0,05$ *; ns: no significativo); e.s.m.: error estándar de la media.

Las interacciones Cultivo x Dosis de N y Dosis de N x Año no fueron significativas para ninguno de los parámetros estudiados, mientras que las observadas para Cultivo x Año fueron de escasa cuantía, lo que sugiere un comportamiento uniforme en el tiempo de los cultivos para las distintas dosis de N en relación a los parámetros estudiados.

CONCLUSIONES

El cultivo de tréboles anuales con raigrás híbrido fertilizado con purín de vacuno tuvo un rendimiento superior al del raigrás italiano. Esta superioridad se fue reduciendo con el incremento de la dosis de N pero se mantuvo a lo largo de todos los niveles de fertilización. La proporción relativa de leguminosa en la mezcla disminuye conforme se aumenta el aporte de N orgánico, pero la contribución de esta fracción al rendimiento total del cultivo permanece constante, correspondiendo al raigrás híbrido acompañante de los tréboles el incremento de rendimiento observado como respuesta al N. El descenso del contenido en PB de las mezclas con el incremento de la dosis de N orgánico aplicada se explica por el aumento de la fracción raigrás debido a su menor contenido en proteína comparado con los tréboles.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por los proyectos RTA2012-00065-05-02 y RTA2014-00086-C03-03. Adrián Botana Fernández es beneficiario de un contrato predoctoral FPI-INIA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Báez-Bernal D., García-Pomar M.I., Gilsanz Rey C., Louro-López A. y Castro-Ínsua J. (2014) Fertilización nitrogenada no millo forraxeiro en rotación con varios cultivos de inverno. *Afriga*, 109, 146-155.
- Castro-Insua J., García-Pomar M.I., Piñeiro-Andión J., Blázquez-Rodríguez R. (2012) Fertilización de prados, praderas e forraxes anuais. *Afriga*, 96, 82-92.
- Demarquilly C. (1986) L'ensilage et l'évolution récente des conservateurs. *Bulletin Technique C.R. Z. V. Theix, INRA*, 63, 5-12.
- Fernández-Lorenzo B., Dagnac T., González-Arráez A., Valladares J., Pereira-Crespo S. y Flores G. (2009) Sistemas de producción de leche en Galicia. Evolución y estado actual. *Pastos*, 39 (2), 251-299.
- Flores G., Díaz N., Díaz D., Valladares J., Pereira-Crespo S., Fernández-Lorenzo B., Resch C., Rodríguez-Díz X. y Piñeiro J. (2013) Evaluación de cultivares de raigrás italiano e híbrido como cultivo de invierno para ensilar en primavera. *Pastos*, 43(1), 20-34.
- García-Pomar M.I., Báez-Bernal D., Gilsanz-Rey C. y Castro-Ínsua J. (2015a) Producción y calidad proteica en rotaciones de maíz forrajero con cultivos de invierno con leguminosas. En: Cifré *et al.* (eds) *Pastos y forrajes en el siglo XXI*, pp. 185-192. Palma de Mallorca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- García-Pomar M.I., Báez-Bernal D., Castro-Ínsua J. y Gilsanz-Rey C. (2015b) A aplicación web RAX de recomendación de abonado con xurro no millo forraxeiro. Utilización de métodos rápidos de análisis de xurro. *Afriga*, 115, 132-140.
- Pereira-Crespo S., Valladares J., Flores G., Fernández-Lorenzo B., Resch C., Piñeiro J., Díaz N., González-Arráez A., Bande-Castro M. y Rodríguez-Díz X. (2012a) Prediction of the nutritive value on annual forage clovers and serradella by near infrared spectroscopy (NIRS). *Options Méditerranéennes-Series A: Mediterranean Seminars*, 102, 241-244.
- Pereira-Crespo S., Flores G., Díaz N., Fernández-Lorenzo B., Resch C., Valladares J. González-Arráez A., Bande-Castro M.J. y Rodríguez-Díz, X. (2012b) Rendimiento y valor nutritivo de nuevas leguminosas anuales como cultivo de invierno en rotaciones forrajeras intensivas de Galicia. *Pastos*, 42(1), 29-50.
- SAS Institute (2009) *Stat User's guide*, V.9.2, SAS Institute INC., Cary, NC, USA.
- Streeter J. y Wong P.P. (1988) Inhibition of legume nodule formation and N₂ fixation by nitrate. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 7(1), 1-23.
- Valladares J., Flores G., González-Arráez A., Fernández-Lorenzo B., Castro P. y Cardelle M. (2005) Diseño de una sonda mecanizada para toma de muestras de silo. En: Osoro *et al.* (eds) *Producciones agroganaderas, gestión eficiente y conservación del medio natural*, pp. 145-152. Gijón, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

SENSORES NIRS PARA EL CONTROL NUTRITIVO Y FERMENTATIVO DE ENSILADOS DE MAÍZ EN EXPLOTACIÓN

S. MODROÑO LOZANO, A. SOLDADO, A. MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, B. DE LA ROZA DELGADO

Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Ctra. Oviedo s/n. 33300 Villaviciosa. Asturias (España).
Correspondencia: broza@serida.org

RESUMEN

Con el objetivo de determinar en tiempo real parámetros nutritivos y fermentativos en ensilados de maíz, utilizando un sensor NIRS portátil (microPHAZIR™ Handheld NIR Analyzer) y 97 muestras de ensilado de maíz en forma intacta, se desarrollaron modelos de predicción cuantitativos. Se obtuvieron coeficientes de determinación de la calibración entre 0,7 y 0,9 para los parámetros nutritivos y fermentativos evaluados, excepto para pH. Los parámetros nutritivos alcanzaron los mejores resultados aplicando un tratamiento en primera derivada y para los fermentativos en segunda derivada. En ambos casos, la derivada se combinó con el tratamiento matemático Standard Normal Variate. El error de predicción de los diferentes parámetros fue evaluado en base a la relación entre el error de validación cruzada y el valor promedio de la población, inferior al 10% para todos los parámetros relacionados con calidad nutritiva, excepto para almidón (15%), mientras que en fermentativos el error varía entre 19% (ácido láctico) y 38% (ácido acético). Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la capacidad de los sensores NIRS portátiles como instrumentos para la gestión de ganadería de precisión, y para optimizar las prácticas de alimentación.

Palabras clave: *Zea mays*, calidad del ensilado, metabolitos de fermentación, reflectancia en el infrarrojo cercano

SUMMARY

We aimed to establish controls of nutritive and fermentative parameters on maize silages at a farm level. We used the sensor microPhazir™ Handheld NIR Analyzer and 97 maize silage samples to develop quantitative prediction models that displayed determination coefficient values between 0.7-0.9 for all nutritive and fermentative parameters, except for pH due to narrow variability range. Related to nutritive parameters, the best results were obtained using first derivatives as a mathematical treatment and for fermentative parameters after applying a second derivative. In both cases it was necessary to apply a Standard Normal Variate pre-treatment. The prediction errors, evaluated as the ratio between cross validation error and average value of population for each parameter, were lower than 10% for nutritive quality, except for starch content (15%), while for fermentative parameters errors varied 19% (lactic acid) and 38% (acetic acid). The results demonstrate the potential of these handheld NIRS sensors for use in Precision Livestock Farming to optimize animal feeding practices.

Key words: *Zea mays*, silage quality, fermentation metabolites, near infrared reflectance

INTRODUCCIÓN

En las explotaciones ganaderas asturianas con terrenos mecanizables, es habitual la inclusión del maíz forrajero en rotación con un cultivo de invierno, por su alta producción, la cual se obtiene mediante un solo corte, ensila sin ninguna dificultad y su contenido en almidón es de interés tanto

en nutrición de vacuno lechero como en aptitud cárnica (Martínez-Fernández *et al.*, 2014). Representa entre 300 hasta alrededor de 800 g kg⁻¹ del contenido de la materia seca aportada por el forraje a la dieta del animal (Gallo *et al.*, 2016).

Las explotaciones ganaderas sufren estrechos márgenes de beneficio y su estructura ha cambiado sustancialmente en los últimos años, lo que ha conducido a un menor número de explotaciones, de mayor tamaño, más intensivas y con un mayor rendimiento animal. La producción del ensilado de maíz en las granjas de vacuno y su almacenamiento supone para el ganadero una inversión económica significativa, por ello es necesario establecer y optimizar controles de calidad que aseguren su adecuada conservación en todos sus estados: fase aeróbica, fase de fermentación, fase estable, fase de alimentación y fase de deterioro aeróbico, favoreciendo el uso racional de los recursos propios y el ajuste de los mismos a las necesidades de los animales. Estos controles permiten evolucionar hacia sistemas de manejo que incrementen su competitividad y facultan su sustentabilidad.

Las variaciones en los componentes químicos y su digestibilidad, así como los cambios en sus características fermentativas tales como pH, ácido láctico (LACT), ácidos grasos volátiles, nitrógeno amoniacal (N-NH₃) y etanol, afectan a la ingestión voluntaria de la materia seca procedente del ensilado, a la palatabilidad, a la utilización de los nutrientes en el tracto gastrointestinal del animal, a la producción y al sabor de la leche (Khan *et al.*, 2015).

En este marco de actuación surge la tecnología de la espectroscopía por reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS), como herramienta de control de la calidad en la alimentación animal, ya implementada a nivel de laboratorio desde los años 90 (McClure, 2002) y que en los últimos tiempos ha evolucionado enormemente hacia el diseño de equipamientos NIRS más versátiles, sensores con portabilidad, no destructivos, que pueden recoger la información espectroscópica a pie de campo y sobre muestra intacta, con alto potencial de muestreo, capaces de proporcionar información precisa de los parámetros que definen la calidad del ensilado de modo rápido, fiable y a bajo coste, a fin de facilitar la toma de decisiones. El uso de estos denominados “Smart Sensors” en explotaciones ganaderas, permitiría incluir el concepto de la gestión de ganadería de precisión (PLF), posibilitando la optimización de las prácticas de producción (Banhazi *et al.*, 2012).

El presente trabajo plantea la consecución del objetivo de evaluar los sensores NIRS encuadrados en la definición de “Smart Sensors” para la predicción de parámetros nutritivos y fermentativos en ensilados de maíz en modo intacto y en la propia explotación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante los años 2012 y 2013 se registraron los espectros NIRS de 97 muestras de ensilados de maíz en modo intacto, provenientes de explotaciones ganaderas y fueron empleadas para el desarrollo de los modelos de calibración NIRS de parámetros fermentativos y nutritivos. Además, se determinó el pH, mediante electrodo de penetración en muestra intacta. La porción de muestra utilizada para el análisis NIRS, fue desecada a 60°C y molida a 0,75 mm, para la determinación del contenido en materia seca, que fue corregida por MS residual y proceder a un nuevo análisis NIRS mediante un instrumento de laboratorio (FossNIRSystem 5000) y determinar los parámetros nutritivos mediante los modelos de predicción NIRS desarrollados en el Laboratorio de Nutrición del SERIDA sobre muestra desecada y molida: MS residual, proteína bruta (PB), fibra ácido libre de cenizas (FAD), neutro (FND) detergente y almidón (ALM), acreditadas por ENAC (Acreditación N° LE 430/930), que se emplearán como datos de referencia para el desarrollo de los modelos en intacto con el equipamiento portátil. Para el análisis de los parámetros fermentativos, se prensó una

alícuota de la muestra de ensilado y sobre el jugo centrifugado y filtrado se determinó el contenido de nitrógeno amoniacal (N-NH₃) por destilación con óxido de magnesio, los ácidos grasos volátiles: acético, propiónico y butírico y el ácido láctico por HPLC (columna Shodex Ropak KC-811) con detección UV.

Para la recogida de la información espectral de la muestra intacta, se utilizó un equipo NIRS, microPHAZIR™ Handheld NIR Analyzer, portátil de mano. Este sensor tiene un peso de 1,25 kg, baterías recargables a la red, con vida de unas 6 horas, que lo hacen muy práctico para el análisis en la propia explotación, un rango de trabajo de 1600-2400nm, con una resolución no constante de 8nm y una ventana de muestreo con superficie de irradiación de 0,13 cm². Se registraron 10 espectros por muestra y se utilizó el espectro promedio en el proceso de calibración.

El análisis quimiométrico se llevó a cabo con el software Unscrambler v. 9.8. Las ecuaciones de calibración fueron desarrolladas mediante regresión por mínimos cuadrados parciales (PLS) con una transformación previa de los datos espectrales mediante derivación Savitzky-Golay (primera y segunda derivada) y un tratamiento de corrección de dispersión de la luz (SNV; Standard Normal Variate). La selección de los modelos de calibración se realizó atendiendo a los siguientes criterios estadísticos: (1)- bajos errores: error estándar de los residuales de la calibración (ETC) y validación cruzada (ETVC); (2)- altos coeficientes de determinación: para la calibración (r^2_c) y validación cruzada (r^2_{vc}). Además se evaluó la capacidad predictiva de los modelos en base al estadístico RPD, que es la relación entre el ETVC y la desviación estándar (Williams y Sobering, 1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los intervalos de variación y la desviación estándar de los parámetros nutritivos y fermentativos de los ensilados de maíz que formaron parte del modelo de calibración.

La menor variabilidad se corresponde con los parámetros nutritivos de FAD libre de cenizas en fresco (FADLCF) y proteína bruta en fresco (PBF) [Desviación estándar (DE)= 0,96 y 0,49 respectivamente] y con el pH (DE=0,22).

Tabla 1. Intervalo de variación y desviación estándar de la calidad nutritiva y fermentativa en ensilados de maíz (N=97).

Parámetro	Rango	Promedio	DE
MS (%)	19,42-46,61	31,99	4,47
PBF (%)	1,47-5,41	2,41	0,49
FNDF (%)	8,75-20,51	13,71	1,60
FADLCF (%)	5,71-12,26	8,32	0,96
ALMF (%)	2,18-17,05	10,67	2,83
pH (%)	3,26-4,90	3,68	0,22
NH ₃ (g/100ml)	7,63-67,28	35,77	12,3
LACT(mg/100ml)	25-4530	2690	890
ACET(mg/100ml)	198-2320	970	460

MS: Materia seca; PBF: Proteína bruta sobre materia fresca; FNDF: Fibra neutro detergente; FADLCF: Fibra ácido detergente libre de cenizas en fresco; ALMF: Almidón sobre materia fresca; NH₃: Nitrógeno amoniacal; LACT: Ácido láctico; ACET: Ácido acético; DE: Desviación típica

En la Figura 1 se muestran los espectros máximo, mínimo y promedio de la población de calibración en log 1/R (R=reflectancia) y tras un tratamiento de primera derivada combinado con SNV. Tal y como se observa, las diferencias en la línea de base se minimizan al aplicar los pre-tratamientos matemáticos.

Como paso previo al análisis mediante mínimos cuadrado parciales, se llevó a cabo un centrado de la población teniendo en cuenta tanto los datos de referencia como la información espectral (Figura 2). Para todos los parámetros se observa una distribución homogénea de la población, sin embargo, para materia seca y almidón, hay una clara separación en función del año de procedencia del ensilado.

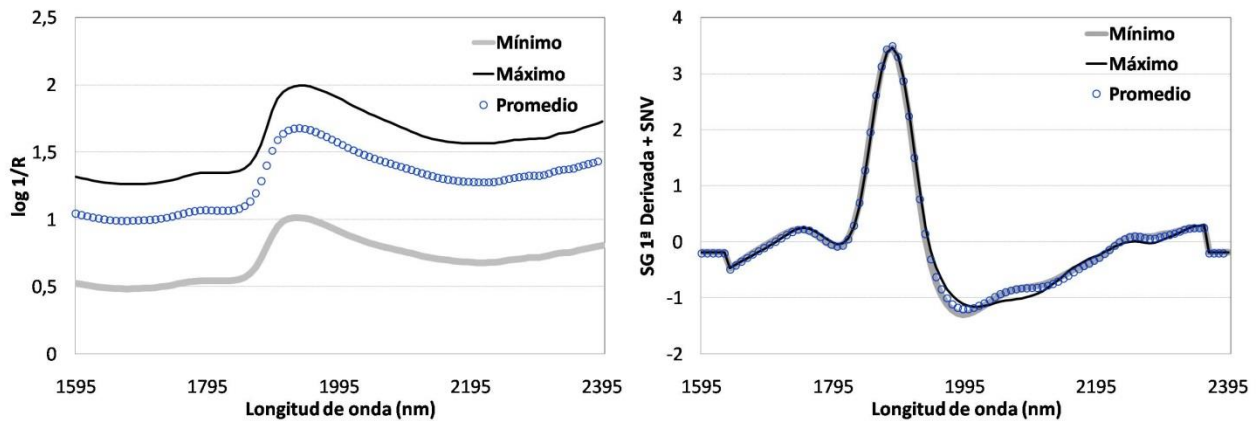


Figura 1.- Espectros promedio del colectivo de calibración y validación de ensilados de maíz en fresco: izda.) $\log 1/R$ y dcha.) Savitzky-Golay 1ª derivada + Standard Normal Variate.

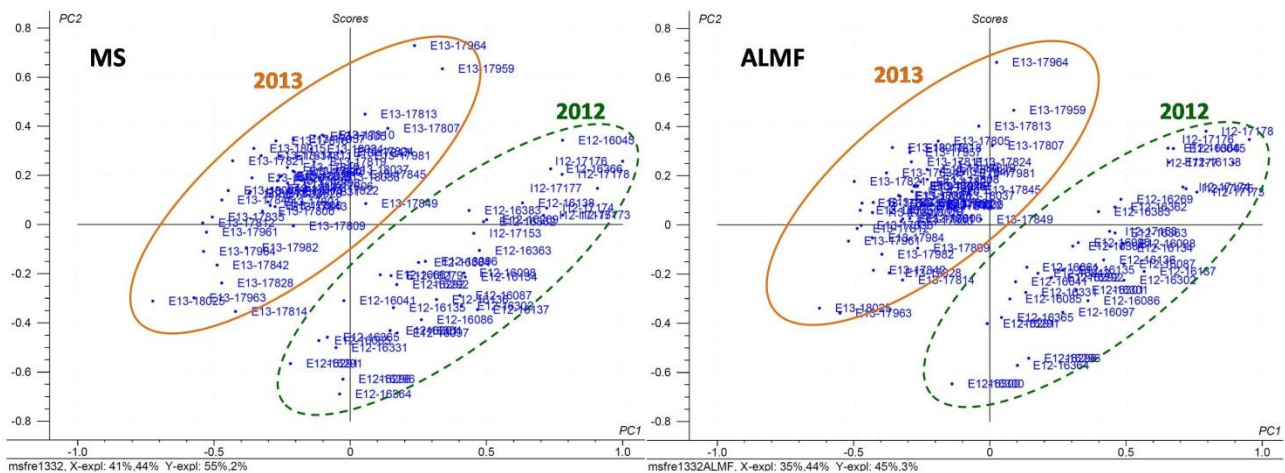


Figura 2.- Representación de la distribución del contenido en materia seca (MS) y almidón (ALMF) en función de los componentes principales PC1 y PC2 de la población de calibración tras aplicar primera derivada + Standard Normal Variate.

En la Tabla 2 se recogen los tratamientos matemáticos de derivación y de corrección de la línea de base que permitieron desarrollar modelos de calibración con los errores ETVC más bajos y con los coeficientes de determinación r^2_c más próximos a uno. No se detallan los estadísticos para el pH por resultar no satisfactorios ($r^2_c < 0,2$). Este hecho se puede explicar como consecuencia del estrecho rango de variación (3,26-4,90) que supone una baja variabilidad en este parámetro y porque el pH es un parámetro difícil de predecir con exactitud utilizando la tecnología NIRS, ya que las absorciones moleculares en la región NIR están causadas principalmente por vibraciones moleculares de enlaces X-H, donde X=C, N y O; mientras que el valor del pH es un indicador de la concentración de iones hidronio $[H_3O]^+$. Tal y como observamos en el histograma de frecuencias de la Figura 3, la distribución de las muestras de calibración se encuentra en un rango continuo entre

3,26-4,30 y de modo discontinuo, se observa que por encima de 4,30 sólo hay una muestra con pH 4,90, que tuvo que ser eliminada como aberrante durante el proceso de calibración. Esta escasa variabilidad en el pH, relacionada con la excelente capacidad del maíz forrajero para ensilar, hace inviable la obtención de un modelo de calibración con estadísticos satisfactorios.

Tabla 2. Estadísticos de calibración NIRS para la predicción de parámetros nutritivos y fermentativos en ensilados de maíz (N=97).

Parámetro	Tratamiento matemático	r ² c	ETC	r ² vc	ETVC	RPD
MS (%)	SG1 10 10 2 + SNV	0,916	1,670	0,849	2,220	2,0
PBF (%)	SG1 3 3 2 + SNV	0,877	0,175	0,771	0,239	2,1
FNDF (%)	SG1 10 10 2 + SNV	0,786	0,996	0,649	1,258	1,3
FADLCF (%)	SG1 3 3 2 + SNV	0,839	0,520	0,670	0,733	1,3
ALMF (%)	SG1 10 10 2 + SNV	0,905	1,202	0,818	1,651	1,7
NH ₃ (g/100ml)	SG2 10 10 2+ SNV	0,812	7,150	0,768	7,880	1,6
LACT (mg/100ml)	SG2 5 5 2+ SNV	0,677	492	0,624	523	1,7
ACET (mg/100ml)	SG2 10 10 2 + SNV	0,686	327	0,572	373	1,2

MS: Materia seca; PBF: Proteína bruta en fresco; FNDF: Fibra neutro detergente en fresco; FADLCF: Fibra ácido detergente libre de cenizas en fresco; ALMF: Almidón en fresco; NH₃: Nitrógeno amoniacal; LACT: Ácido láctico; ACET: Ácido acético; SGX Y Y Z: Orden de la derivada Savitzky Golay (SGX), número de puntos a promediar a la derecha y número de puntos a promediar a la izquierda (Y Y), número de orden del polinomio (Z); SNV: Standard Normal Variate; r²: Coeficiente de determinación de la calibración, ETC: Error típico de calibración; r²vc: coeficiente de determinación de la validación cruzada; ETVC: Error típico de validación cruzada; RPD= ETVC/DE

Los estadísticos de calibración y validación cruzada muestran en el caso de los parámetros nutritivos los mejores resultados con un tratamiento de primera derivada combinado con SNV, mientras que para los fermentativos es recomendable la segunda derivada en combinación con SNV. Los r²vc más elevados se obtuvieron para la MS, PBF, ALMF y NH₃, en todos los casos superiores al 0,750; y el más bajo para el ACET (r²vc=0,6). Una evaluación comparada de los resultados obtenidos por Soldado *et al.* (2015) para la cuantificación de ensilados de maíz en fresco, con un modelo desarrollado en un equipo de laboratorio, con 322 ensilados de maíz y transferido a un equipo microPHAZIR, arrojó errores en la predicción superiores a los obtenidos en el presente trabajo para todos los parámetros evaluados (MS, PBF, FNDF, y ALMF) con excepción de la FADLCF que posee un error de 0,645% en el modelo transferido y 0,733 en el modelo desarrollado con espectros del equipo portátil.

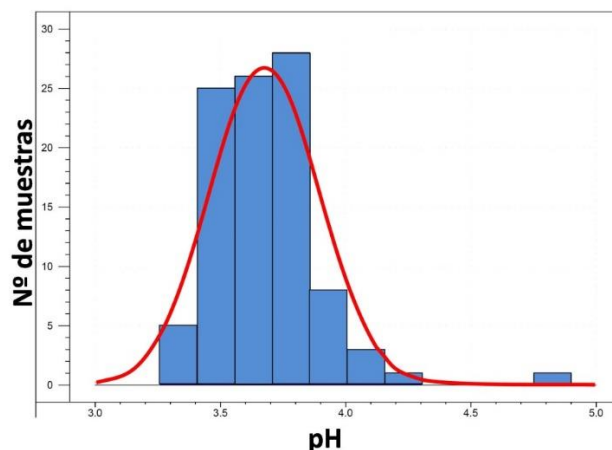


Figura 3.- Distribución de la variabilidad del valor de pH en la población de calibración.

Atendiendo al valor del RPD, podemos clasificar las calibraciones como útiles para la predicción de los parámetros MS, PBF, ALMF, NH₃, LACT y en vías de mejora para las fibras FADLCF, FNDF y el ACET.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la capacidad de los sensores NIRS portátiles como instrumentos para la gestión de la ganadería de precisión, posibilitando una optimización de las prácticas de alimentación, para llevar a cabo los controles de calidad nutritiva y fermentativa de los ensilados de maíz en la propia explotación, con estadísticos que en la mayoría de los parámetros estudiados hacen viable una predicción cuantitativa. Sin embargo, es necesario señalar que un incremento en el número de muestras y en la variabilidad de la población de partida, proporcionaría una distribución más homogénea de variables críticas como la MS y el ALMF, y permitiría mejorar todos los estadísticos, disminuyendo los errores de calibración e incrementando los coeficientes de determinación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean mostrar su agradecimiento al INIA por la financiación del proyecto RTA2012-00063-C02-00, cofinanciado con fondos FEDER, así como al personal auxiliar y técnico del Laboratorio de Nutrición del SERIDA, sin cuya colaboración habría sido imposible la realización de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banhazi T.M., Babinszky L., Halas V. y Tschärke M. (2012) Precision Livestock Farming: Precision feeding technologies and sustainable livestock production. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 5 (4), 54-61.

Gallo A., Bertuzzi T., Giuberti G., Moschini M., Bruschi S., Cerioli C. y Masoero F. (2016) New assessment based on the use of principal factor analysis to investigate corn silage quality from nutritional traits, fermentation in products and mycotoxins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96, 437-448.

Khan N.A., Yu P., Cone J.W. y Hendriks Wh. (2015) Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95, 238-252.

Martínez-Fernández A., Argamenteira Gutiérrez A. y de la Roza Delgado B. (2014) *Manejo de forrajes para ensilar*. Principado de Asturias, Villaviciosa, Asturias (España): Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). 280 pp.

McClure W.F. (2002) 204 Years of Near Infrared Technology: 1800-2003. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 11, 487-518.

Soldado Cabezuelo A., Modroño Lozano S., Casal C., Martínez Fernández A. y de la Roza Delgado B. (2015) Implantación de la tecnología NIRS en el control de calidad de ensilados a nivel de explotación. En: Cifre Llopart J et al. (eds) *Pastos y Forrajes en el Siglo XXI*, pp. 259-266: Palma de Mallorca, España. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

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. (eds) *Near Infrared Spectroscopy: the future waves*, pp. 185-188. Chichester, West Sussex, (UK). NIR Publications.

EFFECTO DE LA FECHA DE CORTE Y DE LA DISTANCIA ENTRE LÍNEAS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA EN ALFALFA DE REGADÍO

C. CHOCARRO, J. LLOVERAS

Agrotecnio. Dep. Producció Vegetal i Ciència Forestal. Universidad de Lleida. C/ Rovira Roure 191. 25198. Lleida (España).

Correspondencia: Chocarro@pvcf.udl.es

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar la producción de semilla de dos variedades de alfalfa en los regadíos de Lleida en función de la fecha de corte, así como la producción de forraje. Se realizó un diseño de bloques al azar con tres distancias entre líneas (20, 40 y 60 cm), en dos variedades ('Aragón' y 'Ampurdán'), con dos fechas de corte diferentes. Se analizó la producción de semilla, el peso de 1000 semillas y la producción de forraje durante 3 años. Los resultados indican que la distancia entre líneas no afectó a la producción de semillas ni al peso de 1000 semillas, pero si se dieron valores superiores en la producción de semillas de la variedad 'Ampurdán' frente 'Aragón'. Nuestros datos revelan valores significativamente superiores con un solo corte previo para forraje que con dos. El rendimiento forrajero fue mayor con dos cosechas previas a la producción de semillas asociado también a distancias entre líneas menores. Desde el punto de vista económico, el tratamiento con un solo corte resultó más rentable que con dos. En nuestras condiciones mediterráneas, sugerimos que la alfalfa sea cosechada sólo una vez antes de utilizarlo para la producción de semillas y sembrada con una distancia entre filas de 20 cm.

Palabras clave: *Medicago sativa* L., rendimiento, manejo

SUMMARY

The objective of this work was to evaluate the seed production of two varieties of irrigated alfalfa systems in Lleida, according to the cut date and forage production. The experiment was arranged in a complete factorial design with three distances between lines (20, 40 and 60 cm), two varieties ('Aragón' and 'Ampurdán') and two different cutting dates. We measured seed yield, forage production and seed weight for a total period of three years. Our results indicate that the distance between lines did not affect either the seed production or the weight of 1000 seeds. On the other hand, the 'Ampurdán' variety always showed higher production values than 'Aragón'. Moreover, we have higher values with one previous cut for forage than with two. Finally, average yield production was higher with two harvests and smaller distances between lines. From an economic point of view, the treatment based on a single previous cut was more profitable than with two. In our Mediterranean conditions, we suggest that alfalfa should be harvested only once before allowing the crop to grow for seed production and should be seeded in 20 cm spaced rows.

Key words: *Medicago sativa* L., seed and forage yield, management

INTRODUCCIÓN

De entre todas las especies forrajeras cultivadas en España, la alfalfa es la que más superficie está ocupando, siendo cercana al 85% de las superficies destinadas a forrajes en regadío (Mapa, 2015). Según datos de la asociación Española de fabricantes de alfalfa deshidratada (AEFA), se estima que la producción fue de 1.500.000 toneladas. En el Valle del Ebro, es un cultivo tradicional

que forma parte de las rotaciones de cultivos de la zona y sólo de forma secundaria se utiliza para la producción de semillas. Muchos agricultores aprovechan las parcelas más viejas, con menos densidad de plantas (de 4-5 años), para producir semilla de uso propio, aprovechando como forraje el primero o los dos primeros cortes antes de dejarlas para la producción de semilla.

La compra de semilla es uno de los costes del cultivo y, en nuestra zona de estudio, se suele utilizar una dosis de siembra de entre 25 a 30 kg/ha (Alvaro y Lloveras, 2003). Además, el rendimiento obtenido de la producción de semilla es relativamente bajo si se compara con la producción de su biomasa ya que hay muchos factores que afectan a su desarrollo. Según Lorenzetti (1993), la producción real en las mejores condiciones es sólo del orden del 4% de la potencial. El control sobre la producción de semilla es complejo ya que se trata de una serie de componentes del rendimiento que hay que conocer como son: el número de frutos por planta, número de semillas por fruto y peso de la semilla. Además, las condiciones ambientales durante el desarrollo de la semilla, su interacción con los insectos polinizadores, las características genéticas y las técnicas agronómicas influyen considerablemente sobre la producción de semillas ya que pueden modificar la fisiología reproductiva de la planta (Martiniello, 1998; Bolaños-Aguilar *et al.*, 2000).

La elección del corte que se destina a la producción de semillas es también decisiva por su repercusión en la producción de forraje anual. Generalmente, en el Valle del Ebro, se suele realizar 1 o dos cortes de forraje antes de dejar el cultivo para semilla.

A pesar de ser un cultivo importante, nos encontramos pocos estudios de producción de semilla que se lleven a cabo en España y con variedades adaptadas a nuestro clima, entre ellos destacan los estudios llevados a cabo por AIMA (Martinez, 1989-1993) con el fin de mejorar las técnicas utilizadas (época de floración, densidad de siembra, polinización, tratamientos fitosanitarios, etc.) y los realizados por el CITA de Aragón (Delgado, 2013, Delgado y Muñoz, 2005).

El objetivo de este trabajo es analizar la influencia de la distancia entre líneas sobre la producción de semilla bajo dos técnicas de manejo diferentes en las dos variedades de alfalfa más utilizadas por los agricultores de Cataluña.

MATERIAL Y MÉTODOS.

Nuestro estudio se ha realizado durante 3 años consecutivos en una parcela de regadío ubicada en Gimènells que pertenece a la estación experimental UdL-IRTA (latitud: 41° 39'55", longitud: 0° 22'52") y presenta un clima mediterráneo continentalizado, con inviernos rigurosos y veranos calurosos. Muestra una baja precipitación que suele superar los 350-400 mm., y que se concentra en primavera y otoño. El suelo es un calcixercept Petrocalcic, y es representativo de muchas áreas en el valle del Ebro.

El diseño experimental consistió en parcelas de 8,4 m² (1,2 x 7 m) distribuidas en un diseño factorial completo con cuatro bloques que se analizó como un split-split-plot en el tiempo, con dos variedades de alfalfa ('Aragón' y 'Ampurdán'), tres distancias de siembra diferentes (20, 40 y 60 cm). A su vez se utilizaron 2 tratamientos de corte diferentes: con un corte previo para forraje y una cosecha para semilla (Julio) y el segundo consistió en dos cortes previos para forraje y la posterior cosecha para semillas (agosto) (Tabla 1). Las parcelas fueron regadas por inundación cada 10-15 días de abril a septiembre, siguiendo el ritmo habitual de la zona. La semilla se cosechó 7-10 días después de la aplicación de herbicida para su desecado (1,1'-dimetil-4,4'-bipiridinio). Se determinó la producción de semilla de cada parcela y el peso de 1000 semillas.

Los resultados se procesaron mediante análisis de varianza (ANOVA) utilizando el procedimiento del modelo lineal general (SAS Institute, 2000) con año, número de cosechas, distancia entre filas y cultivar como factores.

Tabla 1. Fechas de muestreo del forraje

Año	Tratamiento de cortes para forraje			Rebrote
	1 corte	2 cortes		
2007	7 Mayo	7 Mayo	06 Junio	10 Septiembre
2008	1 Marzo	1 Marzo	29 Mayo	16 Septiembre
2009	16 Abril	16 Abril	28 Mayo	14 Septiembre

RESULTADOS Y DISCUSION

Los datos de producción de semillas obtenidos en los 3 años analizados (Figura 1) demuestran que existe una gran variación interanual que dio lugar a diferencias significativas. El rendimiento medio anual fue de 476 kg ha⁻¹ y los valores oscilaron entre los 398 kg ha⁻¹ en el segundo año y 583 kg ha⁻¹ en el tercer año, siendo ésta la más productiva. Estas diferencias son ocasionadas por las variaciones de temperatura y precipitación durante la fase de crecimiento (principalmente en junio, julio y agosto), tal y como describen otros autores (Bolaños-Aguilar *et al.*, 2002; Zhang *et al.*, 2008; Iannucci *et al.* 2002; Delgado *et al.*, 2013). Al mismo tiempo, encontramos que el número de cortes previos a la obtención de las semillas afectó a su rendimiento, siendo más elevada la producción de semillas obtenida tras 1 sólo corte que con 2 cortes previos (502 y 451 kg ha⁻¹ respectivamente).

La distancia entre líneas, podemos ver, que no afectó significativamente a la producción de semillas, por lo que parece apropiado utilizar las hileras más estrechas (20 cm) ya que conlleva un mayor rendimiento de biomasa para forraje. Delgado (2013) obtiene resultados semejantes en el Valle de Ebro con rendimientos promedios de 429 kg ha⁻¹. La mayor separación entre líneas de siembra hace que las plantas estén más abiertas, erectas y con un mejor acceso a las flores aumentando su éxito en la polinización, mayor penetración de la luz dentro del cultivo, etc., favoreciendo la producción de semillas (Marble, 1997). En nuestro caso estas diferencias no han sido suficientes para ser significativas.

La producción de semillas está vinculada a la variedad que se utiliza (Bolaños-Aguilar *et al.*, 2000, Delgado 2013). En nuestro caso, la variedad Ampurdán produce 521 kg ha⁻¹, frente a 432 kg ha⁻¹ de la alfalfa Aragón. Estos resultados coinciden con estudios previos realizados en el área de estudio (Chocarro y Lloveras, 2015) utilizando un solo corte previo.

La producción media anual de forraje en Materia Seca (MS) fue de 8098 kg ha⁻¹ siendo afectada por la variabilidad interanual, el número de cortes previos y la distancia entre líneas (Figura 2). En Aragón, Delgado *et al.* (2013) también registraron diferencias significativas entre las producciones de MS debido a la distancia entre líneas, siendo mayores los rendimientos en hileras estrechas (20 cm). Estos rendimientos son mucho más bajos que cuando el cultivo se corta 6 o 7 veces al año para forraje (Lloveras *et al.*, 2012).

En nuestro trabajo las parcelas con 2 cortes previos para forraje produjeron 951 kg MS ha⁻¹ mas al año que las que se cortaron sólo una vez, mientras que hubo una reducción de 50 kg ha⁻¹ en el rendimiento de la semilla. Teniendo en cuenta el precio aproximado de la semilla (6,8 € kg⁻¹) y el del forraje (126 € Mg⁻¹), el beneficio económico obtenido con el tratamiento de 1 cosecha previa se estima en 341€ ha⁻¹ más, en comparación con 120 € ha⁻¹ para el tratamiento de 2 cosechas previas. En definitiva y de cara al agricultor es más ventajoso realizar 1 sólo corte previo para forraje.

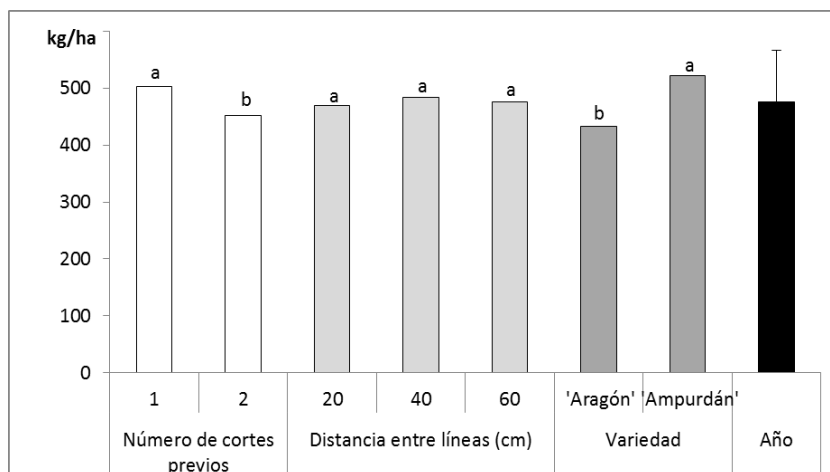


Figura 1. Producción media de semillas (kg ha⁻¹) en función del número de cortes previos, de la distancia entre líneas y de la variedad de alfalfa utilizada. Letras diferentes para cada variable significan diferencias significativas, p<0,05).

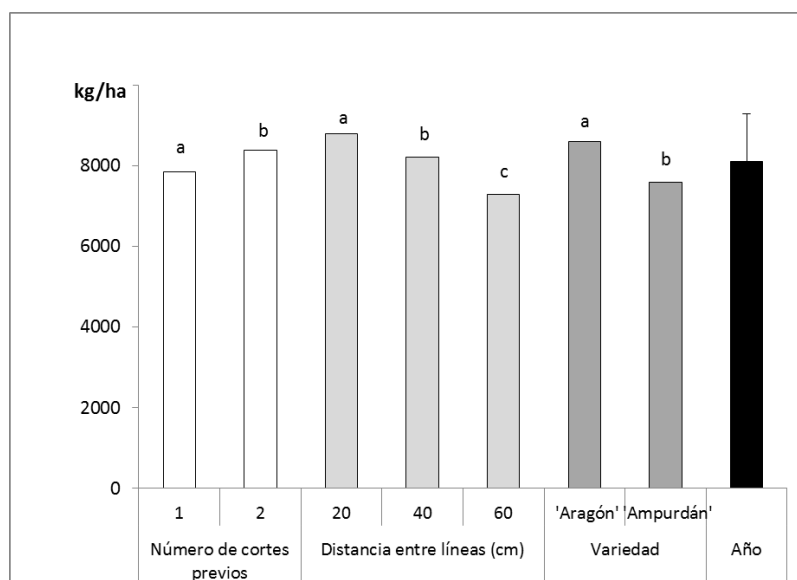


Figura 2. Producción de Materia Seca (kg ha⁻¹) en función del número de cortes previos, de la distancia entre líneas y de la variedad de alfalfa utilizada. Letras diferentes para cada variable significan diferencias significativas, p<0,05).

El peso de la semilla (1 000 semillas, P1000) también se vio afectado tanto por el número de cortes previos como por la variedad y la variabilidad interanual (Figura 3). Nuestros valores medios de P1000 fueron de 1.86 g semejantes a los descritos por Iannucci *et al.* (2002) y Bolaños-Aguilar *et al.* (2000). En nuestro caso, la variedad 'Aragón' fue significativamente mayor a 'Ampurdán'. Estas diferencias del rendimiento probablemente refleja las respuestas de diferentes cultivares a las prácticas de riego y manejo de la cosecha.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran una ligera ventaja para la producción de semilla si tan sólo realizamos un corte para forraje con anterioridad, no existiendo variaciones en función de la distancia entre líneas utilizada. Sin embargo, en nuestras condiciones de tipo mediterráneo con

necesidad de riego, las filas estrechas (20cm) son más adecuadas para la producción de materia seca de forraje, en comparación con una mayor distancia entre líneas.

Nuestros datos sugieren, desde el punto de vista económico, que con tan sólo un corte previo para forraje el agricultor obtiene un mayor beneficio económico que con dos aprovechamientos previos a la obtención de la semilla.

Por lo tanto aconsejamos que para un manejo adecuado de la alfalfa de regadío en el valle medio del Ebro, se coseche en una sola ocasión para forraje antes de dejar que el cultivo se desarrolle para la producción de semillas. Además la distancia óptima entre líneas para maximizar simultáneamente el rendimiento del forraje y las semillas sea de 20 cm.

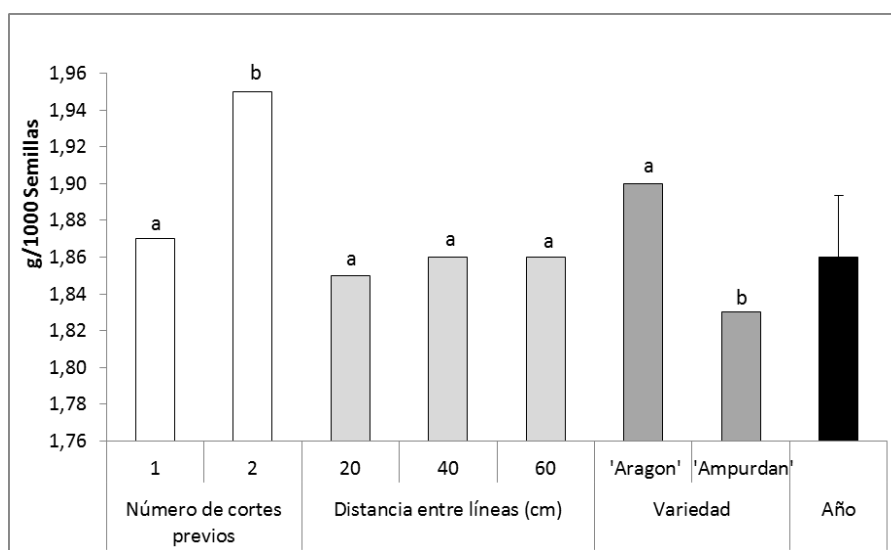


Figura 3. Peso medio de 1000 semillas (g) en función del número de cortes previos, de la distancia entre líneas y de la variedad de alfalfa utilizada. Letras diferentes para cada variable significan diferencias significativas, $p < 0,05$.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha llevado a cabo en el marco de los proyectos RTA2005-00105-C02 y RTA2009-00063-C02. Queremos agradecer a A. Maresme (UdL) y a J.A. Betbesé, J.L. Millera, M. Bagà y E. Arqué (IRTA-Lleida) su colaboración en la realización de los ensayos

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvaro J. y Lloveras J. (2003) *Estudio sobre la Metodología de la producción de alfalfa en España. Informe final*. Lleida. España. Ed. Asociación Interprofesional de Forrajes Españoles (AIFE).

Bolaños-Aguilar E. D., Huygh C., Julier B. y Ecalte C. (2000) Genetic variation for seed yield and its components in alfalfa (*Medicago sativa* L.) populations. *Agronomie*, 20, 333-345.

Bolaños-Aguilar E. D., Huyghe C., Ecalte C., Hacquet J. y Julier B. (2002) Effect of cultivar and environment on seed yield in alfalfa. *Crop Science*, 42, 45-50.

Chocarro C. y Lloveras J. (2015) The effect of row spacing on alfalfa seed and forage production under irrigated Mediterranean agricultural conditions. *Grass and Forage Science*, 70, 651-660.

Delgado I. y Muñoz F. (2005) Efecto de la distancia entre líneas, del cultivar y de la localización, sobre la producción de semilla de alfalfa. En: Osoro K. *et al.* (Eds) *Producciones agroganaderas. Gestión eficiente y conservación del medio natural*, Vol. II, pp. 527-534. Villaviciosa, España: SERIDA

Delgado I., Muñoz F. y Andueza D. (2013) Efecto de la distancia entre líneas y de la fecha de recolección en la producción de semilla de alfalfa en regadío. *Pastos*, 43, 14-19.

Iannucci A., Di Fonzo N. y Martiniello P. (2002) Alfalfa (*Medicago sativa* L.) seed yield and quality under different forage management systems and irrigation treatments in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 78, 65-74.

Lloveras J., Chocarro C., Costafreda R., Viladrich D. y Santiveri, F. (2012) Alfalfa yield components and soil K depletion as affected by potassium fertilization. *Agronomy Journal*, 104, 729-734.

Lorenzetti F. (1993) Achieving potential herbage seed yields in species of temperate regions. *Proceedings of the XVII International Grassland Congress*, pp 1621-1628. Palmerston North, New Zealand.

Mapa (2015) *Anuario de estadística Agraria*. Madrid España: Ministerio Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

Marble V.L. (1997) Lucerne seed production and research in the United States of America. En: Chloupek O. y Simon U. (eds) *Seed production of lucerne. Proceedings of the XIIth Eucarpia Meeting of the Group Medicago*, pp 154-184. Brno, Czech Republic: Academia Publishing House. Prague, Czech Republic.

Martiniello P. (1998) Influence of agronomic factors on the relationship between forage production and seed yield in perennial forage grasses and legumes in a Mediterranean environment. *Agronomie* 18, 591-601.

Martinez A. 1989-1993. *Informe de trabajos realizados por el AIMA en proyectos de investigación y desarrollo tecnológico*. Zaragoza. España. Asociación de Investigación para la Mejora de la Alfalfa (AIMA).

Statistical Analysis System. (2000) *SAS/STAT user's guide. Version. 8*. SAS Ins. Cary Editions,

Zhang T., Wang X., Ha, J., Wang Y., Mao P. y Majerus, M. (2008) Effects of between-row and within-row spacing on alfalfa seed yields. *Crop Science*, 48, 794-803.

DETECCIÓN DE MICOTOXINAS EN *LOLIUM PERENNE* MEDIANTE NIRS

M.C. SOTO-BARAJAS, I. ZABALGOGEAZCOA, B.R. VÁZQUEZ DE ALDANA

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca (IRNASA-CSIC), Cordel de Merinas 40-52, 37008 Salamanca

Correspondencia: beatriz.dealdana@irnasa.csic.es

RESUMEN

Las gramíneas infectadas por hongos endófitos *Epichloë* contienen alcaloides tóxicos para el ganado (lolitrem B y ergovalina) y con actividad insecticida (peramina). En este trabajo se pretende conocer el potencial de la espectroscopía del infrarrojo cercano (NIRS) para la detección de los alcaloides lolitrem B, ergovalina y peramina en plantas de *Lolium perenne*. Para ello se consideró un grupo heterogéneo de plantas infectadas por *Epichloë* procedentes de pastos naturales y cultivares. Todos los espectros NIR registrados de las muestras se clasificaron según la presencia o ausencia de los alcaloides, que fueron analizados por métodos cromatográficos HPLC de referencia. Los datos espectrales fueron sometidos a diversos tratamientos matemáticos y transformaciones, de forma que se obtuvieron 20 ecuaciones discriminantes de calibración para cada alcaloide. En el proceso de validación las mejores ecuaciones discriminantes para la detección de micotoxinas clasificaron correctamente, el 87,5% de las plantas con lolitrem B, el 92,9 % de las plantas con ergovalina y el 94,4% de las plantas con peramina. Estos resultados muestran que NIRS puede ser un método rápido y eficaz para la detección de alcaloides en plantas.

Palabras clave: alcaloides, ergovalina, lolitrem B, *Epichloë*, hongos endófitos

SUMMARY

Grasses infected by *Epichloë* fungal endophytes contain alkaloids that are toxic to mammals (lolitrem B and ergovaline) and have insecticide activity (peramine). In this study, we evaluated the use of NIRS for the detection of lolitrem B, ergovaline and peramine alkaloids in *Lolium perenne* plants. A heterogeneous sample set composed of wild and cultivar plants was considered. All NIR spectra from the grass samples were classified according to the presence or absence of those three alkaloids, which were analyzed by chromatographic reference methods (HPLC). Several mathematical treatments and transformations were applied to the spectra, resulting in a total of 20 discriminant equations for each alkaloid. The best discriminant equations for detection of alkaloids correctly classified 87.5% of plants with lolitrem B, 92.9% of plants with ergovaline and 94.4% of plants with peramine. These results show that NIR spectroscopy is a suitable tool for the detection of alkaloids in ryegrass plant samples.

Keywords: alkaloids, ergovaline, lolitrem B, *Epichloë*, fungal endophytes

INTRODUCCIÓN

Los factores anti-calidad del forraje, que disminuyen la calidad nutricional del mismo, pueden ser de tipo estructural como la lignina o metabolitos secundarios como los alcaloides. Estos componentes anti-calidad pueden reducir la digestibilidad, la ingesta, o causar desordenes patológicos en los herbívoros. Los hongos endófitos *Epichloë* son responsables de la producción de varios alcaloides o micotoxinas en las gramíneas que infectan de forma asintomática (Schardl *et al.*, 2012). Las plantas de *Lolium perenne* L. (raigrás) infectadas por hongos *Epichloë* pueden producir

tres tipos de alcaloides: lolitrem B, neurotoxina causante de la modorra del raigrás; ergovalina, metabolito vasoconstrictor causante de la festucosis en ganado vacuno; y peramina, alcaloide de actividad insecticida (Young *et al.*, 2013).

Debido al efecto tóxico de lolitrem B y ergovalina, la presencia de *Epichloë* en pastos ha causado graves pérdidas económicas en países como USA, Nueva Zelanda o Australia, donde hay grandes extensiones de monocultivos de festuca alta (*Schedonorus arundinaceus*) y raigrás (Young *et al.*, 2013). Así, en los sistemas de pastoreo, las estrategias actuales para la mejora de gramíneas forrajeras están dirigidas a la utilización de endófitos que mantengan las propiedades insecticidas a la vez que se pueda minimizar el impacto negativo de los alcaloides tóxicos para ganado. En estos programas de mejora se trabaja con un elevado número de muestras que requieren el análisis químico de metabolitos mediante procedimientos cromatográficos complejos. La espectroscopía del infrarrojo cercano (NIRS) es una técnica rápida y precisa que no requiere de reactivos químicos. Hoy en día puede ser considerada como una técnica de rutina en el análisis de fibra, cenizas, proteína y contenido mineral en forrajes (Stuth *et al.*, 2003). El objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial de NIRS para el análisis cualitativo de los alcaloides de origen fúngico lolitrem B, ergovalina y peramina.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal

Se disponía de una colección de 124 muestras de plantas de *Lolium perenne*, recogidas en pastos naturales de seis poblaciones en las provincias de Salamanca, Zamora y León (n= 87), y de cultivares comerciales (n= 37), infectadas por hongos endófitos *Epichloë* (Soto-Barajas *et al.*, 2014). Las plantas se trasplantaron a una finca experimental en Salamanca (poblaciones silvestres) o bien se mantuvieron en macetas en un jaulón con malla de 0,5 cm en las dependencias del IRNASA (cultivares). Las plantas se muestrearon en mayo de 2014 (en fase de floración) cortando toda la biomasa aérea a 5 cm del suelo, se liofilizaron y se molieron.

Análisis químico de alcaloides (método de referencia)

En cada una de las muestras vegetales se analizaron los tres alcaloides mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) utilizando un módulo Waters 2596, con detector de fluorescencia (Waters 4570) y detector PDA (Waters 996): lolitrem B, mediante el método de Gallagher *et al.* (1985) utilizando una columna de sílica Waters Spherisorb (250 x 4,6 mm; 5 μ m); ergovalina siguiendo el método de Yue *et al.* (2000) usando una columna C18 Agilent Poroshell (150 x 4,6 mm; 2,7 μ m) y el alcaloide peramina mediante el procedimiento descrito por Barker *et al.* (1993) utilizando una columna Nova Pack C18 (150 x 3,9 mm; 4 μ m).

Espectroscopía NIR

Las muestras molidas se escanearon en un equipo NIRSystem 6500 (FOSS Analytical), registrándose los espectros cada 2 nm entre 400 y 2498 nm, como $\log 1/R$ (R= intensidad de la reflectancia a cada longitud de onda). Los espectros registrados se dividieron al azar en dos grupos, uno utilizado para la calibración del modelo (75% de las muestras) y otro para una validación externa (25% de las muestras).

Los datos espectrales fueron sometidos a varios tratamientos matemáticos: promedio de espectros, variación normal estándar (SNV), corrección de la tendencia (DT) y la combinación SNV+DT (m). Además, se utilizaron transformaciones para disminuir el efecto de la línea base: *smoothing*, *gaps* y derivadas (1D y 2D). La notación de estas transformaciones se indica con cuatro

dígitos que detallan el orden de la derivada, el número de puntos a promediar a la derecha y a la izquierda, y el número de orden del polinomio (Naes *et al.*, 2002). Por ejemplo (1,4,4,1), indica que se trata de la primera derivada, con cuatro puntos a promediar a la derecha y a la izquierda, y un polinomio de primer orden. La combinación de los tratamientos matemáticos y las transformaciones dio lugar a 20 modelos a evaluar para cada parámetro, de los cuales se seleccionaron los mejores según los criterios que se indican más adelante.

En cada uno de los modelos desarrollados, se realizó una inspección preliminar de los datos mediante un análisis de componente principales (PCA), que permite detectar posibles muestras atípicas (*outliers*). El modelo cualitativo discriminante utilizado se basa en un conocimiento *a priori* de la categoría de cada muestra. Se utilizó un algoritmo discriminante conocido como *X Residuals*, que se aplica mediante PCA. La información espectral NIR de las muestras se usa para definir las ecuaciones discriminantes para detectar la presencia o ausencia de cada alcaloide en las muestras de *L. perenne*: lolitrem B (LTM+ o LTM-), ergovalina (ERG+ o ERG-) y peramina (PER+ o PER-). Una vez que se han obtenido los modelos discriminantes, el error se estima calculando el porcentaje de muestras clasificadas correctamente y de forma errónea. En este caso, un *falso-positivo* es una muestra sin el alcaloide analizado que ha sido clasificada por el modelo como que tiene dicho compuesto, y un *falso-negativo* ocurre cuando en una muestra el metabolito está presente pero el modelo la clasifica como que no lo tiene.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las plantas de *L. perenne* infectadas por *Epichloë* se detectó lolitrem B en 64 muestras, ergovalina en 53 y peramina en 76 muestras, en las concentraciones que se indican en la Tabla 1, analizadas por métodos HPLC de referencia.

Tabla 1. Concentración de los alcaloides lolitrem B, ergovalina y peramina en plantas de *Lolium perenne*, analizados por métodos cromatográficos HPLC de referencia.

		Calibración		Validación	
		LTM+	LTM-	LTM+	LTM-
Lolitrem B (mg/kg)	N	48	37	16	14
	Rango	0,47-6,74	0	0,46-2,61	0
	Media	1,33	0	1,27	0
	Desviación estándar	1,13		0,62	
		ERG+	ERG-	ERG+	ERG-
Ergovalina (mg/kg)	N	39	50	14	16
	Rango	0,02-2,11	0	0,19-1,55	0
	Media	0,74	0	0,61	0
	Desviación estándar	0,58		0,39	
		PER+	PER-	PER+	PER-
Peramina (mg/kg)	N	56	36	20	12
	Rango	2,16-24,00	0	2,73-22,00	0
	Media	6,96	0	7,45	0
	Desviación estándar	5,83		6,70	

N= número de muestras; LTM+= planta con lolitrem B; LTM-= planta sin lolitrem B; ERG+= planta con ergovalina; ERG-= planta sin ergovalina; PER+= planta con peramina; PER-= planta sin peramina.

Todos los modelos discriminantes obtenidos para la detección de alcaloides (20 para cada metabolito) tuvieron una buena exactitud, ya que los porcentajes de clasificación correcta fueron en todos los casos superiores al 85%.

De los 20 modelos discriminantes desarrollados para la identificación de plantas con o sin peramina, el modelo seleccionado fue el de mayor porcentaje de clasificación correcta en el proceso de validación (89,3%), y se obtuvo con una transformación usando el tratamiento s0, SNV (0,0,1,1), con ocho componentes principales que explican el 99,99% de la variabilidad espectral (Tabla 2). Este modelo clasifica de forma errónea el 20% de las plantas PER- (falsos positivos), sin embargo es el que tuvo el porcentaje más bajo de falsos negativos (1,4%). Las muestras clasificadas de forma errónea como PER- fueron de diferentes orígenes (silvestre y cultivares). La única muestra PER+ clasificada como PER- tenía una de las concentraciones más bajas detectadas (3,88 mg/kg).

El mejor modelo discriminante para la detección de lolitrem B en muestras de raigrás fue obtenido usando el tratamiento matemático m1, SNV+DT (1,4,4,1), con transformación de primera derivada (Tabla 2). Este modelo identificó correctamente todas las muestras en el proceso de calibración. En el proceso de validación fueron clasificadas correctamente el 87,5% de las muestras LTM+, pero solo el 50% de las LTM-. Las muestras LTM- mal clasificadas eran de distintas procedencias y las dos muestras LTB+ con clasificación errónea tenían concentraciones de 0,74 mg/kg y 1,49 mg/kg.

Tabla 2. Resultados del análisis discriminante para la detección de lolitrem B, ergovalina y peramina en muestras de *Lolium perenne*. De los 20 modelos discriminantes desarrollados para cada parámetro, se muestran los mejores en cada caso.

	Trata [¶]	PC (n)	Variab. explicada (%)	Muestras clasificadas correctamente (%) [§]						Muestras mal clasificadas (%) [§]	
				Calibración			Validación			Total	
				ALK-	ALK+	Total	ALK-	ALK+	Total	ALK-	ALK+
Lolitrem B	m1	14	99,86	100	100	100	50,0	87,5	71,4	14,6	3,1
Ergovalina	n4	16	99,82	100	100	100	62,5	92,9	76,7	9,4	1,9
	d4	16	99,82	100	100	100	62,5	92,9	76,7	9,4	1,9
Peramina	s0	8	99,99	80,0	100	92,6	80,0	94,4	89,3	20,0	1,4

ALK-= plantas sin detección del alcaloide; ALK+= plantas con detección del alcaloide.

[§]Porcentajes calculados sin *outliers* espectrales. [¶]Transformación del espectro NIR: n= no scattering; s= variación normal estándar (SNV); d= corrección de la tendencia (DT); m= SNV + DT. El ajuste *smoothing*, intervalos y derivadas se indican en el número, en este casos: 0= (0,0,1,1); 1= (1,4,4,1); 2= (2,4,4,1); 3= (2,10,10,1); and, 4= (2,8,6,1).

Para la identificación de ergovalina, en dos de los modelos discriminantes desarrollados ellos se obtuvieron los mismos parámetros óptimos para la identificación de dicho alcaloide (Tabla 2). En estos casos es recomendable elegir el modelo en el que el espectro original haya tenido menos transformaciones, así el modelo seleccionado fue n4, espectro en bruto sin corrección de la dispersión y transformación de la segunda derivada (2,4,4,1). Este modelo clasificó correctamente todas las muestras de la calibración y del proceso de validación un 92,9% de las muestras con ergovalina y un 62,5% de las muestras ERG-. La concentración de la muestras ERG+ clasificada como ERG- fue de 0,48 mg/kg en el rango más bajo de concentraciones detectadas.

Este es el primer trabajo publicado sobre la aplicación de NIRS para la identificación o discriminación de plantas de gramíneas silvestres que contienen alcaloides fúngicos producidos por *Epichloë*. Hasta la fecha solo se habían publicado un par de trabajos sobre la cuantificación de ergovalina en plantas de festuca alta que considera solo cultivares, no plantas silvestres (Roberts *et al.*, 1997, 2005).

Nuestros resultados muestran que la exactitud de los modelos discriminantes NIR para la identificación de muestras con alcaloides (lolitrem B, ergovalina y peramina) son muy aceptables.

En el proceso de validación y para todos los tratamientos matemáticos, las diferencias espectrales fueron mayores en las muestras con alcaloides (LTM+, ERG+ PER+) que en aquellas sin alcaloides (LTM-, ERG-, PER-), lo que implica que los modelos discriminantes NIR identifican mejor las muestras que contienen alcaloides que las que no tienen. Teniendo en cuenta la toxicidad de los alcaloides para el ganado, el problema sería plantas con alcaloides fuesen pero clasificadas como ALK-, ya que entonces se identificarían como no tóxicas plantas que pueden serlo. En este caso solo un 3,1% de lolitrem B y 1,9% de ergovalina son mal clasificadas como falsos negativos. Los mayores errores se producen al clasificar erróneamente algunas plantas como ALK+, lo que no supone un problema de riesgo de toxicidad.

En los modelos desarrollados para los tres alcaloides, las muestras ALK- clasificadas como ALK+ fueron de distintos orígenes (tanto de plantas silvestres como cultivares), y las muestras ALK+ clasificadas como ALK- (falsos negativos) eran muestras con concentraciones bajas en el correspondiente alcaloide.

CONCLUSIONES

Considerando que las gramíneas infectadas por *Epichloë* pueden contener o no los alcaloides analizados y dada la variabilidad de perfiles en las plantas, la técnica NIRS puede ser una herramienta muy útil para la detección de plantas de *L. perenne* con alcaloides fúngicos, de especial interés en estudios de mejora en los que haya que analizar una gran cantidad de muestras. El método se podría mejorar incluyendo otras especies de gramíneas.

AGRADECIMIENTOS

Investigación financiada con el Proyecto AGL2011-22783 del Ministerio de Economía y Competitividad. M.C. Soto-Barajas cuenta con una beca del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACyT).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barker D., Davies E., Lane G., Latch G., Nott H. y Tapper B. (1993) Effect of water deficit on alkaloid concentrations in perennial ryegrass endophyte associations. En: Hume D.E., Latch G.C.M., Easton H.S. (eds.). *Proceedings of the Second International Symposium on Acremonium/grass interactions*, pp. 67-71, Palmerston North, New Zealand: AgResearch Grasslands.
- Gallagher R.T., Hawkes A.D. y Stewart J.M. (1985) Rapid determination of the neurotoxin lolitrem B in perennial ryegrass by high performance liquid chromatography with fluorescence detection. *Journal of Chromatography*, 321, 217-223.
- Naes T., Isaksson T., Fearn T. y Davies T. (2002) *A user friendly guide to multivariate calibration and classification*. Chichester, UK: NIR Publications.
- Roberts C.A., Joost R. y Rottinghaus G.E. (1997) Quantification of ergovaline in tall fescue by near infrared reflectance spectroscopy. *Crop Science*, 37, 281-284.
- Roberts C.A., Benedict H.R., Hill N.S., Kallenbach R.L. y Rottinghaus G.E. (2005) Determination of ergot alkaloid content in tall fescue by near-infrared spectroscopy. *Crop Science*, 45, 778-783.
- Schardl C.L., Young C.A., Faulkner J.R., Florea S. y Pan J. (2012) Chemotypic diversity of epichloae, fungal symbionts of grasses. *Fungal Ecology*, 5, 331-344.

Soto-Barajas M.C., Vázquez de Aldana B.R. y Zabalgogeoazcoa I. (2014). Diversidad taxonómica de hongos endófitos *Epichloë* en *Lolium perenne* de distintos hábitats. En: Busqué Marcos J., Salcedo Díaz G., Serrano Martínez E. Mora Martínez M.J., Rodríguez-Arango B.F. (eds) *Pastos y PAC 2014-2020*, pp. 193-200. Potes, Cantabria: SEEP.

Stuth J., Jama A. y Tolleson D. (2003) Direct and indirect means of predicting forage quality through near infrared reflectance spectroscopy. *Field Crops Research*, 84, 45-56.

Young C.A., Hume D.E. y McCulley R.L. (2013) Fungal endophytes of tall fescue and perennial ryegrass: Pastures friend or foe? *Journal of Animal Science*, 91, 2379-2394.

Yue Q., Johnson-Cicalese J., Gianfagna T.J. y Meyer W.A. (2000) Alkaloid production and chinch bug resistance in endophyte-inoculated chewings and strong creeping red fescues. *Journal of Chemical Ecology*, 26, 279-293.

CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES DE UN SUELO AGRÍCOLA EN FUNCIÓN DEL CULTIVO Y EL TIPO DE FERTILIZACIÓN

S. BAIZÁN¹, J.A. OLIVEIRA², F. VICENTE¹, C. GONZÁLEZ¹ Y A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ¹

¹SERIDA. Apdo.13. 33300. Villaviciosa, Asturias (España). ²Universidad de Oviedo. C/ Gonzalo Gutiérrez Quirós s/n. 33600 Mieres (España).

Correspondencia: admartinez@serida.org

RESUMEN

La necesidad de impulsar prácticas agrícolas sostenibles ha despertado el interés por la recuperación de las leguminosas en combinación o no con la fertilización. Por ello se evaluaron, los efectos de dos leguminosas forrajeras de invierno (haba forrajera y trébol violeta), en monocultivo o asociadas con raigrás italiano y bajo fertilización orgánica, sobre las propiedades de un suelo agrícola durante tres años consecutivos. Los resultados mostraron que las propiedades del suelo no presentaron diferencias significativas frente al raigrás italiano bajo manejo convencional ($p > 0,05$) y que las leguminosas en monocultivo o asociadas con raigrás italiano presentan producciones comparables al raigrás italiano ($p > 0,05$) resultando ser alternativas igual de productivas pero más sostenibles, y de mejor calidad.

Palabras clave: agricultura sostenible, fijación biológica de nitrógeno, estiércol, producción

SUMMARY

The need to promote sustainable farming practices has attracted interest in the use of legumes combined with organic fertilization in agricultural systems. For this reason, the effect of two winter forage legumes (faba bean and red clover), in monoculture or associated with Italian ryegrass and organic fertilization, on the properties of an agricultural soil was evaluated for three consecutive years. After three years, the properties of the soil showed no significant differences compared to the Italian ryegrass under conventional management ($p > 0.05$). The legumes in monoculture or associated with Italian ryegrass had yields comparable to Italian ryegrass ($p > 0.05$), and were equally productive, but, in principle, a more sustainable alternative.

Key words: sustainable farming, biological nitrogen fixation, manure, yield

INTRODUCCIÓN

La revolución verde impulsó la utilización de abonos químicos y pesticidas para incrementar los rendimientos agrarios bajo la suposición de que los efectos conseguidos se mantendrían con el tiempo. Sin embargo, el uso excesivo de fertilizantes inorgánicos en la agricultura moderna ha ocasionado una profunda modificación en los ecosistemas (Espinosa, 2004) provocando la degradación de los suelos y la contaminación de mantos freáticos y de la atmósfera (Villarreal *et al.*, 2006). Su uso indiscriminado e ineficiente provoca una disminución progresiva de la materia orgánica (MO) del suelo afectando a sus propiedades físicas, químicas, bioquímicas y microbiológicas (Caravaca *et al.*, 2002). Para solventar este problema es necesario impulsar prácticas agrícolas sostenibles como la recuperación del uso de leguminosas; familia botánica con un perfil ecológico clave para la agricultura y el medioambiente. Se considera que su uso aumenta la fertilidad edáfica y la productividad de las tierras de cultivo por la fijación de N atmosférico y el aporte de MO al suelo beneficiando al cultivo siguiente (N'Dayegamiye *et al.*, 2015) y disminuyendo así el uso excesivo de fertilizantes minerales y sus consecuencias adversas (Báez *et al.*, 2013).

Algunas especies poseen un sistema radicular capaz de llegar a zonas profundas del suelo y bombear nutrientes y agua hacia la superficie, lo que las convierte en especies muy competitivas en situaciones de estrés hídrico (González-Hidalgo, 2010). Además ejercen un efecto positivo frente al cambio climático gracias a que son capaces de asimilar mayores cantidades de CO₂ que otras especies y favorecen la biodiversidad de los ecosistemas al romper ciclos de enfermedades y plagas (Clemente, 2016). También son una fuente de proteína con un papel creciente en alimentación animal, tanto incluidas en las formulaciones de piensos como en pastos y forrajes, para producción de carne y leche (Baizán *et al.*, 2015; Rubiales, 2016).

Por otra parte, la utilización como fertilizante de los residuos orgánicos generados en la propia explotación ganadera, representa otra oportunidad para transitar hacia la sostenibilidad ambiental y económica (Mangado *et al.*, 2009) en el marco de la bioeconomía y la economía circular. El uso de purín y estiércol como abono es una alternativa para disminuir el aporte de fertilizantes químicos sin reducir la producción agrícola (Jiménez *et al.*, 2014). La aplicación de MO procedente del estiércol como fertilizante mejora las propiedades fisicoquímicas del suelo, promueve la actividad biológica, mantiene la calidad ambiental y es una fuente de nutrientes económica y eficiente que incrementa la fertilidad como consecuencia del reciclado de nutrientes, en especial N y K (Demagnet *et al.*, 1999).

El objetivo del trabajo ha sido evaluar cambios en las propiedades fisicoquímicas de un suelo agrícola después de tres años de cultivo de leguminosas bajo fertilización orgánica.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la finca del SERIDA de Grado (6° 03' 45" O y 43° 22' 35" N, 65 msnm) con clima templado oceánico y con 14°C de temperatura media y 959 mm de precipitación anual acumulada, utilizando una parcela experimental en barbecho y cuya preparación previa a la siembra consistió en pase de subsolador cruzado, pase de grada, abonado de fondo y pase cruzado de fresadora. Se utilizó un diseño en parcela dividida (3x2) con tres parcelas principales (un testigo -OL- y dos leguminosas: trébol violeta (*Trifolium pratense*, L.) -TV- y haba forrajera (*Vicia faba* L.) -HB-) y dos sub-parcelas por cada parcela principal (un testigo -ORI- y el RI (*Lolium multiflorum* Lam.)), con tres repeticiones durante tres años consecutivos. El orden de las parcelas principales y de las sub-parcelas en cada repetición se sorteó al azar, repitiendo la misma asignación de cultivos en cada combinación bloque parcela principal-sub-parcela durante todo el periodo de ensayo (2012-2015). La combinación OLxORI corresponde a la vegetación espontánea.

Al comienzo de los ensayos, se realizó un análisis de suelo que se repitió tras cada cosecha de los cultivos de invierno, en cada una de las combinaciones parcela principal*sub-parcela con el fin de ver su evolución y sus requerimientos en fertilización. Cada muestra de suelo se constituyó a partir 10 sub-muestras tomadas al azar de la capa superior del suelo (10-20 cm de profundidad). Las muestras, analizadas en el laboratorio del Área de Ingeniería Agroforestal de la Universidad de Oviedo, se secaron a temperatura ambiente y se tamizaron (malla 2 mm) para quitar los elementos gruesos no asociados a la fertilidad. Se determinó la textura por el método de la pipeta Robinson usando hexametáfosfato sódico con Na₂CO₃ como dispersante tras eliminar el contenido de MO con H₂O₂ al 6% (Gee y Bauder, 1996). Para la capacidad de campo (CC) se utilizó el método de embudos cilíndricos tapados por la base con algodón, llenándolos con muestras de suelo y añadiendo el agua suficiente para humedecer, transcurridas 48 h, tres cuartas partes del suelo. Finalmente, se tomó una muestra de la zona central de la parte húmeda y se determinó la humedad según Afif (2005). La MO se determinó calcinación o pérdida por ignición (Schulte y Hopkins, 1996); el pH por potenciometría en una suspensión suelo:agua 1:2,5 (MAPA, 1994); la conductividad eléctrica (CE)

mediante un conductímetro en el mismo extracto diluido 1:5 (Porta *et al.*, 1986); las bases extraíbles con ClNH_4 1M y el Al intercambiable con KCl 1M, ambos por espectrofotometría de absorción atómica (Pansu y Gautheyrou, 2006) y, a continuación, se calcularon la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CIC, bases + Al de cambio); el N total por el método Kjeldahl (Klute, 1996) y el P disponible mediante determinación colorimétrica por el método de Mehlich 3 (Mehlich, 1984).

A partir del análisis granulométrico (20,20% de arcilla, 16,87% de limo y 62,93% de arena), se determinó la textura (franco-arcillo-arenosa) que, junto con la densidad aparente ($d_a = 1,46 \text{ g/cm}^3$) y una CC del 18,24% se consideró apto para el crecimiento de las raíces. El contenido de MO de partida fue de 2,09 %, lo que permite una correcta capacidad de retención de agua, intercambio catiónico y conexión entre partículas (Martínez y Argamentería, 2013). En base a los valores de pH (6,46) y CE (0,13 dS/m) el suelo se clasificó como neutro no salino. Además, la CIC (11,29 cmol/kg), un % de Al en el complejo de cambio inferior al 10% y un elevado contenido en P asimilable (40,34 ppm) indican que partimos de un suelo de fertilidad alta y condiciones óptimas para la producción de cultivos, aunque con un contenido limitante en K (<50 cmol/kg). La baja relación C/N (3,76) indica una mineralización muy elevada o un exceso de N amoniacal en el suelo (Oliveira *et al.*, 2006) al comienzo de los ensayos.

En función de los resultados obtenidos, se calcularon las necesidades de abonado siguiendo las recomendaciones propuestas por Martínez-Fernández y Argamentería (2013). El abonado de fondo N-P-K previo a la siembra de las leguminosas forrajeras se realizó con estiércol compostado procedente de la estabulación del SERIDA y analizado en su laboratorio de nutrición. Los aportes de $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ y las cantidades de estiércol utilizadas se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Composición del estiércol y dosis utilizadas en los tres años del ensayo.

Fecha de abonado	Aportes $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ (kg/Mg)	Dosis de estiércol utilizada (Mg/ha)
Otoño 2012	9 - 8 - 9	6*
Otoño 2013	4 - 4 -12	12
Otoño 2014	8 -5 -10	8

*: En otoño de 2012 el estiércol se complementó con 115 kg/ha de K_2O en forma de cloruro de potasa del 60% para no limitar el crecimiento del raigrás.

En las sub-parcelas de RI en monocultivo se aplicaron las mismas dosis de $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ en presiembra que para las leguminosas pero utilizando siempre fertilización química y un aporte extra de 60 kg/ha de N después del primer corte para ensilado en primavera. El manejo, dosis de siembra y el estado fenológico de los diferentes cultivos para establecer las fechas de cosecha en primavera se encuentran descritos en Baizán *et al.* (2015). Se estimó el rendimiento de los cultivos invernales mediante controles de producción inmediatamente antes de la cosecha.

La producción de materia verde se determinó mediante el pesaje del forraje cortado con motosegadora en una franja central de 2,7 m de ancho a lo largo de toda la sub-parcela. Posteriormente se determinó el contenido en materia seca (MS) según De la Roza *et al.* (2002) para estimar los rendimientos en MS de cada una de las combinaciones ensayadas. Tras la cosecha en todas las sub-parcelas se sembró maíz forrajero como segundo cultivo de la rotación utilizando una variedad de ciclo corto, en líneas separadas de 0,70 m y 0,15 m entre planta. El abonado de las parcelas en las que el maíz iba detrás del RI consistió en el aporte de 125-150-250 kg/ha de $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ en presiembra, simulando un manejo convencional. El resto de sub-parcelas se fertilizaron con estiércol previamente analizado para aportar las mismas cantidades de nutrientes.

Los rendimientos de MS y los parámetros fisicoquímicos del suelo fueron contrastados mediante análisis de varianza utilizando un modelo mixto con el software R (R Core Team, 2016), conforme a

un diseño en parcela dividida donde se consideraron los factores “Leguminosa” (parcela principal) y “No Leguminosa” (sub-parcela) como efectos fijos y como efectos aleatorios el bloque, la parcela principal anidada al bloque y el año de cultivo. Para comparar las leguminosas y las mezclas frente al RI se llevó a cabo un test de Tukey con las estimaciones del modelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se detallan los resultados de producción tras los tres años de estudio. Las HB en monocultivo y las asociaciones del RI con las leguminosas (HB+RI y TV+RI) con fertilización orgánica alcanzaron producciones medias que no difieren significativamente de las obtenidas con los dos cortes acumulados de RI en condiciones de manejo convencional. Este hecho corrobora trabajos previos (Baizán *et al.*, 2015) que destacan el valor productivo de estos cultivos, que además de no necesitar aporte extra de N en primavera como el RI, concentran su producción en un solo corte. El rendimiento del monocultivo de TV fue significativamente inferior debido a su lenta implantación durante el invierno.

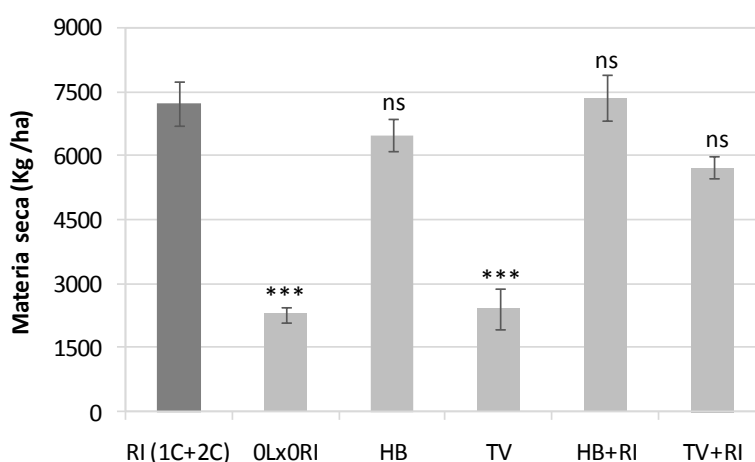


Figura 1. Promedio de rendimiento (kg MS/ha) de los cultivos de invierno ensayados bajo fertilización orgánica como alternativa al manejo convencional de raigrás italiano del periodo 2013-2015.

Tabla 2. Valores promedio de las características del suelo del periodo 2013-2015.

	pH	MO (%)	CIC (cmol/kg)	Al (% CIC)	C/N	P (ppm)	K (cmol/kg)
RI	6,51	4,17	12,65	1,23	11,23	25,52	0,81
0Lx0RI	6,76	4,27	12,89	0,95	9,50	25,91	0,85
HB	6,66	4,32	13,11	0,94	8,73	27,91	0,71
TV	6,65	4,07	13,34	0,97	9,05	24,91	0,87
HB+RI	6,73	4,08	13,36	0,98	9,78	27,12	0,78
TV+RI	6,65	4,44	13,26	1,05	7,76	27,98	0,90
rsd	0,189	0,501	0,898	0,251	4,708	3,816	2,273
Significación	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Las alternativas se compararon frente al raigrás italiano (RI); 0Lx0RI: vegetación espontánea; HB: haba forrajera; TV: trébol violeta; MO: materia orgánica; CIC: capacidad de intercambio catiónico; Al: aluminio en el complejo de cambio; C/N: relación carbono-nitrógeno; P: fósforo asimilable; K: potasio; rsd: desviación estándar residual; ns: no significativo ($p > 0,05$).

En la Tabla 2 se muestran los valores promedio de características del suelo del periodo de estudio 2013-2015. Después de tres años del cultivo de leguminosas bajo fertilización orgánica, no se observaron diferencias significativas en las características del suelo con respecto a las parcelas

cultivadas con RI en manejo convencional, a pesar de que estas tenían un aporte complementario de 60 kg de N complementario por ha y año.

Las alternativas se compararon frente al raigrás italiano (RI); 0Lx0RI: vegetación espontánea; HB: haba forrajera; TV: trébol violeta; MO: materia orgánica; CIC: capacidad de intercambio catiónico; Al: aluminio en el complejo de cambio; C/N: relación carbono-nitrógeno; P: fósforo asimilable; K: potasio; rsd: desviación estándar residual; ns: no significativo ($p>0,05$).

Las leguminosas en monocultivo o asociadas con el RI bajo fertilización orgánica no modificaron la CIC y el % de Al en el complejo de cambio respecto a las parcelas en las que se cultivó RI en manejo convencional. Los valores de pH del suelo se mantuvieron en todo momento dentro de un rango adecuado para la mayoría de los cultivos y de máxima disponibilidad de nutrientes (6,6 - 7,3). La relación C/N indica el posible ritmo de mineralización de la MO, es decir, la capacidad de producir nitratos, y es un índice para medir la salud del suelo. Una relación C/N alta indica que la MO está sin descomponer y si es baja significa que el ritmo de mineralización es muy alto. Considerando dicha relación, el cultivo de leguminosas muestra una tendencia de ligera mejora en calidad edáfica respecto al RI aunque sin diferencias significativas. No obstante, a la vista de los resultados de pH y % de arcilla del suelo, el contenido en MO resultó excesivo ($>3,5$) según Oliveira *et al.* (2006). El contenido en P fue disminuyendo en el tiempo manteniendo una fertilidad media independientemente del cultivo. Sin embargo, los elevados niveles de P en este suelo, indican que la disminución es positiva, al cubrir las necesidades del cultivo y reducir problemas asociados de contaminación por fósforo. Por el contrario los niveles de K aumentaron en el tiempo mejorando la fertilidad del suelo con respecto a este elemento.

Numerosos autores han estudiado los parámetros fisicoquímicos como sensores de calidad edáfica debido a que son propiedades vinculadas a las funciones de retención y provisión de agua y nutrientes, pero éstos, requieren varios años para detectar cambios significativos como resultado de perturbaciones. La MO es sin duda un buen indicador de la calidad del suelo debido a que impacta sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas. Sin embargo hay otros parámetros que permiten detectar de manera sensible cambios en el comportamiento bioquímico del suelo (Ferrerías *et al.*, 2015). En este sentido, estudios realizados por Mijangos *et al.* (2015) en los que evalúan los cambios en el suelo utilizando parámetros como abundancia de lombrices, tiempo de infiltración y compactación, mostraron diferencias significativas en tan solo un año.

Las alternativas se comparan frente al raigrás italiano (RI); (1C+2C): primer y segundo corte de RI acumulados; 0Lx0RI: vegetación espontánea; HB: haba forrajera; TV: trébol violeta; ***: $p\leq 0,001$; ns: no significativo ($p>0,05$).

CONCLUSIONES

Después de tres años de ensayo no se aprecian cambios significativos en las propiedades del suelo, que presenta una fertilidad intermedia, derivados del cultivo de leguminosas y de la fertilización orgánica. Sin embargo, los cambios en las relaciones C/N y en los contenidos en P y K respecto a las condiciones iniciales indican una evolución positiva en la fertilidad del suelo. Las habas forrajeras en monocultivo y el raigrás italiano asociado a las leguminosas únicamente bajo fertilización orgánica son alternativas sostenibles ya que no precisan aporte complementario de fertilizantes químicos para mantener buenos niveles de producción y requieren menos manejo que el raigrás italiano.

AGRADECIMIENTOS

Silvia Baizán es beneficiaria de un contrato predoctoral FPI-INIA y este trabajo ha sido financiado por el INIA (proyecto RTA2012-0006512-05-01) y cofinanciado con fondos FEDER.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Afif, E. (2005) Dinámica del fósforo en suelos calcáreos de áreas mediterráneas: trabajo experimental. Servicio de publicaciones de la Universidad de Oviedo, 110 pp. Oviedo (España).

Báez M.D., García M., Louro A. y Castro J. (2013) Producción y composición química de forraje en rotaciones de maíz con varios cultivos de invierno. En: *Los pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades*, pp. 187-194. Badajoz (España): SEEP.

Baizán S., Vicente F., González M.A., González C., de la Roza B., Soldado A. y Martínez Fernández A. (2015) Alternativas forrajeras sostenibles como cultivo invernal en zonas templadas. *Pastos* 45(2): 23-32.

De la Roza B., Martínez Fernández A. y Argamentería A. (2002) Determinación de material seca en pastos y forrajes. Temperatura de secado para análisis. *Pastos*, XXXII (1), 91-104.

Caravaca F., Masciandaro G. y Ceccanti B. (2002) Land use in relation to soil chemical and biochemical properties in a semiarid Mediterranean environment. *Soil and Tillage Research*, 68, 23-30.

Clemente A. (2016) El Año Internacional de las leguminosas. *Sociedad de ciencias de Galicia*. 16, 70-75.

Demagnet, R., Aguilera, M. y Mora, M. L. (1999) Efecto de la aplicación de purines sobre el sistema suelo-planta. *Frontera Agrícola*, 5(1-2), 87-94.

Espinosa, D. (2004) Caracterización de la producción ecológica en Colombia. Ed: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura-IICA, pp. 1-4. Bogotá (Colombia).

Ferreras L.A., Toresani S.M.I., Faggioli V.S., y Galarza C.M. (2015) Sensibilidad de indicadores biológicos edáficos en un Argiudol de la Región Pampeana Argentina. *Spanish Journal of Soil Science*, 5 (3), 227-242.

Gee G.W. y Bauder J.W. (1996) Particle size analysis. En: *Methods of Soil Analyses*, parte 1, 2ª edición, pp. 383-411. Ed. A. Klute. *American Society of Agronomy*. Madison, Wisconsin (USA).

González-Hidalgo J. C., Brunetti M. y De Luis M. (2010) Precipitation trends in Spanish hydrological divisions, 1946-2005. *Climate Research*, 43, 215-228.

Jiménez J.D., Vicente F., Benaouda M., Soldado A. y Martínez-Fernández A. (2014) Fava bean-rapeseed intercrop as a sustainable alternative to Italian ryegrass: production, forage quality and soil fertility evolution. *Grassland Science in Europe*, 19, 587-589.

Klute, A. (1996) Nitrogen-total. En: *Methods of Soil Analyses*, parte 1, 2ª edición, pp. 595-624. Ed. A. Klute. *American Society of Agronomy*. Madison, Wisconsin (USA).

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 de ambiente atlántico. En: Reiné *et al.* (eds). *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp. 206-211. Huesca (España): SEEP.

- Martínez-Fernández A. y Argamenteira A. (2013) Recomendaciones para la fertilización de praderas y cultivos forrajeros anuales en zonas templado-húmedas. *Afriga*, 102, 100-110.
- Mehlich, A. (1984) Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15 (2), 1409-1416.
- Mijangos I., Vicente F., Modroño S., Anza M., Garbisu C. y Martínez-Fernández a. (2015) Diagnóstico comparativo de la salud agroecosistémica bajo diferentes sistemas de abonado para el cultivo de maíz. En: Cifré P. *et al.* (eds). *Pastos y Forrajes en el siglo XXI*, pp. 217-224. Palma de Mallorca (España): SEEP.
- MAPA (1994) Métodos oficiales de análisis. Tomo III. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General de Alimentación. Dirección General de Política Alimentaria. Madrid. 662 pp.
- N'Dayegamiye A., Whalen J.K., Tremblay G., Nyiraneza J., Grenier M., Drapeau A. y Bipfusuba M. (2015) The benefits of legume crops on corn and wheat yield nitrogen nutrition, and soil properties improvement. *Agronomy Journal*, 107, 1653-1665.
- Oliveira, J.A., Afif, E. y Mayor M. (2006) Análisis de suelos y plantas y recomendaciones de abonado. Ediciones de la Universidad de Oviedo. Asturias. 159 pp.
- Pansu M. y Gautheyrou J. (2006) Handbook of soil analysis: mineralogical, organic and inorganic methods. Springer-Verlag. Berlín. 993 pp.
- Porta J., López-Acevedo M. y Rodríguez R. (1986) Técnicas y experimentos en edafología. Associació d'Enginyers Agrònoms de Catalunya. Barcelona. 282 pp.
- Rubiales D. (2016) El año en que las Naciones Unidas nos recuerdan la importancia de las leguminosas en la dieta y en la agricultura. *Arbor*, 192(779), a310.
- R Core Team. (2016) R: A language and environment for statistical computing. Viena, Austria: R foundation for Statistical Computing.
- Schulte E.E. y Hopkins B.G. (1996) Estimation of organic matter by weight loss-on-ignition. En: Soil organic matter: Analysis and interpretation (SSSA Spec. Publ. 46), pp. 21-31. F. R. Magdoff et al. (eds). American Soil Science Society. Madison, Wisconsin (USA).
- Villarreal R. M., Hernández S., Sánchez P., García R. S., Osuna T., Parra S. y Armenta A.D. (2006) Effect of Legume Cover Crops on Tomato Yield and Quality. *Terra Latinoamericana*, 24(4), 549-556.

EFFECTO DEL CULTIVO DE INVIERNO SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL GIRASOL UTILIZADO PARA FORRAJE Y DEL CONJUNTO DE LA ROTACIÓN EN SECANOS HÚMEDOS DE LA GALICIA ATLÁNTICA

J. VALLADARES¹, S. PEREIRA-CRESPO², A. BOTANA¹, C. RESCH¹ Y G. FLORES-CALVETE¹

¹Instituto Galego de Calidade Alimentaria. Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo. (INGACAL-CIAM), Apdo. 10, 15080. A Coruña (España). ²Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL). Mabegondo, 15318 Abegondo. A Coruña (España).

Correspondencia: juan.valladares.alonso@xunta.gal

RESUMEN

El presente trabajo, realizado durante dos años en condiciones de secanos húmedos, estudia el efecto del tipo de cultivo de invierno (RNA: raigrás italiano o RH5L: mezcla de raigrás híbrido con tréboles anuales) y la dosis de nitrógeno (N) aportada al mismo mediante purín de vacuno (0, 50, 100 o 150 kg N ha⁻¹) sobre la composición nutricional y rendimiento del siguiente cultivo de verano (girasol con 75 kg de N ha⁻¹ y cosechado para forraje cuatro semanas tras la floración) y el rendimiento del conjunto de la rotación. La producción de materia seca (MS) del girasol (8270 y 6816 kg MS ha⁻¹ para RH5L y RNA, respectivamente) fue modificada significativamente por el cultivo anterior. El rendimiento total de la rotación fue afectado por el cultivo anterior y por la dosis de N, con valores medios de 13 895 y 10 109 kg MS ha⁻¹ para RH5L y RNA y de 10 886, 11 978, 12 106 y 13 038 kg MS ha⁻¹ para las dosis de 0, 50, 100 y 150 kg N ha⁻¹, respectivamente. Se concluye acerca de la superioridad de las rotaciones con mezclas de tréboles anuales, en las condiciones de ensayo, comparadas con el raigrás italiano.

Palabras clave: Cultivo de verano, leguminosas, rendimiento, valor nutricional, N orgánico

SUMMARY

In this work, we studied the effect of the preceding winter crop (RNA: Italian ryegrass vs. RH5L: mixture of annual clovers and a hybrid ryegrass) and the dose of slurry nitrogen (N) applied in autumn (0, 50, 100 and 150 kg N ha⁻¹) on the summer crop productivity (sunflower grown for forage receiving 75 kg N ha⁻¹ and harvested four weeks after flowering) and on the whole rotation. Sunflower dry matter (DM) yield (8270 y 6816 kg DM ha⁻¹ for RH5L and RNA, respectively) was significantly modified by the previous winter crop. Total rotation yield was also affected by the preceding crop and by the N dose applied in autumn, with average values of 13.895 and 10.109 kg DM ha⁻¹ for RH5L and RNA and of 10.886, 11.978, 12.106 and 13.038 kg DM ha⁻¹ for 0, 50, 100 and 150 kg N ha⁻¹ doses, respectively. We concluded that the rotations with a mixture of annual clover performed better compared to the Italian ryegrass.

Key words: Summer crop, forage legumes, yield, nutritive value, slurry N

INTRODUCCIÓN

El girasol (*Helianthus annuus* L.) es un cultivo de verano que puede ser utilizado para la producción de forraje ensilado. Aunque comparado con el maíz forrajero presenta un menor rendimiento en ocasiones puede ser una alternativa interesante en caso de siembras tardías, de terrenos con baja capacidad de retención de agua y zonas con escasa pluviometría al ser una planta

de ciclo más corto, con mayor tolerancia a la sequía y menor necesidad de nutrientes (Pereira-Crespo *et al.*, 2014).

Por otra parte, los requerimientos de diversificación de cultivos durante el periodo de verano impuesto para el cobro del llamado “pago verde” de la PAC es otro factor que ha generado interés acerca de este cultivo, a lo cual se une el hecho de que en los últimos años se esté sembrando con maíz fincas que no cumplen los requisitos para el cultivo, lo que provoca bajos rendimientos y altos costes unitarios de producción (Flores *et al.*, 2016).

Estas circunstancias generan demanda de información acerca de las posibilidades del girasol para ocupar un lugar en las rotaciones forrajeras intensivas de dos cultivos por año para la producción de leche. En Galicia el cultivo de invierno de referencia en estas rotaciones es el raigrás italiano. Existen evidencias de que las mezclas de tréboles anuales pueden substituir ventajosamente a este cultivo, aumentando el rendimiento proteico de las rotaciones con maíz sin penalizar la productividad de MS por hectárea (Botana *et al.*, 2016). No existe hasta el momento información acerca del comportamiento productivo de las rotaciones de raigrás italiano o mezclas de tréboles anuales como cultivo invernal, con girasol como cultivo de verano.

En un contexto de economía del uso de fertilizantes de síntesis por razones económicas y ambientales, el presente trabajo tiene como objetivo el obtener información acerca de si el tipo de cultivo de invierno y de la dosis de N procedente de purín que recibió en la siembra ejercen alguna influencia sobre el comportamiento productivo y nutricional del girasol como siguiente cultivo de verano y del rendimiento total de la rotación.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo durante dos años (2013 y 2014) en la finca experimental del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM) en la provincia de A Coruña (Latitud 43° N, Longitud 8° O) situada en la zona costera atlántica de Galicia, a 100 m. de altitud s.n.m., clima templado-húmedo con suelos de profundidad media, de textura franco-limosa, moderadamente ácidos y niveles medios de fertilidad en P y K.

Se utilizó una superficie experimental, de 1,06 ha, dividida en 32 parcelas elementales de 5,0 m de ancho y 66,0 m de largo, con dimensiones suficientes para la realización de las labores con la maquinaria de la explotación. Durante los dos años de ensayo estas parcelas siguieron una rotación de un cultivo de invierno seguido de girasol como cultivo de verano. En el cultivo de invierno, sembrado en la primera quincena de noviembre del año precedente y cosechado a mediados del mes de mayo de cada año, se había seguido un diseño en parcelas divididas con cuatro repeticiones donde la parcela principal era el tipo de cultivo (RNA: un monocultivo de raigrás italiano no alternativo y RH5L: una mezcla de leguminosas anuales del género *Trifolium* con un raigrás híbrido diploide) y la subparcela la dosis de N procedente de purín que había recibido el cultivo de invierno inmediatamente antes de la siembra (0, 50, 100 y 150 kg N ha⁻¹) cuyas características y rendimientos se describen en el trabajo de Valladares *et al.* (2017).

Una vez realizada la cosecha del cultivo de invierno, se alzó terreno y tras las restantes labores preparatorias se aportó una dosis única de 75 kg de N ha⁻¹ procedente de purín aplicado inmediatamente mediante inyección en el terreno (composición media por m³ para los dos años de 3,2 kg de N, 1,9 kg de P₂O₅ y 4,7 kg de K₂O, con una eficiencia de utilización del N estimada en el 67%), complementada con 120 kg ha⁻¹ de superfosfato cálcico 18%, resultando en un aporte medio total de 85 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 167 kg ha⁻¹ de K₂O.

La siembra del girasol se realizó en la primera quincena de junio en cada parcela elemental mediante una sembradora neumática monograno de 4 líneas a 0,80 m con la variedad IMIKO (Elosua) a dosis de 95 000 semillas /ha. Cuando el cultivo se encontraba en estado de 5-6 pares de hojas se aplicó el herbicida Pulsar 40 (materia activa Imazamox 4,0%) a dosis de 1,0 L ha⁻¹. La cosecha del girasol se realizó a mediados de septiembre cuando el cultivo se encontraba aproximadamente en la semana 5 tras la floración en un estado R7-R8 de la escala de Schneiter y Miller (1981), siendo recogidas las dos líneas centrales de cada parcela elemental en toda su longitud mediante una cosechadora picadora de precisión autopropulsada Cibus-Wintersteiger, especial para ensayos, con pesada de forraje picado y toma automática de muestras.

La determinación de materia seca (MS) se realizó en estufa de aire forzado Unitherm a 80°C durante 16 horas y el posterior procesamiento de la muestra seca y la estimación mediante espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) de la composición química, digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DMOIV) así como el cálculo posterior del contenido en energía neta leche (ENL) se ajustó a lo descrito por Pereira-Crespo *et al.* (2012).

El análisis estadístico fue realizado mediante ANOVA considerando el año y el bloque como factores aleatorios y el cultivo de invierno y la dosis de N recibida por este como factores fijos. Las comparaciones de medias se realizaron mediante la diferencia mínima significativa protegida de Fisher, empleando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temperatura media y la precipitación acumulada del período de cultivo entre los meses de junio a septiembre fueron, respectivamente, de 18,2 y 109,0 mm en 2013 y de 18,5 °C y 195,0 mm en 2014. Comparado con la media de los 15 últimos años para dicho período (18,0 °C y 163,2 mm) el ensayo se desarrolló en condiciones de temperatura algo más cálida, siendo el verano de 2013 notablemente más seco y el 2014 más lluvioso que lo habitual. El cultivo se estableció satisfactoriamente los dos años y se desarrolló sin incidencias apreciables de hierbas adventicias, plagas y enfermedades.

Como se observa en la Tabla 1 el tipo de cultivo de invierno influyó significativamente en el contenido en proteína bruta (PB), carbohidratos solubles (CSA), carbohidratos no estructurales (CNET) y rendimiento del girasol. Cuando el cultivo anterior fue la mezcla de tréboles anuales RH5L el contenido en PB y la producción por hectárea del girasol aumentaron, en comparación con lo observado para el cultivo invernal de raigrás italiano RNA, mientras que las concentraciones de CNET y CSA disminuyeron (valores medios de 7,9 y 7,4 %MS para PB, 10,3 y 12,0 %MS para CSA, 11,5 y 13,1 para CNET, 8270 y 6816 kg ha⁻¹ MS y 659 y 505 kg PB ha⁻¹, respectivamente, para RH5L y RNA). Estas tendencias parecen deberse a una mayor disponibilidad de N dejado en el terreno a disposición del cultivo siguiente por la mezcla de leguminosas respecto al cultivo de raigrás. La dosis de N aplicada en el cultivo anterior no influyó significativamente en ninguno de los parámetros de rendimiento y composición analizados salvo para el contenido en CSA y CNET del girasol, algo más elevados en las parcelas que no recibieron aporte de N en el otoño anterior. Esta falta de respuesta se achaca al posible lavado de las formas solubles de N durante los inviernos de 2013 y 2014 debido a las elevadas precipitaciones registradas (Valladares *et al.*, 2017).

El año afectó significativamente a la composición nutricional y al rendimiento del girasol. Así, comparado con el año 2014 de verano húmedo, en 2013 los contenidos en MS, extracto etéreo (EE), CSA, CNET y digestibilidad (IVDMO) del girasol fueron más elevados, como respuesta al estrés hídrico soportado en un verano notablemente seco. En contrapartida, la mayor humedad en el suelo

a disposición del cultivo de girasol en 2014 incrementó el rendimiento de MS un 16,8% y el de PB un 29,4% con relación al año anterior, con valores medios de 6959 y 8127 kg MS ha⁻¹ y de 507 y 656 kg PB ha⁻¹, respectivamente, para 2013 y 2014.

Tabla 1. Efecto del cultivo anterior y del nivel de N aplicado con purín en otoño sobre el rendimiento y valor nutricional del girasol fertilizado a dosis fija de 75 kg N ha⁻¹

	Cultivo invernral			Dosis de N aplicada (kg/ha)						Año		
	RH5L	RNA	p	0	50	100	150	p	e.s.m.	2013	2014	p
n	32	32		16	16	16	16			32	32	
MS	23.4	22.2	ns	22.6	22.7	22.8	23.0	ns	0.27	24.1	21.5	**
MO	90.5	90.8	ns	90.5	90.8	90.7	90.6	ns	0.17	90.8	90.5	ns
PB	7.9	7.4	*	7.6	7.5	7.8	7.8	ns	0.19	7.3	8.0	*
FAD	34.1	33.4	ns	33.1	34.0	33.7	34.1	ns	0.49	34.5	32.9	ns
FND	45.1	44.7	ns	43.8	45.0	45.2	45.6	ns	0.77	43.7	46.1	*
EE	14.8	14.0	ns	14.8	14.6	14.3	14.0	ns	0.46	13.5	15.3	*
CSA	10.3	12.0	*	12.2	11.3	10.7	10.6	**	0.28	13.9	8.5	*
CNET	11.5	13.1	***	13.1	12.3	11.9	11.7	*	0.27	14.8	9.7	*
IVDMO	59.6	60.2	ns	60.0	59.8	59.9	59.9	ns	0.25	61.4	58.4	**
ENL	1.72	1.70	ns	1.73	1.72	1.71	1.69	ns	0.02	1.71	1.72	ns
Rendimiento												
kg MS/ha	8270	6816	*	7181	7693	7552	7746	ns	152.9	6959	8127	*
kg PB/ha	659	505	*	548	583	588	608	ns	17.23	507	656	**

n=número total de observaciones; MS: materia seca (%); MO: materia orgánica (%MS); PB: proteína bruta (%MS); FAD: fibra ácido detergente (%MS); FND: fibra neutro detergente (%MS); EE: extracto etéreo (%MS); CSA: carbohidratos solubles en agua (%MS); CNET: carbohidratos no estructurales totales (%MS); IVDMO: digestibilidad de la MO *in vitro*; ENL: energía neta leche (Mcal/kg MS); p: significación del test F en el ANOVA ($p<0.001$ ***, $p<0.01$ **, $p<0.05$ *, ns: no significativo); e.s.m.: error estándar de la media.

Tabla 2. Productividad de las rotaciones con girasol como cultivo de verano y raigrás italiano o una mezcla de tréboles anuales como cultivos de invierno, fertilizados con purín a dosis variable de N en el invierno y dosis fija de 75 kg de N ha⁻¹ en verano

	Rotación de girasol con			Dosis de N en el cultivo invernral (kg ha ⁻¹)						Año		
	RH5L	RNA	p	0	50	100	150	p	e.s.m.	2013	2014	p
n	32	32		16	16	16	16			32	32	
Rendimiento rotación												
kg MS/ha	13895	10109	**	10886	11978	12106	13038	***	126.3	11257	12747	**
kg PB/ha	1442	720	***	1004	1070	1093	1155	*	25.09	957	1205	**
% Cultivo de verano												
MS/ha	59.3	67.5	*	67.1	64.7	62.6	59.3	**	1.05	62.2	64.6	ns
PB/ha	45.5	69.6	***	59.5	58.5	57.2	54.9	ns	1.14	56.7	58.4	ns

n=número total de observaciones; MS: materia seca; PB: proteína bruta; p: significación del test F en el ANOVA ($p<0.001$ ***, $p<0.01$ **, $p<0.05$ *, ns: no significativo); e.s.m.: error estándar de la media.

Los resultados obtenidos en este trabajo confirman los referidos por otros autores que estudiaron recientemente la respuesta del girasol en condiciones de secano y regadío en áreas interiores de Galicia (Sainz-Ramírez *et al.*, 2017). Cuando se tiene en cuenta el rendimiento obtenido en el cultivo de invierno (Valladares *et al.*, 2017) se obtiene la productividad total de la rotación que se muestra en la Tabla 2. Cuando se promedian todos los tratamientos, los valores medios de la rotación de girasol con el cultivo de invierno fueron de 12 002 kg MS ha⁻¹ y 1081 kg PB ha⁻¹.

En los mismos años y la misma localidad, Botana *et al.* (2016) encuentran que las rotaciones de maíz con raigrás italiano o mezclas de tréboles semejantes a las del presente trabajo rinden de media 19 065 kg MS ha⁻¹ y 1261 kg PB ha⁻¹, lo que supera en un 58% y un 17%, respectivamente al rendimiento medio encontrado en el presente trabajo.

Cuando el cultivo invernal fue la mezcla RH5L, comparada con RNA el rendimiento total de la rotación en MS aumentó un 37%, desde 10 109 a 13 895 kg ha⁻¹ y el de PB se duplicó, pasando de 720 a 1442 kg ha⁻¹. El efecto positivo de la inclusión de leguminosas en la rotación es también señalado por Botana et al. (2016) para el maíz, si bien los resultados observados a favor de las mezclas de tréboles con raigrás híbrido, comparado con el cultivo monofito de raigrás (+6% y +46% para el rendimiento de MS y PB por hectárea) son inferiores a los encontrados en el presente trabajo para las rotaciones con girasol.

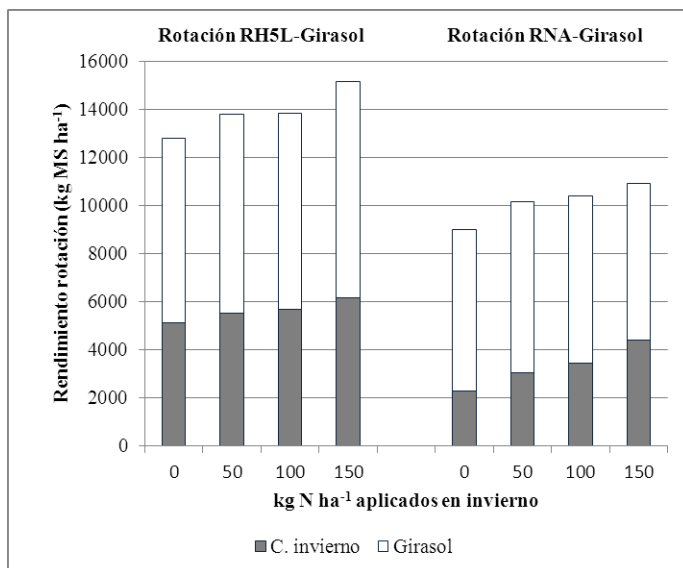


Figura 1. Producción de la rotación de girasol con raigrás italiano (RNA) o con mezcla de tréboles anuales (RH5L) a diferentes niveles de aplicación de N en el cultivo de invierno y fertilizado a la misma dosis de 75 kg N ha⁻¹ en el cultivo de verano.

En la Figura 1 se aprecia la variación del rendimiento total de MS de la rotación de girasol con la mezcla de tréboles anuales y con el raigrás italiano, así como la contribución de los cultivos de invierno y de verano a la rotación en el rango de dosis de fertilización con N aportada en otoño. Mientras que en la rotación con RH5L la proporción relativa entre ambos cultivos permanece inalterada (40% para RH5L y 60% para girasol), en el caso del raigrás italiano este porcentaje varía entre el 25% y el 40% para RNA y 75% y 60% para el girasol, lo cual refleja la respuesta del raigrás italiano al aporte de N en otoño, mientras el rendimiento del girasol se mantiene prácticamente inalterado.

CONCLUSIONES

En las rotaciones de dos cultivos por año con girasol como cultivo de verano, el cultivo de invierno afectó a la composición y rendimiento del cultivo de verano y a la productividad total de la rotación. La introducción de mezclas de tréboles anuales en la rotación como cultivo de invierno en sustitución del raigrás italiano mejoró substancialmente el rendimiento total de materia seca y de proteína por hectárea. Los resultados obtenidos confirman que las rotaciones con girasol presentan una productividad media moderada y en todo caso inferior a la obtenida con maíz en secanos templado-húmedos. Sin embargo, pueden ser de utilidad en las zonas con mayores dificultades para el maíz, aunque la inferior productividad del girasol puede encarecer el coste de cosecha y ensilado.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por proyectos RTA2012-00065-05-02 y RTA2014-00086-C03-03.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Botana A., Valladares J., Pereira-Crespo S., Díaz N., Resch C., Fernández-Lorenzo B., Dagnac T., Veiga M. y Flores G. (2016) Las mezclas de leguminosas anuales pueden mejorar la productividad de la rotación raigrás italiano-maíz forrajero. En: M.D. Báez *et al* (Eds). *Innovación sostenible en pastos: Hacia una agricultura de respuesta al cambio climático* pp. 81-86, Lugo-A Coruña, SEEP.

Flores-Calvete G., Botana-Fernández A., Pereira-Crespo S., Valladares-Alonso J., Pacio-Rivas B., Aguión-Sandá A. y Resch-Zafra C. (2016) Efecto do momento de corte sobre o rendemento e valor nutricional de dúas variedades de xirasol (*Helianthus annuus* L.) cultivadas para ensilar a finais do verán en Galicia. *Afriga*, 124, 86-94.

Pereira-Crespo S., Valladares J., Flores G., Fernandez-Lorenzo B., Resch C., Piñeiro J., Díaz N., Gonzalez-Arreaez A., Bande-Castro M., Rodriguez-Diz X. (2012) Prediction of the nutritive value os annual forage clovers and serradella by near infrared spectroscopy (NIRS). En Acar *et al.* (eds) *New approaches for grassland research in a contexto f climate and socio-economic changes*, pp 241-244. Samsun, Turkey: Options méditerranéennes.

Pereira-Crespo S., Flores G., Gonzalez-Arreaez A., Fernández-Lorenzo B., Valladares J., Díaz N., Resch C. (2014) rendimiento y valor nutricional del girasol aprovechado para forraje tras las floración. En Busqué *et al.* (eds) *Pastos y PAC 2014-2020*, pp 357-364. Cantabria, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

Sainz-Ramírez A., Botana A., Valladares J., Pereira-Crespo S., Veiga M. y Flores G. (2017) Efecto de la disponibilidad de agua sobre el rendimiento, composición química y valor nutricional de tres variedades de girasol cosechadas para forraje en la zona seca de Galicia. *56 Reunión Científica de la SEEP*, Barcelona.

SAS Institute (2009) *Stat User's guide*, V.9.2, SAS Institute INC., Cary, NC, USA.

Schneiter A. y Miller J. (1981) Description of sunflower growth stages. *Crops Science* 21, 901-903.

Valladares J., Pereira -Crespo S., Botana A., Resch C. y Flores G. (2017). Efecto de la fertilización con una dosis variable de nitrógeno procedente de purín de vacuno sobre el rendimiento y valor nutricional de una mezcla de tréboles anuales y raigrás híbrido, comparada con raigrás italiano como cultivos de invierno para ensilar. *56 Reunión Científica de la SEEP*, Barcelona.

PRODUCTIVIDAD Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL SORGO PARA ENSILAR CULTIVADO CON Y SIN RIEGO EN GALICIA

A. BOTANA¹, A. SAINZ-RAMÍREZ^{1,3}, J. VALLADARES¹, S. PEREIRA-CRESPO², M. VEIGA¹, C. RESCH¹, G. FLORES-CALVETE¹

¹Instituto Galego de Calidade Alimentaria. Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (INGACAL-CIAM), Apdo. 10, 15080 A Coruña (España). ²Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL). Mabegondo, 15318 Abegondo, A Coruña (España). ³Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100, 50000 Toluca (México).
Correspondencia: adrian.botana.fernandez@xunta.es

RESUMEN

En este trabajo se evaluó el comportamiento productivo y la composición química de dos variedades de grano y una variedad forrajera de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) en condiciones de secano y regadío, en la zona interior de la provincia de Lugo, siguiendo un diseño en bloques completamente aleatorizados, con cuatro repeticiones. El riego se realizó mediante aspersión, entre los meses de julio a septiembre, con una frecuencia de dos días por semana y un acumulado total de 200 mm, siendo la precipitación en dicho período de 75 mm. La cosecha se realizó en el mismo estado fenológico, entre el 4 de octubre y el 2 de noviembre, dependiendo de la diferente precocidad de las variedades. Los resultados obtenidos mostraron un incremento medio del 50 % en la producción en materia seca (MS) para el cultivo con riego, en comparación con el de secano (10,8 vs. 5,5 t MS ha⁻¹). Las plantas irrigadas mostraron un menor contenido en fibra y en carbohidratos solubles en agua y una superior concentración de almidón, comparadas con las no regadas. La variedad forrajera de sorgo fue la más productiva en los dos ambientes, siendo preferible a las de grano para la zona de estudio.

Palabras clave: cultivo de verano, déficit hídrico, rendimiento, valor nutricional

SUMMARY

This work evaluates the effect of water availability (irrigation vs. rainfed) on yield and chemical composition of two grain cultivars and one forage hybrid cultivar of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) grown for silage in the inner dryland zone of Lugo (Galicia, NW Spain), following a completely randomized block design, with 4 replications. Sprinkler irrigation provided a total water dose of 200 mm in the summer (July to September) period, where total rainfall amounted to 75 mm. Planting was carried out on 22 June 2016 and the harvest was carried out in the same phenological stage, between 4 October and 2 November, according to the precocity of the cultivars. Crop dry matter (DM) yield was 50% higher for irrigated than rainfed (10.8 vs. 5.5 t DM ha⁻¹) crops. Water stressed plants showed higher fiber and sugar but lower starch contents. The forage sorghum variety showed better performance compared to grain varieties irrespective of water availability conditions and thus, it is the recommended option for the zone.

Key words: summer crop, water stress, dry matter production, chemical composition

INTRODUCCIÓN

Un reciente trabajo sobre la estructura de las explotaciones lecheras de Galicia (Fernández-Lorenzo *et al.*, 2016) señala que el cultivo de maíz forrajero para la alimentación de las vacas de leche aumentó desde las 47 000 ha del año 2006 hasta las 67 000 ha de 2013 y constituye la principal base forrajera, por encima del ensilado de hierba, en las granjas de mayor dimensión. El cultivo del maíz en esta

comunidad se realiza en secano en su práctica totalidad, por lo que en determinadas zonas lecheras del interior de Galicia la variabilidad en las precipitaciones de verano comprometen los rendimientos de maíz obtenidos, en particular en el caso de suelos arenosos, con baja capacidad de retención de agua. En tales condiciones, el cultivo de sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) podría asegurar la obtención de forraje durante el verano al ser menos exigente en agua y nutrientes comparado con el maíz (Farré y Faci, 2006). Esta circunstancia, unido al hecho de los requerimientos de diversificación de cultivos para el llamado "pago verde" de la PAC hace que se haya incrementado la demanda de información acerca del cultivo de sorgo, hasta ahora prácticamente ausente en las explotaciones ganaderas de Galicia.

Actualmente no existe suficiente información acerca del comportamiento productivo y la composición nutricional de distintas variedades de sorgo en condiciones de diferente disponibilidad de agua. El objetivo del presente trabajo es evaluar el rendimiento y la composición química de tres variedades híbridas de sorgo, dos de grano y una forrajera, cultivadas en condiciones de secano y regadío en la zona interior de Galicia.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante el período comprendido entre finales de junio y principios de noviembre de 2016, en la finca experimental del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM) en Pobra de Brollón (Lugo), situada en el interior de Galicia (42° 36' N, 7° 24' W), en una zona de clima continental a 400 m de altitud, de inviernos fríos y húmedos y veranos cálidos y secos, con suelos de textura franco limosa, baja acidez y valores medios de fósforo y potasa. El balance hídrico del año medio para la zona de ensayo señala un déficit de agua moderado en los meses de julio, agosto y septiembre, con unas necesidades totales calculadas para el riego por aspersión de 213 mm.

Se evaluaron dos variedades de grano, cv. Alfa (AL) y cv. Ascoli (AS) y una forrajera, cv. PR849F (PR), todas ellas híbridas. Todas las variedades se cosecharon en el mismo estado fenológico, en el cual los granos de la panícula alcanzaron el estado pastoso duro en la parte superior y de lechoso a pastoso en la parte inferior, entre el 4 de octubre y el 2 de noviembre de 2016, en función de la precocidad de las variedades.

El ensayo se realizó en rotación con un cultivo invernal de leguminosas anuales, en dos parcelas homogéneas con una superficie de 50 x 50 m cada una, separadas por un pasillo de 20 m de ancho, siendo una de ellas asignada a la zona regada y otra a la no regada. Cada parcela elemental consistió en una superficie de 90 m² (6 x 15 m) en las que se sembraron 8 líneas de cultivo, con una separación de 75 cm entre líneas. El laboreo consistió en el alzado del suelo con arado de vertedera seguido de un pase de grada rotativa vertical, aplicando posteriormente una fertilización de 80 kg de N, 80 kg de P₂O₅ y 80 kg de K₂O por hectárea. La siembra se realizó el 22 de junio de 2016 con una sembradora de precisión ajustada a una densidad teórica de 150 000 plantas ha⁻¹. Se realizó un tratamiento herbicida en postemergencia precoz con WING-P (Dimetenamida-p 21,25% + Pendimetalina 25%), a una dosis de 4 L ha⁻¹. El aporte de agua a la zona regada se realizó por aspersión con una pluviometría total de 200 mm durante los meses de julio (50 mm), agosto (100 mm) y septiembre (50 mm), con una frecuencia de riego de dos veces por semana y una dosis de 4 mm h⁻¹. La otra mitad no recibió ningún aporte hídrico durante el ensayo. No fue necesario dar un riego previo a la siembra pues las precipitaciones registradas en la segunda mitad del mes de junio (42 mm) aseguraron la nascencia del cultivo.

La cosecha se realizó de forma manual, cortando las plantas de un transecto de 12 m, concretamente en 3 m centrales de las 4 líneas situadas en el centro de cada parcela elemental. Las plantas se cortaron a una altura de 12 cm de la base, y posteriormente se registró la altura de la planta. Del total de plantas cosechadas, se dividió en dos partes, una destinada al picado y posterior muestreo de la planta entera y la otra, a la separación manual de la inflorescencia (panícula) y de la parte vegetativa constituida por el tallo y las hojas. Cada fracción fue pesada y troceada por separado en una picadora de forrajes VIKING, al igual que la PE y, por cuarteos sucesivos, se tomó una alícuota de aproximadamente 1000 g, que fueron secadas a 80 °C durante 16 h en estufa de aire forzado de gran capacidad siendo determinado su contenido en materia seca (MS) y posteriormente molidas a 1 mm en molino de martillos. La composición química de las muestras se estimó mediante espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS), utilizando las calibraciones desarrolladas en el CIAM para la estimación de los contenidos en materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), carbohidratos solubles en agua (CSA) y almidón (ALM) de la planta de sorgo.

Dentro de cada zona (regada y no regada), las variedades se distribuyeron en un diseño de bloques completamente aleatorizados, con cuatro repeticiones. El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA considerando la disponibilidad de agua (regadío vs. seco) y la variedad como factores fijos y la repetición como factor aleatorio. La comparación de medias se realizó a través del test HSD de Tukey, utilizando el procedimiento PROC GLM de SAS (SAS Institute, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra la temperatura media y la precipitación acumulada mensual en el período de julio a octubre, comparada con los valores medios de 40 años para la zona. Como puede observarse, el cultivo se realizó en condiciones de temperatura semejantes a la media pero con una pluviometría acumulada que no llegó al 30% de los valores normales. Durante el desarrollo del cultivo no se observaron problemas de encamado, malas hierbas, plagas y enfermedades ni ataques de pájaros, si bien aparecieron algunas plantas tumbadas por efecto del hozado del jabalí, no apreciándose que los animales se alimentaran del forraje caído.

Tabla 1. Valores de temperatura media y precipitación acumulada mensual en Pobra de Brollón en 2016 y medias para la zona

		Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Período ensayo
Temperatura media (°C)	2016	21,2	21,0	18,3	13,7	18,6
	Media	20,7	20,6	18,3	14,1	18,4
Precipitación (mm)	2016	2,0	13,2	33,0	26,8	75,0
	Media	40,9	32,2	64,7	117,9	255,7

El intervalo siembra-cosecha fue de 103 días para la variedad más precoz (AS), de 124 para AL y de 132 para PR, siendo recolectadas las variedades, respectivamente, el 4 de octubre, el 25 de octubre y el 2 de noviembre. La cosecha del cultivo en fechas avanzadas para las variedades más tardías presenta un mayor riesgo de encontrar complicaciones en la entrada al terreno con la maquinaria debido a la mayor ocurrencia de precipitaciones conforme avanza el otoño.

La Tabla 2 muestra los resultados relativos porcentaje de panícula en la biomasa total, altura de la planta, rendimiento y composición química de la planta entera. Como media de las tres variedades, las plantas cultivadas en ausencia de riego mostraron una menor altura (92,7 vs. 139,3 cm), menor porcentaje de panícula en la biomasa total (42,2 vs. 50,6 %) y un rendimiento por hectárea de

aproximadamente la mitad del observado para el regadío (5493 vs 10 775 kg MS ha⁻¹ y 389 vs 745 kg PB ha⁻¹, respectivamente).

En secanos de la zona atlántica gallega, con una precipitación total de 122 mm entre los meses de julio a octubre, Resch *et al.* (2013) citan valores en el rango de 4575 a 8420 kg MS ha⁻¹ para el rendimiento de 5 variedades de sorgo sembradas a finales de junio y cosechadas a finales de octubre, que pueden considerarse como intermedios entre los observados en el presente trabajo para el cultivo en seco y en regadío. Los resultados concuerdan, en líneas generales, con los mencionados en la bibliografía que indican que aunque el sorgo es una planta adaptada a ambientes secos, tiene una buena respuesta productiva al riego.

En Italia, Barbanti *et al.* (2015) indicaron que el déficit hídrico en el cultivo de sorgo disminuyó la altura de la planta y ocasionó una reducción del 70% en el rendimiento. En condiciones de irrigación moderada y baja, Jahanzad *et al.* (2013) observaron una reducción del rendimiento de MS del 20 y 34 % comparado con el cultivo que recibió una irrigación óptima.

Tabla 2. Efecto de la disponibilidad de agua y de la variedad sobre la altura de la planta, producción y composición química de la planta entera de sorgo

	Disponibilidad de agua (DA)			Variedad (VAR)				dms
	Regadío	Secano	P	Ascoli	Alfa	PR84F	P	
n	12	12		8	8	8		
Altura planta, cm	139,3	92,7	**	79,7 ^c	96,2 ^b	172,0 ^a	***	15,5
Panícula (% MS total)	50,6	42,2	*	56,4 ^b	51,7 ^b	31,0 ^a	***	9,6
kg MS ha ⁻¹	10775	5493	**	5798	7147	11457	**	2708
kg PB ha ⁻¹	745	389	**	481	561	659	ns	326
MS	28,9	30,0	+	31,5 ^a	28,2 ^a	28,6 ^b	*	2,4
MO	95,9	94,8	**	95,3 ^b	95,1 ^b	95,7 ^a	*	0,4
PB	7,1	7,0	ns	7,7 ^a	7,8 ^a	5,9 ^b	*	1,8
FND	49,9	52,9	**	49,4 ^b	49,6 ^b	55,4 ^a	**	3,6
FAD	26,4	28,1	*	25,1 ^b	27,3 ^{ab}	29,2 ^a	*	2,7
CSA	12,7	15,1	**	9,5 ^b	12,7 ^b	19,5 ^a	***	3,6
ALM	20,2	12,1	**	23,8 ^a	15,1 ^b	9,6 ^b	**	6,5

MS: materia seca (%); MO: materia orgánica (% MS); PB: proteína bruta (% MS); FND: fibra neutro detergente (% MS); FAD: fibra ácido detergente (% MS); CSA: carbohidratos solubles en agua (% MS); AMD: almidón (% MS); p: significación del test F en el ANOVA (ns: no significativo; +: p<0,10; *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001); dms.: diferencia mínima significativa entre dos medias de la misma línea para el factor Variedad

La planta de sorgo sometida a estrés hídrico, en comparación con el tratamiento irrigado, mostró un contenido ligeramente superior de MS (28,9 vs 30,0 %), mayor contenido en fibra (FND: 49,9 vs 52,9 % MS; FAD: 26,4 vs 28,1 % MS) y azúcares (CSA: 12,7 vs 15,1 % MS) y un menor contenido en MO (94,8 vs 95,9 % MS) y ALM (12,1 vs 20,2 % MS) mientras que el contenido en PB (7,1 y 7,0 % MS) no se vio afectado por la disponibilidad de agua. El aumento del contenido en azúcares observado en las plantas no regadas se atribuye al ajuste osmótico necesario a nivel celular para mantener la turgencia celular (Bodner *et al.*, 2015), mientras que el menor porcentaje de panícula del cultivo en seco explica la menor concentración de almidón en la planta entera.

Las variedades de grano AS y AL mostraron un mayor porcentaje de panícula y menor talla comparado con la forrajera PR. Confirmando las observaciones que relacionan una mayor altura de la planta de sorgo con rendimientos más elevados, la producción media de PR (11 457 kg MS ha⁻¹) fue un 60 % superior a la de AL y un 97 % superior a la de AS.

Las diferencias en el rendimiento de proteína siguieron la misma tendencia, pero no alcanzaron significación estadística (p>0,05) toda vez que las variedades de grano mostraron contenidos en PB

superiores a la de la variedad forrajera, con valores medios (en % MS) de 7,7 para AS, 7,8 para AL y 5,9 para PR. La variedad de grano más precoz (AS) mostró, comparada con PR, un superior contenido en MS (31,5 vs 28,6 %) y una concentración superior de ALM (23,8 vs 9,6 % MS), mientras que las de MO (95,3 vs 95,7 % MS), FND (49,4 vs 55,4 % MS), FAD (25,1 vs 29,2 % MS) y CSA (9,5 vs 19,5 % MS) fueron inferiores. La variedad de grano AL mostró valores intermedios entre ambas, salvo para el contenido en MS, ligeramente inferior al de la variedad forrajera.

Tabla 3. Interacción entre la disponibilidad de agua y la variedad sobre la producción y composición química de la planta entera de sorgo

Variedad (VAR)	Ascoli		Alfa		PR849F		P	dms	
	Disponibilidad de agua (DA)	Regadío	Secano	Regadío	Secano	Regadío			Secano
n		4	4	4	4	4			
Altura planta, cm		89,9	69,6	111,7	80,8	216,4	127,7	*	37,8
Panícula (% MS total)		65,2	47,7	54,4	49,1	32,1	29,9	*	11,4
kg MS ha ⁻¹		8092	3504	9411	4882	14821	8092	ns	-
kg PB ha ⁻¹		726	236	735	386	773	545	ns	-
MS		31,9	31,0	27,1	29,3	27,6	29,7	ns	-
MO		96,3	94,3	95,3	94,8	96,1	95,3	**	0,7
PB		8,6	6,7	7,6	7,9	5,1	6,8	ns	-
FND		46,2	52,5	49,1	50,0	54,5	56,2	ns	-
FAD		22,6	27,6	27,5	27,1	29,0	29,4	ns	-
CSA		6,2	12,8	11,5	13,9	20,4	18,5	*	4,9
ALM		32,5	15,2	16,8	13,4	11,5	7,7	ns	-

MS: materia seca (%); MO: materia orgánica (% MS); PB: proteína bruta (% MS); FND: fibra neutro detergente (% MS); FAD: fibra ácido detergente (% MS); CSA: carbohidratos solubles en agua (% MS); AMD: almidón (% MS).

p: significación del test F en el ANOVA (ns: no significativo; +: p<0,10; *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001).

dms.: diferencia mínima significativa entre dos medias de la misma línea dentro del mismo nivel de DA o de VAR

Se observa que la falta de agua causa una mayor reducción de la talla, del porcentaje de panícula y del contenido de almidón en las plantas de la variedad de grano más precoz, en comparación con las otras variedades. Por el contrario, no se observó significación para la interacción entre la disponibilidad de agua y la variedad para el rendimiento por hectárea, el contenido en MS, la concentración de PB, de fibra y de almidón de la planta, sugiriendo un comportamiento uniforme de las variedades en situación de secano y de regadío para estos parámetros.

En situación de secano húmedo en la zona de influencia atlántica de Galicia, Bande *et al.* (2015) citan rendimientos de 7987, 8170 y 8420 kg MS ha⁻¹ para las variedades AS, AL y PR, respectivamente. Se destaca que, mientras que el rendimiento de la variedad forrajera sin riego en el presente ensayo (8092 kg MS ha⁻¹) alcanza valores comparables a los indicados por los anteriores autores, los de las variedades de grano AS y AL con 3504 y 4882 kg MS ha⁻¹ son claramente inferiores, lo que sería indicativo de una elevada plasticidad de la variedad forrajera a situaciones de diferente falta de humedad. A ello se une la excelente respuesta al riego de esta variedad, que llega a alcanzar 14 821 kg ha⁻¹ mientras las variedades de grano se sitúan, con 9411 kg ha⁻¹ para AL y 8092 kg ha⁻¹ para AS, a un nivel productivo muy inferior en condiciones de regadío.

El amplio rango en la respuesta productiva a la disponibilidad hídrica observado en las variedades evaluadas en este trabajo, concuerda con lo indicado por Asefa *et al.* (2010) acerca de la variación genotípica que existe en la tolerancia a la sequía entre híbridos de sorgo y refuerza la importancia de una adecuada evaluación varietal.

CONCLUSIONES

En condiciones de secano del interior de Galicia, el cultivo de sorgo mostró una elevada respuesta productiva al incremento de la disponibilidad de agua, duplicando en regadío el rendimiento de MS observado en ausencia de riego. Las variedades de grano no presentan ninguna ventaja, desde el punto de vista de la productividad, comparadas con la variedad forrajera, cuyo cultivo parece el más recomendable para la zona tanto en secano como en regadío.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por los proyectos ATT 2016/106 de la Xunta de Galicia y RTA2012-00065-05-02 del INIA. Aurora Sainz Ramírez realizó una estancia en el CIAM en 2016 becada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Gobierno de México. Adrián Botana Fernández es beneficiario de un contrato predoctoral FPI-INIA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Assefa Y., Staggenborg S.A. y Prasad V.P.V. (2010) Grain sorghum water requirement and responses to drought stress: A review. Online. *Crop Management* doi: 10.1094/CM-20101-1109-01-RV.

Bande M.J., Resch C. y Quintela M. (2015) Influencia del genotipo y la densidad de siembra en el rendimiento y valor nutritivo del sorgo forrajero en la zona costera de Galicia. En: Cifré J. *et al.* (Eds.) *Pastos y Forrajes en el Siglo XXI*, pp. 201-208. Palma de Mallorca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

Barbanti L., Sher A., Di Girolamo G., Cirillo E. y Ansar M. (2015) Growth and physiological response of two biomass sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) genotypes bred for different environments, to contrasting levels of soil moisture. *Italian Journal of Agronomy*, 10, 208-214.

Bodner G., Nakhforoosh A. y Kaul H.P. (2015) Management of crop water under drought: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(2), 401-442.

Farré I. y Faci J.M. (2006) Comparative response of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) to deficit irrigation in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management*, 83, 135-143.

Fernández-Lorenzo B., Flores G, Botana A., Resch C., Dagnac T., Veiga M., Pereira S. y Lorenzana R. (2016). Estructura productiva y sistemas de alimentación de las explotaciones lecheras de Galicia. *Afriga*, 124, 98-113.

Jahanzad E., Jorat M., Moghadam H., Sadegpour A., Chahichi M.R. y Dashtaki M. (2013) Response of a new and commonly grown forage shorgum cultivar to limited irrigation and planting density. *Agricultural Water Management*, 117, 62-69.

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: Olea L. *et al* (Eds). *Los Pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades*, pp. 147-154. Badajoz, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

SAS INSTITUTE (2009) SAS/STAT User's Guide, V.9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA SOBRE EL RENDIMIENTO, COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRICIONAL DE TRES VARIEDADES DE GIRASOL COSECHADAS PARA FORRAJE EN LA ZONA SECA DE GALICIA

A. SAINZ-RAMÍREZ^{1,2}, A. BOTANA², J. VALLADARES², S. PEREIRA-CRESPO³, M. VEIGA², C. RESCH², G. FLORES-CALVETE²

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100, 50000 Toluca (México). ²Instituto Galego de Calidade Alimentaria. Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (INGACAL-CIAM). Apdo. 10, 15080 A Coruña. ³Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL), Mabegondo, 15318 Abegondo, A Coruña.
Correspondencia: gonzalo.flores.calvete@xunta.es

RESUMEN

En este trabajo se evaluó el comportamiento productivo y el valor nutritivo del cultivo de tres variedades de girasol (*Helianthus annuus* L.) en condiciones de secano y regadío, en la zona interior de la provincia de Lugo (Galicia, NW de España) siguiendo un diseño en bloques completamente aleatorizados con 4 repeticiones. El riego se efectuó por aspersión con una dosis total de 200 mm entre los meses de julio a septiembre y la cosecha se realizó la cuarta semana tras la floración. Los resultados obtenidos mostraron un incremento medio del 66 % del rendimiento unitario del cultivo en materia seca (MS) para los tratamientos con riego comparados con los de secano, con valores medios de 9,72 t MS ha⁻¹ y 5,87 t MS ha⁻¹, respectivamente. En ausencia de riego el cultivo mostró un menor contenido en carbohidratos estructurales, mayor contenido en azúcares y superior digestibilidad, en comparación con el cultivo en regadío. El comportamiento varietal en los dos ambientes hídricos fue semejante para los parámetros estudiados.

Palabras clave: cultivo de verano, déficit hídrico, rendimiento, calidad nutritiva

SUMMARY

The effect of water availability (irrigation vs. rainfed) on yield, chemical composition and nutritive value of three sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars grown for forage in the inner dryland zone of the Lugo province (Galicia, NW Spain) is presented. Within each irrigation treatment, the varieties were arranged following a completely randomized block design with 4 replications. Sprinkler irrigation provided a total water dose of 200 mm in summer (July to September) period. Sunflower varieties were harvested at the same growth stage, four weeks after flowering. Crop dry matter (DM) yield was 66% higher for irrigated treatments compared to rainfed ones, with respective average values of 9.72 and 5.87 t DM ha⁻¹. Crop water stress caused a lower DM fiber concentration, higher non-structural carbohydrate content and an increased digestibility. Varietal response to the water availability was fairly uniform for the crop yield and quality parameters measured.

Key words: summer crop, water stress, dry matter production, feed quality

INTRODUCCIÓN

El cultivo del girasol (*Helianthus annuus* L.) se destina, fundamentalmente, a la obtención de aceite a partir de sus semillas, pero también puede ser una opción para la producción de forraje. Se trata de un cultivo de verano que ofrece una serie de características que lo sitúan como un buen candidato a ser alternativa al maíz forrajero en circunstancias concretas, como puede ser en terrenos menos productivos y en zonas del interior de Galicia, en las que la escasez de agua es una

limitación (Pereira-Crespo *et al.*, 2014). Por lo tanto, la utilización del cultivo del girasol forrajero en dichas condiciones podría ser una alternativa al maíz asegurando la obtención de forraje para ensilar. Además, la nueva Política Agrícola Común (PAC) supone un incentivo para la diversificación de cultivos, lo que ha estimulado la demanda de información acerca del rendimiento y valor nutritivo de otros cultivos de verano alternativos al maíz forrajero. Actualmente no existe información acerca del cultivo del girasol forrajero y el efecto del riego en el rendimiento y el valor nutricional, en zonas situadas en el interior de Galicia, siendo el objetivo del presente trabajo el evaluar en dichas condiciones el comportamiento productivo y el valor nutritivo del cultivo de tres variedades de girasol, dos de aceite y una forrajera cosechadas en el mismo estado fenológico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante el periodo comprendido entre finales de junio y finales de septiembre de 2016, en la finca experimental del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM) en Pobra do Brollón (Lugo), situada en una zona de clima continental en el interior de Galicia a 385 m de altitud.

Las variedades evaluadas fueron tres híbridos comerciales: uno forrajero, Rumbosol 91 (R91) y dos de aceite, ES Shakira (SHA) y P63LL104 (P63). La siembra se realizó del 22 al 23 de junio de 2016 con una sembradora de precisión ajustada a una densidad teórica de 80×10^3 plantas ha^{-1} en dos parcelas homogéneas de aproximadamente 1800 m^2 cada una, que previamente estaban ocupadas por un cultivo de invierno. Dentro de cada parcela, siguiendo un diseño de bloques completamente aleatorizados con cuatro repeticiones, las variedades se distribuyeron en 12 parcelas elementales de 96 m^2 (8 líneas de cultivo separadas 0,8 m y 15 m de longitud), separadas por pasillos de 3,0 m. Durante las labores preparatorias del terreno antes de la siembra se aplicaron 80 kg de N, 80 kg de P_2O_5 y 80 kg de K_2O por hectárea. Se realizó un tratamiento herbicida en preemergencia con Challenge (Aclonifen 60 %), a dosis de $2,75 \text{ L ha}^{-1}$.

La mitad del ensayo fue regada por aspersión durante los meses de julio a septiembre, con una frecuencia de dos veces a la semana, recibiendo en total una pluviometría de 200 mm, suficiente para cubrir las necesidades de humedad del cultivo. La otra mitad no recibió ningún aporte hídrico durante el ensayo.

El aprovechamiento del forraje se realizó 4 semanas tras la floración en fechas variables entre el 20 y 27 de septiembre de 2016, dependiendo de la diferente precocidad de las variedades. El momento de floración de cada variedad se tomó en el estado R5.5 de la escala de Schneiter y Miller (1981) equivalente al estado 63-65 de la escala BBCH (Meier, 2001). La cosecha se realizó manualmente, cortando las plantas de un transecto de 12 m (3 m en las 4 líneas centrales), a una altura de 12 cm de la base y, posteriormente, se procedió al registro de los siguientes parámetros morfológicos: altura de la planta, diámetro del capítulo y diámetro del tallo a 15 cm de la base. Del total de la biomasa cosechada, se tomó una muestra de planta entera (PE) y se separaron manualmente las fracciones capítulo (CAP), constituida por el receptáculo, brácteas, pétalos, inflorescencias y semillas y parte vegetativa (PV) constituida por las hojas y los tallos. Cada fracción fue pesada y troceada por separado en una picadora de forrajes VIKING y, por cuarteos sucesivos, se tomó una alícuota de aproximadamente 1000 g de cada fracción y de la PE.

La determinación de materia seca se realizó en estufa de aire forzado Unitherm, a $80 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 16 h y las muestras secas se molieron a 1 mm en un molino de martillos. Siguiendo los procedimientos descritos por Pereira-Crespo *et al.* (2014), mediante espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) se estimó el contenido de las muestras secas y molidas en materia

orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND), celulosa (CEL), carbohidratos solubles en agua (CSA), carbohidratos no estructurales totales (CNET), extracto etéreo (EE) así como la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (IVDMO), siendo calculado posteriormente el contenido en energía neta y expresado en Unidades Forrajeras Leche (UFL).

El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA considerando la disponibilidad de agua (regadío vs. secano) y la variedad como factores fijos y la repetición como factor aleatorio. La comparación de medias se realizó a través del test HSD de Tukey, utilizando el procedimiento PROC GLM de SAS (SAS Institute, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ensayo se llevó a cabo en unas condiciones climatológicas en las que se registraron, desde el momento de siembra hasta la fecha de cosecha, una precipitación más baja (22,4 mm) y una temperatura media más elevada (20,6 °C) de lo habitual. Las lluvias del mes de junio fueron suficientes para una buena nascencia del cultivo, por lo que no se realizó ningún riego antes de la emergencia de las plántulas, tras el cual se siguió el protocolo de riego previsto.

El establecimiento del cultivo fue satisfactorio y durante el ciclo del cultivo no se apreciaron problemas de encamado, malas hierbas, plagas y enfermedades ni ataques de pájaros. La variedad más precoz fue P63 registrándose su floración el 20 de septiembre, seguida de SHA el 22 de septiembre y de R91 cinco días más tarde. El estado fenológico del cultivo en el momento de la cosecha (F+4) fue R6-R7 según la escala de Schneiter y Miller (1981), equivalente al estado 83-85 de la escala BBCH (Meier, 2001).

En la Tabla 1 se muestra, para los dos tratamientos hídricos evaluados, promediando todas las variedades de girasol, los resultados relativos a la producción del cultivo, porcentaje de cada fracción a la biomasa total, altura de la planta, diámetro del capítulo, diámetro del tallo, y la composición y valor nutritivo de la planta entera y de las fracciones CAP y PV. A pesar de tratarse de un cultivo que presenta una moderada tolerancia a la sequía, la escasez de precipitaciones durante el ciclo del cultivo ocasionó que las diferencias entre los tratamientos hídricos fueran notables. Las plantas cultivadas sin riego comparadas con las irrigadas mostraron una menor altura (106 vs. 152 cm), un menor diámetro del capítulo (12,4 vs. 17,3 cm), un menor diámetro del tallo (1,5 vs. 2,3 cm) y una mayor proporción de la fracción CAP en la MS total (57,0 vs. 51,0 %).

La producción de MS del cultivo de girasol en regadío, como media de las tres variedades, fue de 9,7 t MS ha⁻¹ superando en un 66 % a la registrada en secano (5,87 t MS ha⁻¹). En un estudio realizado con las mismas variedades en secanos húmedos de la zona costera de Galicia, Sainz-Ramírez *et al.* (2017) señalan que en el mismo estado fenológico de cosecha la producción media fue de 9,98 t MS ha⁻¹, similar a la observada en este trabajo en condiciones de regadío. En Brasil, Montalvão *et al.* (2015), en un ensayo donde evaluaron 16 genotipos de girasol en ambiente secano y regadío, indican un incremento de la producción de semillas (+36 %), del diámetro del capítulo y de la altura de la planta, en condiciones de regadío.

Como media de las variedades ensayadas y referido a la planta entera, el cultivo sometido a estrés hídrico mostró, en comparación con el tratamiento irrigado, un contenido significativamente superior en MS (21,4 vs. 15,9 %), en carbohidratos no estructurales (CNET: 18,0 vs. 14,2 %MS y CSA: 16,8 vs. 12,7 %MS) y una mayor digestibilidad de las muestras (DMOIV: 59,4 vs. 56,9 %). En contrapartida, el contenido en carbohidratos estructurales era significativamente reducido por la falta de humedad (FND: 38,6 vs. 40,5 %MS, FAD: 33,7 vs. 37,1 %MS y CEL 23,7 vs. 25,9 %MS, secano

vs. regadío, respectivamente, mientras se observó una tendencia ($p < 0,10$) hacia un mayor contenido en PB de la planta entera en regadío, debido al mayor contenido en PB en la fracción CAP (10,5 vs. 8,8 %MS).

El contenido de aceite en la planta entera de girasol irrigado fue menor que el correspondiente al cultivado en seco, con valores medios de 11,3 y 13,0 %MS, respectivamente. Las plantas que no recibieron riego mostraron tanto en la fracción CAP como en la PV contenidos medios de CSA, CNET, DMOIV y UFL superiores a los de las plantas regadas. Estas, inversamente, mostraron un contenido más elevado en FND y CEL de la fracción PV y el de la FAD en CAP comparadas con las primeras, evidenciando que el estrés hídrico aumenta el contenido en carbohidratos no estructurales y la digestibilidad y reduce el de los componentes de la pared celular.

Tabla 1. Efecto de la disponibilidad de agua sobre la altura de la planta, diámetro del capítulo, diámetro del tallo, producción y valor nutricional de la planta entera de girasol, y de las fracciones capítulo y parte vegetativa.

Planta entera													
	H	PROD	MS	MO	PB	FND	FAD	CEL	CSA	CNET	EE	DMOIV	UFL
Regadío	152	9,72	15,9	88,5	8,3	40,5	37,1	25,7	12,7	14,2	11,3	56,9	0,86
Secano	106	5,87	21,4	87,2	7,6	38,6	33,7	23,4	16,8	18,0	13,0	59,4	0,93
<i>P</i>	**	*	***	**	+	*	*	**	*	*	+	**	*
Capítulo													
	DC	PCT	MS	MO	PB	FND	FAD	CEL	CSA	CNET	EE	DMOIV	UFL
Regadío	17,3	51	16,6	88,1	10,5	29,1	38,5	17,1	15,1	15,4	20,5	50,8	1,04
Secano	12,4	57	21,0	89,3	8,8	29,9	29,9	16,9	18,5	19,1	20,7	52,9	1,08
<i>P</i>	*	*	***	ns	*	ns	**	ns	*	*	ns	+	**
Parte vegetativa													
	DT	PCT	MS	MO	PB	FND	FAD	CEL	CSA	CNET	EE	DMOIV	UFL
Regadío	2,3	49	15,4	85,6	6,3	51,9	38,4	34,4	10,0	11,2	0,6	52,8	0,57
Secano	1,5	43	22,4	85,4	6,0	46,7	39,0	30,8	15,4	15,7	1,6	54,8	0,59
<i>P</i>	**	*	**	ns	ns	**	ns	**	**	**	ns	**	*

H: Altura de la planta (cm); DC: diámetro del capítulo (cm); DT: diámetro del tallo a 15 cm de la base (cm); PROD: rendimiento (t MS ha⁻¹); PCT: porcentaje de cada fracción en la materia seca de la planta; MS: materia seca (%); MO: materia orgánica (%MS); PB: proteína bruta (%MS); FND: fibra neutro detergente (%MS); FAD: fibra ácido detergente (%MS); CEL: celulosa (%MS); EE: extracto etéreo (%MS); CSA: carbohidratos solubles en agua (%MS); CNET: carbohidratos

Diversos trabajos reportan en la bibliografía el efecto de la sequía sobre la calidad del forraje. Por ejemplo, los resultados derivados de un reciente meta-análisis realizado por Dumont *et al.* (2015) en pastos mediterráneos indican que el estrés hídrico disminuye un 3 % el contenido en FND y aumenta en un 7 % la digestibilidad del forraje. Comparando con los resultados obtenidos en este trabajo, la reducción del contenido en FND (-5 %) y el aumento de DMOIV (+4 %), parecen comparables a los reportados por los citados autores. Fredeen *et al.* (1991) señalaron un incremento de 10 unidades porcentuales en el contenido de carbohidratos en la parte verde (hojas y tallos) de plantas de girasol sometidas a estrés hídrico, mientras que en el presente trabajo el incremento observado (en %MS) fue de 4,7 unidades para CNET y de 5,4 unidades para CSA. Estas observaciones reflejan la respuesta al estrés hídrico de la planta, que acumula azúcares en el citoplasma de las partes verdes a fin de mantener la turgencia celular (Bodner *et al.*, 2015).

El comportamiento de las tres variedades en las diferentes condiciones hídricas pueden observarse en la Tabla 2, donde se muestra la interacción variedad x tratamiento hídrico para el rendimiento, porcentaje de la fracción capítulo, composición y valor nutricional de la planta entera de girasol.

Tabla 2. Efecto de la disponibilidad de agua sobre la producción, composición y valor nutricional de la planta entera de las tres variedades de girasol.

	Explotaciones		* Unidades Ganaderas Totales		*Superficie Agrícola Utilizada		*Unidad Trabajo Año		*Producción Estándar Total	
	Ud. (miles)	Societarias (%)	Ud.	UG tot/SAU	ha	% s. ST	Ud.	Asalariada (%)	Miles €	PET/UTA
	Leche	18,7	23,6	61,7	2,3	26,7	86,3	1,7	40,1	126,8
Carne	51,8	10,3	46,8	0,9	50,2	72,4	1,1	21,0	45,6	40,3
Resto	29,0	9,6	56,3	1,0	56,8	72,8	1,4	30,7	76,7	56,4
<20 vacas	46,9	7,4	27,0	1,5	18,5	74,9	1,1	16,3	38,3	36,1
29-49 vacas	35,9	7,6	37,6	1,0	37,8	76,8	1,3	13,9	51,2	40,6
>=50 vacas	16,8	37,6	154,5	1,0	150,3	71,9	2,1	65,4	198,3	96,2
Cornisa										
Cantábrica	61,2	6,7	26,5	1,7	15,5	80,2	1,2	13,8	40,8	33,4
Resto España	38,3	22,1	93,6	0,9	99,1	72,3	1,4	48,9	116,4	81,7
Total	99,5	12,6	52,3	1,1	47,7	73,8	1,3	28,6	69,9	53,8

PROD: rendimiento en materia seca (t MS ha⁻¹); PCTCAP: porcentaje del capítulo en la materia seca de la planta; MS: materia seca (%); MO: materia orgánica (%MS); PB: proteína bruta (%MS); FND: fibra neutro detergente (%MS); FAD: fibra ácido detergente (%MS); CEL: celulosa (%MS); EE: extracto etéreo (%MS); CSA: carbohidratos solubles en agua (%MS); CNET: carbohidratos no estructurales (%MS); DMOIV: digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica de las muestras desengrasadas (%); UFL: Unidades forrajeras leche (kg⁻¹ MS); *p*: significación del test F en el ANOVA (***) *p*<0,001; *dms*: diferencia mínima significativa entre cualesquiera medias de la misma columna (test HMSD de Tukey).

Las diferencias observadas entre los tratamientos hídricos para las tres variedades fueron notables. Las variedades SHA y R91 mostraron los mayores valores de producción, tanto en secano como en regadío. En el caso de la variedad R91 alcanzó la mayor producción en regadío (11,03 t MS ha⁻¹) con un incremento del 77 % comparado con la situación de no irrigación. La variedad P63 mostró los menores valores de producción en ambos ambientes, a pesar de que fue la variedad con mejor respuesta al riego, incrementando en regadío un 80% el rendimiento de unitario de MS observado en secano.

Las variedades de aceite mostraron un mayor porcentaje de la fracción CAP, y en consonancia la planta entera de estas variedades presentó un mayor contenido en EE y en energía neta, mientras la variedad forrajera tendió a mostrar una mayor digestibilidad de la planta desengrasada, que se mantiene con escasa variación tanto en secano como en regadío, sobre todo comparada con la variedad de aceite más precoz. La variedad tardía de aceite mostró una variación en la proporción de PB entre los dos niveles de disponibilidad de agua significativamente superior a la de las otras dos variedades. Salvo este efecto, no se observó ninguna otra interacción significativa entre la variedad y la disponibilidad de agua para los parámetros de rendimiento y composición nutricional de las tres variedades.

CONCLUSIONES

El cultivo de girasol evidenció una elevada respuesta productiva al riego, aumentando un 66 % el rendimiento de materia seca por hectárea respecto del cultivo en secano. En condiciones de

estrés hídrico la planta de girasol aumenta la proporción de capítulo en la biomasa total, el contenido en materia seca y el valor nutricional del cultivo salvo el contenido en proteína. El efecto de la disponibilidad de agua sobre los principales parámetros de rendimiento, composición química y valor nutricional fue semejante para las tres variedades estudiadas. El menor contenido en aceite de la variedad forrajera, unido a su buen rendimiento, pueden hacerla preferible a las variedades oleíferas cuando se prevé utilizar ensilado de girasol en una alta proporción en la dieta del ganado vacuno.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por los proyectos ATT 2016/106 de la Xunta de Galicia y RTA2012-00065-05-02 del INIA. Aurora Sainz Ramírez realizó una estancia en el CIAM en 2016 becada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Gobierno de México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bodner G., Nakhforoosh A. y Kaul H.P. (2015) Management of crop water under drought: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(2), 401-442.
- Dumont B., Andueza D., Niderkorn V., Lüscher A., Porqueddu C. y Picon-Cochard C. (2015) A meta-analysis of climate change effects on forage quality in grasslands: specificities of mountain and Mediterranean areas. *Grass and Forage Science*, 70(2), 239-254.
- Fredeen A.L, Gamon J.A. y Field C.B. (1991) Responses of photosynthesis and carbohydrate-partitioning to limitations in nitrogen and water availability in field-grown sunflower. *Plant, Cell and Environment*, 14, 963-970.
- Meier U. (2001) *Growth stages of mono- and dicotyledonous plants - BBCH Monograph*. 2nd Edition, Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, Braunschweig, Germany, p. 158.
- Montalvao A.P.L., Sala P.I.A.L., Amabile R.F., Sayd R.M., Carvalho C.G.P., Dianese A.C. y Fagioli M. (2015) Avaliação de genótipos de girassol em ambiente de sequeiro e irrigado no Distrito Federal. ANAIS XXI Reunião Nacional de Pesquisa de Girassol IX Simpósio Nacional sobre a Cultura do Girassol. Anais de congresso (ALICE), 161-163.
- Pereira-Crespo S., Fernández L.B., Valladares A.J., Díaz D.N., Resch Z.C., González A.A., Flores-Calvete G. (2014) Evolución del rendimiento y calidad del girasol (*Helianthus annuus* L.), aprovechado para forraje tras la floración y desarrollo de calibraciones NIRS para la predicción del valor nutricional de los componentes morfológicos. *Pastos*, 44(2), 19-30.
- Sainz-Ramírez A., Botana A., Valladares J., Pereira-Crespo S., Veiga M., Resch C. y Flores G. (2017) Efecto de la variedad y de la fecha de corte sobre el momento óptimo de cosecha de la planta de girasol para ensilar en secanos de la zona Atlántica de Galicia.
- SAS Institute (2009) SAS/STAT, V.9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Schneiter A.A. y Miller J.F. (1981) Description of sunflower growth stages. *Crop Science*, 21, 901-903.

EFFECTO DE LA VARIEDAD Y DE LA FECHA DE CORTE SOBRE EL RENDIMIENTO Y EL VALOR NUTRITIVO DEL GIRASOL COSECHADO PARA ENSILAR EN LA ZONA ATLÁNTICA DE GALICIA

A. SAINZ-RAMÍREZ^{1,2}, A. BOTANA², J. VALLADARES², S. PEREIRA-CRESPO³, M. VEIGA, C. RESCH², G. FLORES-CALVETE²

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100, 50000 Toluca (México).²Instituto Galego de Calidade Alimentaria. Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (INGACAL-CIAM). Apdo. 10, 15080 A Coruña.³Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL), Mabegondo, 15318 Abegondo, A Coruña.
Correspondencia: gonzalo.flores.calvete@xunta.es

RESUMEN

En este trabajo se caracterizó la evolución del rendimiento y el valor nutritivo de dos variedades de aceite y una forrajera de la planta de girasol (*Helianthus annuus* L.) cosechadas en 5 momentos diferentes, entre el inicio de floración (F) y la octava semana tras la floración (F+8). El diseño seguido fue en parcelas divididas donde la variedad era la parcela principal y la fecha de aprovechamiento la subparcela, con cuatro repeticiones. Los valores medios de digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DMOIV, %), de materia seca (MS, %), proteína bruta (PB, %) y extracto etéreo (EE, %MS) para las fechas de corte F y F+8 fueron, respectivamente, 67,1 y 42,3 % para DMOIV, 15,5% y 42,7 % para MS, 8,0 a 9,4 %MS para PB y 1,8 y 22,4 %MS para EE. Los rendimientos medios de MS y energía neta entre ambas fechas oscilaron entre 7068 y 10738 kg MS ha⁻¹ y entre 5533 y 11 805 unidades forrajeras leche (UFL) ha⁻¹. El momento óptimo de cosecha, en el que se maximiza la producción de energía por hectárea fue alrededor de la sexta semana tras la floración para todas las variedades, sin diferencias entre las variedades de aceite y la forrajera.

Palabras clave: forraje, cultivo de verano, rendimiento, valor nutritivo

SUMMARY

This work examined the productive performance and nutritive value of sunflower (*Helianthus annuus* L.) grown for silage as affected by the cultivar and the harvest date. The experiment was carried out in rainfed conditions in the Atlantic area of Galicia (NW Spain) following a split plot design with four replications, where one forage and two oilseed sunflower varieties (main plot) were harvested at fortnightly intervals in five developmental stages (subplot) from flowering (F) to eight weeks from flowering (F+8). The average values of the sunflower plant on the F and F+8 harvest dates for *in vitro* organic matter digestibility (IVDMO %), dry matter (DM %), crude protein (CP %MS), ether extract (EE %MS) and the yield per hectare of DM and Net Energy (Milk Forage Units, UFL) were, respectively, 67.1 and 42.3 % for IVDMO, 15.5 and 42.7 % for DM, 8.0 and 9.4 % for CP, 1.8 and 22.4 % for EE, 7068 and 10738 kg DM ha⁻¹ and 5533 and 11 805 UFL ha⁻¹. The optimum harvest date, where the yield of Net Energy per hectare is maximized, was around the 6th week after flowering for all varieties, irrespective of cultivar (oil or forage) type.

Key words: summer crop, oil and forage cultivars, performance

INTRODUCCIÓN

El girasol (*Helianthus annuus* L.) es una dicotiledónea de ciclo anual, originaria del norte y centro de América, con una distribución mundial. El uso forrajero de este cultivo se realiza mediante

ensilado. La planta de girasol se caracteriza por poseer tolerancia a condiciones de déficit hídrico y de temperaturas elevadas (Tan *et al.*, 2015), y una corta duración de su ciclo vegetativo, proporcionando flexibilidad para su ajuste dentro de la rotación, por lo tanto, el cultivo del girasol forrajero podría ser una alternativa al maíz forrajero como cultivo de verano para ensilar en zonas menos productivas, en las que no se cumplen los requerimientos para su cultivo. El Anuario Estadístico del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA, 2015) indica que se cultivan en España un total de 783 mil hectáreas de girasol destinado principalmente a la industria oleaginosa mientras que no existe información desagregada de su uso como planta forrajera, denotando la escasa importancia que tiene este aprovechamiento con relación al uso industrial, lo que explica la falta de suficiente información del uso forrajero de este cultivo.

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto de la variedad y la fecha de cosecha sobre el rendimiento en materia seca y el valor nutritivo de la planta fresca de girasol cosechada para ensilar en fechas variables a partir del inicio de floración hasta la madurez fisiológica, en condiciones de secanos húmedos de la zona costera de Galicia.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante el periodo comprendido entre finales de junio y noviembre de 2016, en la finca experimental del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM), situada en la zona costera atlántica de Galicia a 100 m de altitud.

Las variedades evaluadas fueron tres híbridos comerciales: uno forrajero, Rumbosol 91 (R91) y dos oleíferos, ES Shakira (SHA) y P63LL104 (P63). El aprovechamiento del forraje se realizó en 5 fechas de corte, realizados cada dos semanas, desde el inicio de la floración (F) hasta la semana octava tras el inicio de floración (F+8). El momento de floración de cada variedad se tomó entre los estados R5.1-R5.5 de la escala de Schneiter y Miller (1981) equivalente a los estados 61-65 de la escala BBCH (Meier, 2001).

La siembra se realizó el 28 de junio de 2016 con una sembradora de precisión ajustada a una densidad teórica de 80×10^3 plantas ha^{-1} . Cada parcela elemental consistió en una superficie de 72 m^2 (6 m x 12 m) con 8 líneas de cultivo de 12 m longitud. Durante las labores preparatorias del terreno antes de la siembra se aplicaron 80 kg de N, 80 kg de P_2O_5 y 80 kg de K_2O por hectárea. Se realizó un tratamiento herbicida en preemergencia con Challenge (Aclonifen 60%), a dosis de 2,75 L ha^{-1} . La cosecha se realizó manualmente cortando las plantas de un transecto de 3 m a una altura de 12 cm de la base. Del total de la biomasa cosechada, se tomó una muestra de planta entera (PE) y se separaron manualmente las fracciones capítulo (CAP), constituida por el receptáculo, brácteas, pétalos, inflorescencias y/o semillas y parte vegetativa (PV) constituida por las hojas y los tallos. Cada fracción fue pesada y troceada por separado en una picadora de forrajes VIKING y, por cuarteos sucesivos, se tomó una alícuota de aproximadamente 1000 g de cada fracción y de la PE. La determinación de materia seca se realizó en estufa de aire forzado Unitherm, a 80 °C durante 16 h y el posterior procesado de la muestra seca y la estimación mediante espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) de la composición química, digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DMOIV) así como el cálculo posterior del contenido en energía neta leche (ENL) se ajustó a lo descrito por Pereira-Crespo *et al.* (2014).

El diseño experimental fue en parcelas divididas con 4 repeticiones, con la variedad como parcela principal y la fecha de corte como subparcela. El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA considerando la variedad y la fecha de corte como factores fijos y la repetición como factor

aleatorio. La comparación de medias se realizó a través del test HMSD de Tukey, utilizando el procedimiento PROC GLM de SAS (SAS Institute, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ensayo se llevo a cabo según lo previsto durante un verano con una precipitación acumulada de 160 mm, más baja de lo habitual y con una temperatura media de 17,7 °C desde el momento de siembra hasta la última fecha de cosecha. El cultivo se estableció satisfactoriamente y se desarrolló sin incidencia apreciable de malas hierbas, plagas y enfermedades ni ataques de pájaros en ninguna etapa de su desarrollo. El inicio de la floración tuvo lugar el 25 de agosto, 1 de septiembre y 8 de septiembre para P63, SHA y R91, respectivamente. El estado fenológico del cultivo en función de las semanas transcurridas tras el comienzo de la floración según las escalas de Schneiter y Miller (1981) y BBCH de Meier (2001), respectivamente, fue como se indica a continuación: F+2=(R5.5-R5.9 y 67-69), F+4=(R6-R7 y 71-81), F+6=(R8 y 83-85) y F+8=(R9 y 87-89). La altura media de las plantas de girasol fue de 1,45 ($\pm 0,16$) m, y el diámetro medio del tallo y del capítulo fueron de 2,03 ($\pm 0,22$) cm y 15,0 ($\pm 0,17$) cm, respectivamente.

Como puede observarse en la Tabla 1, en la que se exponen los resultados correspondientes a las diferentes fechas de corte como promedio de todas las variedades evaluadas, existe un fuerte efecto de la fecha de aprovechamiento sobre el rendimiento y la calidad del forraje. Los rendimientos medios de MS oscilaron entre 7068 y 10 738 kg MS ha⁻¹ en las fechas de corte F y F+8, respectivamente y los de energía entre 5533 y 11 805 UFL ha⁻¹. Con el avance de la madurez el rendimiento alcanzó un máximo de 11 640 Kg MS ha⁻¹ en F+6, para disminuir a continuación, si bien desde F+2 el incremento no fue significativo, mientras que el máximo de rendimiento en ENL se alcanza en F+8, no aumentando significativamente desde F+6. La contribución proporcional de las diferentes partes de la planta al rendimiento muestra un aumento de la fracción CAP, que pasa del 22,1 al 58,8 % entre F y F+8. Demarquilly y Andrieu (1972) indican que en la madurez fisiológica del girasol, el porcentaje de CAP se sitúa en torno al 60 %, valor próximo al observado en este trabajo.

Tabla 1. Efecto del momento de corte sobre el rendimiento y la contribución de las fracciones (capítulo y parte verde) al rendimiento.

FC	SC	PCTCAP	PRDMS	PRDENL	MS	MO	PB	FND	FAD	EE	CSA	DMOIV	UFL
F	65	22.1	7068	5533	15,5	88,4	8,0	40,8	29,7	1,8	23,8	67,1	0,78
F+2	79	41.7	10111	8028	15,5	91,2	7,5	41,9	32,0	3,5	21,5	65,2	0,79
F+4	93	50.2	9976	9342	17,2	88,5	8,4	40,8	32,9	14,3	10,4	56,6	0,93
F+6	107	54.0	11640	10065	21,7	86,5	8,4	39,0	33,6	20,0	7,5	50,7	1,00
F+8	121	58.8	10738	11805	42,7	81,3	9,4	39,4	36,1	22,4	5,2	42,3	0,94
<i>p</i>	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
<i>dms</i>	4,1	2,81	2090	1925	2,34	0,72	0,49	1,68	1,58	1,56	1,92	2,53	0,04

FC: Fecha de cosecha; SC: Días tras la siembra; PCTCAP: porcentaje de capítulo en la materia seca de la planta; PRDMS: rendimiento (kg MS ha⁻¹); MS: materia seca (%); PRDENL: rendimiento (UFL ha⁻¹); MO: materia orgánica (%MS); PB: proteína bruta (%MS); FND: fibra neutro detergente (%MS); FAD: fibra ácido detergente (%MS); EE: extracto etéreo (%MS); CSA: carbohidratos solubles en agua (%MS); DMOIV: digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (%); UFL: Unidades forrajeras leche (kg⁻¹ MS), *p*: significación del test F en el ANOVA (***) *p*<0,001). *dms*: diferencia mínima significativa entre dos medias de la misma columna según el test HMSD de Tukey.

El contenido en MS del cultivo se mantuvo prácticamente constante, entre el 15,5 % y el 21,7 % desde el inicio de floración hasta F+6, momento a partir del cual la planta perdió humedad rápidamente, incrementando el contenido en MS hasta 42,7 %. Estos valores de MS son similares a

los referidos por Pereira-Crespo *et al.* (2014) y Flores-Calvete *et al.* (2016), ambos trabajos realizados en Galicia. La evolución de la calidad de la planta desde el inicio de floración hasta la octava semana se caracterizó por un descenso en el contenido en MO (de 88,4 a 81,3 %MS) y un incremento en el contenido en PB (de 8,0 a 9,4 %MS) y FAD (de 29,7 a 36,1 %MS). La evolución con el avance de la madurez de los contenidos de CSA y EE fue a la inversa con valores, respectivamente, de 23,8 a 5,2 %MS y de 1,8 a 22,4 %MS, mostrando la acumulación de grasa en las semillas con el avance de la madurez a partir de los carbohidratos sintetizados por la planta. Los valores de DMOIV de la muestra desengrasada descienden desde 67,1 % (F) hasta 42,3 % (F+8), siendo particularmente importante la variación en el último intervalo, entre F+4 y F+8, en el que el valor de DMOIV desciende 14,3 puntos en 4 semanas (-3,6 puntos/semana). Cuando se tiene en cuenta la energía aportada por el aceite de la semilla, se observa un incremento del valor energético de la planta entera desde 0,78 unidades forrajeras leche (UFL) kg⁻¹ MS en F hasta un máximo de 1,0 UFL kg⁻¹ MS en F+6.

El promedio de los resultados obtenidos para cada variedad en las diferentes fechas de corte (Tabla 2) permite observar que las producciones medias oscilaron entre 8650 y 10 640 kg MS ha⁻¹, y entre 7870 y 9960 UFL ha⁻¹ siendo la variedad más precoz P63 la que mostró un rendimiento significativamente menor en comparación con las otras dos variedades, que no se diferenciaron entre si. Fue observada una interacción significativa entre el momento de aprovechamiento y la variedad, de forma que las variedades más tardías SHA y R91 tenían un máximo de rendimiento de MS ha⁻¹ entre F+4 y F+6, mientras que la variedad más precoz no incrementaba significativamente su rendimiento a partir de F+2. Sin embargo, cuando se tiene en cuenta el rendimiento en ENL ha⁻¹ el momento de máximo aprovechamiento se traslada, para las tres variedades estudiadas, al intervalo F+4 a F+6, que se correspondería con un estado R7-R8 según la escala de Schneiter y Miller (1981).

Tabla 2. Efecto de la variedad de girasol sobre el rendimiento en materia seca y valor nutricional.

Variedad	SC	PCTCAP	PRDMS	PRDENL	MS	MO	PB	FND	FAD	EE	CSA	DMOIV	UFL
P63	86	47,2	8650	7870	25,8	86,8	8,2	39,8	30,6	12,7	14,8	56,2	0,90
SHA	93	47,6	10431	9960	19,3	87,3	8,8	39,8	33,3	14,1	12,2	56,1	0,93
R91	100	41,4	10640	9033	22,5	87,4	8,0	41,5	34,7	10,4	14,0	56,8	0,84
<i>p</i>	***	+	*	**	**	ns	*	**	*	***	+	ns	**
<i>dms</i>	3,5	1,8	1372	1265	1,7	-	0,32	1,10	1,03	1,02	1,26	-	0,03

SC: Días tras la siembra; PCTCAP: porcentaje de capítulo en la materia seca de la planta; PRDMS: rendimiento (kg MS ha⁻¹); MS: materia seca (%); PRDENL: rendimiento (UFL ha⁻¹); MO: materia orgánica (%MS); PB: proteína bruta (%MS); FND: fibra neutro detergente (%MS); FAD: fibra ácido detergente (%MS); EE: extracto etéreo (%MS); CSA: carbohidratos solubles en agua (%MS); DMOIV: digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (%); UFL: Unidades forrajeras leche (kg⁻¹ MS); *p*: significación del test F en el ANOVA (ns: no significativo, + *p*<0.10, * *p*<0.05, ***p*<0.01, ****p*<0.001). *dms*: diferencia mínima significativa entre dos medias de la misma columna según el test HMSD de Tukey.

En cuanto al valor nutritivo medio de las diferentes variedades destacan, como características comunes a las mismas, la baja digestibilidad de la muestra desengrasada, el reducido contenido en proteína y la moderada proporción en carbohidratos solubles, que oscilaron en un rango de rango 56,1-56,8 % para DMOIV, de 8,0-8,8 %MS para PB y de 12,2-14,8 %MS para CSA, respectivamente. Las variedades de aceite (SHA y P63) mostraron una superior contribución proporcional del capítulo a la MS en comparación con la variedad forrajera R91 y consecuentemente el contenido en EE fue significativamente superior en aquellas. Esto hace que, a pesar de que los valores de DMOIV no fueran diferentes entre variedades, la forrajera R91 mostró un valor de energía neta significativamente inferior a las variedades de aceite. El contenido medio en MS fue también bajo,

especialmente para la variedad de aceite más tardía SH (19,3 %) comparado con la más precoz P63 (25,8 %) y la forrajera R91 (22,5 %). Esta variedad mostró los valores medios más elevados de FND (41,5-39,8 %MS) y FAD (34,7-30,6 %MS) mientras que no se observaron diferencias entre variedades para el contenido en MO (86,8-87,4 %MS).

Los rendimientos en MS obtenidos son superiores a los referidos por otros autores en Galicia (Flores-Calvete *et al.*, 2016; Pereira-Crespo *et al.*, 2014), si bien los valores de PB y DMOIV referidos por los autores citados fueron más elevados y los de EE más bajos que los obtenidos en el presente trabajo, lo que refleja la variabilidad causada por las diferentes variedades, condiciones de medio y manejo para el cultivo de girasol aprovechado como forraje. Flores-Calvete *et al.* (2016) indican que el momento en el que se maximiza la producción de MS y ENL es entre la tercera y cuarta semana después de la floración. Coincidiendo con estos resultados, Tosi *et al.* (1975) consideran que el momento más adecuado para ensilar se sitúa en el momento en que las plantas se encuentran en estado R6-R7 de la escala de Schneiter y Miller (1981). A este respecto, como indican Demarquilly y Andrieu (1972) debe ser considerado que un contenido bajo de MS de la planta de girasol no sólo compromete su aptitud para ensilar correctamente, sino que puede representar un riesgo ambiental por la elevada producción de efluente que se puede producir con valores inferiores al 25 %MS de la planta ensilada.

CONCLUSIONES

Los resultados muestran que la fecha de cosecha y la variedad modifican el rendimiento y el valor nutricional de la planta de girasol, e indican que para las variedades más tardías el rendimiento de materia seca y de energía por hectárea no se incrementa más allá de la sexta semana tras la floración, sin diferencias apreciables entre la variedad de aceite y la forrajera. La precocidad de la variedad parece afectar al momento óptimo de cosecha desde el punto de vista del rendimiento de materia seca, pero no de energía, por hectárea. En la elección del momento de cosecha para ensilar debe ser tenido en cuenta el contenido en materia seca de la planta, que es muy bajo en las semanas próximas a la floración.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por los proyectos ATT 2016/106 de la Xunta de Galicia y RTA2012-00065-05-02 del INIA. Autora Sáinz Ramírez realizó una estancia en el CIAM en 2016 becada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del gobierno de México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Demarquilly C. y Andrieu J. (1972) Chemical composition, digestibility and ingestibility of whole sunflower plant before and after ensiling. *Annales de Zootechnie*, 21(2), 147-162.

Flores-Calvete G., Botana-Fernández A., Pereira-Crespo S., Valladares-Alonso J., Pacio-Rivas B., Aguión-Sandá A. y Resch-Zafra C. (2016) Efecto do momento de corte sobre o rendemento e valor nutricional de dúas variedades de xirasol (*Helianthus annuus* L.) cultivadas para ensilar a finais do verán en Galicia. *Afriga*, 124, 86-94.

MAGRAMA. (2015) Anuario de Estadística del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Año 2015, 1090 pp. Gobierno de España.

Meier U. (2001) *Growth stages of mono- and dicotyledonous plants - BBCH Monograph*. 2nd Edition, Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, Braunschweig, Germany, p. 158.

Pereira-Crespo S., Fernández-Lorenzo B., Valladares J. , Díaz-Díaz N., Resch C., González-Arráez A., Flores-Calvete G. (2014) Evolución del rendimiento y calidad del girasol (*Helianthus annuus* L.), aprovechado para forraje tras la floración y desarrollo de calibraciones NIRS para la predicción del valor nutricional de los componentes morfológicos, *Pastos*, 44(2), 19-30.

SAS INSTITUTE (2009) *SAS/STAT User's Guide*, V.9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Schneiter A.A. Y Miller J.F. (1981) Description of sunflower growth stages. *Crop Science*, 21, 901-903.

Tan M, Yolcu H, Dumlu-Gul Z. (2015) Nutritive value of sunflower silages ensiled with corn or alfalfa at different rate. *Journal of Agricultural Sciences*, 21, 184-191.

Tosi H., Silveira A.C., Faria V.P. y Pereira R.L. (1975) Avaliação do girassol (*Helianthus annuus* L.) como planta para a ensilagem. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 4(1), 39-48.

SIETE ESPECIES DE LA FAMILIA CHENOPODIACEAE COMO RECURSO FORRAJERO PARA ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS. VALORACIÓN NUTRITIVA

A.B. ROBLES, M.E. RAMOS, J. RUIZ-MIRAZO, J.L. GONZÁLEZ-REBOLLAR

Grupo de pastos y Sistemas Silvopastorales Mediterráneos. Estación Experimental del Zaidín (CSIC). C/ Profesor Albareda, 1, 18008, Granada (España).
Correspondencia: abrobles@eez.csic.es

RESUMEN

Se pretende contribuir al conocimiento de la familia Chenopodiaceae como recurso forrajero de zonas con restricciones hídricas y salinas. El objetivo de este trabajo fue estudiar la dinámica nutricional de siete arbustos de esta familia (*Anabasis articulata*, *Atriplex glauca*, *Halimione portulacoides*, *Salsola genistoides*, *Salsola vermiculata*, *Sarcocornia fruticosa*, *Suaeda vera*), en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar, durante las cuatro estaciones del año. Se estudia: *materia seca*, cenizas (CEN), proteína bruta (PB), fibra (FND, FAD y LAD) y digestibilidad *in vitro* (DEMOiv). El porcentaje de cenizas fue superior al 20%, excepto en *S. genistoides* (<13%). La PB fue alta (24-18%), excepto en *H. portulacoides*, y destaca la de invierno y primavera en *S. vera* (>30%). DEMOiv fue superior al 50% en todas las especies, siendo máxima para *S. vera* y *A. glauca* (>70%) en invierno. La fibra fue baja en la mayoría de las especies, especialmente en invierno, señalar la menor LAD en *S. genistoides* (4,7%). En general, casi todas las especies de esta familia tienen valores nutritivos aceptables, con alto porcentaje de cenizas, proteína y digestibilidad, y con una fibra baja, especialmente LAD. Sólo las especies de saladares estrictos, *S. fruticosa* y *H. portulacoides*, parecen mostrar peor calidad.

Palabras clave: Arbustos, cenizas, proteína bruta, fibra y digestibilidad

SUMMARY

This paper aims to contribute to the knowledge of the *Chenopodiaceae* family as a fodder resource in areas with water and saline restrictions. The objective of this work was to study the nutritional dynamics of seven shrubs, in the Cabo de Gata-Níjar Natural Park, belonging to this family (*Anabasis articulata*, *Atriplex glauca*, *Halimione portulacoides*, *Salsola genistoides*, *Salsola vermiculata*, *Sarcocornia fruticosa*, *Suaeda vera*) over the four seasons of the year. The following parameters were studied: dry matter (DM), ashes (CEN), crude protein (CP), fiber (FND, FAD and LAD) and *in vitro* digestibility (DEMOiv). The percentage of ashes was higher than 20%, except for *S. genistoides* (<13%). PB was high (14-24%), except for *H. portulacoides*, and *S. vera* stands out in winter and spring (> 30%). DEMOiv was higher than 50% in all species, with a maximum for *S. vera* and *A. glauca* in winter (> 70%). Fiber was low in most species, especially in winter, showing the lowest LAD in *S. genistoides* (4.7%). Overall, almost all the species of this family have acceptable nutritional values, with a high percentage of ash, protein and digestibility, and with a low fiber content, especially LAD. Only the species of strict salt marshes, *S. fruticosa* and *H. portulacoides*, seem to show lower quality.

Keywords: Shrubs, ash, crude protein, fiber, digestibility

INTRODUCCIÓN

Las especies de la familia Chenopodiaceae abundan en las zonas áridas y semiáridas de la Cuenca Mediterránea y están bien adaptadas a vivir en ambientes con estrés hídrico y salino. Estas plantas han desarrollado diferentes estrategias anatómicas (tricomas, pelos, grandes vacuolas) y fisiológicas (metabolismo C4). En concreto las especies C4 se caracterizan por mejorar la eficiencia del uso del agua, gracias a su alta tasa fotosintética neta, esto les confiere un mayor desarrollo de la biomasa, unido a una menor demanda de nitrógeno edáfico, lo que incrementa su adaptación a los medios secos y salinos (González-Rebollar y Chueca, 2010). Frecuentemente, los arbustos de esta familia han sido utilizados en programas de restauración ecológica (protección del suelo, lucha contra la desertificación, recuperación de tierras agrarias) y en los de mejora de pastos (Le Houérou, 2000). Son de gran interés para alimentación del ganado, ya que presentan una alta proteína y digestibilidad (Barroso *et al.*, 2005), y la mayoría son especies siempreverdes, con floración en verano y fructificación en otoño, presentes en los momentos críticos de oferta forrajera (Correal *et al.*, 2006). Además, su alto contenido en nitrógeno las hace idóneas para ser incorporadas en el suelo como fertilizante (Murillo *et al.*, 1987).

Por todo lo expuesto, distintos autores consideran a esta familia como una alternativa para aumentar la productividad en hábitats con las restricciones ecológicas anteriormente citadas (Le Houérou, 2000; Barroso *et al.*, 2005; González-Rebollar y Chueca, 2010), situaciones que están ampliamente representadas en el sudeste de la Península Ibérica. Actualmente en estas zonas de España, el sector agrario se centra en la agricultura intensiva bajo plástico y la ganadería extensiva ha quedado relegada como actividad secundaria y marginal, muy vinculada a los subproductos de los invernaderos, los cuales conservan restos de pesticida y, por tanto, poco recomendados para la salud animal. Para el desarrollo de estos sistemas ganaderos consideramos básico dotarles de recursos forrajeros autóctonos de calidad durante todo el año, que contribuyan a disminuir los costos, maximizar la producción, y a la vez obtener alimentos de calidad y saludables.

Dentro de este contexto, el objetivo de este trabajo es estudiar la dinámica nutricional de siete arbustos de la familia Chenopodiaceae durante las cuatro estaciones del año, para ello se estudia la composición química y digestibilidad, mediante el seguimiento de los parámetros: *materia seca (MS)*, *cenizas (CEN)*, *proteína bruta (PB)*, *fibra (FND, FAD y LAD)* y *digestibilidad de la materia orgánica in vitro (DEMOiv)* en una zona árida del Sudeste español (Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar). Se pretende contribuir al conocimiento de esta familia como recurso forrajero para zonas secas y/o con suelos salinos. Este estudio se desarrolló dentro del proyecto financiado por la Fundación ARECES: Empleo de especies autóctonas C4 y CAM en programas de protección y desarrollo de zonas áridas y semiáridas del mediterráneo español (EEZ/CSIC).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudian siete especies de la familia *Chenopodiaceae*, algunas de ellas con metabolismo C3 y otras C4 (Barroso *et al.*, 2005; González-Rebollar y Chueca, 2010): *Anabasis articulata* (Forssk.) Moq. (C4), *Atriplex glauca* L. (C4), *Halimione portulacoides* (L.) Aellen (C3- C4), *Salsola genistoides* Juss. ex Poir. (C3), *Salsola vermiculata* L. (C4), *Sarcoconia fruticosa* (L.) A. J. Scott (C3) y *Suaeda vera* Forskal ex J.F. Gmelin (C3). Estas especies forman parte de matorrales y tomillares nitrófilos, halonitrófilos y/o halófilos en ambientes áridos y semiáridos del sudeste peninsular. La recogida de muestras se realizó en el Parque Natural Cabo de Gata-Níjar (Almería).

Las especies se evaluaron en las siguientes comunidades: a) Matorrales halófilos: *S. fruticosa* y *H. portulacoides*, b) Matorrales y tomillares halonitrófilos: *A. glauca*, *S. vermiculata* y *S. vera*, c)

Matorrales y tomillares áridos: *S. genistoides* y *A. articulata*; aunque a veces estas especies pueden aparecer en cualquiera de las tres comunidades. El muestreo se llevó a cabo en las cuatro estaciones del año (verano, otoño, invierno, primavera) y se recolectaron sólo aquellas fracciones morfológicas de las plantas seleccionadas por el ganado en su dieta, simulando el bocado con el empleo de tijeras de podar o a mano. La recolección del material verde se realizó de manera sistemática, seleccionando puntos fijos de muestreo, que eran visitados en cada estación. Para cada especie se recolectaron tres réplicas procedentes de individuos diferentes en cada estación. Las muestras se desecaron a 60° C en estufa de aire forzado hasta peso constante y posteriormente se trituraron utilizando un molino refrigerado con tamiz de 1 mm de diámetro. Para el análisis de las muestras, se procedió a determinar valor nutritivo por NIRS de acuerdo con las ecuaciones desarrolladas en el Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA y acreditadas por ENAC (Acreditación N° LE 430/930). De cada especie se analizó la: Materia seca (MS %), cenizas (CEN, %), Proteína Bruta (PB, %), Fibra Neutro Detergente (FND, %), Fibra Ácido Detergente (FAD, %), Lignina (LAD, %) y digestibilidad de la materia orgánica *in vitro* (DEMOiv, %) (Digestibilidad enzimática, FND-celulasa).

El análisis estadístico trata de determinar el efecto de los factores: especies y estaciones, en cada uno de los parámetro nutritivos estudiado (MS, cenizas, PB, FND, FAD, DEMOiv), para ello se utilizó un modelo lineal general univariante (GLM). Al no cumplir la especie los requisitos de homogeneidad de la varianza, ambos factores se analizaron independientemente: la estación, mediante un ANOVA y comparación de las medias con el test LSD de Tukey; y la especie con el test no paramétrico de Kruskal Wallis. También se analizaron las diferencias estacionales dentro de cada especie mediante un ANOVA o bien el test de Kruskal Wallis cuando se incumplía la normalidad o la homocedasticidad. En todos los análisis se consideró un nivel de significación de $P < 0,05$ y se realizaron con el programa SPSS 23.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De manera global, la Tabla 1 muestra los valores medios de los parámetros analizados para la especie y también para la estación. No se incluye el dato de MS ya que no se observaron diferencias significativas entre especies. La Tabla 2 recoge los datos medios de cada especie por estación.

El porcentaje de cenizas fue superior al 20%, excepto *S. genistoides* (próximo al 13%), estos rangos son similares a los indicados por otros autores para especies de esta familia (Correal *et al.*, 1986; El Aich, 1987; Delgado *et al.*, 1995; Barroso *et al.*, 2005). El alto contenido en cenizas es típico de las especies que viven en comunidades halófilas, como es el caso de *H. portulacoides* y *S. fruticosa* (alrededor del 34 %), que mostraron diferencias significativas con *S. genistoides* y *A. articulata* características de los matorrales seriales, así como con *S. vermiculata*, aunque ésta especie vive en comunidades halonitrófilas, la concentración de sales en estos matorrales es algo menor que la de los saladares estrictos. Los otros dos arbustos, *A. glauca* y *S. vera* son abundantes en comunidades halonitrófilas, y presentaron valores intermedios. Una estrategia de las plantas para sobrevivir en los suelos salinos es acumular sal en las células o vacuolas (Laudadio *et al.*, 2009) y juegan un importante papel en la osmorregulación (Delgado *et al.* 1995); otra vez, presentan metabolismo C4, en el cual el sodio es esencial para la fotosíntesis (González-Rebollar y Chueca, 2010). El acúmulo del catión sodio se refleja en la alta concentración de cenizas. El análisis conjunto de las especies muestra una constancia estacional para este parámetro (Tabla 1), aspecto que también se observa para la mayoría de las especies (*A. glauca*, *H. portulacoides*, *S. fruticosa* y *S. genistoides*) (Tabla 2).

El contenido en proteína fue alto en todas las especies (14-24%), excepto en *H. portulacoides* (alrededor del 9%) (Tabla 1), que presentó diferencias significativas respecto *S. vera*, *A. glauca* y *S. genistoides*. Estos valores a veces son superiores al de muchas leguminosas herbáceas (Robles *et*

al., 2015), incluso a los de alfalfa (17,4%) (De Blas *et al.*, 2010). De manera significativa, se observa variabilidad entre las estaciones, siendo el contenido en proteína inferior en el verano y en el otoño que en la primavera y el invierno (Tabla 1), pauta que se mantiene en casi todas las especies (Tabla 2). Sólo *A. articulata* y *S. genistoides* no presentaron variabilidad estacional, y destaca la alta proteína bruta en invierno y primavera de *S. vera* (>30 %), similar a la encontrada por Barroso *et al.* (2005) (29 y 34 %) en zonas próximas a nuestro estudio, y bastante superior a la evaluada por Murillo *et al.* (1986) en las marismas de Doñana (próxima al 20 % en otoño). En general, las especies de la familia Chenopodiaceae se caracterizan por su elevada proteína (Correal *et al.*, 1986; El Aich, 1987; Laudadio *et al.*, 2009); sin embargo, Delgado *et al.* (1995) señalan que estas cifras hay que tomarlas con precaución ya que no todo el nitrógeno es digestible.

Tabla 1. Cenizas (CEN), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), lignina (LAD) y digestibilidad de la materia orgánica (DEMOiv) (Digestibilidad enzimática FND-celulasa)(± error estándar) de siete especies de la familia Chenopodiaceae y su dinámica estacional conjunta (Estación: primavera, verano, otoño e invierno). Total: Valor medio por parámetro de todas las especies y estación

Especies	CEN	PB	DEMOiv	FND	FAD	LAD
<i>S. fruticosa</i>	34,32±0,78a	14,82±0,77ab	57,38±0,63bc	30,33±0,76c	13,14±0,42c	5,43±0,42bc
<i>H. portulacoides</i>	34,85±0,66a	9,11±0,57b	59,49±1,18abc	31,84±0,59c	16,65±0,52bc	7,81±0,28a
<i>S. vera</i>	27,64±1,65ab	24,33±2,37a	62,13±2,22ab	29,9±1,09c	13,43±0,97c	6,26±0,47abc
<i>A. glauca</i>	28,52±0,57ab	18,18±1,17a	66,76±1,81a	34,78±0,84abc	18,88±0,68ab	7,52±0,67ab
<i>S. vermiculata</i>	21,88±0,74bc	16,01±1,49ab	63,69±1,58ab	37±0,73ab	16,73±0,54abc	5,48±0,61bc
<i>A. articulata</i>	23,52±0,65bc	14,62±0,54ab	66,21±1,02a	34,64±0,67bc	14,9±0,39c	4,84±0,34c
<i>S. genistoides</i>	12,56±0,45c	19,36±0,98a	50,44±1,56c	48,92±1,95a	23,1±1,1a	4,74±0,45c
H (g.l. = 6)	67,93	40,20	43,12	58,84	43,12	28,09
P-valor	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Estaciones						
Verano	27,00±1,75	13,67±0,81b	57,44±0,87b	35,94±1,19	17,38±0,63a	6,75±0,41ab
Otoño	27,09±1,73	13,98±1,17b	57,31±1,6b	36,77±1,88	17,75±1,22ab	7,09±0,44a
Invierno	25,97±1,71	19,97±1,42a	66,3±1,45a	32,58±1,21	14,72±0,52b	4,90±0,38c
Primavera	24,68±1,66	18,91±1,32a	62,44±1,54ab	36,09±1,65	16,91±0,86ab	5,31±0,31bc
Total (media)	26,18±0,85	16,63±0,67	60,87±0,8	35,35±0,76	16,69±0,44	6,01±0,22
F ó H (g.l. = 3)	n.d.	7,41	9,61	n.d.	9,57 (H)	7,65
P-valor		< 0,001	< 0,001		0,023	< 0,002

Estadísticos del análisis: H para test Kruskal-Wallis (Especie) y F para el ANOVA (Estación, excepto FAD). Para cada factor (Especie o Estación) y parámetro, diferentes letras en una columna indican diferencias significativas.

La digestibilidad fue superior al 50 % en todas las especies (Tabla 1), aunque inferior a los datos por Barroso *et al.* (2005) para esta familia (alrededor de 70 y 85 %). No obstante, el alto contenido en cenizas de estos forrajes, puede reducir el valor de su energía metabolizable (El Aich, 1987) y, por tanto, su digestibilidad se vería afectada. Las especies *A. glauca* y *A. articulata* mostraron los porcentajes más altos, con diferencia significativas respecto a *S. fruticosa* y *S. genistoides*. El invierno es la estación de mayor digestibilidad, con diferencias significativas en relación al verano y al otoño. Esto puede estar relacionado con las condiciones climáticas de la zona de estudio. En invierno se produce la mayor precipitación y las temperaturas son suaves, por lo que las plantas se comportan como si fuera una primavera temprana, con tejidos poco lignificados y por tanto más digestibles. De todas las especies *S. vera* y *A. glauca* superaron el 70 % de digestibilidad en invierno y fue más bajo para *H. portulacoides* en otoño (Tabla 2).

Tabla 2. Valor nutritivo estacional de siete especies de la familia *Chenopodiaceae*: cenizas (CEN), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), lignina (LAD) y digestibilidad materia orgánica (DEMOiv) (Digestibilidad enzimática FND-celulosa), (\pm error estándar).

	E	CEN	PB	DEMOiv	FND	FAD	LAD
<i>A. articulata</i>	V	21,05 \pm 0,87b	13,49 \pm 1,86	62,16 \pm 1,41	36,43 \pm 0,2	15,67 \pm 0,32	5,36 \pm 0,83
	O	22,38 \pm 1,05ab	15,43 \pm 0,42	66,63 \pm 2,46	34,92 \pm 2,26	15,34 \pm 1,33	4,62 \pm 0,56
	I	25,65 \pm 0,14a	15,46 \pm 1,12	68,95 \pm 0,45	32,84 \pm 1,17	13,67 \pm 0,43	4,07 \pm 0,63
	P	25 \pm 0,48a	14,08 \pm 0,37	67,09 \pm 1,55	34,38 \pm 0,44	14,92 \pm 0,44	5,32 \pm 0,77
<i>F</i> (g.l. = 3)		8,94	-	-	-	-	-
<i>P</i> -valor		0,006	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
<i>A. glauca</i>	V	29,08 \pm 0,97	15,01 \pm 0,81a	59,55 \pm 1,43c	35,33 \pm 1,12a	19,48 \pm 0,85ab	9,12 \pm 0,71a
	O	28,68 \pm 0,86	14,94 \pm 1,06a	63,43 \pm 1,32c	36,73 \pm 0,11a	21,53 \pm 0,4a	9,94 \pm 0,84a
	I	26,21 \pm 0,57	24,08 \pm 0,16c	74,84 \pm 0,40a	32,28 \pm 2,94c	16,04 \pm 0,2b	4,97 \pm 0,25b
	P	30,11 \pm 1,04	18,68 \pm 0,54b	69,24 \pm 1,11b	34,78 \pm 0,65b	18,47 \pm 1,23ab	6,06 \pm 0,25b
<i>F</i> (g.l. = 3)		-	3,32	34,66	-	8,56	17,17
<i>P</i> -valor		n.d	< 0,001	< 0,001	n.d	0,007	0,001
<i>H. portulacoides</i>	V	34,42 \pm 0,8	7,46 \pm 0,45b	56,51 \pm 0,53b	33,14 \pm 0,89	17,48 \pm 0,42a	8,10 \pm 0,28
	O	37,06 \pm 1,65	7,49 \pm 0,4b	56,32 \pm 1,05b	32,4 \pm 0,11	18,23 \pm 0,94a	7,70 \pm 0,25
	I	35,27 \pm 0,26	9,9 \pm 0,47a	64,84 \pm 1,56a	29,37 \pm 1,37	14,41 \pm 0,71b	8,23 \pm 1,01
	P	32,64 \pm 0,98	11,6 \pm 0,74a	60,29 \pm 1,64ab	32,44 \pm 0,79	16,47 \pm 0,51ab	7,23 \pm 0,55
<i>F</i> (g.l. = 3)		-	14,43	9,84	-	6,04	-
<i>P</i> -valor		n.d	0,001	0,005	n.d	0,019	n.d
<i>S. fruticosa</i>	V	32,84 \pm 1,55	14,13 \pm 0,27ab	58,31 \pm 0,75a	30,29 \pm 0,78	12,49 \pm 0,59	4,33 \pm 0,24b
	O	35,01 \pm 1,14	11,38 \pm 0,4b	54,22 \pm 0,82b	32,77 \pm 1,27	13,96 \pm 1,09	7,40 \pm 0,76a
	I	37,25 \pm 1,08	16,73 \pm 1,33a	58,8 \pm 0,72a	28,44 \pm 1,03	12,47 \pm 0,98	4,70 \pm 0,23b
	P	32,19 \pm 0,81	17,02 \pm 0,76a	58,21 \pm 0,49a	29,84 \pm 2,11	13,64 \pm 0,69	5,31 \pm 0,58ab
<i>F</i> (g.l. = 3)		-	10,71	9,06	-	-	7,42
<i>P</i> -valor		n.d	0,004	0,006	n.d	n.d	0,011
<i>S. genistoides</i>	V	12,72 \pm 0,6	19,59 \pm 1,41	51,33 \pm 1,19ab	47,2 \pm 2,7	21,83 \pm 0,24ab	5,65 \pm 0,64ab
	O	12,8 \pm 0,51	15,7 \pm 2,08	44,57 \pm 2,43b	53,89 \pm 3,04	27,13 \pm 0,58a	6,39 \pm 0,45a
	I	13,82 \pm 0,9	22,53 \pm 1,04	56,05 \pm 0,78a	42,82 \pm 0,65	19,3 \pm 0,16b	3,08 \pm 0,34c
	P	10,88 \pm 0,89	19,61 \pm 1,41	49,79 \pm 3,51ab	51,79 \pm 5,47	24,14 \pm 3,09ab	3,86 \pm 0,45bc
<i>F</i> (g.l. = 3)		-	-	4,41	-	4,47	10,09
<i>P</i> -valor		n.d	n.d	0,041	n.d	0,04	0,004
<i>S. vermiculata</i>	V	23,8 \pm 0,28b	14,03 \pm 0,43b	60,79 \pm 0,63b	36,33 \pm 0,92b	16,94 \pm 0,73bc	6,19 \pm 0,3b
	O	24,42 \pm 0,53b	9,17 \pm 0,21c	57,03 \pm 0,27b	40,58 \pm 0,75a	18,98 \pm 0,6a	8,32 \pm 0,51a
	I	19,86 \pm 0,33a	20,52 \pm 1,19a	68,72 \pm 1,72a	35,41 \pm 1,08b	14,5 \pm 0,52c	3,94 \pm 0,07c
	P	19,43 \pm 1,22a	20,34 \pm 1,55a	68,24 \pm 1,52a	35,69 \pm 0,67b	16,49 \pm 0,34bc	3,47 \pm 0,52c
<i>F</i> (g.l. = 3)		13,66	29,42	2,95	7,67	10,5	32,14
<i>P</i> -valor		0,002	< 0,001	< 0,001	0,01	0,004	< 0,001
<i>S. vera</i>	V	35,11 \pm 2,05a	11,96 \pm 0,69c	53,44 \pm 0,49c	32,83 \pm 0,5a	17,77 \pm 0,28a	8,47 \pm 0,26a
	O	29,24 \pm 1,61ab	23,75 \pm 1,52b	59,0 \pm 3,68bc	26,11 \pm 1,08b	9,05 \pm 0,04c	5,29 \pm 1,09b
	I	23,76 \pm 0,6b	30,6 \pm 0,81a	71,89 \pm 0,99a	26,93 \pm 0,95b	12,64 \pm 0,15b	5,33 \pm 0,28a
	P	22,47 \pm 1,57b	31,01 \pm 1,41a	64,2 \pm 1,26ab	33,73 \pm 0,78a	14,27 \pm 0,95b	5,96 \pm 0,31ab
<i>F</i> (g.l. = 3)		13,9	58,23	15,07	21,22	51,66	6,3
<i>P</i> -valor		0,002	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	0,017

Para cada especie y parámetro, diferentes letras en una columna indican diferencias significativas

En relación a las paredes celulares (FND, FAD y LAD) todas las especies mostraron valores bajos (Tabla 1), y fueron inferiores o próximos a los de la alfalfa (FND: 38 %; FAD: 28,6 % y LAD: 7,6 %) (De Blas *et al.*, 2010). *S. genistoides* tuvo las FND y FAD mayores, con diferencias significativamente a *S.*

vera, *S. fruticosa*, *H. portulacoides* y *A. articulata*. La LAD fue más elevado en *H. portulacoides* con diferencias significativas respecto a *S. genistoides*, *A. articulata*, *S. fruticosa* y *S. vermiculata* que presentaron porcentajes bajos, alrededor de 5 % (Tabla 1), y sorprende el pequeño valor de *S. genistoides* (3 %) en invierno (Tabla 2). Estacionalmente, la FND no mostró variabilidad (Tabla 1), y sólo se apreciaron diferencias en las especies *S. vermiculata* y *S. vera* (Tabla 2). Como la mayoría de los parámetros analíticos estudiados, la FAD y LAD fueron más bajos en invierno (Tabla 1). Los porcentajes de LAD encontrados en este trabajo son bastantes inferiores a los evaluados por Barroso *et al.* (2005), probablemente pueda estar relacionado con la fracción vegetal analizada, en nuestro caso nunca se recolectaron fracciones lignificadas.

CONCLUSIONES

En general, todas las especies estudiadas de la familia Chenopodiaceae tienen valores nutritivos aceptables, comparables o superiores a los de otras forrajeras de calidad. Destaca el alto porcentaje de cenizas, proteína y digestibilidad, y la mediana o baja fibra (FND, FAD y LAD). Sólo las especies que viven en saladares estrictos, *S. fruticosa* y *H. portulacoides*, muestran peor calidad, que se traduce en menores contenidos de proteína y digestibilidad, incluso estos parámetros podrían estar enmascarados por el elevado contenido en cenizas en estas especies.

En general, para la mayoría de las especies y parámetros, el invierno parece ser la estación más favorable, seguido de la primavera.

Todo lo expuesto nos presenta a esta familia como una alternativa para la alimentación del ganado en zonas áridas. Sin embargo, consideramos que sería necesario ampliar aspectos relacionados con el estudio de otros parámetros nutricionales no incluidos en este trabajo, así como los de preferencias de los animales en pastoreo y la respuesta de estas especies al consumo por ganado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barroso F.G., Pedreño, A., Martínez, T., Robles, A.B., González-Rebollar, J.L. (2005) Potencialidad de las especies C4 como alimento para el ganado en repoblaciones de zonas semiáridas. En: Osoro K. *et al.* (eds) *Producciones agroganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural*, pp. 351-357. Gijón, España: SERIDA.

Correal E., Colomer J. S., López J. B. y Passera C. (1986) Valor nutritivo de cuatro arbustos forrajeros del género *Atriplex* (*A. nummularia*, *A. cyncrea*, *A. undidata* y *A. lampa*). *Pastos*, 16 (1-2), 177-189.
Correal E., Robledo A., Rios S. y Rivera D. (2006) Mediterranean dryland mixed sheep-cereal systems. *Grassland Science in Europe*, 11, 14-27.

De Blas C., Mateos G. G. y García-Rebollar P. (2010) *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (3ª edición)*. Madrid, España: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA).

Delgado I., Muñoz F., Luna M. L., Pardo J. y Lazreg O. (1995) Localization and evaluation of autochthonous populations of *Atriplex halimus* L. from Aragon (Spain). *Cahiers Options Méditerranéennes*, 12, 109–112.

El Aich A. (1987) Fodder trees and Shrubs in range and farming systems in North Africa. Food and Agricultural (FAO) report. Rome, Italy: FAO

González-Rebollar J. L. y Chueca A. (2010) C4 y CAM. Características generales y uso en programas de desarrollo de tierras áridas y semiáridas. Homenaje al Dr. Julio López Gorgé. Madrid, España: CSIC/ARECES.

Laudadio V., Tufarelli V., Dario M., Hammadi, M., Seddik M. M., Lacalandra G. M., Dario, C. (2009). A survey of chemical and nutritional characteristics of halophytes plants used by camels in Southern Tunisia. *Tropical animal health and production*, 41(2), 209-215.

Le Houérou H.N. (2000) Utilization of fodder trees and shrubs in the arid and semi-arid zones of West Asia and North Africa. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 14, 101-135.

Murillo J. M., Barroso M., Mazuelos C. y Sarmiento R. (1987) Nutritional and fertiliser values of *Suaeda vera* JF Gmelin. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 41(2), 115-122.

Robles A.B., Ramos M.E., Cabeza F.M., Delgado F., González-Rebollar J.L. (2015) Leguminosas herbáceas en la restauración forestal de zonas incendiadas del macizo de Sierra Nevada: producción y calidad. En: Cifre J. *et al.* (eds) *Pastos y forrajes del siglo XXI*, pp. 129-136. Palma de Mallorca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

EFFECTOS DE LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS SOBRE EL CONTENIDO EN MATERIA ORGÁNICA Y NITRÓGENO DEL SUELO EN PRADERAS EN GALICIA

M.J. BANDE^{1,2}, M.J. SAINZ², M.E. LÓPEZ-MOSQUERA²

¹Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM), Instituto Galego de Calidade Alimentaria (INGACAL), Apartado 10, 15080 A Coruña (España). ²Departamento de Producción Vegetal y Proyectos de Ingeniería, Universidad de Santiago de Compostela, Campus Universitario s/n, 27002 Lugo (España).
Correspondencia: mariabande@ciam.gal

RESUMEN

Se realizó un ensayo en Villalba-Lugo (NO España) durante cuatro años, en parcelas experimentales de 3,9 m², para estudiar los efectos en el contenido de C, total y lábil, y de N total en suelo, de la aplicación de distintos materiales orgánicos como fertilizantes en una pradera de raigrás inglés, raigrás híbrido y trébol blanco. Los tratamientos aplicados fueron: lodos de depuradora de industria láctea, purín de vacuno, estiércol deshidratado y granulado de pollo y abonado mineral (NPK 5-15-13, nitrato amónico y superfosfato). Los resultados mostraron que la aplicación de lodo de depuradora láctea y del estiércol determinó un enriquecimiento del suelo en materia orgánica, carbono lábil y nitrógeno total.

Palabras clave: purín, lodo, estiércol de pollo, carbono lábil, calidad del suelo

SUMMARY

A field trial was conducted for four years in Villalba-Lugo (NW Spain), in experimental plots of 3.9 m², to study the effect of different organic materials applied as fertilizers on the soil total and labile C content and total N content of sown meadows of perennial ryegrass, hybrid ryegrass and white clover. The treatments were: control, fertilization with dairy sludge, with cattle slurry, with dried pelletized broiler litter and with mineral fertilizers. The results showed that the application of dairy sludge and dry pelletized broiler litter determined a soil enrichment in organic matter, labile carbon and total nitrogen.

Key words: cattle slurry, dairy sludge, broiler litter, labile carbon, soil quality

INTRODUCCIÓN

La materia orgánica del suelo es un indicador fundamental de su calidad, ya que, además de los efectos beneficiosos en la fertilidad de los suelos y en la productividad de los cultivos, constituye uno de los mayores reservorios de carbono terrestres (Ciais *et al.*, 2013). En un suelo mineral no cultivado, el contenido en materia orgánica depende del tipo de vegetación que mantiene, de los aportes vegetales y animales que recibe, y de ciertas propiedades del suelo, como textura, acidez, temperatura, aireación, cantidad y mineralogía de arcillas y actividad biológica (FAO, 2005). Cuando todos los factores que le afectan cambian poco a lo largo del tiempo, la materia orgánica de un suelo no cultivado alcanza un equilibrio estable al cabo de un período más o menos largo, dependiendo de las condiciones climatológicas (Stevenson y Cole, 1999).

En los suelos agrícolas, la aplicación de fertilizantes aumenta la producción de los cultivos y, por lo tanto, tiene efectos sobre el contenido en materia orgánica del suelo (Bauer y Black, 1994). Cuando se aplican fertilizantes orgánicos, éstos sufren un proceso de mineralización, llevado a cabo

por los microorganismos del suelo (principalmente bacterias y hongos), que permiten que los nutrientes (N, P, S) que contienen, sean disponibles para las plantas. El mantenimiento del contenido en materia orgánica de un suelo depende de que haya un balance adecuado entre la adición de los materiales orgánicos y su descomposición (FAO, 2005). La rapidez con que se produce la descomposición de la materia orgánica añadida al suelo viene determinada por los organismos del suelo, las propiedades físicas del mismo y la calidad de la propia materia orgánica (Brussaard, 1994).

El objetivo de este trabajo fue estudiar los efectos de la aplicación de distintos materiales orgánicos como fertilizantes en el contenido de C, tanto total como lábil, y de N total en praderas cultivadas en Galicia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un ensayo en una parcela situada en el municipio de Villalba (Lugo), donde se evaluó, durante cuatro años, el efecto en el contenido de carbono y nitrógeno del suelo de una pradera de raigrás inglés, raigrás híbrido y trébol blanco, comparando el uso de lodos de depuradora de industria láctea y de estiércol deshidratado y granulado de pollo, con los dos fertilizantes más utilizados en Galicia en este cultivo: el purín de vacuno y la fertilización mineral.

El lodo de depuradora se obtuvo de la industria Leche de Galicia, S.L., ubicada a pocos km de la parcela. El estiércol de pollo fue suministrado por la empresa Aviporto, S.L.. El purín procedió de la explotación del propietario de la parcela que tenía una ganadería de vacuno de carne con manejo en pastoreo.

El suelo en el que se estableció el ensayo era un Umbrisol húmico sobre esquistos con una vegetación arbórea y arbustiva, que se transformó mediante laboreo convencional para ganar terreno agrícola para la explotación. Las características de partida eran: textura franco-arenosa, pH fuertemente ácido (5,5), alto porcentaje de saturación de aluminio (33%), alto contenido en materia orgánica (16,2%), bajo contenido en fósforo disponible (7,4 mg kg⁻¹) y buena provisión en potasio (253 mg kg⁻¹).

Después de la preparación del terreno, se encaló el suelo con 3 t ha⁻¹ de caliza (60% CaO). Se delimitaron 20 parcelas de 3,9 m² (3x1,3 m) en las que se establecieron al azar 4 tratamientos de fertilización con 4 repeticiones. En la fertilización de fondo para el establecimiento de la pradera en octubre de 2001, los tratamientos fueron: BIOF®

En la Tabla 1 se muestran las principales características de los fertilizantes orgánicos usados en el ensayo. Se sembró la siguiente mezcla: 20 kg ha⁻¹ *Lolium perenne* L. cv Tove, 20 kg ha⁻¹ *Lolium hybridum* Hausskn cv Texy y 6 kg ha⁻¹ *Trifolium repens* L. cv Huia.

El manejo del forraje fue de dos cortes de siega (para silo en mayo y para heno en julio) y un corte simulado de pastoreo. Este último se hizo solo en noviembre del primer año de producción, en el momento en que el ganado vacuno de la explotación iba a entrar al pasto para aprovechar el rebrote de otoño; en los siguientes tres años no se pudo hacer debido a una severa sequía estival. El esquema de fertilización anual se hizo en función del N y consistió en una aplicación de fertilizantes a la salida del invierno para el corte de silo aportando 60 UF de N, y otra aplicación tras el corte de ensilado para el corte de heno aportando 30 UF de N, excepto en el caso del Biof que se aportó en su totalidad en la primera aplicación (4500 kg ha⁻¹). La fertilización de N mineral en cobertera se realizó aplicando nitrato amónico (20,5%) Las dosis de purín, lodo y Biof fueron

calculadas para que el N aportado fuese equivalente al del tratamiento mineral (50 m³ ha⁻¹ de purín fraccionado en dos aplicaciones (40 y 10) y 120 m³ ha⁻¹ de lodo también fraccionado (80 y 40).

Tabla 1. Principales características de los fertilizantes orgánicos utilizados en el ensayo. Resultados expresados en materia seca.

Parámetro	Materia seca	pH	CE	MO	N _T	C/N	P	K	Ca	Na	Cu, Cd, Cr, Pb, Zn, Ni					
	%		(dS m ⁻¹)	(%)			(%)				(mg kg ⁻¹)					
Purín (n=9)	0,9	7,2	7,3	55,6	2,5	12,9	1,6	11,5	1,1	3,3	22	0,3	1,9	0,9	98,9	4,2
Lodo láctea (n=9)	2,3	6,7	4,7	74,5	6,8	7,3	1,9	1	1,8	2,6	21,6	0,2	10	4,3	119,8	7,3
Biof (n=4)	86,4	6,7	10	69	3	13,3	1,8	2,4	1,9	0,8	93,6	0,1	7,8	0,8	250,4	11
Límites legales*											300	2	250	150	500	90

*Establecidos por el Real Decreto 824/2005 sobre productos fertilizantes (BOE, 2005) y por el Real Decreto 506/2013 sobre productos fertilizantes (BOE, 2013) para los elaborados con materias primas de origen vegetal o animal, de clase B.

Cada año, en marzo, antes de aplicar los fertilizantes y después de los diferentes cortes, se tomaron muestras de suelo a 15 cm de profundidad, que se secaron y tamizaron para determinar los diferentes parámetros (240 muestras). El carbono y el nitrógeno totales fueron determinados por combustión seca de las respectivas muestras mediante un autoanalizador CNS 2000 de LECO, expresándose los resultados como porcentaje en peso. La cantidad de materia orgánica se obtuvo multiplicando la cantidad de carbono por el factor de Van Bemmelen (1,724). El carbono lábil se determinó mediante oxidación con permanganato potásico 0,02 M y posterior medida de la absorbancia del exceso de KMnO₄ a 550 nm (Blair *et al.*, 1995). Para el análisis estadístico se usó el paquete estadístico SPSS versión 10.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido en materia orgánica del suelo se mantuvo estable, tanto en las parcelas control como en las que recibieron fertilizantes minerales y purín, a lo largo de los cuatro años de estudio (Figura 1). Sin embargo, como mostraron los datos de la mayoría de los muestreos en todos los años del ensayo, la aplicación anual de 4500 kg ha⁻¹ del abono Biof dio lugar a un aumento de 1-2 unidades porcentuales de la materia orgánica del suelo respecto al control y al resto de los tratamientos fertilizantes, un efecto que también tuvo la aplicación de 120 m³ ha⁻¹ anuales de lodo de depuradora láctea en el primer año de producción (2002) pero que ya no se observó en los últimos años de estudio.

Por tanto, el producto comercial Biof fue el único fertilizante orgánico que tuvo un efecto significativo en el contenido de materia orgánica del suelo a lo largo de los cuatro años de estudio. Estos resultados pueden explicarse por las diferencias en materia seca de los fertilizantes orgánicos empleados y el aporte de materia orgánica al suelo que cada uno de ellos hizo. Hay que tener en cuenta que el contenido de materia seca del abono Biof era mucho mayor que el del lodo y el purín: 86,4% en el Biof, y tan solo 2,3% en el lodo y 0,9% en el purín (Tabla 1). Dado que su contenido en materia orgánica era de un 69% y considerando la dosis empleada, el aporte anual de materia orgánica del Biof fue de más de 2682 kg/ha, muy superior a lo que aportó la aplicación de lodo y sobre todo la de purín.

El carbono lábil representa sólo una pequeña proporción del total de la materia orgánica y es la más dinámica y sensible a través del tiempo. Además está fuertemente

vinculada a la productividad y fertilidad del suelo debido a su capacidad para suministrar nutrientes tales como nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S) y micronutrientes (Biederbeck *et al.*, 1994, Stevenson y Cole, 1999). La evolución del carbono lábil a lo largo del tiempo, en este estudio, experimentó ligeros incrementos en todos los tratamientos, siendo más variable en las parcelas fertilizadas con Biof y lodo (Figura 2).

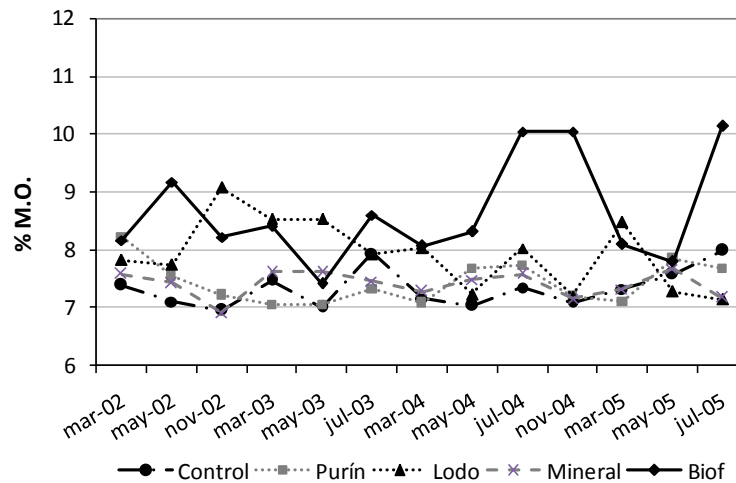


Figura 1. Comparación del control con los diferentes tratamientos para el contenido en materia orgánica del suelo (%) durante los años del ensayo.

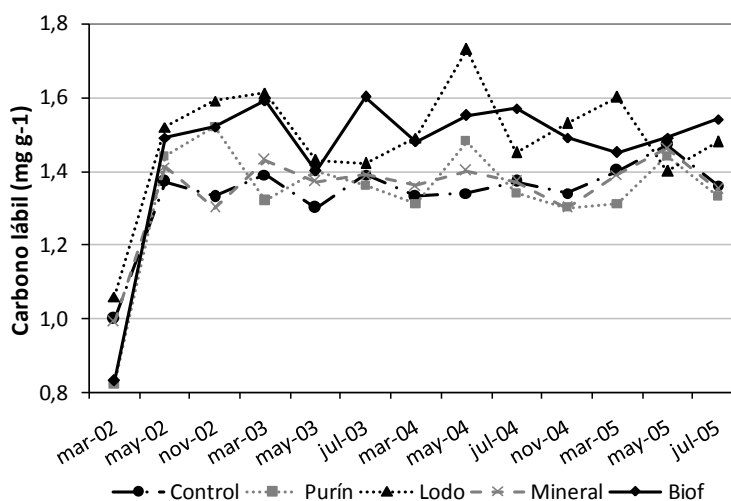


Figura 2. Comparación del control con los diferentes tratamientos para el carbono lábil del suelo (mg g^{-1}) durante los años del ensayo.

En el primer muestreo, se observaron diferencias significativas en el contenido de carbono lábil del suelo entre los tratamientos de lodo, mineral y control y los de Biof y purín, pero en los muestreos posteriores permaneció estable hasta marzo de 2003, donde los suelos de los tratamientos Biof y lodo mostraron valores de carbono lábil significativamente superiores a los de las parcelas que recibieron purín. En julio de 2003, fue el tratamiento Biof el que determinó un valor de carbono lábil significativamente superior al del purín.

En los muestreos de marzo, mayo y noviembre de 2004, las parcelas del tratamiento lodo presentaron contenidos de carbono lábil significativamente superiores a las parcelas control, purín

y mineral; mientras que el tratamiento Biof llevó a valores estadísticamente más altos que el control y los tratamientos purín y mineral en julio de 2004 y julio de 2005.

Al igual que ocurrió con la materia orgánica, fueron los suelos de los tratamientos Biof y lodo los que presentaron un mayor contenido en carbono lábil, superior al del control, excepto en los muestreos de mayo y noviembre del 2002, mayo del 2003 y marzo y mayo del 2005, en los que no se observaron diferencias entre tratamientos. Las parcelas fertilizadas con purín y mineral mostraron prácticamente el mismo contenido en carbono lábil que el control.

El nitrógeno es el elemento que más limita el crecimiento de las plantas y la producción de los cultivos. El contenido medio de nitrógeno en el suelo es muy variable y depende del contenido de materia orgánica. En general, los suelos pueden contener entre el 0,02 y el 0,4 % de nitrógeno, y de éste, la mayor parte, generalmente más del 98%, está en forma orgánica (Domínguez Vivancos, 1989). En este estudio el porcentaje de nitrógeno total en el suelo estuvo siempre por encima de 0,2 y se mantuvo bastante estable a lo largo de los cuatro años (Figura 3).

No obstante, los datos de los muestreos de noviembre de 2002, julio de 2003, marzo, mayo y julio de 2004 y julio de 2005 mostraron diferencias significativas entre tratamientos, presentando la aplicación del fertilizante Biof un contenido en nitrógeno total más alto respecto al control y a los demás tratamientos fertilizantes, efecto que también tuvo la aplicación de lodo en dos de los muestreos.

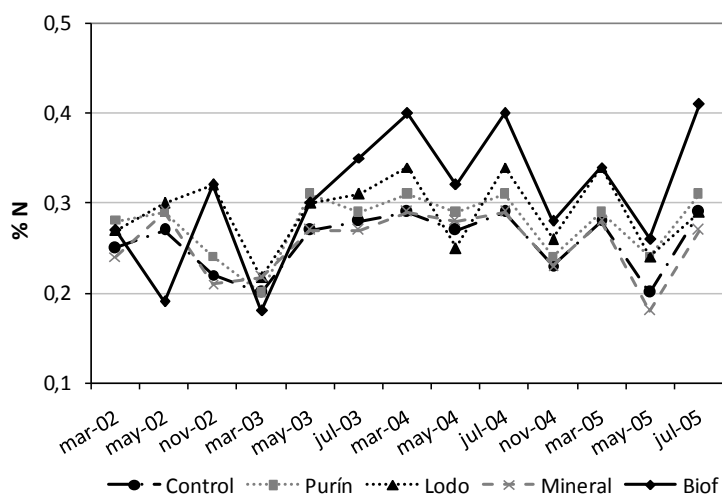


Figura 3. Comparación del control con los diferentes tratamientos para el nitrógeno total del suelo (%) durante los años del ensayo.

En cuanto a la evolución en el tiempo del nitrógeno total, los suelos de los tratamientos purín y mineral tuvieron un contenido en nitrógeno total similar al control, mientras que los de los tratamientos Biof y lodo presentaron en casi todos los muestreos un contenido mayor que el control. Con respecto al Biof, estos resultados coinciden con los de Brown *et al.* (1994) y Aiegbu y Oikeh (1995) que encontraron que la aplicación de estiércol de pollos de engorde produce un aumento del nitrógeno total del suelo.

En general, el carbono lábil, la materia orgánica y el nitrógeno variaron en función del tiempo, del tratamiento fertilizante y/o de su interacción (Tabla 2). Los valores de F indican que el tiempo fue el factor que tuvo mayor peso en la variación de los tres parámetros.

Tabla 2. ANOVA de dos factores (tiempo y tratamiento fertilizante) para tres variables dependientes (carbono lábil, materia orgánica y nitrógeno). Se destacan en negrita los valores de F más altos en cada análisis. Significación: ***: $p < 0,001$; **: $p < 0,01$; n.s.: $p > 0,05$.

	Tiempo		Tratamiento Fertilizante		Tiempo x Tratamiento Fertilizante	
	F	p	F	p	F	p
C lábil	20,972	***	15,206	***	1	n.s.
% M.O.	24,523	***	17,48	***	17	***
% N	29,74	***	27,42	**	3,89	**

CONCLUSIONES

La aplicación de lodo de depuradora láctea y del abono de estiércol deshidratado y granulado de pollo, Biof, durante cuatro años en parcelas cultivadas con una pradera de raigrás inglés, raigrás híbrido y trébol blanco determinó un enriquecimiento del suelo en materia orgánica, carbono lábil y nitrógeno total.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aiegbu J.E. y Oikeh S. (1995) Evaluation of the chemical composition of manures from different organic wastes and their potential for supply of nutrients to tomato in a tropical ultisol. *Biological Agricultural and Horticulture*, 12(1), 47-60.
- Bauer A. y Black A.L. (1994) Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity. *Soil Science Society of America Journal*, 58, 185-193.
- Biederbeck V.O., Janzen H.H., Campbell C.A. y Zentner R.P. (1994) Labile soil organic matter as influenced by cropping practices in an arid environment. *Soil Biology and Biochemistry*, 26 (12), 1647-1656.
- Blair G.J., Lefroy R.D.B. y Lisle L. (1995) Soil carbón fractions base don their degree of oxidation, and the development of a carbón management index for agricultural systems. *Australian Journal of Agricultural Research*, 46(7), 1459-1466.
- BOE(2005) Real Decreto 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes. *Boletín Oficial del Estado*, 19 de julio de 2005, 171, 25592-25669.
- BOE(2013) Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes. *Boletín Oficial del Estado*, de 10 de julio de 2013, 164: 51119-51207.
- Brown J.E., Dangler J.M., Guilliam C.H., Porch D.W. y Shumack R.L. (1994) Comparison of broiler litter and inorganic nitrogen, phosphorus, and potassium for double-cropped sweet corn and broccoli. *Journal of Plant Nutrition*, 17 (5), 859-867.
- Brussaard L. (1994) Interrelation ships between biological activities, soil properties and soil management. En: Greenland D.J. y Szabolcs I. (eds) *Soil resilience and sustainable land use*, pp. 309-329. Wallingford, Reino Unido: CAB International.
- Ciais P., Sabine C., Bala G., Bopp L., Brovkin V., Canadell J., Chhabra A., De Fries R., Galloway J., Heimann M., Jones C., Le Quéré C., Myneni R.B., Piao S. y Thornton P. (2014) Carbon and other biogeochemical cycles. En: Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V. y Midgley P.M. (eds) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on*

Climate Change, pp. 465-470. Cambridge, Reino Unido, y Nueva York, NY, EEUU. Cambridge University Press.

Domínguez Vivancos A. (1997) *Tratado de fertilización*. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa.

FAO (2005) The importance of soil organic matter. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Stevenson F.J. y Cole M.A. (1999) *Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorous, sulfur, micronutrients*. 2ª ed. Nueva York, EEUU. John Wiley & Sons, Inc.

PRODUCCIÓN DE VARIOS CULTIVOS FORRAJEROS DE INVIERNO QUE INCORPORAN LEGUMINOSAS Y EFECTO EN EL MAÍZ POSTERIOR

M.D. BÁEZ BERNAL, M.I. GARCÍA POMAR, C. GILSANZ REY, A. LOURO LÓPEZ, V. GARCÍA SOUTO, J.F. CASTRO INSUA

Dpto. de Pastos y Cultivos. CIAM-INGACAL. Apdo. 10, 15080, A Coruña; España.

Correspondencia: dolores.baez.bernal@xunta.es

RESUMEN

En un experimento de media duración (cinco años) se ensayaron cuatro rotaciones intensivas basadas en monocultivos de invierno: raigrás italiano y trébol encarnado, y mezclas de gramíneas/leguminosas de estas dos especies y de triticale-guisante forrajero junto al maíz como cultivo de verano. El objetivo fue analizar, desde el punto de vista productivo y de extracción de nitrógeno el tipo de cubierta invernal así como el efecto en el maíz cultivado posterior a tales cultivos. Los resultados demuestran que la incorporación del trébol encarnado, o la mezcla guisante forrajero/triticale, en rotación con el maíz incrementan la producción y la extracción de nitrógeno en el cultivo de maíz respecto a una rotación convencional basada en raigrás italiano-maíz. Además, considerando la rotación completa, incrementan la capacidad de extracción de N con menos aporte de N, por tanto, son alternativas beneficiosas de cara a optimizar la cantidad de proteína generada.

Palabras clave: Raigrás italiano, trébol encarnado, guisante-triticale, fertilización mineral

SUMMARY

In a crop experiment of five years with intensive forage rotations based on maize as a summer crop, four winter crops were tested: monocultures of Italian ryegrass and crimson clover, the mixture of those species and the mixture of pea-triticale. The aim of the present work was to analyze, from the point of view of yield and extraction of nitrogen, the different winter crops and their effects on subsequent maize. The incorporation of a legume in monoculture like crimson clover, or in the mixture of pea-triticale increased dry matter yield and nitrogen uptake in the subsequent maize, compared to ryegrass-maize rotation. Moreover, these rotations extracted more nitrogen (protein) with less mineral N fertilization.

Key words: Italian ryegrass, crimson clover, pea-triticale, mineral fertilization

INTRODUCCIÓN

Consecuencia de la especialización e intensificación ganadera acontecida en Galicia en los últimos años los balances de nutrientes en las explotaciones de vacuno de leche, nitrógeno (N), fósforo y potasio, suelen ser elevados y desajustados, hecho que demuestra elevados inputs derivados de la alimentación del ganado y de la utilización en exceso de fertilizantes minerales. Los factores clave identificados para optimizar los balances son: reducir la aplicación de fertilizantes minerales en los cultivos, utilizar eficientemente los purines generados e, incrementar en la propia explotación la utilización de los recursos forrajeros propios. En este sentido, el crecimiento de especies leguminosas en los pastos puede aumentar el contenido de proteína en la ración de los animales y es un factor clave para incorporar N vía fijación de N₂ atmosférico reduciendo de esta forma la utilización de fertilizantes minerales en los cultivos.

Por otra parte, el maíz es un cultivo de verano muy extendido en Galicia (Fernández-Lorenzo *et al.*, 2014); el establecimiento de un cultivo de invierno en rotación con este cultivo permite maximizar la producción forrajera (Báez, 1999). La rotación maíz-cultivo de invierno es una oportunidad para el crecimiento de leguminosas o mezclas gramíneas/leguminosas. Además, está descrito que la descomposición de las raíces y residuos de las leguminosas pueden influir en gran medida a los procesos de mineralización del N y por lo tanto al contenido de N mineral en el suelo.

Aunque son bastantes los trabajos llevados a cabo a lo largo de la Cornisa Cantábrica estudiando las rotaciones forrajeras en las condiciones de la España Húmeda (Báez, 1999; Flores *et al.*, 2011; González *et al.*, 2014; Botana *et al.*, 2016; Baizán *et al.*, 2016) se detecta una falta de información en el conocimiento de los procesos y transformaciones del N a más largo plazo. En este sentido, el objetivo del trabajo es determinar a medio plazo (cinco años) aquellas prácticas agronómicas más favorables en cuanto a cubierta invernal y su interacción con la fertilización aplicada al maíz posterior con el fin de optimizar los niveles productivos y de extracción de N en rotaciones de cubiertas invernales en monocultivo y con mezclas de gramíneas/leguminosas.

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, excepto en el segundo año cv Contea) 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 (TR-GU: *x triticosecale* Witt, cv Colegiale, dosis 70 kg/ha y *Pisum sativum* L., cv Gracia, dosis 125 kg/ha, excepto en el último año cv Forrimax). El diseño experimental fue en bloques al azar, con 4 repeticiones, y un tamaño de parcela elemental de 24 m x 15 m. Las siembras de los cultivos de invierno se efectuaron entre el 14 de octubre y el 23 de noviembre los años más tardíos, y la cosecha entre el 23 de abril y el 18 de mayo. 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 de invierno recibieron una fertilización de fondo de: 50 kg N/ha, 100 kg P₂O₅/ha y 100 kg K₂O/ha, y 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 corte efectuado en el mes de marzo.

Una vez cosechados los cultivos de invierno cada verano entre los años 2012 y 2016 se sembró maíz (cv LG 33.85). La parcela elemental fue dividida en dos sub-parcelas (tamaño de sub-parcela: de 60 m²), y para cada cultivo de invierno precedente se aplicaron dos tratamientos en el maíz: uno de fertilización 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 y, un tratamiento control que no recibió aporte de N. Previamente a la siembra se aportó 100 kg P₂O₅/ha y 250 kg K₂O/ha de acuerdo a las analíticas de suelo realizadas. Las siembras se efectuaron a finales de mayo todos los años y las cosechas a finales de septiembre cuando el grano alcanzó un estado pastoso-vítreo. En este momento 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 de mazorca, de parte verde y total. Posteriormente, se molieron

con un tamiz de 1mm (Christy y Norris 8) y fueron analizadas para determinar el N por vía húmeda 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 Gorp., Tarrytown, NY, EEUU).

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

Cultivos de invierno

Las producciones de MS para los diferentes cultivos de invierno se muestran en la tabla 1. El último año no se pudieron realizar los controles productivos en la mezcla de TR-GU por un ataque de roya. Se observa una gran variabilidad productiva entre los años estudiados, resultado en gran parte por las diferencias climatológicas observadas durante los meses de crecimiento, desde noviembre a abril (Figura 1). El primero (2011-2012) y el último año (2015-2016) fueron los más productivos para el RG, y por el contrario, para el TE el año más favorable fue el segundo.

Excepto en el tercer año, el tipo de cubierta invernal afectó de forma significativa la producción de MS obtenida. Entre los monocultivos el RG fue el más productivo excepto el segundo año, y en lo que se refiere a las mezclas, con la de RG-TE se alcanzaron los rendimientos más favorables. Teniendo en cuenta los valores medios obtenidos en los cinco años ensayados, el TE produjo un 22% menos que el RG en monocultivo, y considerando las mezclas el TR-GU un 11% menos que el RG-TE.



Figura 1. Precipitación y temperatura media mensual desde octubre de 2011 a septiembre de 2016.

En lo que se refiere a la extracción de N (Tabla 2), excepto el primer año, el tipo de cubierta invernal la afectó de forma significativa. El monocultivo de TE extrajo mayor cantidad de N, en término medio el 43,4% más que el monocultivo de RG. Considerando las mezclas, la de TR-GU, también incrementó respecto al RG la extracción en un 23,6%.

Tabla 1. Producción de materia seca (kg MS/ha) para los diferentes cultivos de invierno en los cinco años de estudio.

CI	Producciones, kg MS/ha				
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
RG	7857a	4307c	5115	5064ab	7931a
TE	4628b	6149a	4272	4024c	4557b
RG-TE	7834a	5926a	5117	5532a	5090b
TR-GU	6321ab	5058b	5250	4452bc	-

Significación

CI	***	***	ns	*	***
FM	-	*	ns	ns	ns
CI*FM	-	*	ns	ns	ns

CI: RG: Raigrás italiano, TE: Trébol encarnado, RG-TE: Mezcla RG+TE, TR-GU: Mezcla triticale+guisante. 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.

Tabla 2. Extracción de N (kg N/ha) para los diferentes cultivos de invierno en los cinco años de estudio.

CI	Extracciones, kg N/ha				
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
RG	108,5	48,7c	61,7c	58,3b	96,0a
TE	128,8	116,1a	100,7a	93,2a	96,3a
RG-TE	91,7	95,7b	76,2b	58,9b	54,4b
TR-GU	115,3	103,4b	98,6a	51,7b	-

Significación

CI	ns	***	**	***	***
FM	-	ns	ns	ns	ns
CI*FM	-	ns	ns	ns	ns

CI: RG: Raigrás italiano, TE: Trébol encarnado, RG-TE: Mezcla RG+TE, TR-GU: 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.

Cultivo de maíz

El cultivo de invierno precedente y la fertilización determinaron los rendimientos de MS en el maíz (Tabla 3), y excepto en el tercer año la interacción entre los dos factores no fue significativa. Los valores medios productivos de los cinco años oscilaron entre 5,8 y 9,2 t MS/ha para los tratamientos no fertilizados y, entre 9,9 y 12,6 t MS/ha cuando se aplicó 160 kg N/ha.

En los cinco años la respuesta fue positiva al aporte de N con un incremento medio de 3,9 tMS/ha, lo que supone un aumento de producción del 52% respecto al no aplicar fertilizante, respuesta bastante superior a otros trabajos realizados en la Cornisa Cantábrica y aportes de N mineral similares (Báez, 1999).

Tabla 3. Producción de materia seca (kg MS/ha) en el maíz entre los años 2012 y 2016.

Cul Inv ¹ Precedente	Fertilizante Maíz ²	Producciones, kg MS/ha					
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Media
RG	0	6971	6226	7511	4728	4638	5776
TE	0	12090	8361	11442	8982	7898	9171
RG-TE	0	6772	7150	6947	4839	4303	5810
TR-GU	0	10954	8728	12002	8146	7299	9044
Media		9197	7616	9475	6674	6034	7450
RG	160	10397	9886	16400	7306	6060	9913
TE	160	13516	12068	16599	10929	9357	12238
RG-TE	160	11270	11504	16164	8175	6254	10524
TR-GU	160	13582	12599	18440	10507	8654	12551
Media		12191	11514	16901	9229	7581	11307
Significación							
CI		*	*	*	**	**	
FM		***	***	***	***	***	
CI*FM		ns	ns	*	ns	ns	

¹Cul Inv: RG: Raigrás italiano, TE: Trébol encarnado, RG-TE: Mezcla RG+TE, TR-GU: Mezcla triticale+guisante. ²Fertilizante maíz: Nitrato Amónico Cálcico 27%. 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.

La mayor producción se observó tras el monocultivo de TE y la mezcla de TR-GU con un incremento, respecto al monocultivo de RG del 58% en los tratamientos no fertilizados y del 25% en los fertilizados. La mezcla RG-TE apenas incrementó la producción obtenida tras el RG.

Tabla 4. Extracción de N (kg N/ha) en el maíz entre los años 2012 y 2016.

Cul Inv ¹ Precedente	Fertilizante Maíz ²	Extracción de N, kg N/ha					
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Media
RG	0	37,3	36,0	37,9	29,8	26,9	33,6
TE	0	76,4	46,1	67,7	55,2	40,1	57,1
RG-TE	0	35,9	38,1	36,8	29,2	22,6	32,5
TR-GU	0	58,3	50,3	63,1	49,0	38,1	51,8
Media		52,0	42,6	51,4	40,8	31,9	43,7
RG	160	80,0	63,8	124,8	68,7	37,0	74,8
TE	160	93,7	83,4	140,9	97,2	53,2	93,7
RG-TE	160	76,7	70,9	127,3	75,2	36,9	77,4
TR-GU	160	91,9	80,2	159,2	93,4	49,4	94,8
Media		85,6	74,6	138,1	83,6	44,1	85,2
Significación							
CI		**	ns	*	**	*	
FM		***	***	***	***	***	
CI*FM		*	ns	ns	ns	ns	

¹Cul Inv: RG: Raigrás italiano, TE: Trébol encarnado, RG-TE: Mezcla RG+TE, TR-GU: Mezcla triticale+guisante. ²Fertilizante maíz: Nitrato Amónico Cálcico 27%. 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.

Resultados similares a los obtenidos en producción se observaron en la extracción de N (Tabla 4). Las producciones y extracciones de N fueron muy bajas los dos últimos años coincidiendo con un mes de julio especialmente seco (Figura 1; 6,4 y 2 L/m² en 2015 y 2016 respectivamente). Considerando la rotación con RG como referencia, el TE y la mezcla TR-GU incrementaron la extracción de N en un 62% en los tratamientos no fertilizados y un 26% en los fertilizados. Por tanto, se pone de manifiesto la alta capacidad productiva de la rotación maíz-cultivo de invierno y el efecto beneficioso obtenido al incluir leguminosas como trébol encarnado y guisante en el cultivo de invierno.

CONCLUSIONES

Los resultados derivados de un experimento de media duración (cinco años), demuestran que la incorporación de leguminosas en monocultivo, como el trébol encarnado, o en mezclas como el guisante forrajero/triticale, en rotación con el maíz incrementan la producción y la extracción de nitrógeno en el cultivo de maíz posterior respecto a una rotación convencional basada en raigrás italiano-maíz. Además, considerando la rotación completa incrementan la extracción de N, por tanto, la capacidad de producción de proteína bruta anual.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo parcialmente financiado por la Xunta de Galicia (proyecto 10MRU503001PR) y acciones de transferencia tecnológica (Consellería de Medio Rural): 2015/96 y 2016/119.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Báez Bernal 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.
- Baizán S., Vicente F., Celis D., Salvador Loreto I., González C., Modroño S. y Martínez-Fernández A. (2016) En un sistema de rotación anual de dos cultivos ¿influyen las leguminosas forrajeras de invierno en el rendimiento y la calidad del maíz forrajero?. En: Báez *et al.* (eds) *Innovación Sostenible en Pastos: Hacia una Agricultura de Respuesta al Cambio Climático*, pp. 99-104. Lugo-A Coruña, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- Botana A., Valladares J., Pereira-Crespo S., Díaz N., Resch C., Fernández-Lorenzo B., Dagnac T., Veiga M. y Flores-Calvete G. (2016) Las mezclas de leguminosas anuales pueden mejorar la productividad de la rotación raigrás italiano-maíz forrajero. En: Báez *et al.* (eds) *Innovación Sostenible en Pastos: Hacia una Agricultura de Respuesta al Cambio Climático*, pp. 81-86. Lugo-A Coruña, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- Castro P., González Quintela A., Prada Rodríguez D. (1990) Determinación simultánea de nitrógeno y fósforo en muestras de pradera. Actas de la XXX Reunión Científica de la SEEP, 200-207. San Sebastián, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- Fernández-Lorenzo B., Flores G., Botana A., Resch C, Dagnac T., Veiga M., Pereira S. y Lorenzana R. (2016) Estructura productiva e sistemas de alimentación das explotacións leiteiras de Galicia. *Afriga*, 124, 98-113.

Flores G., Díaz N., Valladares J., Fernández B., González A., Bande M.J., Pereira S., Resch C., Rodríguez X., y Piñeiro J. (2011) Leguminosas anuales en asociación con raigrás italiano como cultivo invernal nas rotacións forraxeiras intensivas. *Afriga*, 94, 86-98.

González M.A., Vicente F., de la Roza-Delgado B., Soldado A., Modroño S., González C., Jaimez A.S. y Martínez-Fernández A. (2014) Evaluación de nuevos cultivos invernales como alternativa al raigrás italiano en rotaciones forrajeras adaptadas a zonas templado húmedas del norte de España. En: Busqué J. *et al.* (eds) *Pastos y PAC 2014-2020*, pp. 312-318. Potes (Cantabria), España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.



Botánica y ecología

IMPACTO DEL JABALÍ EN LA ESTRUCTURA Y CALIDAD DE PASTOS DEL PIRINEO

C. G. BUENO¹, D. GÓMEZ GARCÍA²

¹ Institute of Ecology and Earth Sciences, Department of Botany, University of Tartu, Lai 40, Tartu 51005, Estonia. ² Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC) Avda. Ntra. Sra. de la Victoria 16, 22700 Jaca (Huesca).

Correspondencia: cgbuenog@gmail.com

RESUMEN

La remoción de suelo y vegetación causada por la actividad hozadora del jabalí se ha extendido a prados y pastos y se ha convertido en un serio impacto en la ganadería. En un proyecto doctoral realizado entre 2005 y 2010, se estudió el impacto del jabalí en dos valles del Pirineo de Huesca sobre la estructura de la vegetación a diferentes escalas. Describimos el efecto de las hozaduras en los pastos alpinos a escala de comunidad y paisaje y sobre su valor pastoral y ecológico. A escala de paisaje, la superficie hozada fue el 7% para todo el territorio. La mayor afección se encontró en pastos densos con suelo profundo, pendientes suaves, situadas cerca de masas forestales, disponibilidad de agua y pastadas por vacas. Los principales pastos hozados se incluyen en las comunidades: *Bromion erecti*, *Nardion strictae*, *Rumicion pseudoalpini*, *Festucion eskiae* y *Festucion paniculatae*, con alto valor pastoral y bajo valor ecológico. La diversidad y la dominancia disminuyeron en la mayor parte de los pastos aunque en algunos su efecto no fue significativo. Nuestros resultados apuntan a que el impacto del jabalí a los pastos alpinos sobrepasa su capacidad de recuperación y constituye un peligro creciente para su conservación.

Palabras clave: hozaduras, perturbación, vegetación alpina, pastoreo extensivo, conservación

SUMMARY

The large population increase of wild boar during the last few decades has promoted an expansion of its habitats into mountain meadows and alpine grasslands and has become a serious concern to mountain husbandry activities. In the context of a doctoral project (2005-2010), we analyzed the effects of wild boar rooting at landscape and community levels, including its effects on the pastoral and ecological values in three Pyrenean grazing areas (Aisa, Goriz and Sesa). We found that wild boar rooting affects up to 7% of the studied area, with larger impacts on grasslands with high plant cover, deep soils, smooth slopes, and close to forests, water availability and heavily grazed areas. The most affected communities showed lower ecological and higher grazing values and were within the phytosociological alliances of *Bromion erecti*, *Nardion strictae*, *Rumicion pseudoalpini*, *Festucion eskiae* and *Festucion paniculatae*. Plant diversity and dominance decreased in most of the plant communities, although some were unaffected by rooting. Our results indicate that the intensity of wild boar disturbances exceeds grassland capacity to recover, endangering the future preservation of these unique ecosystems.

Key words: Rooting, disturbances, alpine vegetation, grazing, plant conservation

INTRODUCCIÓN

Las poblaciones de jabalí (*Sus scrofa* L.) en los Pirineos estaban hasta hace medio siglo controladas y confinadas en los bosques donde encontraba protección frente a la depredación y la caza (Herrero *et al.*, 2005). El notable incremento del jabalí en la Península Ibérica coincide con la

despoblación rural y la expansión forestal (Massei *et al.*, 2015) y su presencia abarca todos los hábitats incluyendo los pastos alpinos que frecuentan en primavera y otoño (Herrero *et al.*, 2005). En los últimos años la actividad hozadora en los pastos alpinos pirenaicos ha ido en aumento hasta el punto de que sus hozaduras constituyen uno de los principales problemas enumerados por los ganaderos de montaña en el Pirineo de Aragón (Fernández-Giménez y Fillat, 2012).

La actividad hozadora del jabalí buscando alimentos subterráneos constituye una perturbación que altera los recursos para otros organismos a escala de población, comunidad, o ecosistema, que modifica su medio físico (Bueno, 2011) y cuyo estudio debe contemplarse como un proceso multiescalar en el tiempo y el espacio (Laska, 2001).

Los pastos alpinos pirenaicos muestran gran sensibilidad en su estructura y dinámica a las perturbaciones ocasionadas por distintos animales (Gomez *et al.*, 1995; Canals *et al.*, 2005) y, en particular, a la creciente actividad hozadora del jabalí (Bueno, 2011) incrementada por su lenta capacidad de recuperación y la marcada recurrencia espacial de las hozaduras, lo que provoca un gran impacto a escala de paisaje (Welander, 2000).

En el marco de un proyecto doctoral sobre el impacto del jabalí en los pastos del Pirineo central, se abordó el estudio de la afección en distintos aspectos de la cubierta vegetal a diferentes escalas. En este trabajo presentamos los principales efectos de las hozaduras en dos valles del Pirineo de Huesca sobre distintas unidades de pastoreo, la estructura de la vegetación y la calidad nutritiva y ecológica del pasto, con el fin de contribuir a evaluar el impacto del jabalí en estos ecosistemas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Áreas de estudio y cartografías de base

El estudio se llevó a cabo entre 2005 y 2010 en los Puertos de Aisa (42° 40'N, 0° 34'W), Góriz y Sesa (Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, 42° 36'N, 0° 00') en el Pirineo de Huesca. El Puerto de Aisa ocupa 1240 ha situadas entre 1500 y 2645 m.s.n.m. y una carga ganadera de 0,5 UGM/ha; el de Góriz tiene 2189 ha, entre 1730 y 2630 m.s.n.m., con una carga ganadera de 0,4 UGM/ha y el de Sesa ocupa 1673 ha, entre 1507 y 2796 m.s.n.m., con una carga ganadera 0,6 UGM/ha (García-González *et al.*, 2007).

Los tipos de pasto (alianzas fitosociológicas), su estructura y las superficies de las zonas de estudio se obtuvieron a partir de mapas de vegetación previos (Remón y Gómez, 1989; Benito, 2006). Mediante recorridos de campo sistemáticos y observación con binoculares se elaboraron mapas de distribución de las hozaduras (Bueno *et al.*, 2009).

Diseño del muestreo y toma de datos

Una vez cartografiadas todas las hozaduras y para estudiar su efecto a escala de comunidad vegetal, se seleccionaron las cinco comunidades más perturbadas que corresponden a las alianzas fitosociológicas: *Bromion erecti* (BE), *Rumicion pseudoalpini* (RP), *Festucion eskiae* (FE), *Nardion strictae* (NS) y *Festucion paniculatae* (FP). Después, se escogieron al azar y marcaron 40 hozaduras por comunidad, separadas al menos 15 m. Para cada hozadura seleccionada, se eligió un área similar (zona control) lo más próxima posible sin signos visibles de remoción. En estos puntos se muestreó la composición y cobertura vegetal. Dichos datos se muestrearon mediante 2 marcos de 25 cm de lado y malla de 5 cm, con 25 observaciones de muestreo; en total 50 observaciones por punto de muestreo y un punto de muestreo por cada hozadura y zona control. El valor ecológico y pastoral de las especies y comunidades se evaluó mediante la cobertura vegetal y a partir de estudios previos (García-González *et al.*, 2007; Fillat *et al.*, 2008).

Análisis estadísticos

Para analizar la distribución de las perturbaciones en el paisaje, se consideraron cuatro variables: topografía (pendiente, orientación y elevación) distancia a recursos naturales (puntos de agua, bosque y zonas con uso intenso del ganado), tipo de comunidad vegetal y presión ganadera. Se usaron modelos generalizados lineales binomiales para la ausencia y presencia de perturbaciones tomados al azar en puntos de la cartografía, con una distancia mínima de 50 m entre ellos (Bueno *et al.*, 2009).

Para comparar el efecto de las hozaduras en la abundancia y diversidad de especies entre las distintas comunidades vegetales, los datos se analizaron mediante test pareados (control y hozado) usando t de Student o tests de rangos de Wilcoxon. Como medidas de diversidad se utilizó la riqueza, diversidad de Shannon y dominancia de Simpson.

Para analizar los cambios de valor ecológico y pastoral dentro y fuera de las perturbaciones, se usó un análisis de selección de recursos a nivel de puerto y de comunidad. El análisis de selección de recursos se calculó mediante chi cuadrado (área disponible frente a hozada); si estas áreas son significativamente diferentes se calcularon los intervalos de confianza de Bonferroni que asumen selección por las áreas hozaduras con respecto a las disponibles (Bueno *et al.*, 2011a).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Impacto sobre la composición y diversidad florística

A escala de comunidad, las zonas hozadas presentaron un cambio significativo en su composición florística y una menor abundancia y diversidad (Tabla 1), con la excepción de comunidades mono-dominantes donde la diversidad y dominancia no vario (RS y FP) o incluso aumento (FE; Tabla 1). Estos resultados coinciden con los de otros autores que encuentran cambios drásticos en la estructura de la vegetación y, en particular, pérdida de producción vegetal y diversidad (Hone 2002). Sin embargo, en los pastos con marcada dominancia de una o pocas especies, se ha señalado que la rotura del césped puede favorecer la colonización y el aumento de la diversidad (Kotanen, 1995), aunque en las zonas de estudio solo la diversidad en FE mostro dicho aumento. Además, los análisis del suelo y del banco de semillas muestran que las hozaduras reducen la fertilidad acumulable en el suelo (Bueno *et al.*, 2013) y la capacidad de regeneración por semillas (Bueno *et al.*, 2011b).

Los pastos nitrófilos (RS) y los de gran dominancia de una especie (FE, FP) mostraron un menor cambio en su diversidad tras las hozaduras (Tabla 1) debido, tal vez, a una mayor resistencia de las macollas de las plantas dominantes, que facilita su recolonización. Todos los pastos mostraron un cambio significativo en su valor ecológico y pastoral con excepción de FP cuyo valor pastoral es similar en las hozaduras y fuera de ellas (Tabla 1).

Afección a escala de puertos, del tipo de pasto y predictores de las hozaduras

La superficie hozada en las zonas de estudio se situó entre el 2,1 % de la superficie en Aisa y el 11,5% en Sesa, con promedio en todas las zonas de estudio del 7% e importantes diferencias entre los tipos de pasto (Figura 1). Las variables que mejor explican la extensión de la perturbación dependieron fuertemente de la zona de estudio. Así, en Aisa son los pastos de BE ($t=130.8$, $p<0.001$), la pendiente ($t=-56.9$, $p<0.001$) y la proximidad a puntos de agua ($t=-31.1$, $p<0.001$) lo que mejor explica la presencia de hozaduras. Por su parte, los más relevantes en Góriz son los pastos de FP ($t=201.5$, $p<0.001$), BE ($t=155.5$, $p<0.001$) y la cercanía a zonas con pastoreo intenso ($t= -144.2$, $p<0.001$), y en Sesa fueron los pastos de FE($t=382.4$, $p<0.001$), cercanía al agua ($t=-172.1$, $p<0.001$)

y BE($t=152.8$, $p<0.001$). Aunque se constataron hozaduras en todas las comunidades vegetales a excepción de las de pedrizas o gleras, los pastos más hozados son los de mayor cobertura vegetal, que ocupan preferentemente las topografías más suaves y están en los suelos con perfil más profundo.

Tabla 1. Medianas y desviaciones absolutas de la mediana para los índices de diversidad de la flora muestreada dentro y fuera de las hozaduras y los valores ecológico y pastoral derivados. Cada índice de diversidad y abundancia, y valor eco-pastoral fue testado para analizar las diferencias entre las aéreas hozadas y no hozadas mediante un test pareado de suma de rangos de *Wilcoxon*. Los asteriscos indican diferencias significativas a distintos niveles de significación (***) p valores < 0.0001 ; ** p valores < 0.001 ; * p valores < 0.05).

		Abundancia	Riqueza	Diversidad	Dominancia	Valor Ecológico	Valor Pastoral
NS	control	112.0 ± 10.4***	14.4 ± 4.4***	2.1 ± 0.4***	5.4 ± 1.9*	0.9 ± 0.2***	10.7 ± 1.4***
	hozado	27.5 ± 15.6***	7.5 ± 2.2***	1.7 ± 0.5***	4.1 ± 1.9*	0.5 ± 0.2***	6.5 ± 3.7***
BE	control	130.5 ± 14.1***	15.5 ± 3.7***	2.1 ± 0.3***	6.2 ± 1.7***	0.6 ± 0.1***	12.2 ± 1.2***
	hozado	24.5 ± 14.1***	6.5 ± 2.2***	1.7 ± 0.4***	4.3 ± 1.9***	0.4 ± 0.3***	5.1 ± 2.1***
RS	control	95.5 ± 18.5***	11.0 ± 3.0***	1.8 ± 0.4	4.9 ± 2.4	1.0 ± 0.5***	12.2 ± 2.5***
	hozado	24.0 ± 11.1***	6.5 ± 2.2***	1.6 ± 0.3	3.8 ± 1.0	0.4 ± 0.2***	7.1 ± 3.1***
FE	control	71.5 ± 21.5***	6.0 ± 3.0*	1.0 ± 0.6	2.3 ± 1.1*	2.5 ± 0.5***	9.6 ± 1.6***
	hozado	21.0 ± 8.9***	5 ± 3.0*	1.3 ± 0.4	3.1 ± 1.3*	0.4 ± 0.3***	3.4 ± 2.0***
FP	control	98.0 ± 27.4***	12.0 ± 7.4***	1.8 ± 0.8	4.2 ± 3.2	1.8 ± 0.6***	4.8 ± 4.5
	hozado	36.5 ± 14.1***	8 ± 3.7***	1.7 ± 0.5	4.2 ± 1.7	0.9 ± 0.4***	4.5 ± 2.8

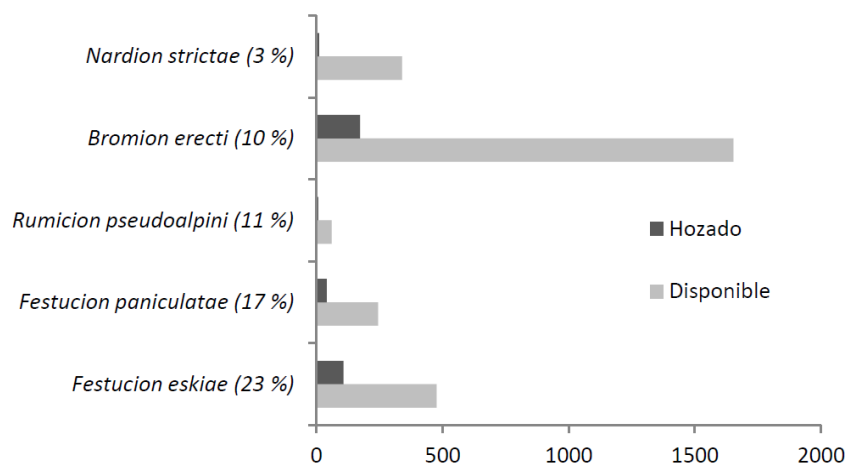


Figura 1. Extensión de las hozaduras de jabalí en los pastos más afectados en el verano de 2005. Los cinco tipos de pasto albergan el 98 % de las perturbaciones en las zonas de estudio. El porcentaje se refiere al área hozada con respecto al área disponible en hectáreas.

Impacto sobre el valor ecológico y pastoral de las comunidades

El jabalí selecciona zonas con alto valor pastoral y valor ecológico medio, mientras evita las de valores ecológicos altos y valores pastorales bajos y medios (Figura 2).

La pérdida de valor pastoral causado por las hozaduras reduce la superficie efectiva de pastoreo, en especial la del ganado vacuno, con una disminución general de la cobertura vegetal y las especies de mayor valor forrajero (Bueno *et al.*, 2010 y 2011a).

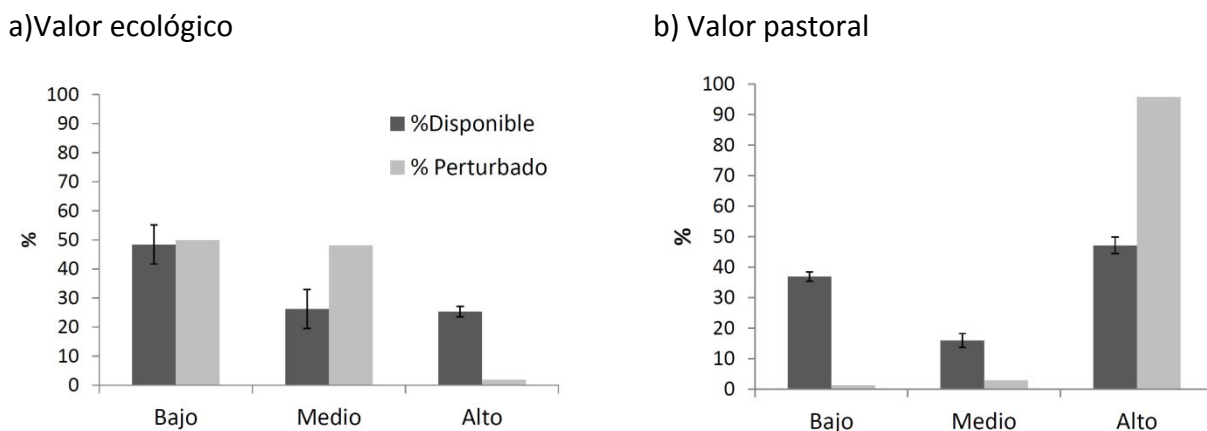


Figura 2. Selección del lugar de perturbación del jabalí en función del valor ecológico y pastoral en Góriz y Sesa (Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido). Las barras indican el porcentaje de territorio disponible (gris oscuro) y hozado (gris claro), mientras que la barra de error indica el intervalo de selección de *Bonferroni*. Valores de porcentaje de perturbación por encima del intervalo de error indica una fuerte selección por esa categoría y lo opuesto para valores inferiores al intervalo de error.

CONCLUSIONES

Las hozaduras de jabalí modifican la organización espacial de los pastos, su estructura y composición florística y reducen su valor ecológico y forrajero. En los pastos alpinos estudiados en el Pirineo central, la remoción del suelo afecta superficies notables, especialmente en las zonas pastadas por el ganado vacuno. Sin embargo, desde una perspectiva ecológica y a pesar del impacto visual de las hozaduras, hay que señalar el papel de las perturbaciones animales en el ciclo de nutrientes y la dinámica vegetal, especialmente en las comunidades con menor presión de pastoreo, donde la remoción del suelo incrementa la heterogeneidad ambiental y promueve su dinámica. Dado que la intensidad y extensión de la perturbación encontrada en las zonas estudiadas parece sobrepasar la capacidad de recuperación de los pastos pirenaicos, nuestros estudios sugieren un potencial manejo de la actividad hozadora en dichos pastos para evitar procesos de degradación.

Completar el conocimiento y tratar de ajustar las distintas consecuencias sobre los ecosistemas pastorales que ocasiona la actividad del jabalí con el control demográfico de sus poblaciones - aunando uso y conservación-, constituye un reto difícil y necesario para la gestión de los territorios de montaña; especialmente, en los Espacios Naturales Protegidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benito J.L. (2006). Vegetación del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Sobrarbe, Pirineo Central Aragón). Zaragoza: Publicaciones del Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón.
- Bueno C.G. (2011) Las perturbaciones de jabalí en los pastos alpinos del Pirineo central: una aproximación multiescalar. Tesis doctoral inédita. Zaragoza.

- Bueno C.G., Alados C.L., Gómez-García D., Barrio I.C. y García-González R. (2009) Understanding the main factors in the extent and distribution of wild boar rooting on alpine grasslands. *Journal of Zoology* 279, 195-202.
- Bueno C.G., Barrio I.C., García-González R., Alados C.L. y Gómez-García D. (2010) Does wild boar rooting affect livestock grazing areas in alpine grasslands?. *European Journal of Wildlife Research* 56(5), 765-770.
- Bueno C. G., Barrio I.C., García-González R., Alados C.L. y Gómez García. D. (2011a) Assessment of wild boar rooting on ecological and pastoral values of alpine Pyrenean grasslands. *Pirineos* 166, 51-67.
- Bueno C. G., Reiné R., Alados C.L. y Gómez-García D. (2011b) Effects of large disturbances on alpine soil seed banks in Pyrenean grasslands. *Basic and Applied Ecology* 12(2), 125-133.
- Bueno, G., Azorin, J., Gómez García, D., Alados, C.L., Badia Villas, D. (2013) Occurrence and intensity of wild boar disturbances, effects on the physical and chemical soil properties of alpine grasslands. *Plant & Soil* 373, 243–256.
- Canals R.D., Herman D.J. y Firestone M.K. (2005) How disturbance by fossorial mammals alters N cycling in a California annual grassland. *Ecology* 84 (4): 875-881.
- García-González R., Alados C.L., Bueno G., Fillat F., Gartzia M., Gómez D., Komac B., Marinas A. y Saint-Jean N. (2007) Valoración ecológica y productiva de los pastos supraforestales en el P. N. de Ordesa y Monte Perdido. En: Ramirez L. y Asensio B. (eds.). *Proyectos de investigación en Parques Nacionales 2003-2006*. pp: 105-128.
- Fernández-Giménez M. E. y Fillat F. (2012) Pyrenean pastoralists observations of environmental change: an exploratory study in Los Valles Occidentales of Aragón. *Pirineos* 163, 143-163.
- Fillat R., García-González R., Gómez, D. y Reiné R. (ed.). (2008) *Pastos del Pirineo* 314 pp. CSIC - Diputación Provincial de Huesca, Huesca.
- Gómez D., Borghi C.E. y Gannoni, S.M. (1995) Vegetation differences caused by pine vole mound building in subalpine plant communities in the Spanish Pyrenees. *Vegetatio* 117, 61-67.
- Herrero J., Irizar I., Laskurain N.A., García-Serrano A. y García-González R. (2005) Fruits and roots: Wild boar foods during the cold season in the southwestern Pyrenees. *Italian Journal of Zoology* 72, 49-52
- Hone J. (2002) Feral pigs in Namadgi National Park, Australia: dynamics, impacts, and management. *Biological Conservation* 105, 231-242.
- Kotanen P.M. (1995) Responses of vegetation to changing regime of disturbance: effects of feral pigs in a Californian coastal prairie. *Ecography* 18(2), 190-199.
- Laska G. (2001) The disturbance and vegetation dynamics: a review and an alternative framework. *Plant Ecology* 157, 77-99.
- Massei G., Kindberg J., Licoppe A., Gačić D., Šprem N., Kamler J. y Baubet, E. (2015) Wild boar populations up, numbers of hunters down? A review of trends and implications for Europe. *Pest Management Science* 71 (4), 492-500.
- Remón J.L. y Gómez D. (1989) Comunidades vegetales y su distribución altitudinal del Puerto de Aisa. *Acta Biologica Montana* 9, 283-290.

Welander J. (2000) Spatial and Temporal Dynamic of a Disturbance Regime: Wild boar (*Sus scrofa* L.) rooting and its effects on plant species diversity. Dept. of Conservation Biology, Swedish University of Agricultural Sciences. Unpublished PhD thesis.

CONTRIBUCIÓN DE LA GANADERÍA CAPRINA EN LA DISPERSIÓN DE ESPECIES DEL MATORRAL MEDITERRÁNEO

D. GRANDE CANO¹, J.M. MANCILLA-LEYTÓN², A. MARTÍN VICENTE³, M. DELGADO-PERTÍÑEZ²

¹Área de Sistemas de Producción Agropecuarios. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. 09340 Ciudad de México (México). ²Departamento de Ciencias Agroforestales. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica. Universidad de Sevilla. 41013 Sevilla (España). ³Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Facultad de Biología. Universidad de Sevilla. 41080 Sevilla (España).

Correspondencia: ifig@xanum.uam.mx

RESUMEN

Los herbívoros pueden jugar un papel importante en la dispersión de semillas, y las cabras tienen potencial para dispersar semillas de pastos y arbustos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el papel de las cabras domésticas como dispersoras de semillas de cinco especies forrajeras arbustivas mediterráneas (*Cistus albidus* L., *Phillyrea angustifolia* L., *Calicotome villosa* (Poir.) Link., *Rhamnus lycioides* L. y *Atriplex halimus* L.). Después de su ingestión por cabras, se recolectaron todas las heces a intervalos de 24 h durante cinco días. *C. albidus* y *C. villosa* registraron los mayores porcentajes de recuperación de semillas (35,9 y 23,8%, respectivamente). El paso a través del intestino de las cabras incrementó significativamente la germinación de semillas de *P. angustifolia*, y redujo la germinación de las otras especies. No se registró emergencia de plántulas en las heces intactas para ninguna de las especies estudiadas, y solo en las heces disgregadas se encontraron plántulas emergidas de *C. villosa* y *A. halimus*, siendo estas emergencias generalmente menores que las semillas control. Los resultados sugieren que las cabras pueden potencialmente favorecer la dispersión de semillas de arbustivas mediterráneas como *C. villosa* y *A. halimus*, y utilizarse como una herramienta de manejo para expandir poblaciones de arbustivas.

Palabras clave: endozoocoria, germinación de semillas, emergencia de plántulas

SUMMARY

Herbivores can play an important role in seed dispersal, and goats have the potential to disperse seeds from grasses and shrubs. The objective of this research was to evaluate the role of domestic goats as seed dispersers of five Mediterranean shrub forage species (*Cistus albidus* L., *Phillyrea angustifolia* L., *Calicotome villosa* (Poir.) Link., *Rhamnus lycioides* L. and *Atriplex halimus* L.). After their ingestion by goats, all feces were collected at 24 hour intervals for five days. *C. albidus* and *C. villosa* showed the highest seed recovery percentages (35.9 and 23.8%, respectively). Passage through the goat digestive system significantly increased seed germination of *P. angustifolia*, and reduced the germination of the other species. There was no seedling emergence in the intact feces for any studied species, and only seedlings emerging from *C. villosa* and *A. halimus* were found in crumbled feces; these were generally smaller than the control seeds. The results suggest that goats may potentially favor dispersal of Mediterranean shrub seeds such as *C. villosa* and *A. halimus*, and may be used as a management tool to expand shrub populations.

Keywords: endozoochory, seed germination, seedling emergence

INTRODUCCIÓN

La endozoocoria se ha estudiado extensamente y en los últimos tiempos ha ganado importancia. El papel de los mamíferos herbívoros como dispersores endozoócoros de semillas ha sido resaltado (Myers *et al.*, 2004), y en varios estudios se ha demostrado la presencia de semillas en el excremento de herbívoros domésticos (Manzano *et al.*, 2005; Ramos *et al.*, 2006; Mancilla-Leytón *et al.*, 2011). Adicionalmente, varias características de las semillas como el tamaño, dureza, forma y el fruto, en el cual están contenidas, son factores muy importantes que también afectan la dispersión de semillas por los animales (Janzen, 1986). Debido a que los mamíferos herbívoros tienen un largo tiempo de residencia de los alimentos en su aparato digestivo (24-72 h) (Olson y Wallander, 2002) y pueden desplazarse a largas distancias (Klein, 1981), pueden promover la rápida dispersión de poblaciones de plantas.

Debido a su particular hábito de alimentación y comportamiento como ramoneadores (Milne, 1991), los herbívoros, y dentro de ellos las cabras domésticas, pueden ser dispersores potenciales de semillas. En España se ha estudiado su papel como dispersoras de arbustos leguminosos como *Adenocarpus decorticans* o *Retama sphaerocarpa* (Robles *et al.*, 2005), y de arbustos Mediterráneos como *Cistus salvifolius*, *Halimium halimifolium*, *Myrtus communis* y *Pistacia lentiscus* (Mancilla-Leytón *et al.*, 2011). Sin embargo, la información disponible sobre otros arbustos mediterráneos comúnmente consumidos por las cabras es limitada, y en general se ha puesto poca atención a su papel como dispersoras de semillas de las especies arbustivas que ramonean.

De acuerdo con las anteriores consideraciones, los objetivos de este estudio fueron determinar si el paso por el tracto digestivo de cabras afecta la germinación de las semillas de cinco especies arbustivas comunes en las zonas mediterráneas (*Cistus albidus* L., *Phillyrea angustifolia* L., *Calicotome villosa* (Poir.) Link., *Rhamnus lycioides* L. y *Atriplex halimus* L.), y si la inclusión de las semillas en las heces de las cabras tiene efectos en la emergencia de plántulas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron semillas de cinco forrajeras arbustivas representativas del matorral mediterráneo obtenidas de un vivero forestal, sin ningún tratamiento previo: *Cistus albidus* L. (Familia Cistaceae), *Phillyrea angustifolia* L. (Oleaceae), *Calicotome villosa* (Poir.) Link. (Fabaceae), *Rhamnus lycioides* L. (Rhamnaceae) y *Atriplex halimus* L. (Chenopodiaceae). Las especies se eligieron, además de por ser ramoneadas por cabras, por su presencia común en los matorrales mediterráneos. Las semillas se suministraron a seis cabras hembras adultas vacías de raza Payoya de similar peso y edad (40 kg de peso promedio y 3 años de edad). Las cabras se mantuvieron en jaulas metabólicas individuales con una trampa recolectora de heces en el fondo y en su manejo se cumplió la legislación para la protección de animales usados en experimentación. Al inicio del experimento, a cada uno de los animales se les proporcionaron en forma conjunta y en un solo día 5000 semillas de cada una de las especies, excepto *C. villosa*, de la que solo se ofrecieron 1388 semillas. Para facilitar su ingestión las semillas se mezclaron con 250 g de grano de cebada. Los animales tuvieron acceso a heno de alfalfa y agua *ad libitum* y se comprobó el consumo total de las semillas. Después de la ingestión de las semillas, todas las heces producidas por las cabras se recolectaron cada 24 horas durante 5 días. Las heces se secaron a temperatura ambiente y se almacenaron en el laboratorio. Posteriormente se pesaron 10 muestras de heces de 4 g de cada día de recolección, las cuales se desmenuzaron manualmente, y se identificaron y contaron las semillas contenidas de cada una de las arbustivas consumidas (Mancilla-Leytón *et al.*, 2012).

Germinación de las semillas después de su paso por el intestino

La germinación de las semillas recuperadas en los dos intervalos de tiempo con mayor recuperación (24-48 y 48-72h) se comparó con la de semillas no consumidas. Los tratamientos fueron: i) Control: semillas sin consumir; ii) 24-48h: semillas recuperadas a las 24-48h tras la ingestión; y iii) 48-72h: semillas recuperadas en el segundo tiempo con mayor recuperación. Las semillas se colocaron en un germinador (ASL Aparatos Científicos M-92004, Madrid, España) durante 60 días bajo un régimen de 12 h de luz (25°C, 35 mol m⁻² s⁻¹, 400-700 nm) y 12 h de oscuridad (12°C).

Emergencia de plántulas en el estiércol

La capacidad de las semillas para emerger y establecerse como plántulas en el interior de las heces fue evaluada mediante un experimento de invernadero. Se realizaron tres tratamientos, con ocho macetas en cada uno de ellos: 1) Control: semillas no ingeridas; 2) Heces intactas: se colocaron 12 g de heces intactas sobre la superficie de las macetas (arena y vermiculita) y 3) Heces disgregadas: donde se colocaron también 12 g y se simuló el desmoronamiento bajo condiciones naturales (p.e. la lluvia o el pisoteo del estiércol por los animales). Los 12 g de heces son suficientes en este tipo de evaluaciones (Mancilla-Leytón *et al.*, 2012). Ambos tratamientos de heces se realizaron en los dos intervalos con mayor recuperación (24-48 y 48-72h) y las heces se tomaron de los seis animales. Las macetas se colocaron aleatoriamente en el invernadero a temperaturas de día/noche de 25/15°C y se regaron periódicamente. La emergencia de las semillas fue revisada diariamente durante 60 días. El porcentaje de plántulas establecidas (PE) al final del período de muestreo se estimó para cada una de las especies mediante la fórmula: $PE = 100 \cdot Se / 3 \cdot Sr$, donde *Se* es el número promedio de plántulas establecidas de las especies, y *Sr* es el número promedio de semillas encontradas en 4 g de heces (basado en 20 submuestras) (Mancilla-Leytón *et al.*, 2012).

Análisis de datos

Los datos sobre el porcentaje de recuperación, semillas germinadas y el porcentaje de emergencia de plántulas de las diferentes especies en las heces intactas y disgregadas fueron evaluados estadísticamente con ANOVA, de una sola vía y la obtención de las diferencias entre tratamientos se hizo mediante la prueba de Tukey. Para todos los análisis estadísticos se utilizó el programa SPSS 23.0 para Windows.

RESULTADOS

El porcentaje total de recuperación de semillas varió ampliamente entre las especies; *C. albidus* registró los mayores porcentajes de recuperación (35,9%), mientras *R. lycioides* registró el más bajo (1,3 %, Tabla1). La mayor recuperación de semillas en la mayoría de las especies se registró a las 24-48 y 48-72 horas después de su ingestión (Tabla 1).

El porcentaje de recuperación pudo estar relacionado con las características de las semillas de las diferentes especies. Los porcentajes de semillas de *C. albidus* recuperadas de las heces de cabras fueron similares a los obtenidos para las semillas de *C. salvifolius* por Mancilla-Leytón *et al.* (2011), y pueden relacionarse con su tamaño pequeño y la dureza de sus semillas, característica de la familia Cistaceae. En cuanto a los porcentajes de semillas recuperadas de *C. villosa* son similares a los de otras leguminosas arbustivas como *Cajanus cajan* y *Lotononis bainesii* consumidas por vacas (Gardener *et al.*, 1993a), mientras que las semillas recuperadas de las otras tres especies fueron más bajas que las obtenidas para otras especies arbustivas consumidas por ovejas o cabras (Manzano *et al.*, 2005; Mancilla-Leytón *et al.*, 2011).

Tabla 1. Porcentajes de semillas recuperadas de especies arbustivas a diferentes intervalos después de su ingestión.

Especies	Tiempos de recuperación (horas)					% total de semillas Recuperadas
	0-24	24-48	48-72	72-96	96-120	
<i>Calicotome villosa</i>	1,3	10,5	7,8	3,8	0,4	23,8 a*
<i>Atriplex halimus</i>	0,3	1,6	1,7	0,4	0,0	4,0 b
<i>Cistus albidus</i>	0,1	10,1	13,2	7,9	4,6	35,9 a
<i>Phillyrea angustifolia</i>	0,0	0,3	1,0	0,9	0,6	2,8 b
<i>Rhamnus lycioides</i>	0,0	0,8	0,5	0,0	0,0	1,3 b

*Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey $\leq 0,05$) (n=6).

La mayor recuperación de semillas en las heces durante las primeras 48 horas, coincide con el tiempo de retención del alimento característico en los ungulados (Gardener *et al.*, 1993b; Olson y Wallander, 2002), aunque en algunas especies aparecieron durante el tercer, cuarto y quinto día. Con base en el patrón de distribución temporal y la distribución de las semillas en las heces, es factible la dispersión en un área amplia después de la ingesta.

Germinación de las semillas después de su paso por el intestino

Sólo se incrementó significativamente ($p \leq 0.05$) la germinación de las semillas de *P. angustifolia*, mientras que se redujo en las semillas de las otras cuatro especies en comparación con el control, aunque sin diferencias estadísticamente significativas (Tabla 2). La nula germinación de las semillas control de *P. angustifolia* se explica porque las semillas de dicha especie presentan letargo y para romperlo se requieren tratamientos pregerminativos con agua caliente, solución de ácido sulfúrico o una combinación de ambos. Al contrario de lo esperado, el paso a través del sistema digestivo de las cabras no mejoró la germinación de las semillas de *C. albidus*, como también se ha reportado para otras especies de Cistaceae (Manzano *et al.*, 2005; Ramos *et al.*, 2006). Esto puede ser parcialmente explicado por la dormancia primaria de la semilla (dormancia física) impuesta por la dura cubierta de la semilla (Baskin *et al.*, 2000), característica de ésta familia botánica.

Emergencia de plántulas

El porcentaje de emergencia desde las heces se calculó a partir de las estimas de recuperación para los 12 gramos puestos en las macetas. En *C. villosa* y *A. halimus* el porcentaje de emergencia fue manifiestamente mayor en las heces disgregadas que en las intactas. Ninguna de las especies presentó emergencia de plántulas en las heces intactas (Figura 1). Esto probablemente puede ser debido a la mayor capacidad de retención de agua de las heces disgregadas (Traveset *et al.*, 2001; ver también resultados similares en Malo y Suárez, 1998). La apretada estructura de las heces actúa como una barrera mecánica para la emergencia de plántulas. El porcentaje más alto de emergencia se registró en *A. halimus* (57,5%) y el más bajo en las semillas de *C. albidus* (6,2%). La emergencia de plántulas en las heces disgregadas solo se registró en las semillas de *C. villosa* y *A. halimus* recuperadas a las 24-48 y 48-72 h después de su ingestión (Figura 1). La emergencia de plántulas en las semillas de *C. villosa* recuperadas de heces disgregadas en el intervalo de 24-48 h fue ligeramente mayor que las semillas control, aunque sin diferencias significativas ($p \geq 0.05$). Esta especie mostró una emergencia de plántulas significativamente menor en las semillas recuperadas en el intervalo de 48-72 h (10.8%) (Figura 1). Por otra parte, la emergencia de plántulas fue significativamente más baja en las semillas de *A. halimus* recuperadas en los intervalos de 24-48 h (6.9%) y 48-72 h (3.7%) en comparación con las semillas control (57.5%) (Figura 1).

Tabla 2. Porcentajes de germinación de semillas control y defecadas de las especies arbustivas 24-48 y 48-72 horas después de su ingestión.

Especies	Tratamientos		
	Control	24-48 h	48-72 h
<i>Calicotome villosa</i>	83,3	66,7	75,0
<i>Atriplex halimus</i>	73,3	47,5	42,5
<i>Cistus albidus</i>	13,3	5,0	1,7
<i>Phillyrea angustifolia</i> *	0,0 a	5,0 b	7,1 b
<i>Rhamnus lycioides</i>	3,3	0,0	0,0

* Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (Tukey ≤ 0.05)

CONCLUSIONES

Aunque los porcentajes de recuperación y posterior emergencia son bajos, en términos absolutos, podemos decir que diversas cantidades de semillas, por ejemplo de *C. villosa* y *A. halimus*, pueden establecerse a partir de las heces. Con excepción de *R. lycioides*, el reparto secuencial de los tiempos de liberación de las semillas del resto de especies puede garantizar su dispersión a zonas diferentes y distantes del lugar de consumo. La dispersión de las semillas hasta lugares alejados del sitio de consumo puede ser particularmente importante en los rebaños caprinos manejados extensivamente ya que pueden desplazarse a distancias considerables durante los períodos de tiempo señalados, lo que contribuiría a la diseminación en el campo de las plantas estudiadas. Así mismo, el material fecal puede proporcionar un microambiente propicio para la germinación, con un efecto de fertilización en el suelo y confiriéndole un mayor vigor a las plántulas gracias a la disponibilidad de nutrientes (N, P y C orgánico). Se necesitan futuros estudios relacionados con la dispersión y la interacción planta-ungulado doméstico (distancia de dispersión, fertilización por heces, disminución de la competencia, etc.).

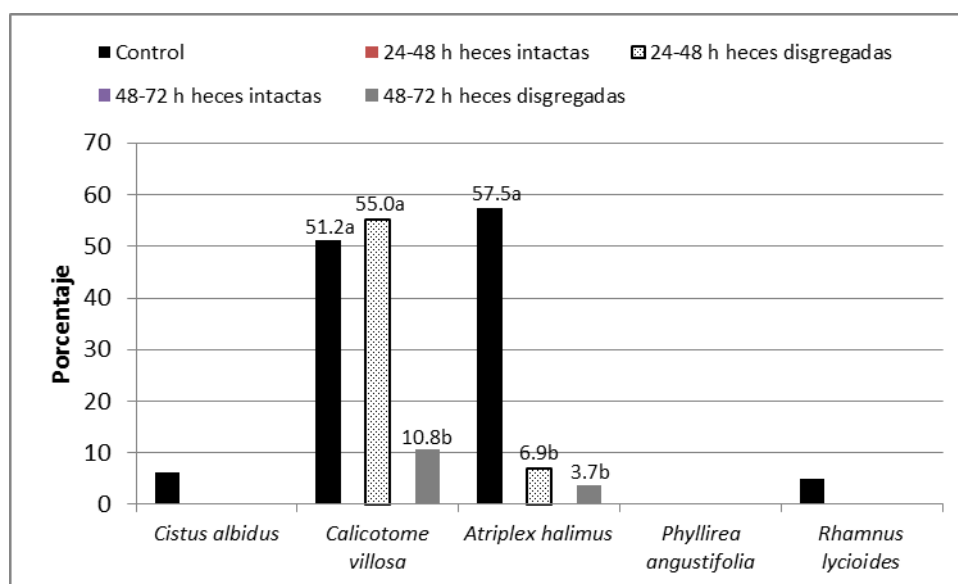


Figura 1. Porcentajes de emergencia de plántulas de las especies arbustivas emergidas de heces intactas y disgregadas colectadas 24-48 y 48-72 horas después de su ingestión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baskin J.M., Baskin C.C. y Li X. (2000) Taxonomy, anatomy and evolution of physical dormancy in seeds. *Plant Species Biology*, 15, 139-152.

- Gardener C.J., McIvor J.G. y Jansen A. (1993a) Passage of legume and grass seeds through the digestive tract of cattle and their survival in faeces. *Journal of Applied Ecology*, 30, 63-74.
- Gardener C., McIvor J. y Jansen A. (1993b) Survival of seeds of tropical grassland species subjected to bovine digestion. *Journal of Applied Ecology*, 30, 75-85.
- Janzen D.H. (1986) Mice, big mammals and seeds: it matters who defecates what and where. In: Frugivores and seed dispersal (Estrada A., Fleming T.H., Eds). W. Junk, Dordrecht, NL. pp: 251-271.
- Klein J. (1981) La Mesta. Alianza Editorial, Madrid.
- Malo J.E. y Suárez F. (1998) The dispersal of a dry-fruited shrub by red deer in a Mediterranean ecosystem. *Ecography*, 21, 204-211.
- Mancilla-Leytón J.M., Fernández-Alés R. y Martín Vicente A. (2011) Plant-ungulate interaction: goat gut passage effect on survival and germination of Mediterranean shrub seeds. *Journal of Vegetation Science*, 22, 1031-1037.
- Mancilla-Leytón J.M., Fernández-Alés R. y Martín Vicente A. (2012) Low viability and germinability of commercial pasture seeds ingested by goats. *Small Ruminant Research*, 107, 12-15.
- Manzano P., Malo J.E. y Peco B. (2005) Sheep gut passage and survival of Mediterranean shrub seeds. *Seed Science Research*, 15, 21-28.
- Milne J.A. 1991. Diet selection by grazing animals. *Proceedings of the Nutrition Society*, 50, 77-85.
- Myers J.A., Vellend M., Gardescu S. y Marks P.L. (2004) Seed dispersal by white-tailed deer: implications for long distance dispersal invasion and migration of plants. *Oecologia*, 139, 35-44.
- Olson B.E. y Wallander R.T. (2002) Does ruminal retention time affect leafy spurge seed of varying maturity? *Journal of Range Management*, 55, 65-69.
- Ramos M.E., Robles A.B. y Castro J. (2006). Efficiency of endozoochorous seed dispersal in six dry-fruited species (Cistaceae): from seed ingestion to early seedling establishment. *Plant Ecology*, 185, 97-106.
- Robles A.B., Castro J., González Miras E. y Ramos M.E. (2005) Effects of ruminal incubation and goat's ingestion on seed germination of two legume shrubs. *Options Méditerranéennes Ser. A*, 67, 111-115.
- Traveset A., Bermejo T. y Willson M. (2001) Effect of manure composition on seedling emergence and growth of two common shrub species of Southeast Alaska. *Plant Ecology*, 155, 29-34.

COLONIZACIÓN DE PASTOS POR QUERCUS ILEX L. MEDIANTE PROCESOS DE FACILITACIÓN

A. PALMA GUILLÉN¹, E. BARAZA², J. BARTOLOMÉ FILELLA³

¹ IRTA Amposta. Carretera de Balada, km. 1. 43870 Amposta, Tarragona (España). ² Departament de Biologia, Universitat de les Illes Balears, Ctra. de Valldemossa km 7,5. 07122 Palma de Mallorca (España). ³ Departament de Ciència Animal i dels Aliments. Facultat de Veterinària. Universitat Autònoma de Barcelona. 08193 Bellaterra, Barcelona (España).

Correspondencia: alfredop13@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar el grado de facilitación que representan los arbustos del ecotono encinar-pasto para la colonización de los pastos por parte de la encina (*Quercus ilex* L.). El estudio se llevó a cabo en el altiplano de La Calma en el Parque Natural del Montseny (Cataluña). En una franja del ecotono de 1000 m² se tomaron medidas estructurales de todos los arbustos y de sus encinas huésped cuando las había. Los resultados mostraron una correlación positiva y significativa entre el número de plántulas de encina en el interior del arbusto y su tamaño. Las especies con mayor probabilidad de albergar encinas bajo la copa fueron *Juniperus communis* L. spp. *communis* y *Erica scoparia* L., mientras que la menor probabilidad se detectó en los individuos adultos aislados de la misma encina. La distancia del arbusto al bosque no presentó ninguna correlación con el número de encinas en su interior.

Palabras clave: *Juniperus communis*, *Erica scoparia*, encinar, matorralización, ecotono

SUMMARY

The objective of this work was to determine the degree of facilitation represented by shrubs of the ecotone holm oak-pasture for the colonization of the pastures by holm oak (*Quercus ilex* L.). The study was carried out in the plateau of La Calma in the Natural Park of Montseny (Catalonia). In a 1000 m² strip of the ecotone structural measures were recorded of all the shrubs and their host oaks when they were within the strip. The results showed a positive and significant correlation between the number of saplings of holm oak inside the shrub and their size. The species most likely to harbor oaks under the crown were *Juniperus communis* L. spp. *communis* and *Erica scoparia* L., while the lowest probability was detected in isolated adult individuals from the same holm oak. The distance of the shrub to the forest had no correlation with the number of holm oaks inside.

Key Words: *Juniperus communis*, *Erica scoparia*, holm oak, shrub encroachment, ecotone

INTRODUCCIÓN

Las interacciones de facilitación entre las plantas suceden cuando una planta “hospedadora” modifica, directa o indirectamente, las condiciones bióticas o abióticas y consecuentemente aumenta la capacidad de supervivencia de la planta huésped (Bertness y Callaway, 1994; Brooker y Callaghan, 1998). La disminución de las quemadas controladas para la mejora de pastos de montaña implica un incremento en la matorralización (Bartolomé *et al.*, 2004) y esto a su vez puede favorecer la colonización de especies arbóreas mediante procesos de facilitación, sobre todo en las zonas de ecotono entre bosque y pasto (Camarero y Gutiérrez, 1999). Este fenómeno ha sido poco estudiado en las montañas mediterráneas, por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar el grado de facilitación que representan los arbustos para la encina (*Quercus ilex* L.). En concreto en el ecotono

entre encinares de montaña (*Quercetum mediterraneo-montanum*) y pastos de la clase fitosociológica *Festuco-Brometea* y en especial en zonas donde las quemadas periódicas para la mejora de pastos han sido prohibidas, como ocurre el Parque Natural del Montseny.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El muestreo de campo se realizó, entre enero y febrero de 2006, en la finca La Cortada dentro del Parque Natural del Montseny en el altiplano de La Calma (latitud 41° 47' 23,30" N, longitud 2° 20' 29,73" E), a una altitud de 1100 m s.n.m. El clima es templado con una precipitación media anual de 800 mm, una temperatura estival entre 18°C y 32°C y una invernal entre -4°C y 14°C. En la finca, de unas 700 ha, el encinar (*Quercetum mediterraneo-montanum*) representa las dos terceras partes del territorio y los pastos el resto. La finca está pastoreada durante todo el año por un rebaño de unas 300 ovejas de raza Ripollés y 100 cabras de raza Blanca de Rasquera y Murciano-Granadina. En esta zona, se delimitaron dos parcelas de 50 x 10 m con vegetación y cobertura similares, separadas 200 m entre sí, paralelas al contorno del bosque, que totalizaban un área de estudio de 1000 m². El desnivel de las parcelas no superaba el cinco por ciento. El área presentaba una cubierta continua de pasto perteneciente a la clase fitosociológica *Festuco-Brometea*, donde las herbáceas dominantes eran *Festuca ovina* L. y *Agrostis capillaris* L. Las especies arbustivas presentes eran: *Erica arborea* L., *Erica scoparia* L., *Juniperus communis* L. spp. *communis* y *Calluna vulgaris* L. (Hull). Como especie arbórea, el área de estudio presentaba algunos pies dispersos de encina (*Quercus ilex* L.).

Se llevó a cabo un estudio de todas las plantas leñosas en toda la superficie, tomando medidas de las siguientes variables: el diámetro del tronco mayor en la base, medido con un pie de rey; el diámetro de la copa, la altura total, medidas con una cinta métrica de 5 m y la distancia al bosque, que se tomó con una cinta métrica de 25 m. Se registró el número de plántulas huéspedes de *Quercus ilex* bajo la copa de los distintos arbustos y de las encinas adultas.

Análisis estadístico

Para analizar las diferencias entre especies en el número de encinas que crecían bajo su copa se realizó un test no paramétrico de Kruskal-Wallis. La relación entre el diámetro del tronco, el diámetro de la copa, la altura y la distancia al bosque con el número de encinas bajo la copa se analizó mediante correlaciones no paramétricas de Spearman.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total se registraron 326 individuos de plantas leñosas entre ambas parcelas, lo que implica una densidad de 3260 individuos por hectárea. Existen diferencias estadísticamente significativas (Kruskal-Wallis $\chi^2=21,139$; g.l.=4; $p=0,0003$) entre especies en cuanto al número de encinas que crecen bajo ellas.

La menor probabilidad de encontrar juveniles de encina es bajo las propias encinas, donde no se encontró ninguna plántula. Mientras que *Juniperus communis*, con un 28.125% de individuos con "huésped" y *Erica scoparia* con un 27.16% son las especies que presentaron mayor probabilidad de "hospedar" encinas bajo su copa (Figura 1). Les siguieron *Erica arborea* con un 20% y a más distancia *Calluna vulgaris* con sólo un 9.61%. Sin embargo, el número de encinas encontrado bajo la copa de un mismo individuo de estas dos últimas especies fue mayor (Figura 1).

La distancia al bosque no mostró relación significativa con el número de plántulas de encinas que presentan los matorrales bajo su copa, mientras que el tamaño del matorral (diámetro de la copa, altura y diámetro del tallo) si muestran correlaciones positivas y significativas (Tabla 1).

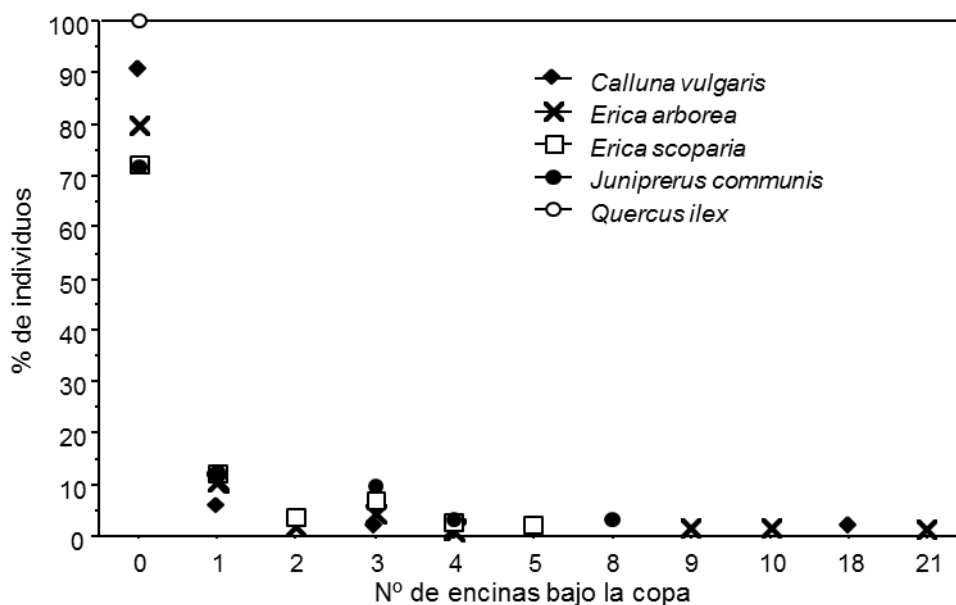


Figura 1. Porcentaje de individuos de cada especie que presenta huéspedes (en el eje de las Y) y cantidad de plántulas de encina bajo su copa (en el eje de las X).

Tabla 1. Resultados de la correlación no paramétrica de Spearman entre el tamaño del matorral (Diámetro (D) del tallo, D mayor de la copa o Altura) y el número de plantones de encina bajo su copa (nº de huéspedes).

Variable	Variable	Spearman p	Prob > p
Nº huéspedes	D tallo	0,305	<0,0001*
Nº huéspedes	D copa	0,325	<0,0001*
Nº huéspedes	Altura	0,313	<0,0001*
Nº huéspedes	Dist. bosque	-0,010	0,853

Se observó un proceso de colonización por parte de la encina en las zonas del ecotono entre bosque y pasto. En total se contabilizaron 200 individuos en toda el área estudiada, lo que significa una densidad de 2000 plántulas de encina/ha. De estas el 75% se encontraban debajo de la copa de algún arbusto que ejercía el papel de hospedador. Esta relación positiva entre hospedador y huésped se ha observado en trabajos realizados con otras especies (ver la revisión de Brooker *et al.*, 2008), y también en trabajos realizados con encinas (Smit *et al.*, 2008), donde se muestra la importancia de los arbustos en la regeneración del encinar. Sin embargo, poco se conocía del papel de especies arbustivas en el proceso de colonización de pastos de montaña por el encinar (Richard *et al.* 2009). Este proceso facilitador requiere que las especies hospedadoras sean menos palatables que las especies huésped (Baraza *et al.*, 2006). Estudios anteriores en la misma área de estudio (Bartolomé *et al.*, 1998) mostraron que la encina es mucho más abundante en la dieta de ovejas y cabras que las dos especies con más probabilidad de hospedar, *Erica scoparia* o *Juniperus communis*. Sin embargo, no ocurre lo mismo con *Erica arborea* y *Calluna vulgaris*, lo cual podría explicar su menor papel como hospedadoras.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se puede concluir que los arbustos del ecotono entre el encinar de montaña y los pastos facilitan la colonización de la encina. Para evitar este proceso es necesario controlar las especies hospedadoras. En el pasado esto se realizaba mediante quemas controladas, pero la normativa de protección del Parque Natural del Montseny ha prohibido las quemas desde su creación, en los años 70. Considerando que la figura de Parque Natural pretende conservar la biodiversidad del territorio y que los pastos culmíales del macizo contribuyen en gran medida a esta biodiversidad, es necesaria una revisión de las estrategias de conservación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baraza, E., Zamora, R., & Hódar, J.A. (2006) Conditional outcomes in plant–herbivore interactions: neighbours matter. *Oikos*, 113: 148–156.
- Bartolomé, J., Franch, J., Plaixats, J., and Seligman, N.G. (1998) Diet selection by sheep and goats on Mediterranean heath-woodland range. *Journal of Range Management*, 51:383-391.
- Bartolomé, J., Plaixats, J., Fanlo, R., Boada, M. (2005) Conservation of isolated Atlantic heathlands in the Mediterranean region: effects of land-use changes in the Montseny biosphere reserve (Spain). *Biological Conservation*, 122:81-88.
- Bertness, M.D. & Callaway, R. (1994) Positive interactions in communities. *Trends in ecology and evolution*, 9:191-193.
- Brooker, R.W., Maestre, F.T., Callaway, R.M., Lortie, C. L., Cavieres, L.A., Kunstler, G., et al. (2008) Facilitation in plant communities: the past, the present, and the future. *Journal of Ecology*, 96:18–34.
- Brooker, R. W., & Callaghan, T. V. (1998) The balance between positive and negative plant interactions and its relationship to environmental gradients: a model. *Oikos*, 81:196-207.
- Camarero, J.J. y Gutiérrez, E. (1999) Estructura de un ecotono bosque subalpino –pastos alpinos (Las Cutas, Ordesa, Pirineos Centrales). *Pirineos*, 153-154: 21-59
- Richard, F.; Selosse, M.A. and Gardes, M. (2009) Facilitated establishment of *Quercus ilex* in shrub-dominated communities within a Mediterranean ecosystem: do mycorrhizal partners matter? *FEMS Microbiol Ecol*, 68: 14–24.
- Smit, C., den Ouden J., Díaz M. (2008) Facilitation of *Quercus ilex* recruitment by shrubs in Mediterranean open woodlands. *Journal of Vegetation Science*, 19:193-200.

PRINCIPALES CAMBIOS EN LA EXPLOTACIÓN GANADERA Y EL PAISAJE EN SAN JUAN DE PLAN (PIRINEOS DE HUESCA) EN LOS ÚLTIMOS 36 AÑOS

BORRUEL GÁRATE, F. FILLAT ESTAQUÉ, A. J. AGUIRRE DE JUANA, D. GÓMEZ GARCÍA

Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). Avda. Virgen de la Victoria, 9. E-22700 Jaca.
Correspondencia: ffillat@ipe.csic.es

RESUMEN

Se comparan los principales cambios acontecidos en el municipio de San Juan de Plan en las últimas décadas (1980-2016). A escala de paisaje se constata un moderado aumento (sobre un 20% en 60 años) de la superficie forestal y de matorral, la desaparición de parcelas de menor tamaño (< de 0,5 ha) y un fuerte aumento de las de más de 10 ha. A escala de parcela, se observa la desaparición de los cultivos de cereal, la disminución de los alfalfares y el aumento de la esparceta en los prados. En la estructura socio-económica se ha producido una reducción del número de ganaderos (de 35 a 12 en los últimos 25 años) paralelo al aumento de la superficie gestionada por cada ganadero (de 15 a 20 parcelas) y del número de animales (de 15 a 42 cabezas de bovino). El evento más decisivo en la transformación ha sido la construcción de una pista en la pradería que impulsó su mecanización. Las explotaciones actuales, dirigidas por los hijos de los propietarios de los años 80, están adecuando los tamaños de parcelas y ganaderías y los tipos de gestión para incrementar el valor añadido de sus explotaciones.

Palabras clave: Valle de Gistaín, transformación agropecuaria

SUMMARY

The main changes that have occurred in the municipality of San Juan de Plan in the last few decades (1980-2016) were studied. At the landscape scale, there was a moderate increase (over 20% in 60 years) in forest and scrubland, the disappearance of smaller plots (<0,5 ha) and a sharp increase in plots of more than 10 ha. At the plot scale, the disappearance of cereal crops, the decrease in alfalfa and the increase in sainfoin in the meadows was observed. In the socio-economic structure, there has been a reduction in the number of stockbreeders (from 35 to 12 in the last 25 years) parallel to the increase in the area managed by each farmer (from 15 to 20 plots) and the number of animals (15 to 42 head of cattle). The most decisive event in the transformation has been the construction of a track in the prairie, which drove its mechanization. The current farms, run by the descendants of the owners from the 1980s, are adapting the sizes of plots and farms and types of management to increase the added value of their farms.

Key words: Gistain valley, agriculture and livestock transformations

INTRODUCCIÓN

Como en muchos otros territorios de montaña (Briand *et al.*, 1989), los Pirineos han sufrido en las últimas décadas profundas modificaciones en su población y estructura socio-económica con notables repercusiones en el paisaje (Lasanta, 1988; Pallaruelo, 1993; Cuesta, 2001; Fillat *et al.*, 2008; Montserrat, 2009). A grandes rasgos, la pérdida de habitantes, el envejecimiento de la población, la desaparición o reducción drástica de las prácticas 'tradicionales' han ocasionado la evolución de las antiguas tierras de cultivo y prados hacia formaciones leñosas y muchos pueblos

de montaña se encuentran al borde del abandono o bien han sido radicalmente transformados por el desarrollo turístico.

A comienzos de los años 80, estudiamos la pradería (conjunto de prados) de San Juan de Plan, en el valle de Gistaín (Huesca), que todavía conservaba muchos usos tradicionales, con el fin de analizar su estructura y los principales factores que la condicionaban. Se analizó el reparto de la propiedad de la tierra y el ganado y la diversidad vegetal medida a través de sus comunidades vegetales y especies de flora a escala de paisaje y de parcela (Gómez *et al.*, 1983; Gómez *et al.*, 1984; Montserrat, 1989; Fillat, 1994 y 2007)

Durante 2014-2016, transcurridos treinta y seis años del estudio original, hemos repetido fotografías y toma de datos y hemos buscado referencias todavía más antiguas (1862, en Cuesta, 2001 y 1945, 1957 y 1977 en Ign, 2017) que nos permitan interpretar las causas de los principales cambios acontecidos y tratar de vislumbrar los que pueden suceder a corto plazo. En este trabajo sintetizamos los principales cambios detectados a escala de paisaje y de parcela

MATERIAL Y MÉTODOS

El término municipal de San Juan de Plan (42° 35' 18"N y 0° 20' 44"E) con cerca de 5000 ha se sitúa en la comarca de Sobrarbe (Huesca), entre 1100 m y 3369 m de altitud (Ign, 2017). Un 9 % de la superficie total es de propiedad privada y el resto pertenece a instituciones comunitarias (Comunidad Vecinos San Juan de Plan, Montes de Utilidad Pública) (Centro de Gestión Catastral, 1992). San Juan de Plan tiene fundamentalmente materiales geológicos primarios que van desde el *Silúrico* al *Triásico* y albergó importantes lenguas glaciares *Cuaternarias* que depositaron, al fundir el hielo, copiosos sedimentos graníticos en las laderas. La mayor parte de la pradería actual se sitúa en suelos desarrollados en complejos contactos entre materiales impermeables y las gravas glaciares del *Cuaternario* por lo que las parcelas de regadío siguen también esos patrones. Las antiguas parcelas de cereal y los prados actuales más extensos se localizan en suelos llanos, aterrizados a partir de materiales de ladera o sobre las gravas del río y barrancos de fondo de valle. En cuanto al clima, la precipitación media anual, es de 974 mm y la temperatura media en San Juan de Plan (1110 m snm) de 8,15 °C, la media de las máximas de agosto de 21,9 °C y la de las mínimas de enero de -2,9 °C (Sitar, 2016).

A comienzos de los años 80 estudiamos la pradería mediante teledetección y fotointerpretación del paisaje (Gómez *et al.*, 1983; Fillat, 2007), inventarios de la vegetación en las distintas parcelas de la pradería (Gómez *et al.*, 1984) y elaboración de un catálogo florístico (Montserrat, 1987).

En los años 2014 y 2015 hemos repetido las fotografías desde la misma posición (Gómez *et al.*, 1983), los inventarios de vegetación en las mismas parcelas y entrevistado a los propietarios actuales (encuestas en 2014). Para la generación de datos de superficie forestal, matorral, cultivos y regadío se han utilizado las capas 'shp' de Sigpac (Sigpac, 2017), combinándolas con los datos catastrales de 1862 (Cuesta 2001), 1992 (Centro de Gestión Catastral, 1992) y actuales (Sitar, 2016). Además, se han consultado los fondos de la *Fototeca Digital del Ign* (1945, 1957, 1977, 1986, 2014) (Ign, 2017) con el programa *Qgis* (Qgis, 2017) para detectar cambios inapreciables en nuestras panorámicas.

RESULTADOS

Cambios a escala de paisaje:

Los datos catastrales de 1992 indican que la propiedad privada suponía un 9 % de la superficie total (443 ha) y que el 15 % de los propietarios tenían repartida su superficie en más de 30 parcelas, el 37 % entre 10 y 20 parcelas y el 48 % restante en menos de 10 parcelas; cabe señalar que el 33 % de los propietarios (sobre un total de 73) tenían menos de 3 parcelas. Esas superficies las gestionaban 35 ganaderos, por lo que el ganadero tipo (30% del total) repartía su actividad en 15 parcelas, con menos de 1 ha de superficie total (Figura 1) (Centro de Gestión Catastral, 1992 y laest, 2016) y tenía 15 vacas (com. verbal).

Al comparar con los datos actuales, se aprecia que ya no hay ganaderos con propiedad total menor de 1 ha y han aumentado los que trabajan más de 10 ha, pasando del 10% en 1862, al 20% en 1992 y al 41% actualmente. Todavía más destacable es el aumento de quienes trabajan más de 20 ha: 2,9% en 1862; 4,1% en 1992 y 58,3% actualmente (Figura 1). Las clases catastrales de 1992 indican que el cereal de secano suponía el 54 % de la superficie y el de regadío un 3 %. Los prados de secano sumaban el 23 % y los de regadío, el 20 % restante. Por tanto, el cereal aún dominaba sobre los prados (57 % frente al 43 %).

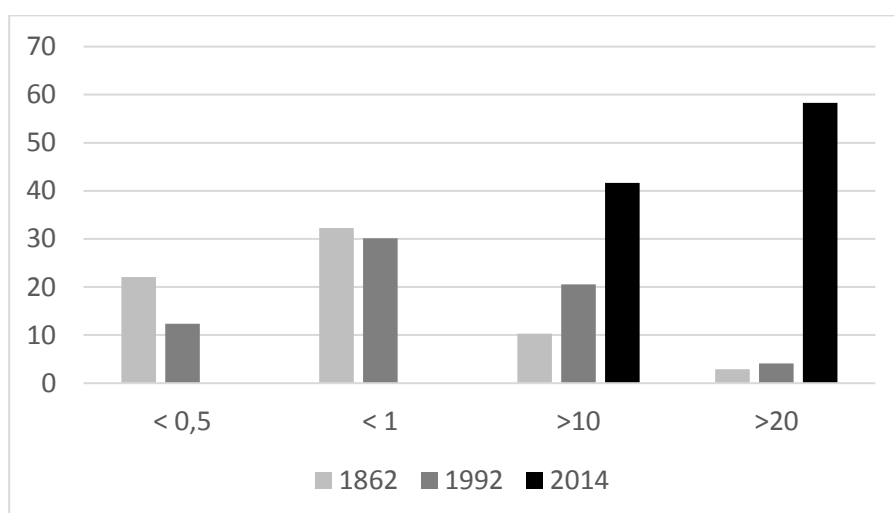


Figura 1. Tanto por ciento de propietarios en cuatro categorías de superficies (ha).

La Tabla 1 resume el trazado de la pista forestal que atraviesa la pradería, facilitando el acceso a muchas de las parcelas y modificando las técnicas agrarias. Un aspecto paisajístico destacable es la expansión de la superficie forestal con un 20 % de incremento, principalmente de pino negro (*Pinus uncinata* Ramond ex DC). El matorral (en su mayoría de *Juniperus communis* L.), ha experimentado una expansión todavía mayor.

Tabla 1. Principales cambios a escala de paisaje.

	Escenario	1980	Escenario actual
Pista forestal (km)	0 (1977)	4,8	17,8
Superficie forestal	301,7 (1957)	295,34	378,8
Superficie matorral	105,8 (1957)	113,09	136,4

Cambios a escala de parcela:

En la Tabla 2 mostramos cómo la superficie de regadío apenas ha variado a lo largo de todo el siglo XX. El cereal que ya ocupaba superficies minúsculas en 1980 ha desaparecido por completo.

Los alfalfares se han reducido y transformado en prados, excepto dos nuevas parcelas establecidas en la última década. Por el contrario, los prados con presencia de esparceta en su flora han duplicado su número.

Tabla 2. Principales cambios a escala de parcela.

Tipos	Escenario previo	1980	Escenario actual
Superficie regadío (ha)	23,11 (1945)	29,7	29,7
Cereal (ha)	21,57 (1945)	¿?	0
Alfalfares → prados	-	5,6 ha	1,28 ha
Esparceta (nº parcelas)		8	18

Cambios en la estructura socio-económica

Una de las variaciones principales ha sido el cambio en el régimen de tenencia de la tierra (Tabla 3). De 35 ganaderos explotando parcelas de 73 propietarios en 1992, se ha pasado a los 12 ganaderos actuales.

El ganado bovino se ha mantenido (605 en 1989 y 612 en 2016), mientras el ovino se ha reducido (4034 en 1989 y 2202 en 2016) (laest, 2016).

Tabla 3. Ganaderos actuales y cambios en el régimen de tenencia entre 1992 y 2014.

Ganaderos en 2014	Parcelas	Nº de propietarios que venden o (arriendan) sus parcelas	Cabezas ganado
1	21	3 (3)	-
2	25	5	26
3	21	4	60
4	22	1 (3)	27
5	13	2 (2)	40
6	25	3 (4)	27
7	23	3 (1)	28
8	16	1 (1)	27
9	25	2 (2)	34
10	8	1 (2)	90
11	29	3 (5)	80
12	15	2 (2)	27

Principales eventos en las últimas décadas y consecuencias a distintas escalas

En la tabla 4 esquematizamos los principales eventos acontecidos en el siglo XX en relación con el uso del territorio y con los cambios en el paisaje.

Tabla 4. Principales eventos en las últimas décadas y consecuencias a distintas escalas.

Eventos	Consecuencias
Envejecimiento de la población	Cambios en el régimen de tenencia, pasando a abarcar más parcelas y más superficie cada gestor actual
Construcción de vías de comunicación	Incorporación de maquinaria agraria -años 70- (tractores, empacadoras) y abandono de técnicas antiguas (mulos, bueyes, dallas)
Nueva maquinaria	Centralización del trabajo mecanizado en las parcelas más accesibles y propicias para el tractor
Centralización del trabajo en las mejores parcelas	Abandono de parcelas más pequeñas e inaccesibles al tractor.
Abandono parcelario	Aumento de la superficie de matorral y de la superficie forestal
Menos gestores con más tierras	Aumento de las cabezas de ganado por ganadero
Aumento de las cabezas de ganado por ganadero	Mayor dedicación de las parcelas para alimentación del ganado
Mayor dedicación a la ganadería	Abandono del cereal, evolución de parcelas de alfalfar a prados

Por otra parte, la disminución de la superficie de alfalfares, que en los años cincuenta se establecieron para aumentar la producción forrajera, se debe a que los situados en zonas pendientes, al no poder ser mecanizados, dejan de cortarse, cesa su abonado y evolucionan a pastos. Lo contrario ocurre con los prados de esparceta (*Onobrychis supina* Chaix ex Vill.) especie en expansión en las parcelas situadas en las pendientes más pronunciadas que incrementan el número de especies en su composición florística tras la interrupción de su gestión pratense, como ha sido también descrito en prados de los Alpes (Jeangros y Troxler, 2008). Esta misma tendencia de intensificación de las mejores zonas y dedicación exclusiva al pastoreo del resto, se produjo anteriormente en los Alpes (Briand *et al.*, 1989) y desde hace unos años se extiende en los Pirineos (Cernusca *et al.*, 1996).

También se generaliza en los valles pirenaicos la reducción del número de ganaderos y el aumento de la superficie gestionada (García-Martínez *et al.*, 2001) que va pareja al cambio de régimen de tenencia de la tierra mediante la compra y el arrendamiento a los ganaderos cesantes.

CONCLUSIONES

La mayor mecanización del trabajo en la pradería de San Juan de Plan no ha ocasionado una intensificación generalizada del manejo de los prados sino que se ha limitado a las mejores parcelas. Los actuales sistemas de manejo no se han dirigido a incrementar la capacidad de carga de la pradería, quizás por las propias restricciones ambientales, como indica el mantenimiento del número de cabezas de ganado vacuno en las últimas décadas. El tiempo y esfuerzo recuperados por los ganaderos con la mecanización y la simplificación del trabajo sobre el terreno es ahora utilizado en incrementar el valor añadido, lo que está exigiendo asumir otros pasos de la cadena productiva (por ej.: transformación y venta directa) que hasta ahora se realizaban fuera del valle.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado en parte por el Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón (HB42021-2014)

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

- Briand F., Dubost M., Pitt D. y Rambaud D. (1989) *Les Alpes. Un système sous pression*. Uicn-Icalpe. Le Bourget-du-lac.
- Centro de Gestión Catastral, Gerencia Territorial. Huesca. (1992) *Relación de características por municipio y polígonos*. 138 pp. Huesca.
- Cernusca A., Tappeiner U., Bahn M., Bayfield N., Chemini C., Fillat F., Graber W., Rosset M., Siegwolf R. y Tenhunen J. (1996) ECOMONT, Ecological Effects of Land Use Changes on European Terrestrial Mountain Ecosystems. *Pirineos* 147-148, 145-172.
- Cuesta J.M. (2001) *La despoblación del Sobrarbe. ¿Crisis demográfica o regulación?* CEDDAR. Zaragoza.
- Fillat F. (1994) Meadows rich in species and their traditional management in the central Spanish Pyrenees. En: *Grassland Management and Natural Conservation*, 31-34. Ed. British Grassland Soc. London.
- Fillat F. (2007) Els estudis dels prats de San Juan de Plan (Huesca) dintre del marc conceptual dels Agrobiosistemes d'en Pere Montserrat. *L'Atzavara*, 15, 63-68.
- Fillat F., García-González R., Gómez García D. y Reiné R. (2008) *Pastos del Pirineo*. CSIC-Diputación de Huesca.
- García-Martínez A., Bernués A. y Olaizola A.M. (2011) Simulation of mountain cattle farming system changes under diverse agricultural policies and off-farm labour scenarios. *Livestock Science*, 137 (1-3), 73-86.
- Gómez D., Fillat F. y Montserrat G. (1983) Utilización de métodos fotográficos en el estudio de la pradería de San Juan de Plan (Huesca). *Pastos*, 12 (2), 273-282.
- Gómez D., Montserrat G. y Montserrat P. (1984) Phytosociologie et dynamique prairiales de quelques cultures pyrénéennes intégrées á leur paysage. *Documents d'Ecologie Pyrénéenne* 3-4, 471-479.
- laest (2016) <http://www.aragon.es/laest>, acceso, 7-setiembre-2016.
- Ign (2017) <http://www.ign.es/iberpix2/visor/>, acceso 9-Enero-2017.
- Jeangros B. y Troxler J. (2008) *Revue suisse Agric.* 40 (3), 123-130.
- Lasanta T. (1988) The process of desertion of cultivated areas in the Central Spanish Pyrenees. *Pirineos* 132, 15-36.
- Montserrat G. (1987) *Catálogo florístico del Cotiella y sierra de Chía*. Instituto de Estudios Altoaragoneses. Huesca.
- Montserrat G. (1989) Paisaje vegetal y síntesis de la vegetación del macizo de Cotiella y la sierra de Chía (Prepirineo Central de Huesca). *Lucas Mallada. Revista de Ciencias* 1, 119-132.
- Montserrat P. (2009) *La cultura que hace paisaje*. La Fertilidad de la Tierra Ediciones, Estella (Navarra).

Pallaruelo S. (1993) *Cuadernos de la trashumancia-Nº 6. Pirineo Aragonés*. ICONA. Madrid.

Qgis (2017) <http://qgis.org/en/site/> . Acceso 9 enero 2017.

Sigpac (2017) <http://sigpac.magrama.es/fega/visor/>. Acceso 12 enero 2017

Sitar-Gobierno de Aragón (2016). <http://sitar.aragon.es/>. Acceso 29 diciembre 2016.

PICRIS WILLKOMMII, ENDEMISMO DEL SUROESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA AMENAZADO POR ELIMINACIÓN DE LOS PASTIZALES QUE CONSTITUYEN SU HÁBITAT

F.J. MONTEAGUDO SÁNCHEZ DE MOVELLÁN, I. BUTLER SIERRA

Departamento de Ciencias Agroforestales. Universidad de Huelva. Campus de La Rábida. 21819 Palos de la Frontera, Huelva (España).

Correspondencia: movellan@uhu.es

RESUMEN

Se estudia la evolución espacio-temporal de poblaciones de *Picris willkommii* y de los terrenos con uso agrícola y pascícola tradicional que constituyen el hábitat principal de la especie en Ayamonte. De los resultados obtenidos en los trabajos de campo y el análisis diacrónico de mapas de usos y documentos históricos consultados, se deduce que en los últimos años se ha producido una reducción drástica y fragmentación de la superficie ocupada por estos agroecosistemas, sustituidos por edificaciones, infraestructuras y cultivos de regadío que pueden causar la extinción de la especie.

Palabras clave: flora, amenazada, agricultura, regadío, urbanización

SUMMARY

We studied the spatio-temporal evolution of *Picris willkommii* populations and of the lands used for agriculture and traditional pascicola that constitute the main habitat of the species in Ayamonte. The results obtained in the field work and the diachronic analysis of land use maps and historical documents consulted show that in recent years there has been a drastic reduction and fragmentation of the area occupied by these agroecosystems, replaced by buildings, infrastructure and irrigated crops that may lead to the extinction of the species.

Key words: flora, threatened, agriculture, irrigation, urbanization

INTRODUCCIÓN

El pastoreo tradicional, sistema diversificador retroalimentado eficazmente, logró en ambiente mediterráneo un paisaje con sus elementos ensamblados, ajustados con espontaneidad en agroecosistemas que resultaron de la integración de niveles geofísicos, bióticos y culturales (Montserrat, 2001a; Montserrat y Villar, 1995). Su destrucción lleva consigo la desaparición de estos recursos naturales, destrucción de hábitats y extinción de especies. Como ejemplo, en este trabajo se estudia el caso de *Picris willkommii* (Schz. Bip.) Nyman, endemismo del suroeste de la Península Ibérica localizado en Castro Marim (Algarve, Portugal) y en Huelva (Andalucía, España), con sus poblaciones principales en Ayamonte y manifestaciones aisladas en Isla Cristina y Cartaya (Blanca *et al.*, 2000; De Vega Durán *et al.*, 2004; Monteagudo Sánchez-Movellán *et al.*, 2009; Sánchez Gullón *et al.*, 2004). En el proyecto Anthos (Consejo Superior de Investigaciones Científicas y Fundación Biodiversidad, 2017) se facilitan las referencias sobre la legislación europea, española y andaluza, listas y libros rojos, que definen y regulan su estatus de conservación, en 1984 considerada taxón raro, con reconocimiento posterior de especie que requiere una protección estricta, con datos insuficientes, taxón vulnerable, en peligro de extinción, en peligro crítico y en régimen de protección especial. Se trata de una compuesta ruderal de acusada estenocoria, ciclo hiemal-vernal, hábito de talla media a baja, aquenios externos sin vilano mostrando sinaptospermia característica y

morfología que facilita la zoocoria, poco palatable para el ganado, sin ningún tipo de aprovechamiento ni interés paisajístico, altamente especializada por adaptación a las particulares condiciones ecológicas y usos agrícolas y pascícolas tradicionales de su hábitat.

El objetivo principal de este trabajo consiste en estudiar la evolución espacio-temporal de las poblaciones principales de *P. willkommii* en Ayamonte y de los agroecosistemas de los que depende, cuya destrucción podría causar la extinción de la especie.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para el estudio ecológico y de la dinámica poblacional de *P. willkommii* se llevaron a cabo trabajos de campo en los años 2003 a 2006 en torno a 27 puntos del municipio de Ayamonte georreferenciados con GPS MAP 76 GARMIN con presencia de la especie, previamente localizados en prospecciones. En cada uno se tomaron datos del suelo, tipo de aprovechamiento, nivel de presencia y distribución de la especie (Monteagudo Sánchez-Movellán *et al.*, 2009) actualizados en 2014-2015. Para el estudio de la evolución espacio-temporal de usos de la zona, se han elaborado mapas correspondientes al periodo 1869-2016 basados en cartografía histórica (Coello, 1869; De Mendivil *et al.*, 1752; Instituto Geográfico y Catastral y Servicio Geográfico del Ejército, 1946; López, 1788; Madoz, 1845-1850; Martín Bolaños, 1942-1950; Ministerio de Agricultura, 1978; Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2016) y ortofotografía aérea actual. El tratamiento de datos e imágenes, análisis y presentación de resultados se hicieron mediante los programas Office (Microsoft, varias versiones) y ArcGis (ESRI, varias versiones).

RESULTADOS

En la Tabla 1 y Figura 1 se presentan los resultados obtenidos de las observaciones en campo en los periodos 2003-2006 y 2014-2015 con información del hábitat y evolución del nivel de presencia de *P. willkommii* en el entorno de los 27 puntos distribuidos en cuatro unidades diferenciadas por el sustrato. En la Figura 2 se presentan los mapas de usos de los años 1869, 1946, 1978, 1990 y 2010-2016 que permiten el análisis diacrónico.

DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra una disminución significativa del nivel de presencia de *P. willkommii* en la Unidad I (6 de los 9 puntos) causada principalmente por el aumento de terrenos urbanizados, donde desaparece, al igual que en los cultivos intensivos (naranja, mandarina, cultivos forzados, cultivos herbáceos en regadío y huertas), no obstante conservar aún subpoblaciones de repuesto en zonas de borde con pasto ruderal dentro de esta unidad que constituye su hábitat principal, con cultivos de secano tradicionales, muchos con estrato arbóreo de frutales (generalmente almendro e higuera) y suelo con labores de rotación a barbecho semillado (trigo, garbanzo y haba observados) y barbecho erial a pastos, semejantes a dehesas, muy apropiados para suelos pobres del suroeste peninsular (Montserrat y Villar, 1995). En ellos *P. willkommii* también mantiene subpoblaciones de repuesto en bordes o enclaves inaccesibles a la grada, pero en este caso preparada para recolonizar y expandirse dispersada por el ganado (cabra y oveja observadas) de forma cíclica por estas tierras de labor con pastoreo intenso, que favorece el enriquecimiento de especies de talla pequeña, especialmente compuestas y plantagináceas, frente a otras competidoras más agresivas (Díaz *et al.*, 1999; Fernández-Rebollo *et al.*, 2001; Ferrer *et al.*, 2001; Ferrer-Benimeli y Broca, 1999; Ferrer-Lorés *et al.*, 1997a y b; Llana *et al.*, 1990), como sucede en la zona especialmente con *Chrysanthemum*

coronarum L., que la termina desplazando cuando se abandona el pastoreo y en los suelos arados profundos. Para el resto de unidades (II, III y IV; Tabla 1), con uso agrícola y pascícola mantenido, los niveles de población de la especie han permanecido semejantes o aumentan, sobre todo en bordes, con alguna excepción de baja (punto 25) causada por gradeo reciente.

Tabla 1. Caracterización de los puntos de observación de *Picris willkommii* y nivel de presencia estimado.

Unidad	Pto. nº	Ref. vegetación	NP 2006	NP 2015	Variación
I	5	Compuestas,	ALTA	ALTA	=
I	6	Compuestas,	ALTA	MEDIA	-
I	7	Compuestas	ALTA	ALTA	=
I	9	Compuestas -	ALTA	BAJA	-
I	11	PD ^o , pastizal	ALTA	ALTA	=
I	19	Pastizal ruderal	ALTA	BAJA	-
I	21	PD ^o ,	ALTA	MEDIA	-
I	26	PD ^o , AF ^o ,	ALTA	BAJA	-
I	27	Pastizal ruderal,	ALTA	MEDIA	-
II	1	Gramíneas	ALTA	MEDIA	-
II	2	Pastizal ruderal	BAJA	MEDIA	+
II	3	Gramíneas -	BAJA	ALTA	+
II	4	Compuestas	BAJA	BAJA	=
II	8	Pastizal ruderal	MEDIA	MEDIA	=
II	10	PD ^o , hinojo,	BAJA	BAJA	=
II	13	FC ^o , (QS, PP,	ALTA	MEDIA	-
II	20	Compuestas	BAJA	ALTA	+
II-III	14	PD, FC,	BAJA	NULA	-
III	17	Pastizal ruderal	MEDIA	MEDIA	=
III	18	PD ^o , FC ^o , OS ^o ,	BAJA	MEDIA	+
III	22	Gramíneas,	BAJA	BAJA	=
III	23	OE ^o , pastizal	BAJA	BAJA	=
III	24	Compuestas	BAJA	BAJA	=
III	25	Pastizal ruderal	ALTA	BAJA	-
IV	12	FC ^o , (trigo),	BAJA	ALTA	+
IV	15	Hinojo, pastizal	BAJA	MEDIA	+
IV	16	Compuestas,	BAJA	MEDIA	+

NP: nivel de presencia (% cobertura) de *P. willkommii*: NULA (NP=0); BAJA (NP<10%); MEDIA (10%≤NP≤50%); ALTA (NP>50%). Variación: incremento de nivel de presencia en 2006-2015. Unidad I: Terrenos margo-arcillosos sobre dolomías, calizas dolomíticas y margas del Secundario; II: Gravas redondeadas (“garbancillo”) arcillosas rojas del Terciario y Cuaternario, rellenos; III: Arcillas rojas del Terciario y Cuaternario de escasa pedregosidad; IV: Arcillas blancas a blanco-grisáceas sobre basaltos doleríticos. Símbolos: AF: *Anagyris foetida*; FC: *Ficus carica*; OE: *Olea europaea* subsp. *europaea* var. *europaea*; OS: var. *sylvestris*; PD: *Prunus dulcis*; PP: *Pinus pinea*; QS: *Quercus suber*; SP^o: rodales, pies dispersos de SP; (SP): presencia ocasional de SP; Compuestas: pastizal ruderal con predominio de compuestas (*Chrysanthemum coronarium* en general); Gramíneas: pastizal ruderal y/o restos de cultivos herbáceos con predominio de gramíneas.

Estas observaciones, aplicadas a los datos obtenidos del estudio de la evolución espacio-temporal de usos en la zona durante el periodo 1869-2016 (Figura 1), pueden explicar el estado crítico actual de *P. willkommii*. En los mapas se observa que en 1869, y desde mucho tiempo antes según recogen las *Ordenanzas del Marquesado de Ayamonte en 1702* (González Díaz, 2005), los terrenos de labor y frutales de secano con pastoreo intenso ocuparon una “isla” rodeada de pinares, matorrales y marismas en las tierras llanas que rodean Ayamonte, ubicada en una zona próxima al

litoral atlántico con características especiales debidas a su localización (desembocadura del Guadiana, entre dos continentes) y las limitaciones impuestas por la diferente naturaleza y pobreza de los suelos. La convergencia de dichos factores y usos sostenidos pudieron favorecer la especiación y explicar la acusada estenocoria de la especie.

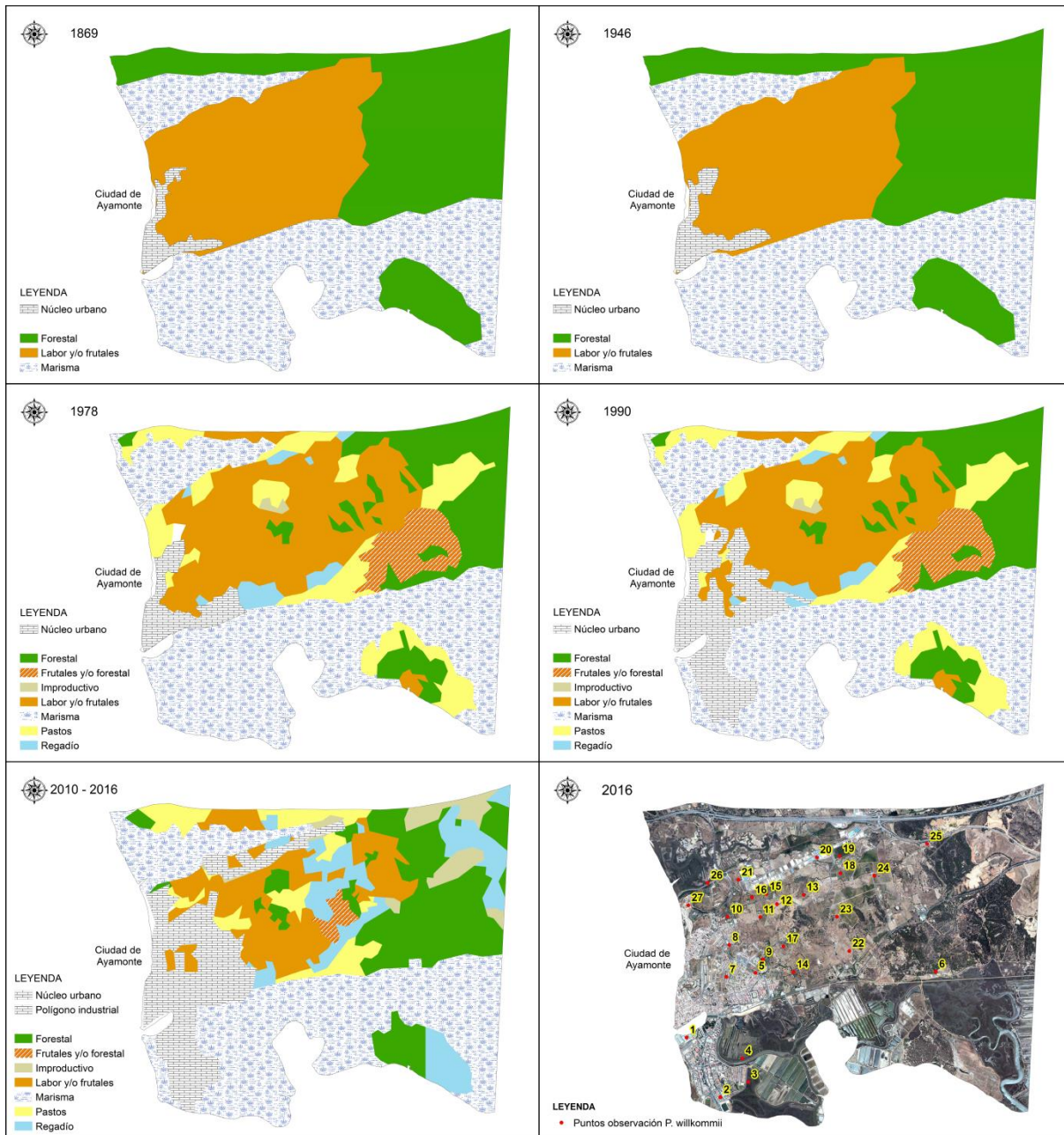


Figura 1. Mapas de usos y de localización de puntos de observación con presencia de *Picris willkommii* en Ayamonte.

El área que ocupaban estos terrenos se viene a mantener al menos hasta 1946; reducida desde entonces, hasta 1978, por repoblaciones forestales y pastizales -probablemente por abandono del sistema tradicional-, la introducción de cultivos intensivos de regadío y un ligero incremento de la superficie urbanizada. La sustitución continúa con una notable expansión del área urbanizada de Ayamonte que se manifiesta en el mapa de 1990 y sigue hasta 2010, cuando los efectos causados por los profundos cambios experimentados en el modelo económico, se hacen visibles en el mapa

por la rápida expansión de la superficie urbana, industrial y en regadío, a costa de una drástica reducción y fragmentación de la superficie de tierras de labor y frutales que debieron constituir el hábitat de *P. willkommii*. Desde entonces y hasta 2016, como revela el mapa de usos, la tendencia se ha visto frenada como respuesta a reivindicaciones, informes y leyes protectoras de la especie, pero sobre todo debido a los efectos derivados de la crisis que desde 2008 viene sufriendo la economía española. Esta situación puede ofrecer una buena oportunidad que facilite la conservación eficaz de estos agroecosistemas equilibrados y diversificadores, en este caso con especies endémicas que se han originado y dependen de ellos: una prueba más que demuestra la conveniencia de fomentar este *Sistema cultural* de comunidades humanas integradas en el paisaje con sus rebaños superespecializados (Montserrat, 2001a); en Ayamonte, la única opción de conservación de *Picris willkommii*.

CONCLUSIONES

Picris willkommii es una especie estenócora dependiente, y probablemente causa de los aprovechamientos agrícolas y pascícolas sostenidos durante siglos en Ayamonte y alrededores, constituyendo un buen ejemplo de la importancia y el interés de fomentarlos. Su abandono, sustitución por cultivos intensivos de regadío y recalificación a uso urbano, ha supuesto en las últimas décadas una reducción drástica y fragmentación del hábitat de la especie que pueden causar su extinción unida a la destrucción de la diversidad biológica y cultural de estos agroecosistemas.

AGRADECIMIENTOS

A F. Pérez Ortiz por la información y medios facilitados para la localización de poblaciones de *P. willkommii*, a E. Sánchez Gullón por la información de nuevas citas y a J.M. Carrera Doblas por su colaboración en la información obtenida en 2015.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Blanca G., Cabezudo B., Hernández-Bermejo J.E., Herrera C.M., Muñoz J., Valdés B. (2000) *Libro rojo de la flora silvestre amenazada de Andalucía. Tomo II: Especies vulnerables*. Sevilla: Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.

Coello F. (1869) Ayamonte, Escala 1:10.000. En: *Huelva, Escala 1:200.000*. Madrid: Imprenta del Atlas de España.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Real Jardín Botánico) y Fundación Biodiversidad. [En línea, consulta 2017] *Anthos. Sistema de información sobre las plantas de España*. <http://www.anthos.es/>

De Mendivil M. et al. (1752) *Catastro de Ensenada. Respuestas Generales. Ciudad de Ayamonte. 2 copias extracto de sus Respuestas Generales*. Manuscrito sobre papel [Consulta: 5 diciembre 2016]. <http://pares.mcu.es/Catastro/servlets/ServletController>.

De Vega Durán C., Ortiz-Herrera M.A., Sánchez Gullón E., Talavera S. (2004) *Picris willkommii* (Schz. Bip.) Nyman. En: Bañares A., Blanca G., Güemes J., Moreno J.C. y Ortiz S. (ed) *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculare Amenazada de España*. pp. 806-807. Madrid: Dirección General de Conservación de la Naturaleza.

- Díaz M.D., Hidalgo R., Garrido B., Arroyo, J. y Marañón T. (1999) Componentes de biodiversidad en bosques y pastos del Parque Natural “Los Alcornocales” (Cádiz-Málaga). En: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (ed) *Actas de la XXXIX Reunión Científica de la SEEP (Almería)*, pp. 69-74.
- Fernández-Rebollo P., Lora A. y Ortega M.C. (2001) Influencia del pastoreo en la estructura y composición de los pastos del cornicabral del Parque Nacional de Sierra Magina (Jaén). En: Centro Iberoamericano de la Biodiversidad (ed) *Actas de la XLI Reunión Científica de la SEEP-I Foro Iberoamericano de Pastos (Alicante)*, pp. 223-229.
- Ferrer C., Barrantes O. y Broca A. (2001) La noción de biodiversidad en los ecosistemas pascícolas españoles. *Pastos*, 31 (2), 129-184.
- González Díaz A. M. (2005) Ordenanzas del Marquesado de Ayamonte, año 1702. Ordenación del territorio y regulación de los recursos. *Huelva en su historia* Vol. 12, 257-283.
- Ferrer-Benimeli C. y Broca A. (1999) El binomio agricultura-ganadería en los ecosistemas mediterráneos. Pastoreo frente a “desierto verde”. En: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (ed) *Actas de la XXXIX Reunión Científica de la SEEP (Almería)*, pp. 309-334.
- Ferrer-Lorés V., Ferrer-Benimeli C., Broca A. y Maestro, M. (1997a) Efectos del pastoreo sobre el estrato herbáceo de pastos arbolados de *Quercus faginea* Lam. En: Pastos (ed) *Actas de la XXXVII Reunión Científica de la SEEP (Sevilla-Huelva)*, pp. 49-56.
- Ferrer-Lorés V., Ferrer-Benimeli C., Broca A. y Maestro M. (1997b) Cambios producidos por el ganado en la vegetación de pastos arbolados mediterráneos de Navarra. *Pastos*, 27(1), 47-64.
- Instituto Geográfico y Catastral y Servicio Geográfico del Ejército (1946) *Ayamonte. Hoja 998. Primera edición de la serie del Mapa Topográfico Nacional Escala 1:50.000*. Instituto Geográfico y Catastral y Servicio Geográfico del Ejército, Madrid.
- López T. (1999) Diccionario Geográfico Histórico. En: Ruiz González J.E. *Los pueblos de Huelva en el siglo XVIII (según el Diccionario del Geógrafo Real D. Tomás López)*. Huelva, según las relaciones enviadas por los párrocos al Geógrafo Real Tomás López en el siglo XVIII. Huelva: Diputación Provincial de Huelva.
- Llana G., Obeso J.R. y Álvarez M.A. (1990) Incidencia del manejo en la composición de los prados de siega atlánticos. En: Pastos (ed) *Actas de la XXX Reunión Científica de la SEEP (San Sebastián)*, pp. 248-255.
- Madoz P. (1845-1850) *Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de Ultramar. 16 tomos. Establecimiento tipográfico de P. Madoz y L. Sagasti, Madrid, España*. Ámbito/Editoriales Andaluzas Unidas, Valladolid, España.
- Martín Bolaños M. (1942-1950) Mapa forestal de Huelva. Ayamonte, Escala 1:25.000. En: Butler Sierra I. (2016) *Los trabajos de Manuel Martín Bolaños sobre la vegetación y la flora forestal de la provincia de Huelva. Aplicación al análisis de cambios espacio-temporales en el Paraje Natural Sierra Pelada y Rivera del Aserrador*. Tesis Doctoral, Universidad de Huelva.
- Ministerio de Agricultura (1978) *Mapa de Cultivos y Aprovechamientos E.1:50.000. Ayamonte (Huelva)*. Ministerio de Agricultura, Madrid.
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. [Consulta: 20 diciembre 2016] *Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de España 1980-1990; 2000-2010. Escala 1:50.000*. <http://sig.mapama.es/siga/>

Monteagudo Sánchez-Movellán F.J., Butler Sierra I. y Bastida Milián F. (2009) Ecología, biología reproductiva y conservación de *Picris willkommii* (Schultz Bip.) Nyman (Asteraceae): endemismo protegido integrado en pastos terofíticos del suroeste de la Península Ibérica. *Invest. Agrar.: Sistemas y Recursos Forestales* 18 (1), 28-41.

Montserrat P. (2001a) *El pastoreo diversificador*. En: Centro Iberoamericano de la Biodiversidad (ed) *Actas de la XLI Reunión Científica de la SEEP-I Foro Iberoamericano de Pastos (Alicante)*, pp. 625-628.

Montserrat P. (2001b) *Paisaje, pastos y biodiversidad*. UYMIR, 14-XI-01. Menorca.

Montserrat P. y Villar L. (1995) Los agroecosistemas. *Historia Natural'93*,157-168.

Sánchez Gullón E., Bastida F., Butler I., Monteagudo F.J. (2004) *Picris willkommii* (Schultz Bip.) Nyman (Asteraceae) novedad corológica para la comarca natural de la campiña de Huelva (Andalucía, España). *Acta Botánica Malacitana* 29, 299-300.

EFFECTOS EL ESTIÉRCOL DE CABRA Y DE OVEJA EN LA EMERGENCIA Y SUPERVIVENCIA DE PLÁNTULAS DE LEGUMINOSAS HERBÁCEAS Y ARBUSTIVAS

M.E. RAMOS FONT¹, F.M. CABEZA ARCAS², M.T. TOGNETTI BARBIERI,¹ J.L. GONZÁLEZ REBOLLAR¹,
A.B. ROBLES CRUZ¹

¹Grupo de Pastos y Sistemas Silvopastorales Mediterráneos. Estación Experimental del Zaidín. C/ Profesor Albareda, 118008 Granada (España). ² LibeTec. C/ Zaragoza, 7. Churriana Vega, Granada.

Correspondencia: eugenia.ramos@eez.csic.es

RESUMEN

El ganado cumple un papel fundamental en la restauración y conservación de los hábitats naturales y seminaturales, gracias, entre otros motivos, a su capacidad para dispersar semillas. Este trabajo compara el efecto de las heces de oveja y de cabra en la emergencia y supervivencia de plántulas de leguminosas herbáceas (*Medicago minima*, *Trigonella polyceratia*) y arbustivas (*Adecarpus decorticans*, *Genista florida*) mediante un ensayo de invernadero en el que se introdujeron semillas escarificadas dentro de las heces. La emergencia de plántulas en heces varió según la especie vegetal, siendo notablemente superior para las leñosas que para las herbáceas. *Genista florida* y *T. polyceratia* tuvieron respuestas opuestas frente al factor "heces". Así, la emergencia fue superior para cabra en la primera especie y mayor para oveja en la segunda. Para todas las especies, la velocidad de emergencia fue ligeramente superior en oveja que en cabra. *Trigonella polyceratia* obtuvo los valores más bajos de supervivencia. Estos datos sugieren que las especies mejor adaptadas a la emergencia en heces de oveja y cabra serían las arbustivas (*A. decorticans* y *G. florida*), frente a las herbáceas (*M. minima* y *T. polyceratia*), siendo *T. polyceratia* la menos adaptada por sus bajos valores de emergencia y supervivencia.

Palabras clave: endozoocoria, heces, invernadero, semillas

SUMMARY

Domestic livestock plays a key role in the restoration and conservation of natural and semi-natural habitats, due to, among other reasons, its ability to disperse seeds. This work compares the effect of sheep and goat pellets on the emergence and survival of herbaceous (*Medicago minima*, *Trigonella polyceratia*) and shrub legume species (*Adecarpus decorticans*, *Genista florida*), by means of a greenhouse assay in which scarified seeds were inserted in pellets. The emergence of seedlings from pellets varied according to plant species, being markedly higher for woody species than for herbaceous plants. *Genista florida* and *T. polyceratia* had opposite responses to the type of pellets; the emergence was greater for goat in the first species and for sheep in the second. For all species, the emergence rate was slightly higher in sheep than in goats. *Trigonella polyceratia* had the lowest survival values. These data suggest that the best adapted species to emergence from sheep and goat pellets are the shrubs (*A. decorticans* and *G. florida*), compared to herbaceous species (*M. minima* y *T. polyceratia*), with *T. polyceratia* being the least adapted due to its low values of emergence and survival.

Key words: endozoochory, pellets, greenhouse, seeds

INTRODUCCIÓN

El papel de la dispersión endozoócica por ganado en la restauración y conservación de la biodiversidad de hábitats naturales y seminaturales ha sido evidenciado en la literatura por numerosos autores (Bruun y Fritzboøger, 2002; Cosyns *et al.*, 2005; Eichberg *et al.*, 2007). El ganado es capaz de dispersar un número elevado de semillas mediante su ingesta y posterior deposición. Sin embargo, para que una semilla ingerida por un herbívoro llegue a formar una planta debe

sobrevivir a los procesos digestivos (masticación, rumia, digestión). Además, debe superar la dormancia y germinar, y finalmente, la plántula debe ser capaz de establecerse a partir de las heces (Ramos-Font *et al.*, 2015). El presente trabajo evalúa esta última fase: el establecimiento a partir de las heces.

El estiércol puede tener dos efectos yuxtapuestos en la germinación y emergencia de plántulas: por un lado, pueden beneficiarse de un mayor aporte de nutrientes, por otro, los compuestos fenólicos y ácidos grasos contenidos en las heces, así como su naturaleza hidrofóbica de las heces, pueden inhibir o dificultar la germinación de las semillas (Traveset *et al.*, 2007). A pesar de que existen evidencias de que la variación en la composición de los excrementos de distintos animales pueden afectar al desarrollo de la plántulas, los estudios existentes son muy escasos (Traveset *et al.*, 2007).

En este contexto, este trabajo pretende comparar el efecto de las heces de oveja y de las heces de cabra en la emergencia y supervivencia de plántulas de las leguminosas herbáceas *Medicago minima* L. y *Trigonella polyceratia* L. y las arbustivas silvestres *Adenocarpus decorticans* Boiss. y *Genista florida* L. Todas estas especies son muy consumidas por ovejas y cabra, y pueden ser útiles en la restauración de pastos y recuperación de tierras degradadas.

MATERIAL Y MÉTODOS

La capacidad de emergencia de las semillas y la supervivencia de las plántulas en el interior de las heces se evaluó mediante un ensayo de invernadero. Para cada especie se colocaron 12 macetas (6 por tratamiento) de 1 L de capacidad que contenían una mezcla de 8:1 de sustrato de turba negra y vermiculita. Se establecieron dos tratamientos: 1) Heces de oveja, y 2) Heces de cabra. Cada maceta contenía 16 cagarrutas (de oveja o de cabra) en cuyo interior se habían colocado, con la ayuda de una aguja, sendas semillas escarificadas de la especie correspondiente. Las semillas fueron escarificadas manualmente mediante lija para garantizar la germinación. Las macetas fueron colocadas en un invernadero con temperatura de 23°C/17°C durante día/noche. El riego fue por imbibición a demanda y se utilizó un pulverizador manual tres veces al día para mantener la humedad constante en los excrementos. El experimento comenzó el 5 de marzo del 2013 y tuvo una duración de 30 días. El conteo se realizó a diario las tres primeras semanas y cada 2-3 días, a partir de esta fecha. Se anotaba tanto la emergencia (visualización de los cotiledones) como la muerte de las plántulas.

Los parámetros evaluados fueron:

1. Emergencia: número de plántulas emergidas respecto al número de semillas colocadas, expresada en porcentaje.
2. Curvas de emergencia: porcentaje de emergencia acumulado para cada día del experimento. Indican no sólo el porcentaje de emergencia sino la velocidad de emergencia
3. Supervivencia: número de plántulas vivas al final del experimento respecto al número de plántulas emergidas, expresada en porcentaje.

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo mediante el software SPSS 21. Para el porcentaje de emergencia, los datos fueron previamente transformados mediante la expresión $\arcsin(\sqrt{x})$ (Zar, 1999). A continuación se aplicó un ANOVA de dos vías para comparar los factores especie, tratamiento y su interacción, con el test *post hoc* de Tukey; y un test *t*-Student para detectar diferencias significativas entre tratamientos dentro de cada especie.

Los datos de porcentaje de supervivencia no cumplían los requisitos de normalidad y/o homocedasticidad necesarios para emplear un ANOVA de dos vías, por lo que se utilizó el test no paramétrico de Kruskal Wallis para comparar entre especies con el test *post hoc* de Dunnet, y, al igual que en el porcentaje de emergencia, el test *t*-student para detectar, dentro de cada especie, diferencias significativas entre tratamientos. Cuando no se cumplían las condiciones de normalidad y/o homocedasticidad en lugar del test de *t*-Student se utilizó la prueba no paramétrica *U*-Mann Whitney.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Emergencia

En este estudio pretendíamos evaluar el efecto del estiércol de manera aislada, motivo por el cual se escarificaron las semillas, ya que estudios previos de los autores (Robles *et al.*, 2005; Ramos *et al.*, 2006; Ramos-Font *et al.*, 2015) sugieren que el paso por el tracto digestivo de cabra u oveja tiene un efecto moderado (incluso neutro o negativo) en la estimulación de la germinación de estas especies.

Los resultados obtenidos muestran comportamientos distintos para cada especie. En primer lugar, se observa que las especies leñosas (*A. decorticans* y *G. florida*) tuvieron un porcentaje de emergencia significativamente mayor que las herbáceas (*M. minima* y *T. polyceratia*) (Tabla 1). Esto sugiere un efecto negativo de las heces en las especies herbáceas estudiadas, respecto a las leñosas.

Tabla 1. Porcentaje de emergencia \pm error estándar para los factores “especie” y “heces” y resultados del análisis ANOVA. Letras diferentes indican diferencias significativas dentro de cada factor.

Especie	Emergencia	F-valor	g.l.	p-valor
<i>A. decorticans</i>	46,35 \pm 2,6 ^a	32,718	3	<0,0001
<i>G. florida</i>	47,92 \pm 5,12 ^a			
<i>M. minima</i>	11,93 \pm 3,09 ^b			
<i>T. polyceratia</i>	17,05 \pm 3,96 ^b			
Heces				
Cabra	30,16 \pm 5,37	2,783	1	0,103
Oveja	32,88 \pm 3,1			
Interacción		6,869	3	0,001

Por otro lado, cada especie mostró una respuesta diferente frente al tipo de heces, tal y como sugiere la interacción significativa entre factores (Tabla 1). *A. decorticans* y *M. minima* mostraron valores similares para ambos tratamientos (*p*-valor >0,18); mientras que *G. florida* tuvo una respuesta positiva a las heces de cabra, aunque significativamente marginal (*t*= 2,069; *p*-valor= 0,065); y *T. polyceratia* mostró una respuesta superior para las heces de oveja (*t*= -4,303; *p*-valor= 0,002; Fig. 1). Los resultados podrían indicar una adaptación de las plantas con sus dispersores más frecuentes (cabra y oveja, respectivamente) puesto que, en general, las cabras prefieren ramonear el estrato arbustivo mientras que las ovejas suelen consumir en mayor proporción el estrato herbáceo (Bartolomé *et al.*, 1998). Además, la diferente composición del estiércol de cabra y de oveja, siendo el primero más rico en elementos como N, P, K y Na (Moreno-Caselles *et al.*, 2002), podría estar afectando de manera distinta a las especies estudiadas.

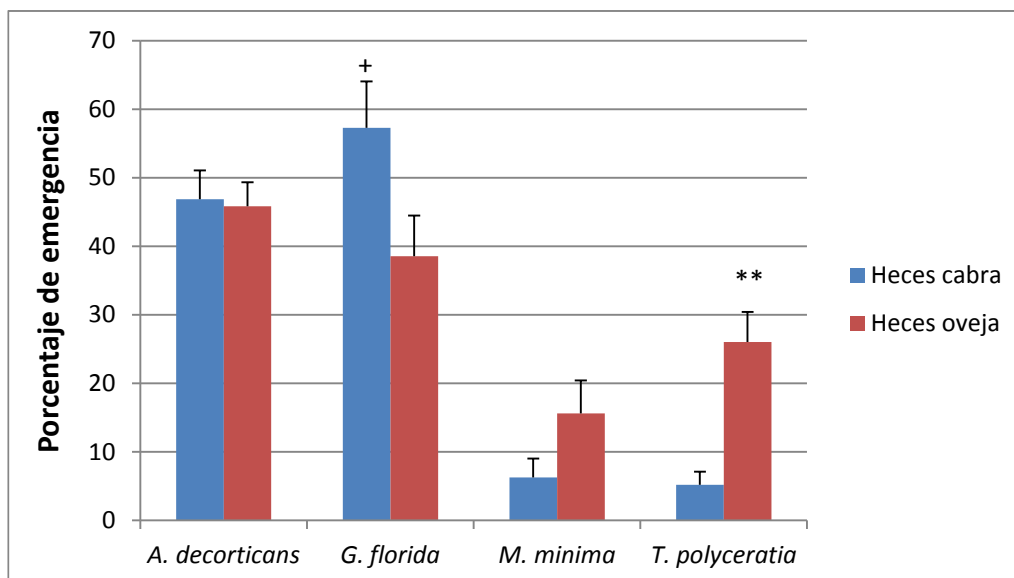


Figura 1. Porcentaje de emergencia de plántulas en heces de cabra y de oveja. Los asteriscos indican diferencias significativas (*t*-Student) entre tratamientos dentro de cada especie. **= p-valor<0,001; +p=0,065.

Las curvas de emergencia muestran una emergencia más rápida en heces de oveja que en heces de cabra durante los primeros días para todas las especies. Asimismo, se puede observar que para *M. minima* y *T. polyceratia* la mayoría de las semillas emergen durante los 6-8 primeros días, mientras que para *G. florida* (cabra) y *A. decorticans* la emergencia se concentra en los primeros 12-14 días. La potencial ventaja de una aceleración varía entre especies dependiendo del tipo de dormancia que presente la semilla y de las condiciones ecológicas del hábitat; no obstante, en este caso dicha aceleración supone tan sólo unos días por lo que los efectos en la supervivencia no sería muy relevante (Traveset y Verdú, 2002).

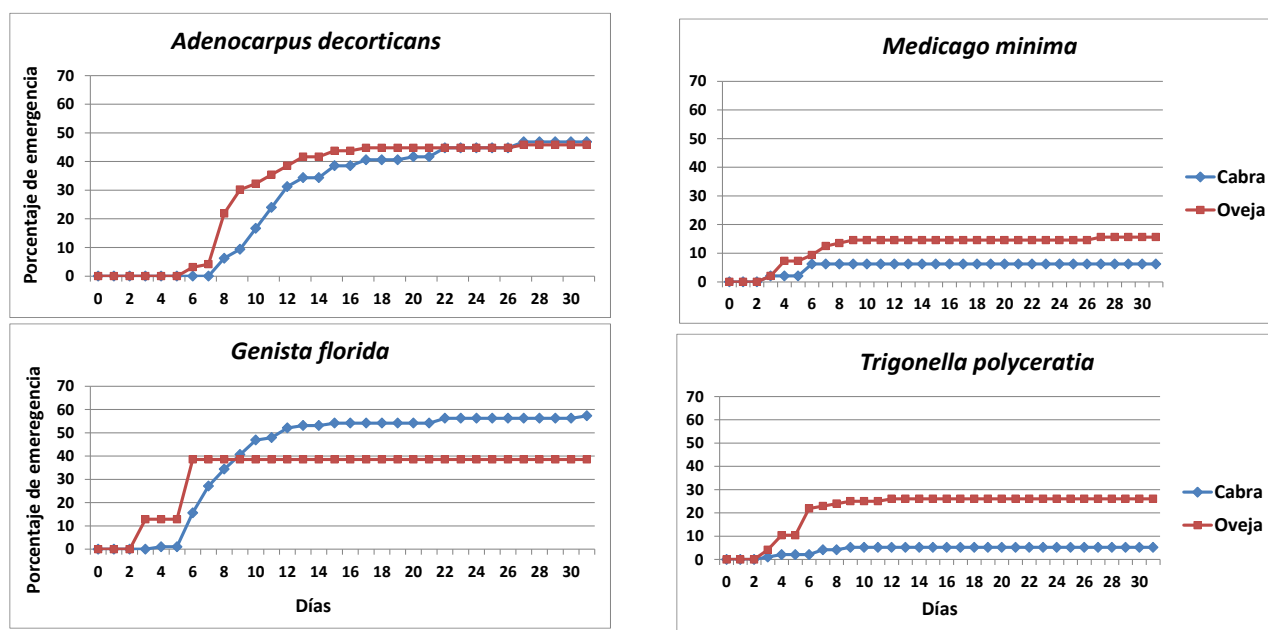


Figura 2. Curvas de emergencia de plántulas en heces de cabra y de oveja.

Supervivencia

El porcentaje de supervivencia varió significativamente entre especies (H -valor = 9,771; g.l.= 3; p -valor= 0,021), siendo inferior en *T. polyceratia* que en *G. florida* y *A. decorticans*. Sin embargo, dentro de cada especie no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 2).

Tabla 2. Porcentaje de supervivencia \pm error estándar de plántulas emergidas de heces de cabra o de oveja.

	Cabra	Oveja	t-valor	p-valor
<i>A. decorticans</i>	66,25 \pm 5,02	57,24 \pm 8,49	0,934	0,372
<i>G. florida</i>	63,12 \pm 11,87	79,11 \pm 10,84	-1,385	0,196
<i>M. minima</i>	75 \pm 25	59,33 \pm 16,94	6,01	0,304
<i>T. polyceratia</i>	37,5 \pm 23,94	26,15 \pm 6,71	11,51	0,914

¹U-valor (ver Material y Métodos).

CONCLUSIONES

Nuestros resultados sugieren que las especies mejor adaptadas a la emergencia en heces de oveja y cabra serían las arbustivas (*A. decorticans* y *G. florida*) frente a las herbáceas (*M. minima* y *T. polyceratia*), siendo *T. polyceratia* la menos adaptada, debido a sus bajos valores de emergencia y de supervivencia.

El tipo de estiércol influyó de manera diferente a cada especie. Consideramos, necesario realizar estudios de dispersión con oveja y cabra que incluyan la recuperación de semillas tras la ingesta, germinación y establecimiento en campo, para comprender el rol de cada herbívoro en la dispersión endozócora de estas especies y poder utilizar al ganado doméstico como herramienta de renaturalización de zonas degradadas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Dirección General de Gestión del Medio Natural de la Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente (Junta de Andalucía), mediante Fondos FEDER., dentro del proyecto “Ganadería Extensiva y biodiversidad”. Nuestro agradecimiento al personal del animalario del Departamento de Nutrición Animal de la Estación Experimental del Zaidín por facilitarnos los excrementos utilizados en este ensayo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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, 383–391.
- Bruun H. H., y Fritzøger B. (2002) The past impact of livestock husbandry on dispersal of plant seeds in the landscape of Denmark. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 31 (5), 425–431.
- Cosyns E., Claerbout S., Lamoot I. y Hoffmann M. (2005) Endozoochorous seed dispersal by cattle and horse in a spatially heterogeneous landscape. *Plant Ecology*, 178 (2), 149–162.
- Eichberg C., Storm C., y Schwabe A. (2007) Endozoochorous dispersal, seedling emergence and fruiting success in disturbed and undisturbed successional stages of sheep-grazed inland sand ecosystems. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 202 (1), 3–26.

Moreno-Caselles J., Moral R., Perez-Murcia M., Perez-Espinosa A. y Rufete B. (2002) Nutrient value of animal manures in front of environmental hazards. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33 (15-18), 3023–3032.

Ramos M.E., Robles A.B. , Ruiz-Mirazo J., Cardoso J.A. y González-Rebollar J.L. (2006) Effect of gut passage on viability and seed germination of legumes adapted to semiarid environments. En: Lloveras J. et al. (eds.) *Sustainable Grassland Productivity*, pp. 315-317. Badajoz: European Grassland Federation y Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

Ramos-Font M.E., González Rebollar J.L. y Robles Cruz A.B. (2015) Dispersión endozócora de leguminosas silvestres: desde la recuperación hasta el establecimiento en campo. *Ecosistemas*, 24, 14-21.

Robles, A.B., Castro, J., González-Miras, E. y Ramos, M.E. (2005) Effects of ruminal incubation and goat's ingestion on seed germination of two legume shrubs: *Adenocarpus decorticans* Boiss and *Retama sphaerocarpa* (L.) Boiss. *Options Méditerranéennes* 67, 111–115.

Traveset A. y Verdú M. (2002) A meta-analysis of the effect of gut treatment on seed germination. En: Levey D.J., Silva W.R., Galetti M. (eds) *Seed dispersal and frugivory: ecology evolution and conservation*, pp. 339-350. Wallingford, Reino Unido: CABI publishing.

Traveset A., Robertson A.W. y Rodríguez-Pérez J. (2007) A review on the role of endozoochory on seed germination. En: Dennis A.J., Schupp E.W., Green R.J., Westcott, D.A. (eds.) *Seed dispersal: theory and its application in a changing world*, pp. 78–103. Wallingford, Reino Unido: CABI publishing.

Zar, J.H. (1999) *Biostatistical analysis*. Upper Saddle River New Jersey: Prentice Hall, Inc.

METODOLOGIA DE EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE BOSQUES PASTADOS PARA LA PREVENCIÓN DE INCENDIOS EN CATALUÑA

F. PAUNÉ FABRÉ^{1,2}, C. CASAS ARCARONS³, A. SALVAT SALADRIGAS⁴

¹ Ferran Pauné Consultor Ambiental. Apartado postal 5. 08500 Vic. ² Departament de Producció Vegetal i Ciència Forestal, Universitat de Lleida. ³ Grup de Recerca BETA. Dept. de Biociències. Facultat de Ciències i Tecnologia. Universitat de Vic – Universitat Central de Catalunya. C. de la Laura, 13. 08500 Vic ⁴ Aprèn, Serveis Ambientals, SL. L'Estació s/n. 08590 El Figueró.
Correspondencia: carme.casas@uvic.cat

RESUMEN

Los incendios forestales son una de las principales perturbaciones que afectan a los bosques mediterráneos. Una de las iniciativas de prevención que se han desarrollado en los últimos años para reducir biomasa y continuidad de combustible es el pastoreo extensivo. El objetivo de este trabajo es elaborar un método de evaluación de los efectos del pastoreo en pinares representativos de Cataluña, dirigido a público no especialista. El estudio se ha realizado en tres tipos de pinares de dos zonas biogeográficamente diferentes: pinares continentales de *Pinus halepensis*, y pinares submontanos de *Pinus nigra* y de *Pinus sylvestris*. Se realizaron transectos para inferir indicadores de estructura vegetal y de diversidad florística. Un inventario florístico a lo largo del transecto permitió determinar especies indicadoras. Mediante cuadrados se registraron los recubrimientos y las alturas de cada uno de los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo. Los resultados permitieron establecer indicadores para evaluar los efectos del pastoreo en el sotobosque y vincular un protocolo de monitoreo de fácil aplicación en base a transectos.

Palabras clave: silvopastoreo, monitoreo, pinares mediterráneos, conservación de hábitats

SUMMARY

Forest fires are one of the main disturbances affecting Mediterranean forests. One of the prevention initiatives that has been developed in recent years to reduce biomass and fuel continuity is extensive grazing. The objective of this work is to develop a method to evaluate the effects of grazing on representative pine forests of Catalonia, addressed at the non-specialist public. The study was carried out in three types of pine forests of two different biogeographic zones: continental pine forests of *Pinus halepensis*, and submontane pine forests of *Pinus nigra* and *Pinus sylvestris*. Transects were made to infer indicators of plant structure and floristic diversity. A floristic inventory along the transect allowed the identification of indicator species. The coverings and heights of each of the arboreal, shrub and herbaceous layers were recorded by means of squares. The results allowed the establishment of indicators to evaluate the effects of grazing in the undergrowth and a monitoring protocol that can be easily applied based on transects.

Key words: silvopastoralism, monitoring, Mediterranean pine forests, habitat conservation

INTRODUCCIÓN

La escasez y la marcada estacionalidad del recurso forrajero en los países mediterráneos han llevado a un aprovechamiento secular del monte. En los últimos decenios se han repetido diversas experiencias de colaboración público-privada para la gestión del combustible forestal mediante

pastoreo. La ganadería extensiva en la zona mediterránea ha ido participando en la prestación de servicios ambientales, básicamente en la prevención de los incendios forestales.

Por otro lado, en el marco de la Unión Europea se ha avanzado en las políticas y normativas de protección y mejora de los hábitats, fauna y flora (EC 2007; EU 2010), que suponen un imperativo legal. Ello obliga a escoger medidas de gestión que permitan evaluar el estado de la biodiversidad (EUROPARC, 2005). Por ello, los indicadores de biodiversidad y de procesos ecológicos han recibido especial atención en los últimos años (Mallarach y Comas, 2008). En este sentido, en algunos estados, como el Reino Unido y Francia, diversas iniciativas han desarrollado metodologías para evaluar el estado de conservación de las tierras pastoreadas (Mestelan, Sainte Marie et al. 2007). Recientemente, en Cataluña se ha desarrollado un protocolo para evaluar el estado de conservación de los pastos herbáceos, (Salvat and Casas 2014). El interés suscitado por este último trabajo planteó la necesidad de adaptar una metodología a hábitats forestales mediterráneos, los cuales suponen el grueso de la superficie silvopastoral y de los cuales hay menor conocimiento.

El objetivo de este trabajo es elaborar un sistema de evaluación del estado de conservación de los bosques pastados de fácil aplicación.

MATERIAL Y METODOS

Se eligieron zonas pastadas y no pastadas en tres tipos de bosque para evaluar los parámetros de estructura de la vegetación, composición florística, calidad del medio y atributos forestales. Posteriormente se definieron aquellos más representativos a incluir en el protocolo.

Estaciones y muestreo de vegetación

Se escogieron pinares continentales de *Pinus halepensis*, y submontanos de *Pinus sylvestris* y de *Pinus nigra*, de los dominios de vegetación del carrascal (*Quercetum rotundifoliae*), robledales submontanos (*Buxo-Quercetum pubescentis*) y del quejigal (*Violo villkommii-Quercetum faginae*) respectivamente. Para cada tipo de bosque se seleccionaron tres parcelas control (no intervenidas) y tres parcelas pastadas (18 parcelas en total).

En cada parcela se estableció un transecto de 50 m. Se realizó un inventario florístico a lo largo del transecto en una anchura de 1 m a ambos lados del eje del transecto. Cada 10 m se delimitó un cuadrado de 3x3 m para medir el recubrimiento y la altura de cada uno de los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo.

A partir de los resultados obtenidos en el muestreo se escogieron los parámetros más indicativos y se definió el rango de valores de cada parámetro a evaluar mediante el protocolo.

Selección de las especies de flora indicadoras

La selección de las especies indicadoras se ha establecido a partir de diversas obras de referencia (Bolòs et al, 2005; Gracia & Ordóñez, 2011a, 2011b, 2011c; Taüll y Baiges, 2016), y también con la consulta del Banco de Datos de Biodiversidad de Cataluña, además de los datos de campo obtenidos en los transectos. Las especies debían cumplir: sensibilidad ecológica a los cambios, fácil detección e identificación y distribución amplia.

RESULTADOS

En el anexo I se presenta el protocolo elaborado a partir de los resultados obtenidos del muestreo. Estos parámetros y valores se resumen en una ficha de muestreo para el usuario.

Ámbito de aplicación del protocolo

En función del recubrimiento arbóreo y de los objetivos de gestión de la parcela que se evalúa se propone aplicar dos protocolos diferentes, uno para los bosques pastados (Anejo I) y otro para pastos arbolados. Se entiende por bosque pastado, según los resultados obtenidos en campo, aquella formación vegetal con un recubrimiento del estrato arbóreo superior al 60% (excepcionalmente el 50%), que mantiene en su interior un ambiente forestal. El protocolo plantea como situación ideal aquella en la que el bosque ofrece recursos forrajeros para el ganado y presenta unas características favorables desde el punto de vista de la prevención de incendios, pero aún así sigue manteniendo atributos forestales.

Cuando el objetivo de gestión sea mantener un pasto arbolado, con un recubrimiento herbáceo elevado, un estrato arbóreo aclarado y un estrato arbustivo reducido, se propone aplicar una variante del protocolo, en la que no se consideran los atributos forestales.

Las formaciones arbóreas muy aclaradas, tipo dehesa (recubrimiento del estrato arbóreo inferior al 30%), y donde el recubrimiento del estrato herbáceo sea superior al 50%, deberán ser evaluadas como pastos y no como bosques. Por ello se propone utilizar el protocolo de prados medioeuropeos y submediterráneos de (Salvat y Casas, 2014), si bien adaptado a las especies de pastos mediterráneos. No obstante se precisaría de mayor información experimental para estas formaciones y para pastos xerófilos. Opcionalmente cabría la posibilidad de aplicar dos protocolos, y así obtener información complementaria.

Tabla 1. Especies indicadoras de bosque, para tres tipos de pinares

Especies	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Pinus nigra</i>	<i>Pinus halepensis</i>
<i>Amelanchier ovalis</i>	X	X	X
<i>Anemone hepatica</i>	X	X	
<i>Arbutus unedo</i>			X
<i>Asparagus acutifolius</i>			X
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	X	X	
<i>Coronilla emerus / Cytisophyllum sessilifolium</i>	X	X	
<i>Cornus sanguinea</i>	X	X	
<i>Cruciata glabra</i>	X	X	
<i>Daphne laureola</i>	X	X	
<i>Fragaria vesca</i>	X	X	
<i>Lonicera sp.</i>	X	X	X
<i>Pistacia lentiscus</i>			X
<i>Rhamnus sp. / Phillyrea sp.</i>		X	X
<i>Rubia peregrina</i>	X	X	X
<i>Ruscus aculeatus</i>			X
<i>Primula sp.</i>	X	X	
<i>Solidago virgaurea</i>	X	X	
<i>Viburnum lantana / Viburnum tinus</i>	X	X	X
<i>Viola sp.</i>	X	X	

Especies indicadoras

Se han establecido tres categorías de especies indicadoras: (1) nemorales o de bosque, en relación a aquellas especies propias de ambientes forestales (Tabla 1) la presencia de las cuales indica que el bosque se mantiene en buen estado de conservación; (2) de pastizal, en relación a especies pratenses (Tabla 2) que indican un buen equilibrio agroecológico del pasto; (3) de impacto,

en relación a aquellas especies propias de ambientes con sobrepastoreo, con exceso de nitrógeno o de pisoteo (Tabla 3).

Tabla 2. Especies indicadoras de pastizal para tres tipos de pinares

Especies	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Pinus nigra</i>	<i>Pinus halepensis</i>
<i>Aphyllanthes monspeliensis</i>		X	X
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	X	X	X
<i>Brachypodium retusum</i>			X
<i>Briza media</i>	X	X	
<i>Bupleurum rigidum</i>		X	X
<i>Campanula</i> sp.	X	X	
<i>Catananche caerulea</i>	X	X	X
<i>Coronilla</i> (especies herbáceas)	X	X	X
<i>Hippocrepis</i> sp.			X
<i>Dactylis glomerata</i> sl.	X	X	X
<i>Dorycnium</i> sp.			X
<i>Dianthus</i> sp.	X	X	
<i>Fumana</i> sp. / <i>Helianthemum</i> sp.	X	X	X
<i>Hypericum</i> sp.	X	X	
<i>Knautia</i> sp. / <i>Scabiosa</i> sp.	X	X	X
<i>Leucanthemum vulgare</i>	X	X	
<i>Leuzea conifera</i>	X	X	
<i>Lotus corniculatus</i>	X	X	
<i>Linum</i> sp.	X	X	X
<i>Prunella</i> sp.	X	X	
<i>Onobrychis supina</i>		X	X
<i>Ononis</i> sp.	X	X	X
<i>Ophrys</i> sp. / <i>Orchis</i> sp., etc.	X	X	X
<i>Psoralea bituminosa</i>		X	X
<i>Polygala</i> sp.	X	X	
<i>Ranunculus</i> sp.	X	X	
<i>Sanguisorba</i> sp.	X	X	X
<i>Teucrium pyrenaicum</i>	X	X	
<i>Vicia</i> sp.	X	X	

Tabla 3. Especies indicadoras de pastizal sobrepastoreado

Especies	
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	<i>Cynodon dactylon</i>
<i>Carduus</i> sp. / <i>Cirsium</i> sp.	<i>Geranium molle</i> / <i>G. rotundifolium</i> .
<i>Chenopodium</i> sp.	<i>Hordeum murinum</i>
<i>Conyza</i> sp.	<i>Rumex</i> sp.
<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Sochus</i> sp.
<i>Cichorium intybus</i>	<i>Urtica dioica</i>

Clases de calidad de los bosques pastados

Mediante la aplicación del protocolo se valoran cuatro apartados: estructura de la vegetación, naturalidad y calidad del medio, valor pascícola y atributos forestales. Cada apartado recibe una puntuación entre 0 y 25. De la suma se obtiene una puntuación global entre 0 y 100. Siguiendo la propuesta de categorías utilizadas para evaluar el estado ecológico de las masas de agua (ACA, 2006), se han establecido cinco clases de calidad: Muy Bueno, Bueno, Mediocre, Deficiente y Muy Deficiente (Tablas 4 y 5). Para evaluar pastos arbolados se obvia la puntuación relativa a atributos

forestales. En este caso de la suma de los diversos apartados se obtiene una puntuación global entre 0 y 75 (Tabla 5).

Tabla 4. Clases de calidad del bosque pastado.

Nivel de calidad		Puntuación
Muy Bueno	<i>Bosque pastado en excelente estado de conservación</i>	Superior a 90
Bueno	<i>En buen estado pero mejorable</i>	Entre 75 y 90
Mediocre	<i>Con impactos moderados o con calidad baja</i>	Entre 55 y 70
Deficiente	<i>Alteración fuerte</i>	Entre 30 y 50
Muy deficiente	<i>Degradación extrema</i>	Inferior a 30

Tabla 5. Clases de calidad de los pastos arbolados.

Nivel de calidad		Puntuación
Muy Bueno	<i>Pasto arbolado en excelente estado de conservación</i>	Superior a 65
Bueno	<i>En buen estado pero mejorable</i>	Entre 60 y 65
Mediocre	<i>Con impactos moderados o con calidad baja</i>	Entre 50 y 55
Deficiente	<i>Alteración fuerte</i>	Entre 25 y 45
Muy deficiente	<i>Degradación extrema</i>	Inferior a 25

CONCLUSIONES

A partir de los resultados de muestreo de bosques pastados y no pastados (inventarios fitosociológicos, transectos y parcelas de vegetación) ha podido determinarse un conjunto de indicadores de estado en bosques pastados y pastos arbolados. Ello permite la evaluación del hábitat mediante un método sencillo y rápido. Resultaría de interés testar este protocolo en otras formaciones (p.e. dehesas y pastizales xerófilos) para comprobar su idoneidad y si fuere necesario adaptar índices específicos. , Así mismo, ajustar el protocolo propuesto en base a un mayor tamaño muestral experimental y la incorporación de los resultados obtenidos en nuevos casos de aplicación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACA (2006) HIDRI. *Protocol per a la valoració de la qualitat hidromorfològica dels rius*. Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya.
- EC (2007) Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. 1992L0043 — EN — 01.01.2007 — 005.001. EEC, Official Journal.
- EU (2010) Directive 2009/147/EC of the European Parliament and of the Council of 30 November 2009 on the conservation of wild birds, Official Journal of the European Union.
- Bolòs, O., Vigo, J., Masalles, R.M. & Ninot, J.M. (2005) *Flora Manual dels Països Catalans*. Ed. Pòrtic. (3 ed.) Barcelona.
- EUROPARC-España (2005) *Diseño de planes de seguimiento en espacios naturales protegidos. Manual para gestores y técnicos*. Ed. Fundación Fernando González Bernáldez. Madrid.
- Gràcia, M. y Ordóñez, J.L. (Coord.). *Les pinedes de pi blanc. Manuals de gestió d'hàbitats*. Àrea d'Espais Naturals, Diputació de Barcelona. Obra Social de "la Caixa". 2011a.

Gràcia, M. y Ordóñez, J.L. (Coord.). *Les pinedes de pinassa. Manuals de gestió d'hàbitats*. Àrea d'Espais Naturals, Diputació de Barcelona. Obra Social de "la Caixa". 2011b.

Gràcia, M. y Ordóñez, J.L. (Coord.). *Les pinedes de pi roig. Manuals de gestió d'hàbitats*. Àrea d'Espais Naturals, Diputació de Barcelona. Obra Social de "la Caixa". 2011c.

Mallarach, J.M. y Comas, E. (2008) Protegits, de fet o de dret: primera avaluació del sistema d'espais naturals protegits de Catalunya. *Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural*. 15. [en línia]. Institució Catalana d'Història Natural. Barcelona. <<http://ichn.iec.cat/Avaluacioespais.htm>>

Mestelan, P., C. Sainte Marie et al. (2007) *Guide pour la mise en oeuvre de l'engagement unitaire agroenvironnemental "maintien de la richesse floristique d'une prairie naturelle" (Herbe_07)*. Federation des Parcs Naturels Regionaux de France.

Salvat, A. y C. Casas (2014) *Protocol per a l'avaluació de l'estat ecològic dels prats. Adaptació per a la muntanya mitjana del nord-est de Catalunya*. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural: 8.

Taüll, M. y Baiges, T. (2016) *Tipologies de pastura de les principals formacions arbrades de Catalunya*. Generalitat de Catalunya, Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació - Centre de la Propietat Forestal.

EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD Y COMPOSICIÓN DE LA DIETA DEL REBECO PIRENAICO EN LA RESERVA NACIONAL DE CAZA Y FAUNA SALVAJE DE ORLU

S. CHAVES¹, J. ESPUNYES¹, J. BARTOLOMÉ², E. ALBANELL², M. GAREL³, K. FOULCHE⁴, I. MARCO¹, S. LAVÍN¹, E. SERRANO^{1,5}

¹Servei d' Ecopatologia de Fauna Salvatge. Departament de Medicina i Cirurgia Animals. Facultat de Veterinària. Universitat Autònoma de Barcelona. E-08193 Barcelona (Espanya). ²Grup de Recerca en Remugants. Departament de Ciència Animal i dels Aliments. Universitat Autònoma de Barcelona. E-08193 Barcelona (Espanya). ³Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage. Centre National d'études et de recherche appliquée Faune de Montagne. 5 allée de Bethléem, Z.I. Mayencin. F-38610 Gières (France). ⁴Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage, Cellule technique Sud-Ouest. Délégation régionale Occitane. 18 rue Jean Perrin. F-31100 Toulouse (France). ⁵Departamento de Biología & CESAM. Universidade de Aveiro. P-3810-193 Aveiro (Portugal).

Correspondencia: sara_chaves@hotmail.com

RESUMEN

El calentamiento global está teniendo un gran impacto en los ecosistemas montañosos alterando la fenología de las plantas. Los hábitos alimentarios de muchas especies animales se están viendo modificados debido a inicios cada vez más tempranos del período vegetativo de las plantas y a incrementos en la temperatura atmosférica. En este estudio se ha explorado cómo el crecimiento de la vegetación y la producción primaria (utilizando datos procedentes del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada obtenidos por satélite) determinan variaciones interanuales en la calidad de la dieta de una población de rebeco en la Reserva Nacional de Caza y Fauna Salvaje de Orlu ubicada en los Pirineos Franceses Orientales. De 1991 a 2015 se han recogido un total de 361 muestras fecales y se ha determinado el contenido de N mediante Espectrofotometría del Infrarrojo Cercano (NIRS). A su vez, también se ha estudiado la composición de la dieta. Los resultados sugieren que Orlu está experimentando un inicio cada vez más temprano en el período vegetativo y un incremento en la producción primaria que se traducen en cambios en el consumo y que afectan también a la calidad de la dieta del rebeco observándose una ingestión mayor de N.

Palabras clave: calentamiento global, período vegetativo, NIRS, producción primaria

SUMMARY

Global warming is having a great impact on mountain ecosystems through the alteration of plant phenology. The earlier vegetation onset and the increase in atmospheric temperature are modifying the feeding habits of many animal species. In this work, we explored how vegetation onset and primary productivity (using satellite-derived normalized difference vegetation index data) determined inter-annual variations in diet quality of chamois from the National Hunting and Wildlife Reserve of Orlu located in the eastern French Pyrenees. A total of 361 fecal samples were collected from 1991 to 2015, and analyzed by Near-Infrared Spectroscopy (NIRS). Diet composition was also evaluated. The results suggest that Orlu is experiencing an earlier onset of vegetation growth and the increase in primary production, which translates into changes in consumption and in the diet quality of chamois due to a higher intake of N.

Keywords: global warming, vegetation onset, NIRS, primary productivity

INTRODUCCIÓN

En Europa, el inicio del período de crecimiento de la vegetación se ha adelantado 8 días desde 1989 (Watson *et al.*, 2001; Pettoirelli *et al.*, 2005, 2007) influyendo en la fenología de los organismos (Smith *et al.*, 2012) y en la composición y dinámica de las comunidades (Walther *et al.*, 2002). Los ecosistemas montañosos son particularmente vulnerables al calentamiento global (Pettoirelli *et al.*, 2007) debido al ajuste tan preciso de los ciclos biológicos en estos ambientes extremos (Li *et al.*, 2016). En concreto, los ecosistemas alpinos se encuentran entre los más sensibles (Ernakovich *et al.*, 2014) y, por tanto, se espera que el comportamiento y fisiología de las especies allí presentes se vean afectados por el calentamiento global (Brivio *et al.*, 2016). Los ungulados de montaña son un modelo excelente para investigar el impacto del calentamiento global ya que las poblaciones de vertebrados sincronizan sus eventos reproductivos con el pico de producción primaria de las especies vegetales existentes en dicho hábitat (Bonenfant *et al.*, 2009; Parker *et al.*, 2009).

Para poder entender los efectos del calentamiento global sobre estos ungulados de montaña son necesarios estudios a largo plazo sobre la calidad y composición de la dieta en estas poblaciones. Uno de los indicadores más usados para determinar la calidad de la dieta es el nitrógeno fecal (NF) descrito por Gálvez-Cerón *et al.* (2013, 2015) que puede ser evaluado mediante NIRS. Por otra parte, el análisis microhistológico de las epidermis vegetales permite determinar la composición de la dieta (Bartolomé *et al.*, 1995). El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) es un excelente indicador de la fenología de las plantas y de la producción primaria en diferentes escalas temporales y espaciales (Pettoirelli *et al.*, 2005). La información que se obtiene con estas técnicas permite entender cómo las poblaciones de mamíferos se enfrentan a las alteraciones producidas por el calentamiento global.

En este estudio, se evaluó cómo una población de rebeco pirenaico (*Rupicapra pyrenaica* subsp. *pyrenaica*), descrita por Bonaparte en 1945, ha adaptado su dieta a las variaciones interanuales de producción primaria. Para ello, se han recogido heces de rebeco durante 24 años (1991-2015) en la Reserva Nacional de Caza y Fauna Salvaje de Orlu ubicada en los Pirineos Orientales Franceses. A partir de las muestras fecales se ha explorado si las variaciones interanuales en la calidad de la dieta (fibra y nitrógeno) estaban o no relacionados con variaciones fenológicas. En la misma línea también se estudió la composición de la dieta de los rebecos. Los objetivos de este trabajo han sido los siguientes: (1) evaluar los cambios temporales en la producción primaria y fenología de las especies vegetales existentes mediante el NDVI; (2) explorar las variaciones en la calidad y composición de la dieta y (3) determinar qué factores estaban más relacionados con los cambios interanuales de búsqueda de alimento.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se sitúa en la Reserva Nacional de Caza y Fauna Salvaje de Orlu en los Pirineos Orientales Franceses. Orlu es un área protegida de 4250 ha con una altitud situada entre los 950 y los 2765 m s. n. m. La Reserva se expande desde el nivel montano al alpino y la vegetación predominante son landas alpinas y subalpinas dominadas por ericáceas, en particular por *Rhododendron ferrugineum* L. Por otra parte, encontramos acantilados y hayedos (*Fagus sylvatica* L.) en las zonas bajas con *Vaccinium* spp. L., *Teucrium* spp. L. y *Pteridium aquilinum* L. Los bosques de pino negro (*Pinus uncinata* Raymond Ex A.D.C.) también son comunes.

Desde 1991 se recogieron muestras fecales frescas de animales capturados. Tras su recolección, las muestras se transportaron refrigeradas y, posteriormente, se almacenaron a -20°C hasta su

posterior procesado. En total, se recogieron 361 muestras fecales durante los 24 años en estudio. En el laboratorio, se descongelaron y se secaron a 60°C durante 24 h y finalmente se molturaron con un molino de laboratorio (Cyclotec 1093, FOSS Tecator, Höganäs, Sweden) para posteriores análisis.

Datos NDVI

Se empleó el NDVI para analizar la actividad de la vegetación. Este índice ofrece información sobre la fenología y producción vegetal a través de escalas temporales y espaciales (Hamel *et al.*, 2009). Para Orlu se calcularon los datos de NDVI durante el período 1991 a 2012 usando la colección de los Índices de Vegetación de la base de datos AVHRR ofrecida por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos (NOAA).

Análisis NIRS

La estimación del NF se realizó mediante NIRS. Para ello, se registraron los espectros de las muestras usando el espectrofotómetro NIRSystems 5000 (Foss, Hillerod, Denmark). Los espectros se registraron por duplicado como $\log 1/R$ (R = Reflectancia) en un rango de longitud de onda entre 1100 y 2500 nm, con lecturas a intervalos de 2 nm.

Composición de la dieta

El método empleado para la determinación de la composición de la dieta ha sido el análisis microhistológico de las muestras fecales, identificando los fragmentos de epidermis (Storr 1961; Bartolomé *et al.*, 1998) siguiendo los procedimientos descritos por Stewart (1967). A través de esta técnica, se obtiene una muestra representativa de las distintas plantas ingeridas por el animal (Bartolomé *et al.*, 2011). Las muestras ($n=40$) fueron seleccionadas en base a los resultados de NF estimados por NIRS coincidentes con la época en la cual la nieve empieza a desaparecer y se inicia el crecimiento de las gramíneas (Aldezabal y García-González, 2004). Se escogieron dos picos diferentes en NF y el año 2014 debido al declive en el valor de NF. El primer pico incluye los años 1993, 1995, 2000 y 2001 y el segundo pico los años 2006, 2007, 2008, 2009 y 2010. La composición de la dieta se determinó usando 4 muestras por año.

Análisis estadísticos

El software estadístico empleado para realizar todos los análisis ha sido R (versión 3.3.1, R Development Core Team 2016). Las variaciones interanuales de los parámetros de NDVI fueron evaluados por el Rango de Correlación de Spearman mientras que para el análisis de la calidad de la dieta se utilizaron modelos aditivos (GAM). A su vez, el NF fue previamente corregido por el contenido en fibra ácido detergente (Gálvez-Cerón *et al.*, 2015). Finalmente, para determinar qué parámetros explicaban en mayor medida estas variaciones en la calidad de la dieta se usó el modelo de árbol (CART).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que la media, el valor de máxima producción primaria, la media de primavera y la media de otoño de los valores de NDVI han aumentado durante los últimos 21 años ($r=0,83$; $r=0,85$; $r=0,76$; $r=0,74$, respectivamente). Esto sugiere un incremento en la media y en la máxima producción primaria a lo largo del tiempo. Por el contrario, se observa un ligero descenso en el inicio y final del período vegetativo ($r=-0,28$; $r=-0,26$). Estos cambios parecen afectar positivamente la calidad de la dieta de esta población de rebeco (Figura 1.). Sin embargo, no se han observado cambios significativos en la duración del período vegetativo como ha ocurrido en otros estudios (Watson *et al.*, 2001; Walther *et al.*, 2002).

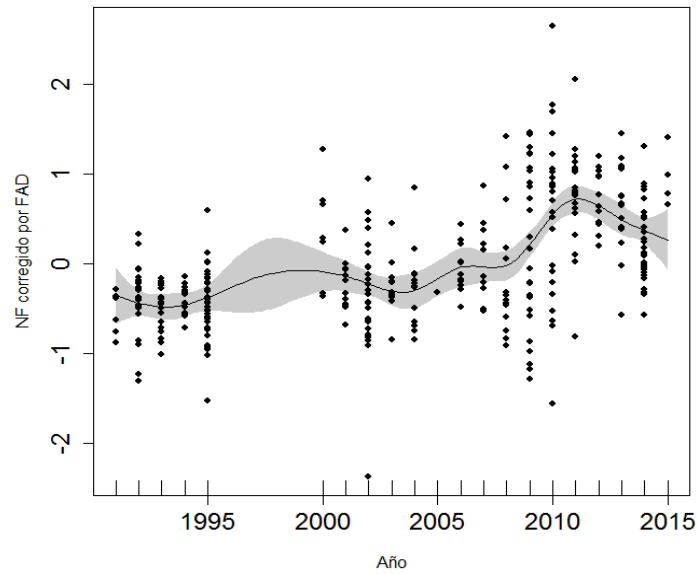


Figura 1. Tendencia temporal del nitrógeno fecal (NF) corregido por la fibra ácido detergente (FAD) desde 1991 a 2015 ajustado por un modelo aditivo. El área sombreada corresponde a los intervalos de confianza. Se observa un incremento en el contenido de N con el paso del tiempo.



Figura 2. Tendencia a largo plazo de las plantas más ingeridas por el rebeco. Cada punto representa el porcentaje medio de aparición en las muestras fecales determinadas por análisis microhistológico. Las tendencias positivas se pueden observar para *Festuca* spp. L. y las negativas para las leñosas *Calluna vulgaris* L. (Hull), *Cytisus scoparius* L. (Link), *Rhododendron ferrugineum* L. Las especies de *Trifolium* spp. L. y *Carex* spp. L. permanecen de forma constante durante el paso del tiempo.

En referencia a la composición de la dieta, las plantas con mayor importancia en la dieta del rebeco fueron *Festuca* spp. L., *Calluna vulgaris* L. (Hull), *Cytisus scoparius* L. (Link), *Rhododendron ferrugineum* L., *Trifolium* spp. L. y *Carex* spp. L. (Figura 2). Estas especies han constituido el 60% de la dieta del rebeco.

El incremento de producción primaria y el inicio cada vez más precoz en el crecimiento de la vegetación parecen tener un impacto positivo en la calidad de la dieta del rebeco. De hecho, la estrecha relación entre la fenología de las plantas y el comportamiento de búsqueda de alimento de los ungulados de ambientes más estacionales puede justificar este patrón (Parker *et al.*, 2009). Por otro lado, se ha descrito que una menor duración en el período de acceso a plantas más nutritivas, debido a primaveras cada vez más cálidas, pueden repercutir negativamente a las poblaciones de ungulados alpinos (Pettorelli *et al.*, 2007). Sin embargo, en base a nuestros resultados, la duración del período de crecimiento vegetativo no ha cambiado a lo largo del tiempo y, por tanto, no se han observado los efectos anteriormente mencionados en la población de Orlu.

CONCLUSIONES

Del presente estudio se puede concluir que el consumo y el comportamiento de búsqueda de alimento del rebeco en Orlu se ven afectados, probablemente, porque la primavera empieza antes. Este proceso mejoraría la calidad de su dieta debido, posiblemente, a un acceso más temprano a las plantas con mayor valor nutritivo. Sin embargo, haría falta más investigación a nivel de sistemas en la que se tuviesen en cuenta aspectos relativos a los usos del suelo a lo largo del tiempo, las interacciones entre especies, los patrones de ingestión y consumo, así como incluir más datos al estudio tales como cubierta de nieve y lluvias en verano.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio es parte del programa científico “Approche Intégrée de la Démographie des Populations d’Isard” cofinanciado por la ONCFS y el SEFaS.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldezábal A. y García-González R. (2004) La alimentación del sarrío en el Pirineo central. En: Herrero J. *et al.* (eds) *El sarrío pirenaico Rupicapra pyrenaica pyrenaica: Biología, Patología y Gestión*, pp. 169-189. Zaragoza, España: Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón.
- Bartolomé J., Franch J., Gutman M. y Seligman N. G. (1995) Physical factors that influence fecal analysis estimates of herbivore diets. *Journal of Range Management*, 267-270.
- 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, 383-391.
- 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.
- Bonenfant C., Gaillard J. M., Coulson T., Festa-Bianchet M., Loison A., Garel M., Loe L.E., Blanchard P., Pettorelli N., Owen-Smith N., Du Toit J. y Duncan P. (2009) Empirical evidence of density-dependence in populations of large herbivores. *Advances in ecological research*, 41, 313-357.
- Brivio, F. Bertolucci C., Tettamanti F., Filli F., Apollonio M. y Grignolio S. (2016) The weather dictates the rhythms: Alpine chamois activity is well adapted to ecological conditions. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 70(8), 1291-1304.

- Ernakovich J. G., Hopping K. A., Berdanier A. B., Simpson, R. T., Kachergis E. J., Steltzer H. y Wallenstein M. D. (2014) Predicted responses of arctic and alpine ecosystems to altered seasonality under climate change. *Global Change Biology*, 20(10), 3256-3269.
- Gálvez-Cerón A., Serrano E., Bartolomé J., Mentaberre G., Fernández-Aguilar X., Fernández-Sirera L., Navarro-González N., Gassó D., López-Olvera J.R., Lavín S., Marco I. y Albanell E. (2013) Predicting seasonal and spatial variations in diet quality of Pyrenean chamois (*Rupicapra pyrenaica pyrenaica*) using near infrared reflectance spectroscopy. *European Journal of Wildlife Research*, 59(1), 115-121.
- Gálvez-Cerón A., Gassó D., López-Olvera J.R., Mentaberre G., Bartolomé J., Marco I., Ferrer D., Rossi L., Garel M., Lavín S., Clauss M. y Serrano E. (2015) Gastrointestinal nematodes and dietary fibre: two factors to consider when using FN for wildlife nutrition monitoring. *Ecological Indicators*, 52, 161-169.
- Hamel S., Garel M., Festa-Bianchet M., Gaillard J. M. y Côté S. D. (2009) Spring Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) predicts annual variation in timing of peak faecal crude protein in mountain ungulates. *Journal of Applied Ecology*, 46, 582-589.
- Li X., Jiang L., Meng F., Wang S., Niu H., Iler A. M., Duan J., Zhang Z., Luo C., Cui S., Zhang L., Li Y., Wang Q., Zhou Y., Bao X., Dorji T., Li Y., Peñuelas J., Du M., Zhao X., Zhao L. y Wang G. (2016) Responses of sequential and hierarchical phenological events to warming and cooling in alpine meadows. *Nature Communications*, 7, 12489.
- Parker K. L., Barboza P. S. y Gillingham M. P. (2009) Nutrition integrates environmental responses of ungulates. *Functional ecology*, 23, 57-69.
- Pettorelli N., Weladji R. B., Holand O., Mysterud A., Breie H. y Stenseth N. C. (2005) The relative role of winter and spring conditions: linking climate and landscape-scale plant phenology to alpine reindeer body mass. *Biology letters*, 1, 24-26.
- Pettorelli N., Pelletier F., Von Hardenberg A., Festa-Bianchet M. y Côté S.D. (2007) Early onset of vegetation growth vs. rapid green-up: impacts on juvenile mountain ungulates. *Ecology*, 88, 381-390.
- Smith J. G., Sconiers W., Spasojevic M. J., Ashton I. W. y Suding K. N. (2012) Phenological changes in alpine plants in response to increased snowpack, temperature, and nitrogen. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 44, 135-142.
- Stewart D. R. M. (1967). Analysis of plant epidermis in faeces: a technique for studying the food preferences of grazing herbivores. *Journal of Applied Ecology*, 83-111.
- Storr G. 1961. Microscopic analysis of faeces, a technique for ascertaining the diet of herbivorous mammals. *Australian Journal of Biological Sciences*, 14, 157-164.
- Walther G.R., Post E., Convey P., Menzel A., Parmesan C., Beebee T.J.C., Fromentin J.M., Hoegh-Guldberg O. y Bairlein, F. (2002) Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416, 389-395.
- Watson R. T. y el Equipo de Redacción Central (2001) *Climate Change 2001: Synthesis Report: Third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 151 pp. Cambridge University Press, Cambridge, UK.



Producción animal

INVESTIGACIÓN EN PASTOS: EL VALOR AÑADIDO DE LOS DATOS

F. MAROTO MOLINA, A. GÓMEZ CABRERA, J.E. GUERRERO GINEL, A. GARRIDO VARO, D.C. PÉREZ MARÍN

Departamento de Producción Animal. Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales. 14014 Córdoba (España).
Correspondencia: g02mamof@uco.es

RESUMEN

En el presente trabajo se analiza la problemática existente en relación con la gestión y el uso de los datos disponibles sobre la composición química, el valor nutritivo y las recomendaciones de uso de los alimentos para animales. Se llama la atención sobre la existencia de nuevos usos de estos datos, además de la realización de raciones, por ejemplo, los ligados a la contaminación ambiental, y sobre la necesidad de mantener el desarrollo de bases de datos nacionales, que cubran los vacíos de las bases de datos globales, sobre las características singulares de los alimentos a nivel local. Además, se hace referencia a la alineación de este tipo de actividades con la política de "datos abiertos" promovida por la Unión Europea. En base a ello, se analiza la situación de la base de datos de alimentos auspiciada por la SEEP: "Pastos Españoles (SEEP)/Alimentos para animales", y se proponen medidas que permitirían adaptarla a la nueva situación, favoreciendo la cantidad y la calidad de la información recogida y, de manera simultánea, el reconocimiento a los autores que la aportan.

Palabras clave: pastos españoles, bases de datos, datos abiertos, impacto social

SUMMARY

This paper analyzes the existing problems related to the management and use of data of chemical composition, nutritional value and the use recommendations for animal feed. Attention is drawn to the existence of new uses of these data, in addition to the calculation of diets, for example those uses related to climate change, and to the need for maintaining the development of national databases, covering knowledge gaps in global databases on animal feed characteristics at a local level. In addition, the alignment of these databases with the "open data" policy promoted by the European Union is highlighted. Based on this, the situation of the animal feed database sponsored by SEEP: "Spanish Pastures (SEEP)/Animal feed" is analyzed, and actions that would allow the adaptation of this resources to different scenarios are proposed, favoring the quantity and quality of the collected data and, simultaneously, the recognition of the authors that contribute to it.

Key words: Spanish pastures, databases, open data, social impact

INTRODUCCIÓN

¿Para qué investigamos el valor nutritivo de los pastos? No cabe duda de que el fin último es el de mejorar la eficacia del aprovechamiento de los mismos, pero ¿es eficaz el sistema de difusión de la información que empleamos para facilitar esa mejora o, en su caso, sería posible mejorarlo? Posiblemente existe un acuerdo general sobre la necesidad de hacer más accesibles los datos generados en esas investigaciones mediante su informatización, lo que nos lleva a plantearnos cuáles son las formas de llevar a cabo dicha informatización de un modo eficaz, porque no todas las posibilidades que existen son equivalentes.

Entre las actividades que las Sociedades Científicas tienen a su disposición para favorecer el desarrollo del sector de la ciencia al que dedican su actividad, está la de promover actuaciones en las que participen activamente una parte significativa de sus miembros. En este sentido, la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP) llevó a cabo el proyecto “*Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles*”, lo que propició la colaboración del Servicio de Información sobre Alimentos (SIA) de la Universidad de Córdoba, para la informatización de la información rescatada. Esta circunstancia propicia la reflexión recogida en este documento sobre esta iniciativa, cuyo desarrollo futuro consideramos oportuno debatir ahora en el seno de la SEEP.

Han sido diversas las ocasiones en las que hemos tratado el tema de la gestión de la información sobre los alimentos para los animales en el ámbito de las Reuniones Científicas de la SEEP (Gómez *et al.*, 2003 y 2008; Maroto *et al.*, 2009). El objetivo de las comunicaciones ha ido evolucionando. Inicialmente se trataba de crear la estructura de la base de datos para recoger la información disponible; más tarde se abordó la problemática derivada del trasvase de los datos recogidos en el proyecto anteriormente citado a dicha base de datos y, finalmente, el acceso a los datos a través de internet.

El acceso a los datos se planteó inicialmente de forma restringida, exclusivamente para los participantes en la construcción de la base de datos, considerando que ello favorecería la participación en el proyecto común. Más tarde se acordó abrir el acceso libre.

A pesar de ello, la realidad es que la participación se ha estancado y ello ha afectado también a las actividades de quienes venimos asumiendo la gestión directa de la base de datos. Los motivos pueden ser diversos, pero en todos los casos existe algo en común y es la necesidad de atender a otros temas “más urgentes”, a los que nos obliga nuestra actividad docente y/o los proyectos de investigación en los que conseguimos financiación.

Planteado así el problema, el objetivo del presente trabajo es el de analizar el balance que presenta la iniciativa de construcción de la base de datos “Pastos Españoles (SEEP)/Alimentos para animales”, considerando las condiciones en las que se ha producido su desarrollo y los nuevos condicionantes que existen en el momento actual, en particular, la política de datos abiertos (*open data*) que fomenta la Unión Europea (Directiva 2003/98/CE) y las posibilidades de análisis de grandes volúmenes de datos (*Big Data*), para determinar las condiciones que, en su caso, pudieran promover la participación activa, considerándola como proyecto propio, de cada uno de los generadores de la información.

El contenido de dicho análisis se divide en dos apartados: el primero, en el que trataremos de justificar el interés que existe hoy día en disponer de estas bases de datos de alimentos, así como cuáles son las características técnicas que pueden tener y, el segundo, en el que analizaremos los condicionantes que limitan el modelo colaborativo planteado para la creación de la base de datos “Pastos Españoles (SEEP)/Alimentos para Animales”.

UTILIDAD ACTUAL DE LAS GRANDES BASES DE DATOS DE ALIMENTOS

El esfuerzo de elaboración de tablas de composición y recomendaciones de uso de los alimentos ha decrecido en las últimas décadas, en relación al desarrollado hasta la década de los 90 del siglo XX. Actualmente estas tablas se siguen elaborando con cierta periodicidad en algunos países, ligadas a grandes bases de datos o combinando fuentes de información local con datos importados de otras tablas (Tran *et al.*, 2012). Este menor esfuerzo puede estar relacionado con la mayor homogenización en los sistemas de producción intensiva, de manera que, incluso en algunos de los países que elaboran sus propias tablas de alimentos, las tablas de referencia en los programas de

racionamiento siguen siendo las derivadas de los principales sistemas de valoración (INRA y NRC, principalmente). Aún en estos casos, los valores medios que recogen las tablas para los alimentos concentrados normalmente utilizados, no tienen en cuenta las variaciones que pueden producirse a nivel local.

Por otra parte, cuanto más singular es el sistema productivo, más difícil es que las normas establecidas en esas tablas globales sirvan para valorar los alimentos y las necesidades de los animales en dicho sistemas productivo, lo que hace necesario un esfuerzo de elaboración propia. Ello es particularmente aplicable a los sistemas de producción en pastoreo o que utilizan forrajes y alimentos locales.

Por otra parte, estamos asistiendo a un proceso de incorporación de nuevos objetivos ligados al racionamiento de los animales, en los que al coste mínimo de la ración se añaden otros objetivos, como los ligados a la reducción de la contaminación, tanto la derivada del nitrógeno y otros elementos contenidos en los estiércoles y purines, como los relacionados con la producción de gases de efecto invernadero, particularmente importante en el caso de los rumiantes. Esta información necesita también ser recogida y analizada para ser incorporada en las normas de alimentación.

La principal ventaja para poder llevar a cabo esta labor local es que existe una enorme diversidad de fuentes de información y que dicha información se almacena en sistemas informatizados, lo que implica que su gestión puede ser relativamente fácil. Sin embargo, existen algunos factores que limitan la disponibilidad de estos datos: la propiedad de esa información (pública o privada), tema que tratamos en el siguiente apartado, y la calidad de los datos, así como de los metadatos asociados a los mismos.

La calidad de los datos se ve afectada por la heterogeneidad de las fuentes de procedencia. La variabilidad de los alimentos y de las técnicas analíticas, la imprecisión de los nombres de las muestras y de otros metadatos, y algunos errores, a pesar de los controles de los propios laboratorios o de las revistas en las que se publicaron los datos, hace necesaria la depuración de la información para eliminar los datos anómalos (Tran *et al.*, 2012; Maroto *et al.*, 2013a). Por otra parte, lo normal es encontrar muestras que sólo contienen los datos analíticos más habituales (materia seca, cenizas, proteína bruta, extracto etéreo, fibra bruta) siendo menos frecuentes las que incorporan las fibras de Van Soest y otros componentes analíticos, y muy escasas las que disponen de datos de energía y de disponibilidad de nutrientes (digestibilidad, degradabilidad, etc).

La elaboración de tablas a partir de los datos medios de variables con diferentes número de observaciones es poco adecuada desde el punto de vista de la representatividad de la información, por lo que se hace necesario completar los vacíos a partir de los datos disponibles, utilizando para ello técnicas estadísticas más o menos complejas, incluyendo ecuaciones derivadas de la literatura o de las propias bases de datos (Maroto *et al.*, 2013b).

Un ejemplo de algunos de los organismos que trabajan en este campo puede observarse en la web del SIA (www.uco.es/sia/paginas.php?pagina=relacionados). Por su relación con el tema que tratamos y la importancia de su aportación cabe destacar la labor de FEDNA (www.fundacionfedna.org) que es una de las instituciones que siguen elaborando tablas de alimentos y normas a nivel nacional, utilizando tanto datos de bases de datos locales, como valores de otras tablas de referencia. Asimismo, y como ejemplo de los nuevos usos que propician la acumulación de datos brutos, Bracher *et al.* (2013) hacen referencia a una de esas bases de datos, la de Suiza, en la que se registran las coordenadas geográficas de las muestras de pastos, como uno de los metadatos asociados a los datos. Señalan que ello les permite controlar posibles niveles de contaminación de los pastos de una determinada zona, por ejemplo, la contaminación por cobre en una región con abundancia de viñedos.

En relación con los metadatos que deberían recogerse en una base de datos de alimentos, Maroto *et al.* (2010) definieron los utilizados cuando se informatizó la información obtenida en el proyecto “Tipificación, Cartografía y Evaluación de los Pastos Españoles” y desarrollaron un Nomenclátor, aprobado por la SEEP (Maroto *et al.*, 2011) en el que se orienta cómo puede construirse el nombre de las muestras, a partir de los conceptos producto, parte, proceso y calidad. En todo caso, se trata de un conjunto dinámico, que se actualiza a la demanda existente en cada momento.

LIMITANTES EN EL DESARROLLO DE LA BASE DE DATOS COLABORATIVA “PASTOS ESPAÑOLES (SEEP)/ALIMENTOS PARA ANIMALES”

Existen dos limitantes fundamentales que han afectado al desarrollo de la base de datos propiciada por la SEEP: el problema de financiación de los gastos adicionales generados por el de registro de la información y el de reconocimiento de la autoría de los datos.

La utilización sin más de los datos con los que trabaja cada uno de los autores que obtienen la información puede ser muy problemática y requerir un esfuerzo adicional para ajustarla a un programa común. Por ello, si se plantea la incorporación de los datos generados en un trabajo, ya sea de control o de investigación, en una base de datos común, se debería incorporar en el futuro esa actividad como objetivo adicional del trabajo a realizar y establecer para ello las correspondientes actuaciones relacionadas con el registro de los datos en los protocolos de trabajo.

Una ventaja de una base de datos colaborativa, como la que se plantea, reside en que la obtención de los datos fundamentales se financia con fondos destinados a cubrir los objetivos principales del trabajo (reutilización de la información obtenida con fondos públicos). No obstante, pueden ser necesarios aportes de fondos adicionales por el trabajo suplementario que supone el nuevo objetivo en la gestión de la información.

En el caso de trabajos de investigación financiados con fondos públicos, este gasto adicional debería ser contemplado en el presupuesto del proyecto, pero, a la vez, la aprobación del mismo debería requerir la aportación de los datos brutos para la construcción de la base de datos común. Ello debe suponer la implicación de los organismos de financiación en la obtención de este tipo de bases de datos, lo cual está en consonancia con la actual política de “datos abiertos” que promueve la Unión Europea para la reutilización de los datos públicos y que debe desarrollarse en cada uno de los países que la componen. En el caso de España, se ha puesto en marcha la iniciativa APORTA por parte del Gobierno (Ministerios de Hacienda y Función Pública y de Energía, Turismo y Agenda Digital) (datos.gob.es). Por su parte, el INIA está desarrollando un repositorio de datos brutos de investigación agroalimentaria (García y Sánchez Padial, 2015).

Independientemente de la existencia de los recursos económicos que permitan la participación en el proyecto, existe un limitante más importante, que se refiere al interés de los investigadores por participar en el mismo. Ello implica la necesidad de que los resultados derivados de dicha participación puedan servir para la mejora de la evaluación de la actividad del investigador o, en su caso, que la empresa o el organismo que participa en el proyecto quiera estar comprometida por considerarlo propio de su compromiso social corporativo.

La valoración de la participación del investigador puede hacerse tanto en el contexto del impacto científico de su trabajo (citas en artículos científicos) como del impacto social del mismo (uso/citas en redes y círculos sociales y análisis de casos) (Bornmann, 2012).

La aportación científica en repositorios de datos empieza a formar parte de los elementos de valoración de la investigación. Optar a esta opción supone profundizar en la valoración de los datos incorporados a la base de datos, que, actualmente, sólo contempla la diferenciación entre datos analíticos procedentes de laboratorios acreditados (UNE-EN ISO/IEC 17025) para ciertos análisis y los no acreditados. Dicha valoración, considerando métodos objetivos, debería tener en cuenta tanto la dificultad de obtención y la importancia de los datos, como la calidad demostrable de los métodos utilizados en su obtención. En este sentido, la base de datos pasaría a ser un repositorio de información de referencia, en el que las aportaciones relevantes buscarían estar incorporadas, al igual que se busca publicar un artículo en revistas de impacto.

La valoración del impacto social, que implica la valoración de los retornos sociales, culturales, medioambientales y económicos derivados del trabajo realizado, es algo que empieza a considerarse. De hecho, dicho impacto es el que puede ser medido cuando el documento elaborado se dirige fuera de la ciencia, como podrían ser los informes sobre el cambio climático del IPCC (www.ipcc.ch) cuyo impacto es evidente, pese a no tratarse de un artículo científico. En este sentido, técnicas tipo *Altmetrics* (Bornmann y Marx, 2013) que miden el impacto en redes sociales, blogs y documentos diversos, se están utilizando cada vez más.

No obstante, nada indica que estos cambios vayan a ser inmediatos, pero lo que no nos ofrece dudas es que la reutilización de los datos para otros fines diferentes de los originales forma ya parte del mundo actual, de ahí la existencia de los *Data Journals* y, en nuestro caso, la iniciativa del repositorio del INIA, y que en nuestras manos está el implicarnos en su desarrollo en el área científica en la que trabajamos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bornmann L. (2012) Measuring the societal impact of research. *Science and Society*, 13(8), 673-676.
- Bornmann L., y Marx W. (2013) How should the societal impact of research be generated and measured? A proposal for a simple and practicable approach to allow interdisciplinary comparisons. *Scientometrics*, 98, 211–219.
- Bracher A., Schlegel P., Böhlen M., Cafagna F., y Taliun A. (2013) The Swiss feed database, a GIS-based analysis platform. Reunión Anual de la EAAP. 26 a 30 de agosto, Nantes, Francia.
- Directiva 2003/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de noviembre de 2003 relativa a la reutilización de la información del sector público.
- García J., y Sánchez-Padial A. (2015) Diseño de un repositorio de datos de investigación agroalimentaria. XXIV Jornadas Técnicas de RedIRIS. 24 a 26 de noviembre, Santa Cruz de Tenerife, España. doi.org/10.5281/zenodo.242333
- Gómez A., Fernández V., Guerrero J.E., y Garrido A. (2003) Armonización y gestión conjunta en España de la información sobre el valor nutritivo de los pastos: Programa Califa. En: Robles *et al.* (eds) *Pastos, desarrollo y conservación*, pp. 319-326. Sevilla, España: Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía.
- Gómez A., Maroto F., Guerrero J.E., y Garrido A. (2008) Proyecto “Tipificación, cartografía y evaluación de los pastos españoles”. Base de datos del área de dinámica productiva y valoración nutritiva de pastos. En: Fernández *et al.* (eds.) *Pastos, clave para la gestión de los territorios: integrando disciplinas*, pp. 499-506. Sevilla, España: Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía.

- Maroto F., Gómez A., Guerrero J.E., y Garrido A. (2009) Base de datos "Pastos Españoles (SEEP)". Proceso de construcción y disponibilidad en internet. En: Viñales *et al.* (eds) *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp. 187-196. Huesca, España.
- Maroto F., Gómez A., Guerrero J.E., Garrido A., y Pérez D.C. (2010) Gestión de información sobre alimentos en los laboratorios: Propuestas del programa Califa. En: Calleja Suárez *et al.* (eds) *Pastos: Fuente Natural de Energía*, pp. 241-246. León, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- Maroto F., Gómez A., Guerrero J.E., Garrido A., y Pérez D.C. (2011) Nomenclátor de muestras de alimentos para animales y de sus principios nutritivos. *Pastos*, 41(1), 5-32.
- Maroto F., Gómez A., Guerrero J.E., Garrido A., Sauvant D., Tran G., Heuzé V., y Pérez D.C. (2013a) Data pre-processing to improve the mining of large feed databases. *Animal*, 7(7), 1128-1136.
- Maroto F., Gómez A., Guerrero J.E., Garrido A., Sauvant D., Tran G., Heuzé V., y Pérez D.C. (2013b) Handling of missing data to improve the mining of large feed databases. *Journal of Animal Science*, 91, 491-500.
- Tran G., Heuzé V., Bastianelli D., Archimède H., y Sauvant D. (2012) Feedipedia: an animal feed resources information system. *V Congreso del Colegio Latinoamericano de Nutrición Animal*. Puerto Vallarta, México.
- UNE-EN ISO/IEC 17025 (2005) Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

EMISIONES DE CO₂ DEL MAÍZ DE PRODUCCION ECOLÓGICA PARA ENSILADO FERTILIZADO CON ABONOS VERDES

G. SALCEDO DÍAZ

Dpto. Calidad e Innovación. CIFP "La Granja", 39792 Heras, Cantabria (España).
Correspondencia: gregoriosalce@ono.com

RESUMEN

Este trabajo compara la producción, el aporte de carbono, las emisiones de CO₂ por hectárea, así como el coste de producción del cultivo de maíz ecológico para ensilado fertilizado con *abonos verdes*: guisantes, habines, trébol encarnado y violeta, *químicos* (C_f) o *sin fertilización* (S_f), considerando o no el secuestro de carbono, según un diseño experimental de bloques completos con tres repeticiones durante las campañas 2010-2011, 2011-2012 y 2012-2013. La biomasa total de maíz con C_f no difiere respecto a la de los abonos verdes, pero sí numéricamente inferior en S_f. El aporte de carbono de los restos vegetales (flora arvense y rastrojo) fue similar entre tratamientos; mientras que el de las leguminosas fue superior con los habines y el menor, con trébol violeta. Las mayores emisiones de CO₂ entre tratamientos correspondieron a los abonos verdes, pero inferiores cuando se contabiliza el secuestro de carbono. Por orden de importancia las emisiones del suelo son las mayoritarias, seguidas de las operaciones de cultivo y en último lugar los consumibles. La mayor huella de carbono se registró en los habines (0,31 kg CO₂-eq kg⁻¹ MS) sin secuestro de carbono y el menor sin fertilizante de 0,08 kg CO₂-eq kg⁻¹ MS con secuestro.

Palabras clave: emisión de gases, leguminosas, fertilizante químico, maíz ecológico

SUMMARY

This work compares the production, carbon input, and CO₂ emissions per hectare as well as the cost of organic maize for silage fertilized with green manures: peas, broan bean, red clover and violet, chemical (C_f) or without fertilization (S_f), considering or not considering carbon sequestration. The experimental design was complete blocks with three replications during the 2010-2011, 2011-2012 and 2012-2013 seasons. The total biomass of maize with C_f does not differ from that of green manures, but is numerically lower in S_f. The carbon contribution of the vegetal remains (weeds and stubble) was similar between treatments, while one of the legumes was superior with the broan bean and the smaller with the violet clover. The largest CO₂ emissions between treatments were found with green manures, but were lower when carbon sequestration was accounted for. In order of importance, the emissions of the soil account for the majority of emissions, followed by cultivation operations and land consumables. The highest carbon footprint was recorded in the broan bean (0.31 kg CO₂-eq kg⁻¹ MS) without carbon sequestration and the least fertilizer of 0.08 kg CO₂-eq kg⁻¹ MS with sequestration.

Key words: emission of gases, legumes, chemical fertilizer, organic maize

INTRODUCCION

Las principales emisiones en la producción forrajera tienen su origen en el óxido nitroso (N₂O) emitido por los suelos e influenciadas por las prácticas culturales, especialmente la fertilización nitrogenada (Bouwman *et al.*, 2002), aunque la contribución de las actividades agrícolas al análisis de ciclo de vida son de reciente incorporación (Linguist *et al.*, 2012). Las leguminosas forrajeras son

una fuente importante de N en agricultura ecológica; hay escasas referencias en la literatura científica sobre su efecto mitigante cuando son utilizadas como abono verde (Alluvione *et al.*, 2010). El manejo de la fertilización nitrogenada es importante, no sólo para obtener rendimientos satisfactorios, sino además, para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Snyder *et al.*, 2009), a través de un mayor secuestro de carbono a través de los residuos (rastrajo y raíces) y retornado al suelo (Alvarez, 2005). El uso de leguminosas como abono verde contribuye a incrementar el C en el suelo, aportando al mismo tiempo nutrientes para el cultivo posterior (Triberti *et al.*, 2008) o minimizando los lixiviados de N, aumentando su disponibilidad para el cultivo siguiente (Cherr *et al.*, 2006).

Los objetivos de este trabajo fueron analizar los efectos del tipo de abono verde empleado (guisantes, habines, trébol encarnado y violeta) en la producción de maíz ecológico para ensilado, comparado con el empleo de fertilizantes químicos o sin fertilización, sobre las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del laboreo, consumibles y las del suelo por kilogramo de materia seca, el coste de las emisiones y las emisiones originadas por kilogramo de proteína o por 100 MJ de energía metabolizable del maíz, considerando o no el secuestro potencial de carbono.

MATERIAL Y METODOS

Diseño experimental y labores culturales

Se llevó a cabo un ensayo durante las campañas 2010-2011; 2011-2012 y 2012-2013 en el mismo terreno, cuyo diseño experimental fue de bloques completos con tres repeticiones. Como efecto fijo fue considerado el abonado: maíz sin fertilizante (S_f), con fertilizante de síntesis (C_f) y con abonos verdes: guisantes (G), habines (H), trébol violeta (T_v) y encarnado (T_e). Como efectos aleatorios: el bloque y el año. La superficie de cultivo para cada leguminosa (bloque) fue de 175 m² y de 245 m² para C_f y S_f respectivamente. La diferencia de superficie entre tratamientos fue debido a factores de longitud y mecanización de la parcela experimental. Las actividades agrícolas dentro de cada cultivo forrajero vienen indicadas en la Tabla 1.

Muestreos y factores de emisión

La biomasa aérea de las leguminosas y de la flora arvense del maíz en cada tratamiento correspondiente y repetición fue medida mediante siegas de 0,5 x 0,5 m a 5 cm del suelo con segadora manual a pilas, siguiendo un recorrido en zigzag repetido tres veces. La biomasa radicular se obtuvo a partir del peso contenido de tres volúmenes de tierra (0,5 m largo x 0,5 m ancho x 0,25 m de profundidad). La producción de maíz fue estimada mediante la siega de 5 metros lineales de dos filas interiores de cada tratamiento y repetición a 12 cm del suelo, extrayéndose las raíces con una laya de tres volúmenes iguales al de leguminosas y flora arvense. La tierra contenida en las raíces de las leguminosas, flora arvense y del maíz fue eliminada con agua. La biomasa aérea y radicular fue secada en estufa a 60 °C durante 48 horas, molidas a 1 mm y conservadas en contenedores herméticos hasta su posterior análisis. El N de la biomasa aérea y radicular de las leguminosas, maíz y flora arvense fue determinado como N-Kjeldahl con el KjeltecTM 2300 de Tecator y, los del P y K en el laboratorio del CIFA (Muriedas, Cantabria).

La incorporación de las leguminosas al suelo se realizó en dos fases. La primera con una desbrozadora de 1,5 m de ancho accionada por el tractor y la segunda, tras 24 horas de secado fue enterrada con una fresadora de 2 m de ancho a 15 cm del suelo. El carbono añadido al suelo procede de las leguminosas y de los restos vegetales del cultivo de maíz (pérdidas mecánicas debidas a la recolección, rastrajo, raíces y flora arvense), estimándose el secuestro de carbono (SC) y expresado en kg de CO₂-eq como: $kg MS_{\text{restos vegetales}} \times 45\% C \times 10\% \text{ secuestrado}$ (Petersen *et al.*,

2013). Los gases de efecto invernadero incluidos en huella de carbono fueron divididos en: i) *operaciones de cultivo*: laboreo, abonado, desbrozado, siega y fermentación del ensilado), ii) *consumibles*: semilla, plástico y fertilizantes y iii) procedentes del *suelo*: fertilizante, mineralización y restos vegetales, fijación biológica, volatilización, deposición atmosférica y lixiviación. La unidad funcional utilizada corresponde a “1 kg de materia seca de maíz”, expresada en kg CO₂-eq. Los factores de emisión considerados fueron señalados por Salcedo (2016).

Análisis estadístico

Los datos de producción y el de emisiones de cada abonado se realizaron mediante ANOVA, y el test de comparación de medias fue el de Tukey con el (SPSS, 2006).

Tabla 1. Labores culturales de los cultivos forrajeros y su coste.

Leguminosas de invierno					
Actividad	Fechas - Dosis - Variedad				Coste ^A
Laboreo Fresadora	Fechas	20-9-2010	18-10-2011	26-9-2012	80 € ha ⁻¹
		6-10-2010	19-10-2011	27-9-2012	
Abonado	Kg N-P-K ha ⁻¹	0	0	0	
Siembra	Fechas Dosis, kg ha ⁻¹ Variedad	20-10-2010	21-10-2011	28-9-2012	Guisantes: 146 € ha ⁻¹ Habines: 187 € ha ⁻¹ Incarnatum: 123 € ha ⁻¹ Violeta: 126 € ha ⁻¹ Siembra: 90 € ha ⁻¹
		G: 200; H: 200; Ti: 22; Tv: 22 G: Alazán; H: Protobón; Ti: Kardinal; Tv: Suez			
Rodillo	Fechas	20-10-2010	21-10-2011	28-9-2012	50 € ha ⁻¹
Recolección	Fechas Operaciones	18-4-2011	14-4-2012	18-4-2013	Siega: 75 € ha ⁻¹ Desbrozado: 60 € ha ⁻¹
Maíz					
Laboreo Fresadora	Fecha	19-4-2011	15-4-2012	19-4-2013	176 € ha ⁻¹
		20-4-2011	7-5-2012	5-5-2013	
Abonado	Fechas Kg N-P-K ha ⁻¹ de químico Kg N-P-K ha ⁻¹ de leguminosas Kg N-P-K ha ⁻¹ sin fertilizante	20-4-2011 193-93-93	7-5-2012 93-93-93	5-5-2013 93-93-93	Abono: 0,34 € kg ⁻¹ Abonadora: 40 € ha ⁻¹
		112-24-78	92-23-72	68-21-48	
		0	0	0	
Siembra	Fechas Plantas ha ⁻¹ Variedad	10-5-2011 75 627 MAS-A-33	8-5-2012 73 413 MAS-A-22D	7-5-2013 74 166 MAS-A-33	Semilla: 144 € ha ⁻¹ Siembra: 90 € ha ⁻¹
Recolección	Fechas	21-9-2011	18-9-2012	8-10-2013	Siega: 297 € ha ⁻¹

^A El coste fue calculado considerando que todas las operaciones son realizadas por empresas de servicio

RESULTADOS Y DISCUSION

Aportes de biomasa, nutrientes y aporte de carbono

La producción de biomasa de las distintas leguminosas fue diferente ($P < 0,01$), los habines registraron el rendimiento máximo (6057 ± 270 kg MS ha⁻¹) y el trébol violeta el mínimo (2502 ± 347 kg MS ha⁻¹), (Tabla 2). La materia seca de los restos vegetales del maíz más la flora arvense fue similar entre tratamientos (Tabla 2), con un valor medio de 1583 ± 604 kg MS ha⁻¹, equivalentes a un aporte de carbono de 71 ± 27 kilogramos. Los habines fue la leguminosa que más N-P-K y C aportó ($185-21-112$ y 277 kg ha⁻¹ respectivamente), y el trébol violeta el de menor con ($50-5-43$ y 75 kg ha⁻¹).

Producción de maíz

La producción de materia seca media entre tratamientos fue de 9466 ± 2997 kg MS ha⁻¹ sin diferencias entre ellos, pero sí numéricamente inferior sin fertilizante (Tabla 2).

Emisiones de CO₂-eq

La emisión total del maíz por hectárea, sin considerar el secuestro de carbono (SSC), fue un 13,6% superior con abonos verdes respecto a Cf y un 67% en Sf (Tabla 2).

Tabla 2. Producción, secuestro de carbono y emisiones del maíz

	Cf	Sf	G	H	Te	Tv	es	P
Biomasa, N, P, K y C, kg ha⁻¹								
Maíz, kg MS ha ⁻¹	10776	7561	8970	9413	9885	9586	416	ns
Leguminosas, kg MS ha ⁻¹	-	-	3248ab	6153c	4075a	1874a	265	***
RV maíz, kg MS ha ⁻¹	1866	1296	1502	1546	1627	1659	104	ns
N, kg ha ⁻¹	93bc	0a	113c	185d	104bc	50ab	8,5	***
P, kg ha ⁻¹	93d	0a	10b	21c	10b	5ab	1,03	***
K, kg ha ⁻¹	93cd	0a	56bc	112d	91bcd	43ab	7,0	***
C de los RV ^A , kg ha ⁻¹	84a	53	68	69	73	75	4,5	ns
C leguminosas ^B , kg ha ⁻¹	0a	0a	146bc	277d	183c	84b	15,6	***
Operaciones de cultivo, kg CO₂-eq ha⁻¹								
Laboreo	124a	124a	249b	249b	249b	249b	8,06	***
Abonadora	25,2	0	0	0	0	0	1,29	-
Siembra	22,6a	22,6a	45,3b	45,3b	45,3b	45,3b	1,4	***
Siega/Desbrozadora	320a	320a	343b	343b	343b	343b	1,5	***
Fermentación	78	51	65	69	72	70	3,0	ns
Σ, kg CO₂-eq	571a	522a	704b	708b	668b	666b	11,5	***
Consumibles, kg CO₂-eq ha⁻¹								
Semilla	10a	10a	70c	70c	70c	70c	3,6	***
Plástico	6,5	4,5	5,3	5,6	5,9	5,7	0,25	ns
Fertilizante	626	0	0	0	0	0	32	-
Σ, kg CO₂-eq	643d	15a	76c	76c	23b	23b	31	***
Suelo, kg CO₂-eq ha⁻¹								
Fertilizantes	288	0	0	0	0	0	14,7	-
Mineralización y restos vegetales	198a	172a	338b	342b	325b	310b	11,1	***
Fijación biológica ^C	0a	0a	1,9a	19c	5,8b	2a	0,95	***
Volatilización	144bc	0a	175c	287d	161bc	78ab	14,7	***
Deposición atmosférica	31	31	31	31	31	31	-	-
Lixiviados	2a	0a	595b	599b	587b	580b	39,1	***
Σ, kg CO₂-eq	604b	159a	1326d	1679e	1279cd	1019c	73	***
Totales, kg CO₂-eq SSC	1819b	696a	2107c	2463d	2013bc	1751b	79	***
Totales, kg CO₂-eq CSC	1614c	554a	1407bc	1280b	1164b	1260b	51	***
CO ₂ kg ⁻¹ MS SSC	0,19ab	0,10a	0,27b	0,32b	0,22ab	0,19ab	0,01	***
CO ₂ kg ⁻¹ MS CSC	0,17	0,08	0,18	0,17	0,14	0,15	0,01	ns
€ ha ⁻¹	941b	721a	1153c	1194d	1130c	1133c	22	***
€ kg ⁻¹ MS	0,098	0,10	0,14	0,150	0,129	0,129	0,007	ns
Kg MS kg ⁻¹ CO ₂ SSC	5,9a	10,7b	4,3a	3,9a	4,7a	5,4a	0,39	***
Kg MS kg ⁻¹ CO ₂ CSC	6,7a	14,3b	6,5a	7,5a	9,0a	7,9a	0,59	***
€ kg ⁻¹ CO ₂ SSC	0,51ab	1,03d	0,55ab	0,48a	0,57bc	0,64c	0,02	***
€ kg ⁻¹ CO ₂ CSC	0,59a	1,35c	0,84b	0,94b	1,0b	0,91b	0,03	***
CO ₂ kg PB SSC	2,38b	1,45a	2,78bc	3,5c	2,54b	2,47b	0,11	***
CO ₂ 100 MJ EM SSC	17,2ab	9,26a	24,3b	29,1b	20,5ab	18,6ab	1,4	***
CO ₂ kg PB CSC	2,38b	1,45a	2,08ab	2,06ab	1,77ab	2,08ab	0,07	***
CO ₂ 100 MJ EM CSC	15,3	7,4	16,2	15,2	13,1	13,9	0,96	ns

Cf: con abono; Sf: sin abono; G: Guisantes; H: habines; Te: trébol encarnado; Tv: trébol violeta; MS: materia seca; RV: residuos vegetales del rastrojo, raíces y flora arvense del maíz; ^A: C aportado por RV; ^B: C aportado por las leguminosas; ^C: emisiones procedentes del contenido en N de las raíces; SSC: sin secuestro de carbono; CSC: con secuestro de carbono; es: error estándar; P: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001; ns: no significativo; a, b, c, d dentro de tipo de fertilizante difiere P<0,05.

Contabilizando el secuestro de carbono (SC) las emisiones disminuyeron un 39% con abonos verdes (los habines con el 44%, los guisantes el 33%, el trébol encarnado el 44% y el trébol violeta

el 28%) y un 11% el maíz fertilizado. Según la leguminosa usada como abono verde, la emisión total de $\text{CO}_2\text{-eq ha}^{-1}$ fue diferente tanto si se contabiliza el SC como si no (Tabla 2). Las mayores emisiones correspondieron a las habines y al trébol encarnado ($P < 0,05$), imputable a la mayor producción de biomasa ($P < 0,05$).

Las *operaciones de cultivo* representaron el 31%, 75% y el 32% del total de las emisiones para C_f , S_f y el valor medio de los abonos verdes respectivamente sin considerar el SC (Tabla 2), reduciéndose hasta el 53% en los abonos verdes cuando sí se contabiliza. Las emisiones de los *consumibles* fueron notablemente superiores en C_f ($P < 0,001$), equivalentes al 35,3% del total de $\text{CO}_2\text{-eq ha}^{-1}$ debido principalmente al fertilizante (Tabla 2), mientras en S_f y en el conjunto de abonos verdes disminuyeron hasta porcentajes del 2,1%, 2,3% y 2,3% respectivamente.

Las emisiones correspondientes a la compra del fertilizante representaron $0,058 \text{ kg CO}_2\text{-eq kg}^{-1} \text{ MS}$ en C_f , valor que se corresponde con el referido por Bernas *et al.* (2014), mientras que las emisiones correspondientes a la aplicación del fertilizantes son de $0,026 \text{ kg CO}_2\text{-eq kg}^{-1} \text{ MS}$, inferiores al valor $0,052$, aportado por el mismo autor. Las emisiones de los abonos verdes y una vez aplicados al suelo, fueron superiores, equivalentes a $0,041 \text{ kg CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$ de materia seca. La suma de las emisiones atribuidas a la fabricación de fertilizantes y una vez aplicado al suelo en maíz C_f fueron del 50,2%, ligeramente inferiores al 60% señalado por Barber *et al.* (2011) para las condiciones de Nueva Zelanda, debido posiblemente a las dosis de fertilizante usado en cada caso. Las emisiones del *suelo* fueron diferentes entre tratamientos ($P < 0,001$) con medias de 604 en C_f , 159 en S_f y 1326 $\text{kg CO}_2\text{-eq ha}^{-1}$ para el conjunto de abonos verdes, pero diferente entre ellos (Tabla 2). Barber *et al.* (2011) señalan que el área de mayor incertidumbre en el estudio de las emisiones sea posiblemente derivada del N_2O de la aplicación de fertilizante. Los lixiviados, la mineralización y los restos vegetales pueden emitir el 52% del total de emisiones del suelo, atribuido al cultivo invernal de leguminosas e imputados al maíz.

Coste de producción y emisiones por kilo de materia seca, proteína y por energía metabolizable

El coste de producción fue similar entre tratamientos con medias de 0,098, 0,10 y 0,137 $\text{€ kg}^{-1} \text{ MS}$ para C_f , S_f y conjunto de abonos verdes (Tabla 2). De la misma forma un kilo de $\text{CO}_2\text{-eq CSC}$ incrementó un 32% en todos los casos respecto a un kilo de $\text{CO}_2\text{-eq SSC}$. Los mayores fueron en las leguminosas (0,92 $\text{€ kg CO}_2\text{-eq}$). El $\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1} \text{ MS}$ de maíz fue menor en S_f ($P < 0,05$), sin variaciones significativas entre C_f , T_e y T_v y las mayores en G y H (Tabla 2) sin diferencias entre tratamientos al considerar el secuestro de carbono. Los kilos de $\text{CO}_2\text{-eq SSC}$ o CSC por kilo de proteína en C_f y S_f fueron similares e inferiores, los kilos de $\text{CO}_2\text{-eq}$ por 100 MJ de EM CSC (Tabla 2). Los porcentajes de $\text{CO}_2\text{-eq kg PB CSC}$ y por 100 Mj EM CSC se redujeron un 47% en H y 30% y 36% respectivamente en G (Tabla 2).

CONCLUSIONES

Las leguminosas utilizadas como abono verde son una fuente importante de nutrientes para la producción de maíz en ecológico, contribuyendo además a mitigar los gases de efecto invernadero cuando se considera el secuestro de carbono.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alvarez R. (2005) A review of nitrogen fertilizer and conservation tillage effects on soil organic carbon storage. *Soil Use Management*, 21, 38–52.

Alluvione F., Bertora CH., Zavattaro L. y Grignani C. (2010) Nitrous oxide and carbon dioxide emissions following green manure and compost fertilization in corn. *Soil Science Society of America Journal*, 74, (2), 384-395.

Barber A., Pellow G. y Barber M. (2011) Carbon footprint of New Zealand arable production – wheat, maize silage, maize grain and ryegrass seed. MAF Technical Paper No: 2011/97. Foundation for Arable Research Ministry of Agriculture and Forestry, Agri LINK New Zealand Ltd., pp. 1-58.

Bernas J., Moudry J., Jelinkova Z. y Kopecky M. (2014) Greenhouse gasses emissions during maize growing for energy purposes. MENDELNET, 219-223.

Bouwman A.F., Boumans L.J. y Batjers N.H. (2002) Emissions of N₂O and NO from fertilizer fields: summary of available measurement data. *Global Biogeochemical Cycles*, 16, 1058-1071

Cherr C.M., Scholberg J.M. y McSorley R. (2006) Green manure approaches to crop production: A synthesis. *Agronomy Journal*, 98, 302–319.

Linquist B., Groenigen K.J., Adviento-Borde M.A., Pittelkow C. y Van Kessel C. (2012) An agronomic assessment of greenhouse gas emission from major cereal crops. *Global Change Biology* 18, 194-209.

Petersen B.M., Knudsen M.T., Hermansen J.E. y Halberg N. (2013) An approach to include soil carbon changes in the life cycle assessments. *Journal Cleaner Production* 52, 217-224.

Salcedo G. (2016) La huella de carbono en los forrajes de Cantabria. En: Innovación Sostenibles en Pastos: Hacia una Agricultura de Respuesta al Cambio Climático. En: M^a Dolores Báez et al. (eds). Innovación Sostenible en Pastos: Hacia una Agricultura de Respuesta al Cambio Climático, pp. 159-165. Lugo, Galicia: SEEP.

Snyder C.S., Bruulsema T.W., Jensen T.L. y Fixen P.E. (2009) Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agricultural Ecosystem Environmental* 133, 247–266. Spaccini, R., A. Piccolo, P. Conte, G.

SPSS. (2006) SPSS for Windows, Versión 15.0 ED. SSPS INC., Chicago (USA).

Triberti L., Natri A., Giordani G., Comellini F., Baldoni G. y Toderi G. (2008) Can mineral and organic fertilization help sequester carbon dioxide in cropland? *European Journal of Agronomy*, 29, 13–20.

EFFECTOS DEL TIPO DE ENSILADO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA LECHE

G. SALCEDO¹, A. VILLAR², J. DOLTRA²

¹Dpto. Calidad e Innovación. CIFP “La Granja”, 39792 Heras, Cantabria (España). ²Centro de Investigación y Formación Agraria (CIFA), 39600 Muriedas, Cantabria (España).

Correspondencia: gregoriosalce@ono.com

RESUMEN

Veintiuna vacas lecheras de raza Holstein-Friesian fueron distribuidas en tres grupos según un diseño en cuadrado latino y suplementadas con cada uno de los ensilados de maíz (MZ), raigrás italiano (RI) o de triticale (TT), con el objetivo de comparar la producción, composición química y el perfil de ácidos grasos de la leche. Los resultados de este experimento no mostraron diferencias en el rendimiento de leche. Las concentraciones de lactosa y extracto seco magro fueron mayores con MZ, sin diferencias para RI y TT. El mayor contenido de urea en leche correspondió a las vacas alimentadas con ensilado de triticale. El contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) en la leche tampoco fue diferente entre ensilados, mientras que el omega-6 fue inferior en TT. La menor concentración de omega-3 se localizó en ensilado de maíz y la mayor en el de raigrás italiano. Los ensilados de MZ y TT produjeron leche con mayor proporción de saturados, mientras la mayor proporción de monoinsaturados se registró en RI.

Palabras clave: ácido linolénico, ensilado maíz, ensilado raigrás italiano, ensilado de triticale, omega-3

SUMMARY

Twenty-one Holstein-Friesian dairy cows were distributed in three groups according to a Latin square design and supplemented with maize (MZ), Italian (RI) or triticale (TT) silages, with the objective of comparing the production, chemical composition and fatty acid profile of milk. The results of this experiment did not show differences in milk yield. The concentrations of lactose and lean dry extract were higher with MZ, with no differences for RI and TT. The highest milk urea content was obtained from cows fed with triticale silage. The linolenic acid (CLA) content in milk was not different between silages, whereas omega-6 was lower in TT. The lowest concentration of omega-3 was in silage of maize and the highest concentration in the Italian ryegrass. Silages from MZ and TT produced milk with a higher proportion of saturates, while the higher monounsaturated milk was recorded in RI.

Key words: dairy cows, linolenic acid, omega-3, silage corn, silage Italian ryegrass, triticale ryegrass

INTRODUCCION

Los ensilados de hierba, raigrás italiano y maíz son los forrajes más usados en la alimentación de las vacas lecheras, afectando de diferente forma a la calidad nutricional de la leche, especialmente al perfil de ácidos grasos (Egger *et al.*, 2007). El contenido y composición de los ácidos grasos de los forrajes difiere según la familia, especie y cultivar; así, por ejemplo, los ensilados de maíz contienen más ácido linoleico y menos linolénico que las gramíneas pratenses (Chilliard *et al.*, 2001; Khan *et al.*, 2012b). Aspectos relacionados con el sistema de conservación también puede afectar la disponibilidad de los ácidos grasos (Chilliard *et al.*, 2001), del mismo modo que la oxidación durante

el presecado de la hierba reduce la concentración de poliinsaturados (Dewhurst *et al.*, 2002; Heck *et al.*, 2009). El objetivo de este experimento fue analizar los efectos de tres ensilados utilizados en la alimentación de vacas lecheras sobre la producción y perfil en ácidos grasos en la leche.

MATERIAL Y METODOS

Animales y dietas

Veintiuna vacas lecheras (8 primíparas y 13 multíparas) con una producción inicial media de 28,6±5 kg de leche; 3,3±0,50% de grasa; 3,21±0,25 de proteína bruta; 2,29±1,4 partos, 163±84 días de lactación y 687±79 kg de peso vivo, fueron distribuidas en tres grupos al azar según un diseño experimental en cuadrado latino (3x3), 3 ensilados: maíz (MZ), raigrás italiano (RI) y triticale (TT) por 3 períodos experimentales de 15 días (13 días de adaptación y 2 de control) del 13 de Octubre al 26 noviembre del 2015. Las dietas la formaban hierba aprovechada a diente durante 6 horas al día (10:30 h a 17:00 h), con una ingesta estimada de 2,4 kg MS vaca y día; concentrado (7,3 kg MS) y cada uno de los ensilados anteriormente descritos (ensilado de maíz, ensilado de raigrás italiano y ensilado de triticale). Cada uno de ellos fue ofrecido *ad libitum* y en dos repartos diarios después de los ordeños de mañana y tarde (9:00 h y 18:00 h). El MZ fue recolectado al estado de 1/3 en leche y fermentado en un silo trinchera sin adición de conservante, los de RI y TT en la modalidad de rotopacas al final e inicio del espigado respectivamente.

Mediciones, muestreo y análisis

Las vacas fueron ordeñadas dos veces al día (7:30 h y 17:30 h), registrándose su producción individual los dos últimos días de cada período experimental, estimándose además la corregida al 4% según Gaines (1928). Dos alícuotas de leche individuales de los ordeños de mañana y tarde fueron mezcladas y depositadas en sendos contenedores estériles. La primera con azidiol para determinar en el Laboratorio Interprofesional Lechero de Cantabria su contenido en grasa, proteína, lactosa y extracto seco magro y segunda, sin conservante fue mantenida a -20°C hasta la determinación de ácidos grasos en el Laboratorio Agroalimentario de Santander, siguiendo la Norma ISO 15884/FIL 182:2002. Los índices de aterogenicidad (IA) y trombogenicidad (IT) de la leche fueron estimados según Ulbricht y Southgate (1991). Las relaciones C14:1/C14:0, C16:1/C:16:0 y C18:1/C18:0 sirvieron para estimar la actividad de la enzima Δ^9 desaturasa (Lock y Garnsworthy, 2002 y Fievez *et al.*, 2003). Los ácidos grasos de los alimentos fueron determinados en el laboratorio del CIAM de Mabegondo (A Coruña) siguiendo la metodología descrita por Alves *et al.* (2008) y Sukhija y Palmquist (1988).

Análisis estadístico

Los resultados de la producción y composición química de la leche fueron analizados aplicando un Modelo Lineal Mixto utilizando el programa SPSS v 15.0 (SPSS, 2006), con el modelo: $Y = \mu + E_i + P_j + V_k + \epsilon_{ijk}$; μ = media del conjunto; considerando E_i = Ensilado (maíz, raigrás italiano y triticale) como efecto fijo; P_j = Período (1...3) y V_k = Vaca (1...21) como efectos aleatorios y ϵ_{ijk} = error residual.

RESULTADOS Y DISCUSION

Composición química e ingestión de alimentos y nutrientes

La composición química del concentrado y los ensilados de raigrás italiano (RI); triticale (TT) y maíz (MZ) 1. El raigrás italiano (RI) y el maíz (MZ) fermentaron correctamente tal y como se desprende del menor contenido de nitrógeno amoniacal, mientras que el triticale (TT) fue

considerada como aceptable (INRA, 1981), atribuido al mayor contenido de proteína. La digestibilidad *in vitro* MO de TT fue superior a la del raigrás italiano un 12%, imputable a un estado de madurez menos avanzado. Los ácidos grasos totales por kilo de materia seca fueron superiores en MZ (P<0,05) y, dentro del rango señalado por Khan *et al.* (2012a) para este tipo de ensilados (Tabla 2). La menor concentración de saturados se registró en TT (P<0,05), los monoinsaturados fueron superiores en MZ (P<0,05) y menores los poliinsaturados en RI (Tabla 1), sin diferencias entre TT y MZ.

La materia seca total ingerida, la del ensilado, la materia orgánica digestible y la grasa bruta fue superior con EM (Tabla 1), intermedia el de TT (Tabla 1) y la menor en RI (P<0,05); por el contrario, el consumo de proteína fue mayor en el triticale, sin diferencias significativas la ingesta de linoleico y linolénico entre ensilados (Tabla 2).

Producción de leche

La producción de leche y la corregida al 4% graso no fueron diferentes entre tratamientos (Tabla 2).

Tabla 1. Composición química de los ensilados.

Composición química	Concentrado	RI (sd)	TT (sd)	MZ (sd)
MS ¹	88,2	36,1±4,7b	32,4±1,5a	32,6±2,0a
MO ¹	93,6	90,7±1,2,b	88,4±1,3a	95,7±0,68c
PB ¹	17,1	11,1±1,9b	17,7±1,3c	8,4±0,66a
FND ¹	34,1	64,3±3,6c	61,7±2,9b	42,5±2,6a
DMOIV ¹	82,6	50,5±3,6a	56,6±1,7b	72,7±1,9c
EM, MJ kg ⁻¹ MS	12,2	8,08±0,5a	9,05±0,28b	10,9±0,28c
Almidón ¹	38,8	-	-	33,6±0,49
GB ¹	4,52	2,31±0,09a	2,75±0,05b	2,35±0,04a
pH	-	4,35±0,14b	4,59±0,12b	3,68±0,08a
N-NH ₃ , % Nt	-	10,6±1,9b	17,3±1,3c	7,12±0,35a
AGs g kg ⁻¹ MS	34,2	11,9±0,38a	12,6±0,26b	15,6±0,12c
SFA, g kg ⁻¹ MS	11,6	3,73±0,25b	3,29±0,23a	3,98±0,11b
MUFA, g kg ⁻¹ MS	8,5	0,65±0,27a	0,40±0,11a	2,69±0,09b
PUFA, g kg ⁻¹ MS	14,0	7,57±0,61a	8,93±0,28b	9,01±0,035b
C18:2, g kg ⁻¹ MS	12,6	2,28±0,14b	1,52±0,08a	7,54±0,02c
C18:3, g kg ⁻¹ MS	1,3	5,12±0,57b	7,32±0,29c	1,41±0,006a
n ²	1	5	5	5
Ingestión vaca y día	RI	TT	MZ	
Ingestión, kg MS	16,2±0,78a	18,6±0,52b	19,8±0,66c	
Ensilado, kg MS	6,42±0,8a	8,9±0,49b	10,0±0,65c	
MOD, kg	10,2±0,40a	11,9±0,24b	14,7±0,48c	
PB, kg	2,58±0,13a	3,45±0,12c	2,71±0,05b	
FND, kg	8,11±0,76a	9,1±0,50b	8,12±0,29a	
GB, kg	0,57±0,01a	0,66±0,01b	0,76±0,02c	
C18:2, g	147±31a	125±18a	130±19a	
C18:3, g	95,6±25a	86,2±18a	98±19a	
n ³	8	8	8	

MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; FND: fibra neutro detergente; DMOIV: digestibilidad *in vitro* MO; EM: energía metabolizable; GB: extracto etéreo; AGs: ácidos grasos; SFA: ácidos grasos saturados; MUFA: ácidos grasos monoinsaturados; PUFA: ácidos grasos poliinsaturados; sd: desviación estándar; ¹: % sobre materia seca; ²: número de muestras analizadas por período; ³: número de controles por período a, b, c dentro de la misma fila difieren P<0,05

Tabla 2. Producción, composición química y perfil de ácidos grasos de la leche en función de los ensilados de raigrás italiano (RI); triticale (TT) y maíz (MZ).

Ensilados	MZ	RI	TT	esm	P
Producción y composición química de la leche					
Leche, kg d ⁻¹	25,20	23,20	24,10	0,41	ns
FCM, kg d ⁻¹	24,30	22,90	24,20	0,41	ns
Grasa bruta, %	3,80	3,94	4,06	0,05	ns
Proteína bruta, %	3,23	3,13	3,14	0,02	***
Grasa/Proteína	1,17a	1,28b	1,29b	0,016	***
Lactosa, %	4,79b	4,72a	4,69a	0,014	***
ESM, %	8,83b	8,66a	8,58a	0,025	***
Urea, mg L ⁻¹	73a	213b	285c	8,8	***
Ácidos grasos (g 100 g⁻¹)					
C4:0	3,46a	3,73b	3,62ab	0,051	*
C6:0	2,41a	2,41a	2,41a	0,01	ns
C8:0	1,43b	1,33a	1,35a	0,01	***
C10:0	3,27b	2,81a	2,94a	0,036	***
C12:0	3,87c	3,11a	3,34b	0,051	***
C14:0	12,1b	11,2a	11,8b	0,092	***
C14:1	1,21b	1,01a	1,15b	0,026	***
C15:0	0,99	0,98	1,04	0,016	ns
C16:0	35,3b	32,8a	34,9b	0,30	***
C16:1	1,82b	1,57a	1,68ab	0,033	***
C17:0	0,46a	0,61b	0,49a	0,009	***
C18:0	8,22a	10,7c	9,65b	0,16	***
C18:1 ¹	21,8a	24,1b	22,1a	0,23	***
C18:2 c9, t11 ²	0,87a	0,81a	0,79a	0,023	ns
C18:2 c9, c12, Ω6	2,06b	1,99b	1,87a	0,023	***
C18:3 (n-3) Ω3 ³	0,45a	0,64b	0,59b	0,01	***
C12:0+C14:0+C16:0	51,39b	47,15a	50,18b	0,33	***
Δ ⁹ Índice desaturasa C14:0	0,100a	0,090a	0,097a	0,002	ns
Δ ⁹ Índice desaturasa C16:0	0,051a	0,048a	0,048a	0,0086	ns
Δ ⁹ Índice desaturasa C18:0	2,75b	2,28a	2,34a	0,039	***
AGCC	14,41b	13,41a	13,72a	0,11	***
AGCM	52,08b	48,23a	51,22b	0,35	***
AGCL	33,5a	38,34b	35,05a	0,36	***
Saturados	71,68b	69,77a	71,75b	0,25	***
Poliinsaturados	3,39a	3,44a	3,25a	0,040	ns
Monoinsaturados	24,91a	26,77b	24,98a	0,22	***
Saturados/Insaturados	2,90b	2,64a	2,90b	0,034	***
Omega-6/Omega-3	4,70b	3,20a	3,19a	0,087	***
Índice Aterogeneidad	3,05b	2,64a	2,98b	0,039	***
Índice Trombogeneidad	0,76b	0,70a	0,74b	0,06	***
Eficiencia C18:2, (g 100 g ⁻¹) ⁴	15,7a	13,5a	16,7a	0,63	ns
Eficiencia C18:3, (g 100g ⁻¹) ⁴	5,80	5,80a	6,80a	0,26	ns

FCM: leche corregida 4% graso; FCMs: leche corregida por sólidos; ESM: extracto seco magro; AGCC: Ácidos grasos cadena corta; AGCM: Ácidos grasos cadena media; AGCL: Ácidos grasos cadena larga; Δ⁹: Índice desaturasa: C14:1/C14:0; C16:1/C16:0 y C18:1/C18:0; Eficiencia C18:2 y C18:3: % de C18:2 y C18:3 recuperado en leche respecto al ingerido, ¹: sólo se incluye el isómero Cis-9 (C18:1); ²: ácido ruménico; ³: sólo se incluye el isómero Cis-9, 12, 15 (C18:3); ⁴: [(linoleico o linolénico leche (g/d) x 100) ÷ [(linoleico o linolénico ingerido (g/d))]; esm: error estándar de la media; a,b,c: dentro de la misma fila difieren P<0,05; ns: No significativo (p>0,05); * p<0,05; *** p<0,001

Composición química de la leche

Las concentraciones de lactosa y del extracto seco magro fueron superiores en MZ ($P < 0,05$), pero menor las de urea (Tabla 2), sin diferencias en RI y TT. Coincidente con Hanuš *et al.* (2004) la menor relación grasa/proteína en la dieta con ensilado de maíz puede ser atribuida al mayor consumo de almidón.

Perfil de ácidos grasos en leche

Los ácidos C8:0 al C14:1; C16:0 al C18:1; omega-6, omega-3, los saturados monoinsaturados, las relaciones saturados/insaturados y omega-6/omega-3 y los índices de aterogeneidad y trombogeneidad fueron diferentes entre tratamientos ($P < 0,001$), sin diferencias el C6:0, C15:0, C18:2 c9, t11 y los poliinsaturados.

El grupo de ácidos hipercolesterolémicos (C12:0, C14:0 y C16:0) fue diferente entre ensilados ($P < 0,001$) con porcentajes medios del 51,3% en MZ, 47,1% en RI y el 50,1% en TT (Tabla 2). El C16:0 fue menor en RI ($P < 0,05$) y similar entre MZ (35,3%) y TT (34,9%).

La concentración de C18:0 como producto final de la biohidrogenación ruminal de los poliinsaturados (PUFA) (Leiber *et al.*, 2005) y la del C18:1 fueron superiores en RI (Tabla 2), coincidente en ambos casos con Bernardini *et al.* (2010) y la menor en MZ ($P < 0,05$), sin diferencias el C18:1 para los ensilados de MZ y TT (Tabla 2). Leiber *et al.* (2005), señalan que el ácido linoleico conjugado (CLA) (C18:2 c9, t11) está relacionado con la desaturación del C18:1 a nivel mamario. El mayor contenido de C18:0 y C18:1 en la leche de la dieta RI, no reflejó diferencias para el CLA entre tratamientos RI y TT, posiblemente influido por el similar consumo de hierba verde. No obstante, la concentración de CLA en la dieta MZ fue numéricamente mayor respecto a RI y TT, posiblemente debido a una mayor biohidrogenación del C18:2n-6 (Chilliard *et al.*, 2001).

El contenido de omega-3 (C18:3n-3) en la leche fue superior en la dieta RI, coincidente con Bernardini *et al.* (2010). Mientras, los menores correspondieron a la dieta con MZ (Tabla 2). Khan *et al.* (2012b), también observaron descensos de omega-3 e incrementos en la relación omega-6/omega-3 al aumentar el almidón en la dieta. En el presente trabajo, dicha relación fue un 31,9% y 32,1% inferior en RI y TT respecto a MZ (Tabla 2).

La concentración de saturados en la leche fue un 9,8% inferior con RI ($P < 0,05$) comparados con las dietas con MZ y TT. Del mismo modo, se obtuvo una menor relación entre los ácidos saturados/insaturados de 2,64 (Tabla 2); transfiriéndole un carácter más cardiosaludable.

CONCLUSIONES

La suplementación con ensilado de maíz mejoró la producción y calidad físico-química de leche respecto a los ensilados de raigrás italiano y triticale durante el pastoreo de otoño. Por el contrario, las concentraciones de omega-3 disminuyen y aumenta la relación saturados/insaturados, sin diferencias en el CLA. Son necesarios más experimentos para definir el ensilado más interesante en función de la orientación productiva (litros de leche) o de calidad de leche (concentración de omega-3).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Agroalimentaria la financiación del proyecto RTA2012-00065-C05-03 que dio origen a este trabajo. También manifiestan su agradecimiento a Thierry Dagnac del CIAM por el análisis de ácidos grasos

de los alimentos; a Carmela de Andrés, del Laboratorio Agroalimentario de Santander, por el análisis de ácidos grasos de la leche y un reconocimiento especial a Javier Cruchaga de la Unidad de Producción de Leche del CIFP “La Granja” por el cuidado de los animales.

BIBLIOGRAFIA

Alves S., Cabrita A., Fonseca A. y Bessa R. (2008) Improved method for fatty acid analysis in herbage based on direct transesterification followed by solid-phase extraction. *Journal of Chromatography A* 1209, 212–219.

Bernardini D., Gerardi G., Elia C., Marchesini G., Tenti S. y Segato S. (2010) Relationship between milk fatty acid composition and dietary roughage source in dairy cows. *Veterinary Research Communications* 34 (Suppl. 1), 135-138.

Chilliard Y., Ferlay A. y Doreau M. (2001) Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livestock Production Science* 70, 31–48.

Egger P., Holzer G., Segato S., Werth E., Schwienbacher F., Pratoner G., Andrighetto I. y Kasal L. A. (2007) Effect of oilseed supplements on milk production and quality in dairy cows fed a hay based diet. *Italian Journal Animal Science* 6, 395-405.

Fievez V., Vlaeminck B., Dhanoa M.S. y Dewhurst R.J. (2003) Use of principal component analysis to investigate the origin of heptadecenoic and conjugated linoleic acids in milk. *Journal Dairy Science* 86, 4047–4053.

Gaines W.L. (1928) *The energy basis of measuring milk yield in dairy cows*. Illinois Agricultural Experimental Station Annual Report pp 308.

Hanuš O., Vyletělová M., Genčurová V., Bjelka M., Kopecký J. y Jedelská R. (2004) The importance of the raw milk laboratory testing for the dairy farmers. (In Czech) *Mliekarstvo* 35: 31-38.

Heck J.M., van Valenberg H.J., Dijkstra J. y Van Hooijdonk A.C. (2009) Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition. *Journal Dairy Science* 92, 4745–4755.

I.N.R.A. (1981) *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants*. Ed.: I.N.R.A. publications. Versailles (France). 590 pp.

Khan N.A., Tewoldebrhan T.A., Zom R.L., Cone J.W., y Hendriks W.H. (2012a) Effect of corn silage harvest maturity and concentrate type on milk fatty acid composition of dairy cows. *Journal Dairy Science* 95, 1472-1483.

Khan N.A., Cone J.W., Fievez V. y Hendriks W.H. (2012b) Causes of variation in fatty acid content and composition in grass and maize silages. *Animal Feed Science and Technology* 174, 36-45.

Leiber F., Kreuzer M., Nigg D., Wettsein H. y Scheeder, M. (2005) A study on the causes for the elevated n-3 fatty acids in cows' milk of Alpine origin. *Lipids* 40:191-202.

Lock A.L. y Garnsworthy P.C. (2002) Independent effects of dietary linoleic and linolenic fatty acids on the conjugated linoleic acid content of cows' milk. *Animal Science*, 74, 163-176.

Sukhija P. y Palmquist D. (1988) Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuff's and feces. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 36, 1202-1206.

SITUACIÓN ACTUAL Y EVOLUCIÓN DE LAS EXPLOTACIONES CON BOVINO EN ESPAÑA DURANTE LAS TRES ÚLTIMAS DÉCADAS: EL CASO DE LA CORNISA CANTÁBRICA

I. VÁZQUEZ¹, E. GARCÍA¹, A.I. GARCÍA²

¹Centro de Investigación y Formación Agrarias (CIFA). Gobierno de Cantabria (España). Héroes 2 de mayo, 27, 39600 Muriedas, Cantabria (España). ²Departamento de Economía Aplicada. Escola Politécnica Superior (Universidad de Santiago de Compostela). Calle Benigno Ledo s/n, 27002 Lugo (España).
Correspondencia: ibanvazquez@cifacantabria.org

RESUMEN

Se analizó la evolución de las explotaciones con bovino de España durante las tres últimas décadas, según orientación productiva, tamaño y localización. Para ello se ha utilizado información procedente del Censo Agrario de 1982 y de la última encuesta de Estructuras Agrarias, del año 2013. En el periodo analizado se ha observado una fuerte reducción en el número de explotaciones y de ocupados, más intensa en las no especializadas y en las de menor tamaño. Además, se ha incrementado el peso relativo de las sociedades y del trabajo asalariado, con valores más elevados en las de leche y de mayor tamaño. El grado de aprovechamiento agrario de la superficie también ha aumentado, fundamentalmente en las de la Cornisa Cantábrica.

Palabras clave: ajuste estructural, ganado vacuno, microdatos

SUMMARY

The evolution of cattle farms in Spain in the last three decades was analyzed according to their productive orientation, size and location. Information from the Agrarian Census of 1982 was used and the last survey of Agrarian Structures. During this time, there has been a strong reduction in the number of farms and workers, which was more intense in the non-specialized and smaller farms. Moreover, the relative weight of societies and wage labor has increased, with higher values in milk and larger farms. The degree of agricultural use of the land has also increased, mainly in the Cornice.

Key words: Structural adjustment, bovine, microdata

INTRODUCCIÓN

La Cornisa Cantábrica es una región rural clasificada como de tipo intermedio (OECD, 2011), en donde la agricultura, especialmente la ganadería, tiene una elevada importancia para la sociedad. El bovino es un sector relevante en su economía, pues contribuye con aproximadamente la mitad del valor de la producción agraria (Sineiro *et al.*, 2010a).

Las explotaciones con bovino, que constituyen la base económica, social y territorial en la Cornisa, han experimentado durante las últimas décadas un intenso proceso de ajuste y transformación, debido a los cambios en las políticas agrarias, mercados e innovaciones tecnológicas (Arnalte, 2007). En este período ha habido una especialización y concentración productiva, caracterizado por un importante aumento del tamaño y fuerte descenso en el número de explotaciones, principalmente en las de menor dimensión asociado a su inviabilidad económica y demográfica (Sineiro *et al.*, 2010b; Vázquez *et al.*, 2013).

El incremento de la dimensión productiva, ha estado basado en los recursos propios de la explotación, pero también en otros externos como el arrendamiento de superficie y la asalarización del trabajo (Lorenzana, 2006). Además, una parte creciente de las explotaciones familiares de mayor tamaño van cambiando su titularidad de persona física a otras formas jurídicas (Arnalte, 2002).

El objetivo de este trabajo es analizar la situación actual y evolución entre 1982 y 2013 de las explotaciones con bovino en España, para caracterizar el proceso de ajuste estructural y ver cómo ha afectado a las explotaciones de la Cornisa.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material utilizado está compuesto por los micro-datos de las explotaciones agrarias incluidas en el Censo Agrario (CA) de 1982, así como por los de la Encuesta sobre la Estructura de las Explotaciones Agrícolas (EEEA) más reciente, que corresponde al año 2013.

Se ha procedido a una homogeneización de las bases de datos, puesto que la EEEA es más restrictiva en cuanto al tamaño mínimo de explotación: que tenga más de 1 ha de superficie agraria utilizada (SAU) o más de 0,2 ha de SAU dedicadas a hortalizas y flores o más de 1 Unidad Ganadera (UG) con una Producción Estándar Total (PET) igual o superior a 0,75 Unidades de Dimensión Europea (UDE). Se han eliminado en el CA las explotaciones que estaban por debajo de esos umbrales y centrado el análisis en las explotaciones que presenten animales de tipo bovino. La información que aparece en los resultados se ha agrupado según tres variables:

1. Principales orientaciones técnico-económicas (OTE): bovino leche, bovino carne, y resto de bovinos, en función de que las producciones relacionadas con ellas aporten por lo menos las 2/3 partes del Margen Bruto Total (MBT) o la PET.
2. Número de vacas: <20, de 20 a 49 y >= 50.
3. Localización: Cornisa Cantábrica (Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco y Navarra) y el resto de España.

Los resultados se exponen en valores medios o en porcentaje sobre el total para cada orientación productiva, estrato de tamaño y grupo territorial. También se utilizan mapas para representar la importancia territorial del bovino.

Tabla 1. Importancia del bovino en el conjunto de la agricultura española (en % s. total del número de explotaciones, UG, SAU, UTA y PET). España 2013.

	% Explotaciones	% Unidades Ganaderas Totales	% Superficie Agrícola Utilizada	% Unidad Trabajo Año	% Producción Estándar Total
Con bovino	10,3	35,9	20,4	15,9	19,3
Sin bovino	89,7	64,1	79,6	84,1	80,7
Unidades*	965	14.502	23.299	813,5	35.978

*Explotaciones, UG, SAU y UTA en miles de unidades; PET en millones de euros.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De un total de 965.000 explotaciones agrarias existentes en España en el año 2013, un 10,3% tienen ganado bovino; porcentaje del orden de la mitad del existente en el conjunto de la UE-28 (Eurostat, 2017). En el caso de explotaciones con bovino, los porcentajes de unidades ganaderas

totales (UG), superficie agrícola utilizada (SAU), unidades de trabajo año (UTA) y producción estándar total (PET), tienen un peso relativo superior al porcentaje de explotaciones.

Las 99.500 explotaciones con bovino, de las que un 12,6% son de tipo societario, tienen de media 52,3 UG y 47,7 ha de SAU (74% de la superficie total). Precisan de 1,3 UTA, la mayoría familiar (71,4%), y su producción genera un valor económico de 70.000 € (53.800€ por UTA) (Tabla 2).

Tabla 2. Titularidad, ganado, superficie, trabajo y producción en explotaciones con bovino según orientación, tamaño y localización. España 2013.

	Explotaciones		* Unidades Ganaderas Totales		*Superficie Agrícola Utilizada		*Unidad Trabajo Año		*Producción Estándar Total	
	Ud. (miles)	Societarias (%)	Ud.	UG tot/SAU	ha	% s. ST	Ud.	Asalariada (%)	Miles €	PET/UTA
Leche	18,7	23,6	61,7	2,3	26,7	86,3	1,7	40,1	126,8	75,6
Carne	51,8	10,3	46,8	0,9	50,2	72,4	1,1	21,0	45,6	40,3
Resto	29,0	9,6	56,3	1,0	56,8	72,8	1,4	30,7	76,7	56,4
<20 vacas	46,9	7,4	27,0	1,5	18,5	74,9	1,1	16,3	38,3	36,1
29-49 vacas	35,9	7,6	37,6	1,0	37,8	76,8	1,3	13,9	51,2	40,6
>=50 vacas	16,8	37,6	154,5	1,0	150,3	71,9	2,1	65,4	198,3	96,2
Cornisa										
Cantábrica	61,2	6,7	26,5	1,7	15,5	80,2	1,2	13,8	40,8	33,4
Resto España	38,3	22,1	93,6	0,9	99,1	72,3	1,4	48,9	116,4	81,7
Total	99,5	12,6	52,3	1,1	47,7	73,8	1,3	28,6	69,9	53,8

*UG, SAU, UTA y PET en valores medios por explotación.

El 71% de las explotaciones con bovino están especializadas en producción de leche y carne (19% y 52% respectivamente). Las 19.000 explotaciones de leche, de las que un 24% son de tipo societario, tienen menor SAU (27 ha), mayor tamaño ganadero con 62 UG totales y carga ganadera, con 2,3 UG/ha de SAU. La mayor presión sobre la tierra se correlaciona con el mayor grado de aprovechamiento agrario de la superficie (86%). Además, Obtienen un mayor PET (127.000 €) y productividades (76.000 € por UTA), con un trabajo asociado de 1,7 UTA (40 % asalariado) (Tabla 2). Las 52.000 explotaciones orientadas a producción de carne tienen un menor tamaño productivo y un comportamiento más extensivo.

El 83% de las explotaciones con bovino poseen menos de 50 vacas. Las 17.000 restantes, tienen de media una dimensión muy superior (154 UG y 150 ha de SAU), mayores necesidades anuales de trabajo (2,1 UTA) y un mayor PET (198.000 €) con productividades que alcanzan los 96.200 € por UTA. Además, presentan un mayor peso relativo de las fórmulas societarias y la asalarización del trabajo, del 38% y 65% respectivamente, lo que parece indicar que el incremento del tamaño productivo va acompañado también de la incorporación de recursos externos (Lorenzana, 2006).

En la Cornisa Cantábrica se localizan el 61,5% del total de explotaciones con bovino de España. Tienen un tamaño ganadero y SAU muy inferior, de 27 UG y 16 ha de SAU respectivamente, y una carga ganadera de 1,7 UG por ha de SAU, que casi duplica al resto de España. Obtienen una PET de 41.000 €, que es 2,8 veces inferior, y menores productividades de 33.400 € por UTA con un número de UTA similar. Las restantes explotaciones de España tienen un carácter menos familiar, pues el porcentaje de fórmulas societarias y mano de obra asalariada alcanzan valores del 22% y 49%, respectivamente. Estas características pueden deberse al mayor tamaño productivo y diversidad de actividades agrarias.

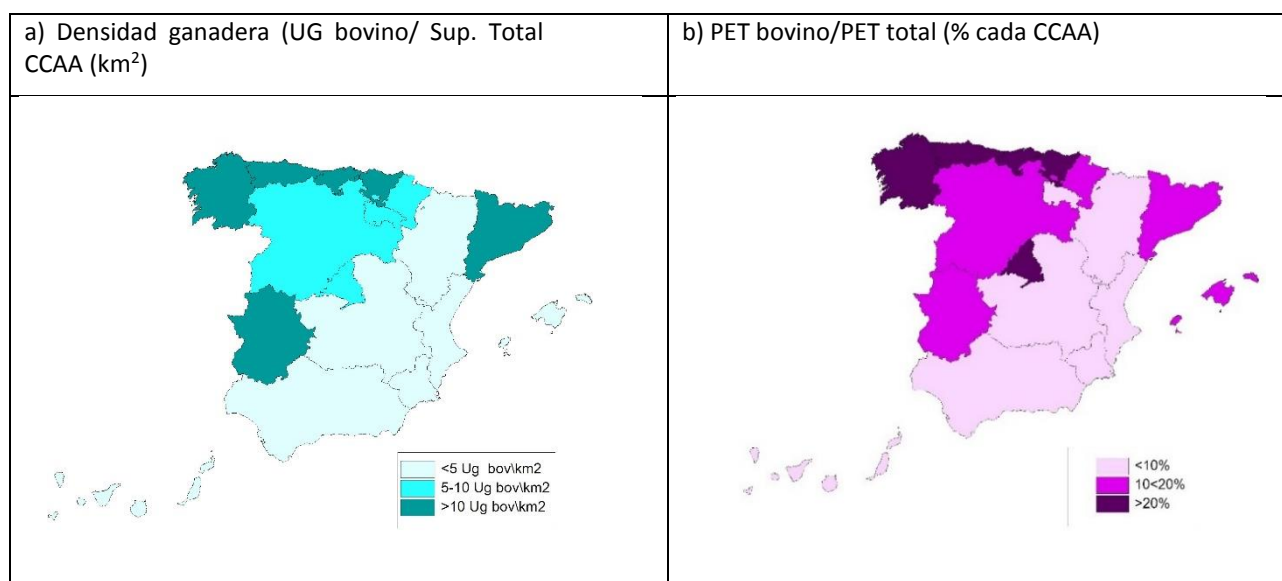


Figura 1. Distribución territorial del bovino según importancia ganadera y económica. España 2013.

En la Figura 1 se observa la mayor relevancia del bovino en la Cornisa Cantábrica. Galicia, Asturias, Cantabria y País Vasco tienen las mayores densidades ganaderas, superiores a 10 UG de bovino por Km². Además, en estas comunidades el bovino tiene un mayor peso económico sobre el conjunto de la agricultura por aportar más del 20% del PET.

Las explotaciones con bovino han registrado un fuerte descenso entre 1982 y 2013, de un 78% en las 446.000 explotaciones iniciales. El ajuste en las necesidades de trabajo (UTA), ha sido similar (-79%) y la pérdida de SAU ha sido mucho más moderada (-18%); por su parte las unidades ganaderas, han aumentado un 18% (Tabla 3). Como resultado, por término medio las explotaciones han registrado fuertes incrementos en la dimensión productiva, pasando de ocho UG bovino en 1982 a 42 en 2013, y en la intensificación ganadera, pasando de 5,7 UG bovino por UTA en 1982 a 32 en 2013.

Tabla 3. Evolución de las explotaciones, ganado, superficie y trabajo según orientación, tamaño y localización, en explotaciones con bovino. España 1982 y 2013*.

	Explotaciones			Unidades Ganaderas Totales bovino			Superficie Agrícola Utilizada			Unidad Trabajo Año		
	1982	2013	Var (%)	1982	2013	Var (%)	1982	2013	Var (%)	1982	2013	Var (%)
Leche	72,0	18,7	-74	777,1	1133,0	46	417,3	499,1	20	90,4	31,4	-65
Carne	21,2	51,8	144	479,9	2308,1	381	593,3	2601,9	339	21,5	58,6	173
Resto	353,2	29,0	-92	2252,9	704,3	-69	4798,5	1648,3	-66	499,7	39,5	-92
<20 vacas	426,6	61,8	-86	2449,4	848,8	-65	3688,4	866,6	-77	555,8	49,7	-91
29-49 vacas	14,8	21,0	42	482,0	1085,9	125	776,7	1357,4	75	30,3	45,2	49
>=50 vacas	4,9	16,8	240	578,5	2210,8	282	1344,0	2525,3	88	25,5	34,6	36
Cornisa Cantábrica	274,6	61,2	-78	1389,9	1421,8	2	1008,8	951,3	-6	383,1	74,9	-80
Resto España	171,8	38,3	-78	2120,1	2723,7	28	4800,3	3798,0	-21	228,5	54,6	-76
Total	446,4	99,5	-78	3509,9	4145,5	18	5808,9	4749,2	-18	611,5	129,5	-79

*Explotaciones, UG bovino, SAU y UTA en miles de unidades

Entre 1982 y 2013 ha habido otros cambios que afectan a la titularidad de la explotación, el aprovechamiento agrario de la superficie y la contratación del trabajo (Tabla 4). Los mayores incrementos se han producido en el porcentaje de explotaciones societarias y la asalarización del

trabajo, de 12 y 20 puntos porcentuales respectivamente, hasta alcanzar valores en 2013 del 12,6% y el 28,6%. El porcentaje de superficie para uso agrario también se ha incrementado, aunque de manera mucho más moderada (6,8 puntos). El mayor porcentaje de fórmulas societarias y del trabajo asalariado se ha alcanzado en las explotaciones orientadas a producción de leche, de mayor tamaño y las localizadas fuera de la Cornisa. El mayor grado de aprovechamiento agrario de la superficie se produce en las explotaciones con menor superficie disponible, como son las orientadas a producción de leche y las de la Cornisa Cantábrica.

Tabla 4. Evolución del peso relativo de la titularidad, aprovechamiento agrario de la superficie y asalarización, en explotaciones con bovino. España 1982 y 2013.

	Exp. societarias (% s. total)			Superficie Agrícola Utilizada (% s. Superficie Total)			Unidad Trabajo Año asalariada (%s. Unidad Trabajo Año total)		
	1982	2013	Var (%)	1982	2013	Var (%)	1982	2013	Var (%)
Leche	0,4	23,6	6636	80,1	86,3	8	4,8	40,1	742
Carne	1,3	10,3	688	70,2	72,4	3	20,1	21,0	5
Resto	0,4	9,6	2607	65,7	72,8	11	9,8	30,7	215
<20 vacas	0,2	7,4	3718	70,4	74,9	6	4,8	16,3	242
29-49 vacas	1,8	7,6	329	64,4	76,8	19	30,9	13,9	-55
>=50 vacas	14,1	37,6	167	60,4	71,9	19	84,2	65,4	-22
Cornisa Cantábrica	0,1	6,7	4386	57,1	80,2	40	1,6	13,8	745
Resto España	0,8	22,1	2649	69,5	72,3	4	22,4	48,9	118
Total	0,4	12,6	3046	67,0	73,8	10	9,4	28,6	205

CONCLUSIONES

En España hay en 2013 unas 99.500 mil explotaciones con bovino, que equivalen al 10% del total y alcanzan porcentajes superiores en ganado, superficie y valor económico de la producción. La mayoría están especializadas en producción de carne, tienen menos de 20 vacas y se localizan en la Cornisa Cantábrica, región que destaca por la mayor densidad de ganado bovino y mayor peso económico de esta actividad.

Entre 1982 y 2013 ha habido una fuerte reducción en el número de explotaciones y ocupados, mucho más moderada en la superficie agraria útil e incluso incrementos moderados del ganado, lo que ha provocado un aumento de la dimensión productiva y su intensificación.

En el período analizado ha habido una especialización productiva de las explotaciones con bovino en leche y carne. Parece haberse producido una reorientación productiva de la leche a la carne, pues en 2013 las de carne concentran la mayoría de explotaciones, ganado y superficie. El ajuste en el número de explotaciones se ha producido en las de menor tamaño. Las de mayor tamaño, que se han ido incrementando en número debido a la elevación de la dimensión, concentran la actividad productiva del bovino.

Ha habido otros cambios que afectan a la estructura organizativa y de funcionamiento de la explotación, tales como un incremento de las fórmulas societarias, del grado de aprovechamiento agrario de la superficie y de la asalarización del trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Al INIA por la financiación del proyecto RTA 2012-00084-C03 y del contrato predoctoral FPI-INIA, convocatoria 2015 (Sostenibilidad económica de las explotaciones de bovino en Cantabria).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arnalte E. (2002) Ajuste estructural y cambios en los modelos productivos de la agricultura española. (ed) *Agricultura y sociedad en el cambio de siglo*, 391-426.

Arnalte E. (2007) Economía política de ajuste estructural en la agricultura de los países desarrollados. (ed) *Políticas agrarias y ajuste estructural en la agricultura española*, 17-54.

Eurostat (2017) Statistics Agriculture Data base. Structural agricultural holdings. Farm structure survey 2013. <http://ec.europa.eu/eurostat/web/agriculture/data/main-tables>

Lorenzana R. (2006) El cambio estructural en las explotaciones de bovino en Galicia (años 1962 a 2003). Tesis doctoral (USC).

OECD. (2011) Regional Typology. Directorate for Public Governance and Territorial Development. Directorate for Public Governance and Territorial Development. https://www.oecd.org/gov/regional-policy/OECD_regional_typology_Nov2012.pdf

Sineiro F., Lorenzana R. y Vázquez I. (2010a) Contribución de la agricultura al desarrollo económico de la Cornisa Cantábrica. *Agricultura familiar en España*. 147-152.

Sineiro F., Santiso J., Calcedo V. y Lorenzana R. (2010b) *El sector lácteo: escenarios de evolución*. COVAP. I premio internacional ganadería COVAP. Pozoblanco, Córdoba. 50-53.

Vázquez I. (2013) *Situación actual, dinámica y estrategias de las explotaciones con bovino en el norte de España*. Tesis doctoral (USC).

TRASLAPE ESPACIAL DE NICHOS ECOLÓGICOS EN VENADO COLA BLANCA Y CAPRINOS EN LA UMA DE COSOLTEPEC, OAXACA

L. MENDOZA MÉNDEZ ¹, R. SORIANO ROBLES ², O.A. VILLARREAL ESPINO BARROS ³, L. RIVERA SÁNCHEZ ⁴

¹Universidad Autónoma Metropolitana, Maestría en Ciencias Agropecuarias. ²Universidad Autónoma Metropolitana, Laboratorio de Recursos Socioambientales y Sustentabilidad. ³Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Puebla (México). ⁴Universidad Autónoma Metropolitana, Laboratorio de Recursos Socioambientales y Sustentabilidad.
Correspondencia: LidiaMdzaMd@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se identificaron las zonas de traslape espacial del nicho entre venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y caprinos en la Unidad de Manejo Para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) de Cosoltepec, Oaxaca, mediante el recorrido de rutas de pastoreo y observación de la distribución del venado cola blanca en transectos lineales. Se observó un traslape en dos zonas de muestreo, por lo tanto se calculó la biomasa aprovechable y la capacidad de carga del hábitat con el fin de determinar si éste es capaz de sostener a estas dos especies.

Palabras clave: *Odocoileus virginianus*, capacidad de carga, biomasa aprovechable, *Capra aegagrus subsp. hircus*

SUMMARY

The space overlap zones of the niches of the white-tail deer (*Odocoileus virginianus*) and goats in the UMA of Cosoltepec, Oaxaca were identified. We used the grazing routes and observations of the distribution of white-tailed deer by means of linear transects. An overlap in two sampling areas was observed. Therefore, we calculated the utilizable biomass and the habitat carrying capacity in order to determine if the area is capable of sustaining these two species.

Key words: *Odocoileus virginianus*, carrying capacity, utilizable biomass, *Capra aegagrus subsp. hircus*

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas a los que se enfrenta la fauna silvestre, es la pérdida y fragmentación de su hábitat, el cual es uno de los procesos antrópicos y está considerada como una de las causas principales de la actual crisis de biodiversidad (Santos, 2006), así como la disminución y/o extinción de especies animales (Bolívar, 2009).

Cossio et al, (2014) indican que al introducir una especie doméstica (ganado) en un hábitat, puede provocar una competencia por los recursos con las especies de fauna silvestre nativas, por lo tanto, se deberá tener un manejo especial de los recursos, haciendo un equilibrio de la demanda y la oferta del alimento dentro del hábitat (Ortega et al, 2008).

La cría de ganado doméstico en los ecosistemas naturales se ha visto aumentada en los últimos 200 años, ocasionando el aumento de la población de ganado doméstico y excediendo la capacidad de carga de los pastizales naturales, dando origen a lo que se le conoce como sobrepastoreo. El consumo frecuente de algunas especies más preferidas por el ganado puede alterar la germinación,

la supervivencia y el crecimiento de las plantas; el pastoreo intenso puede alterar las características estructurales y propiedades fisicoquímicas del suelo por el efecto físico del pisoteo de los animales, aumentando la compactación del mismo y disminuyendo la cobertura vegetal (Villalobos, 2013 y Manzano, 1997).

Por lo tanto, en éste trabajo se realizó la identificación espacial en el traslape de nicho entre venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y caprinos (*Capra aegagrus subsp. hircus*), así como la estimación de la capacidad de carga del hábitat.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en la UMA de Cosoltepec, Oaxaca, misma que se muestra en la figura 1, durante el periodo de agosto del 2015 a octubre del 2016.

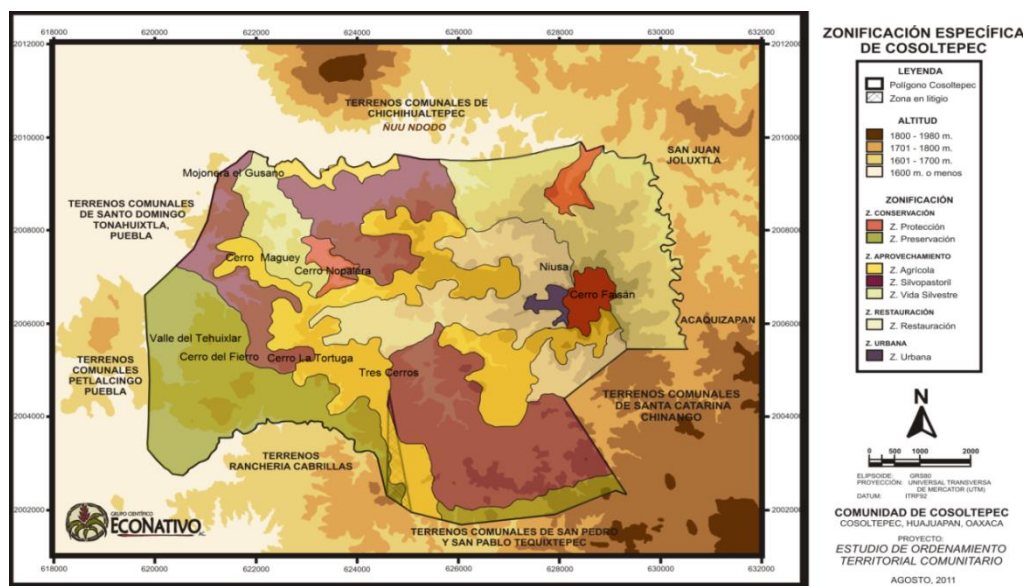


Figura1. UMA de Cosoltepec. Fuente: ECONATIVO (2012).

Identificación de las rutas de pastoreo

Se realizó un recorrido con cada productor durante la temporada de lluvias geoposicionando la ruta cada 15 minutos con un equipo de GPS Garmin, comenzando desde el corral y concluyendo nuevamente en este. Con los datos obtenidos, se generaron mapas de los recorridos con el software QGIS® 2.14, obteniendo el área de influencia de cada rebaño.

Densidad poblacional del venado cola blanca

Se utilizó el método indirecto de conteo de grupos fecales de Eberhardt y Van Etten (1956) modificado por Villarreal *et al.* (2006). Se trazaron 10 transectos aleatoriamente en 9 regiones de la UMA, dos de 500 metros de longitud y 8 de 100 metros de longitud por 6 metros de ancho, de los 10 transectos se hallaron 10 grupos fecales. Los datos se analizaron con el programa PELLET desarrollado por Mandujano (2014). (http://www1.inecol.edu.mx/cv/CV_pdf/mandujano/PELLET_Espanol.rar).

Balance Forrajero (biomasa aprovechable)

Se trabajó con la metodología de Barrera (2015), se utilizaron los mismos transectos que se colocaron para calcular la densidad poblacional, se establecieron dentro de los mismos, cuadrantes

de 1m² (11 cuadrantes por transecto) donde se obtuvo la fitomasa aprovechable colectada a una altura de 1.6m simulando el ramoneo de caprinos y venados.

Para calcular el potencial forrajero, se utilizó el método de Balance Forrajero de Guevara (1999) el cual se basa en los siguientes datos: Área (ha), Rendimiento (t MS/ha, Porcentaje de utilización (25%) Forraje Disponible (t MS/ha), Forraje utilizado (t MS), Unidades animales (UA) y Necesidades Forrajeras (t MS).

Capacidad de carga del hábitat

Para obtener la capacidad de carga, se utilizó la fórmula de Cantú (2002) modificada por Villarreal *et al.* (2015).

$$K = \frac{(\text{Consumo estimado necesario de MS por época} * \text{UA})}{\text{Productividad primaria} * \% \text{ de utilización}} - 1$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de zonas de traslape espacial

En la figura 1 se observan las áreas de actividad de las especies estudiadas, en color verde representa el área exclusiva de influencia de venado cola blanca (Zona del Tehuixlar, el Gusano, Cerro del Fierro, La Tortuga, Tres Cerros y El Maguey) encontrándose presencia de huellas, grupos fecales, echaderos y rascaderos. En color azul, se identificó la zona exclusiva de ganado caprino (zona de Cerro del Faisán). Finalmente en color rojo, se observan las áreas donde existe un traslape espacial entre ambas especies (Zona de la Nopalera y Niuza) en donde se encontró presencia de venado, así como pastoreo caprino.

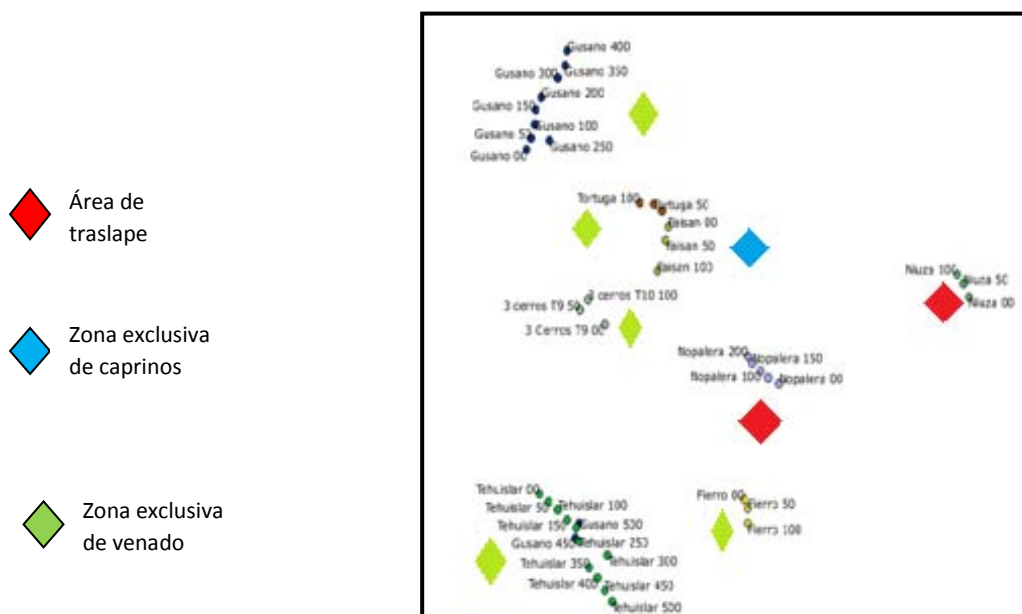


Figura 2. Áreas de influencia y traslape entre caprinos y venados

Se observa que el área exclusiva del venado abarca una mayor parte de las zonas de estudio, dado que su ubicación se encuentra lejos de la zona urbana, además de que estas áreas satisfacen su necesidad de alimentación, cobertura, espacio y agua. Aunque se han realizado trabajos como el ordenamiento territorial (ECONATIVO, 2012), la presencia de ganado caprino en las zonas de protección se debe a que las zonas antiguamente establecidas para pastoreo de ganado caprino, se

han visto mermadas por un sobrepastoreo, lo que obliga al productor a abarcar más zonas para este uso.

Densidad poblacional del venado cola blanca

Se obtuvo una densidad poblacional en la temporada de lluvia de 0.18 individuos/km² (Tabla 1). En estudios realizados en la región de la mixteca poblana, se reportan densidades similares, en Huachinantla y Jolalpan se encontraron densidades de 0.1 a 0.5 individuos/ km² (López-Tellez, *et al.*, 2007). En la UMA Rancho Grande en Morelos, Ortiz A. en el 2013, estimó una densidad promedio de 0.11 venados/ha por el modelo de Eberhart y Van Etten.

Tabla 1. Densidad poblacional del venado cola blanca

ESTIMACIÓN DE LA DENSIDAD (ind/km²)	
Localidad de estudio:	Cosoltepec, Oax.
Muestreo:	Época lluvia 2016
Número de transectos:	10
Número de parcelas:	100
Total de grupos fecales:	10
<u>Modelo PELLET</u>	
Densidad promedio:	0.18 ind/km ²
Desviación estándar (SD):	0.7
Máxima:	4.3
Mínima:	0.0
<u>Modelo Eberhart y Van Etten</u>	
Densidad promedio:	0.13 ind/km ²
Desviación estándar:	0.5

Balance forrajero (Biomasa aprovechable)

En la tabla 2, observamos un rendimiento de 0.00174 toneladas de materia seca por hectárea en selva baja caducifolia en temporada de lluvia, el cual es notoriamente bajo. Villarreal (2013), reporta un total de 294,97 toneladas de materia seca en temporada de lluvia, Barrera (2015) a su vez, indica que se calculó 0.0664 toneladas de materia seca por hectárea en un mismo tipo de vegetación como el estudiado. Al encontrar traslape espacial, se calculó la capacidad de carga de la UMA, la cual fue de 0.0005056 UA durante la época de lluvia (180 días). La capacidad de carga animal capaz de soportar el hábitat, es menor a la cantidad de unidades de animales reales que se encuentran presentes en él.

Tabla 2. Balance forrajero en temporada de lluvia

Tipo de vegetación	Selva baja caducifolia
Área (ha)	6070.83 ha
Rendimiento (t MS/ha)	0.00174
% de utilización	25
Forraje disponible (t MS/ha)	0.435
Forraje utilizado (t MS) [Área (ha. de superficie) * Forraje disponible]	2640.81
Unidad Animal (Caprinos-Venados) Son las UA reales dentro del predio	51.0252
Necesidades forrajeras (t MS) UA* (kg de fitomasa requerida por venado -caprinos (4.65))*(180 días lluvia).	860.25
Balance Forrajero (t MS)	1780.56

CONCLUSIONES

Se concluye que en la UMA el traslape espacial en las dos zonas de estudio se presenta por diversos factores: introducción de ganado caprino en las zonas de exclusión debido a la falta de potreros para llevar a cabo esta actividad, disponibilidad de alimento consumido por venados y caprinos, y presencia de abrevaderos. Respecto a la biomasa y capacidad de carga, se considera que los bajos valores obtenidos se deben a que la cantidad de muestra vegetal fue escasa, por lo cual, se recomienda realizar dos muestreos en temporada de lluvia para obtener valores exactos y analizar el tiempo de regeneración vegetal. Cabe resaltar que los resultados hasta la fecha obtenidos, son solo una parte del estudio, ya que falta por analizar la temporada seca y un muestreo más en la temporada de lluvia.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo becario para la realización de éste proyecto, a la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa por el apoyo de viáticos y al Comisariado de bienes comunales de Cosoltepec, por permitirnos establecer el trabajo de investigación en la UMA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrera S.A. (2015) Estimación de la capacidad de carga del hábitat de venado cola blanca y ganado caprino en una "UMA" extensiva de la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán. Tesis Maestría en manejo sostenible de agroecosistemas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Pp.71
- Bolívar C. (2009) Patrones de Actividad Espacio-Temporal de los Ungulados de la Reserva de la Biosfera El Triunfo, Chiapas, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Veracruz, México. Pp. 93.
- Cantú, J. (2002) Principios de Bromatología Animal: Principios de manejo de pastizales. Cuarta "ed". Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Torreón, Coahuila, México: Pp. 174-183.
- Cossio Bayúgar A., Gallina Tessaro S., Suzán G. 2014. Uso del hábitat del venado bura (*odocoileus hemionus*) y del bovino doméstico (*bos taurus*) en la reserva de la biósfera Mapimí, Durango, México. Comunidad de Manejo de Fauna Silvestre (COMFAUNA). Memorias del X Congreso Internacional de Fauna Silvestre de América Latina, Salta, Argentina. Pp.1-8.
- Eberhardt L.L. y Van Etten R.C. (1956) Evaluation of the Pellet Group Count as a Deer Census Method *The Journal of Wildlife Management*, 20, 70-74
- Guevara, R. (1999) Contribución al estudio del pastoreo Tesis Dr. Cs. Universidad de Camagüey, Cuba racional con bajos insumos en suelo vertisol. Rica. Editorial de la Universidad Nacional de Costa Rica.
- López-Téllez M.C., S. Mandujano and G. y Yanes (2007). Evaluación poblacional del venado cola blanca en un bosque tropical seco de la Mixteca Poblana. *Acta Zoologica Mexicana* (n.s.), 23,1-16.
- Mandujano, S. (2014) PELLET: An Excel®-based procedure for estimating deer population density using the pellet-group counting method. *Tropical Conservation Science*, 7, 308-325.
- Manzano C. M. G. F. (1997) Procesos de Desertificación Asociados a Sobrepastoreo por Caprinos en el Matorral Espinoso de Linares, Nuevo León. Tesis de Maestría en Ciencias Forestales. Facultad de ciencias forestales. UANL. Nuevo León. México. Pp. 117.

- Ortega, S. J. A. Interacciones bovinos/fauna silvestre en pastizales. 2008. XI Simposio sobre venados en México Ing. Jorge G. Villareal González. ANGADI (Asociación Nacional de Ganaderos Diversificados/Consejo Estatal de Flora y Fauna de Nuevo León/Departamento de Etología, Fauna Silvestre y Animales de Laboratorio de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. México, D.F. Pp. 36.
- Santos T. y Tellería J.L. (2006) Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. Ecosistemas. Vol. 15. N.2. ISBN 1697-2473. Pp. 3-12.
- Villalobos A. (2013) El sobrepastoreo del ganado doméstico como disparador de la arbustización. BioScriba Vol. 6(1). Pp.52-57.
- Villarreal, EB. O. A., M. I. Cortes, R. Guevara, R. Reséndiz, J. E. Hernández, A. Martínez. (2006) Capacidad de Carga del Hábitat para el Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus*) en la Mixteca Poblana, en: Conservación y Manejo de Fauna Cinegética de México 1. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Pp. 57-64.
- Villarreal, EB. O. A., Hernández J., García F., Utrera F., Franco F. y Camacho J. (2013) Conservación y manejo del venado cola blanca mexicano (*Odocoileus virginianus mexicanus*) en la Región Mixteca, México. Comunidad de manejo de fauna silvestre (COMFAUNA). Memorias XCI MFAUNA. Pp. 1-3.
- Villarreal-EB, O. A.; R. Guevara; J. E. Hernández-Hernández; J. C. Camacho, J. A.; Rivera Tapia; O. Romero-Arenas. (2015b) Feed balance of the habitat for white-tailed deer in the Rio Balsas Depression in Puebla-Mexico. *Wulfenia*, 22: 1, 150-156

ENSILADO DE AVENA SAIA EN LA ALIMENTACIÓN DE VACAS LECHERAS EN SISTEMAS A PEQUEÑA ESCALA EN EL ALTIPLANO CENTRAL MEXICANO

M.M.N. BECERRIL-GIL¹, J.G. ESTRADA-FLORES¹, F. LÓPEZ-GONZÁLEZ¹, C.M. ARRIAGA-JORDÁN¹

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), ¹Universidad Autónoma del Estado de México (México).

Correspondencia: cmarriagaj@uaemex.mx

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el impacto productivo y económico de la inclusión del ensilado de Avena Saia (*Avena strigosa* cv Saia) (EAS) solo y en combinación con Ensilado de Maíz (*Zea mays*) (EM) en la alimentación de vacas lecheras suplementadas con pradera de corte. Se empleó un diseño de cuadrado latino 4x4 duplicado, con 8 vacas Holstein durante cuatro periodos experimentales de 14 días cada uno, se midió el rendimiento de leche y su composición química, Nitrógeno Ureico en Leche (NUL), Peso Vivo (PV), Condición Corporal (CC), composición química de los alimentos suministrados a las vacas y análisis económico. Los tratamientos fueron T1 = 100% EAS, T2= 67% EAS /33 % EM, T3= 33% EAS /67 % EM, y T4=100% EM suplementados con 4,5 kg de Concentrado Comercial (CCom). Se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) en el rendimiento de leche en el T2 (15,0 kg/vaca/día), con respecto a los demás tratamientos. No hubo diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) en la composición de leche (grasa 38,8 g/kg, proteína 32,2 g/kg, lactosa 46,3 g/kg), NUL (11,8 mg/dl), PV (385,6 kg), o CC (2,4). Se obtuvieron menores costos de alimentación por kg de leche con T4 (€0,13/ kg de leche) comparado con el T1 (€0,17/kg de leche).

Palabras Clave: rendimiento de leche, costos de alimentación, ensilado de maíz

SUMMARY

The objective of this study was to test the economic and productive impacts of the inclusion of oat saia silage (*Oat strigosa* var Saia) (OSS) in combination with maize silage (*Zea mayz*) (MS) in the feeding of dairy cows supplemented with cut-carry grass. A replicated 4x4 Latin square was used, with four experimental periods of 14 days each with 8 Holstein cows. Milk yield, milk composition, milk urea nitrogen, live weight, body condition score and chemical composition of feeds were analyzed, and an economic analysis was carried out. The treatments were: T1 = 100 %OSS, T2 = 67 % OSS/33 % MS, T3 = 67 %OSS/33 % MS, and T4 = 100 % MS, both supplemented with 4.5 kg DM of commercial concentrates. There were statistical differences ($P < 0.05$) for milk yield in the T2 (15.0 kg/ day/cow). There were no statistical differences ($P > 0.05$) for milk composition (fat 38.8 g/kg, protein 32.2 g/kg, lactose 46.3 g/kg), milk urea nitrogen (11.8 mg/dl), live weight (385.6 kg), or body condition score (2.4). The feeding costs were lower in T4 (€0.13/ kg milk) compared to T1 (€0.17/kg milk).

Key words: milk yield, feeding costs and maize silage

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción de leche en pequeña escala aportan cerca del 37% de la producción nacional (Hemme, 2007), y están constituidos por pequeñas unidades de producción con hatos de hasta 35 vacas, operados fundamentalmente por la fuerza de trabajo familiar. La alimentación de las vacas lecheras se basa en alimentos producidos en la unidad de producción, como son praderas con ballicos perene y anual (*Lolium perenne* y *L. multiflorum*) asociadas con trébol blanco (*Trifolium repens*) (en siega y recientemente en pastoreo) y maíz (*Zea mays*) conservado como ensilado.

Debido al cambio climático, que afecta el régimen de lluvias y afecta el desarrollo de los forrajes, pérdida de abundancia de plantas, reduciendo el rendimiento del forraje (Cook y Sims, 2016). Se deben evaluar nuevas alternativas forrajeras resistentes a la sequía, como lo es la Avena Saia (*Avena strigosa*) (Dial, 2014), conservada como ensilado.

El objetivo del trabajo fue evaluar el impacto productivo y económico de la inclusión del EAS en la alimentación de vacas lecheras en un sistema de producción en pequeña escala en el altiplano central mexicano, en el noroeste del Estado de México.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización del sitio experimental

El trabajo se llevó a cabo en el municipio de Aculco, en el Estado de México, ubicado entre las coordenadas 20° 00' y 20° 17' Norte y entre 99° 40' y 100° 00' Oeste, con una altitud promedio de 2440 m. El clima es templado subhúmedo con temperaturas medias anuales entre los 10° y 18° C, y una precipitación anual entre 700 y 1000 mm.

Desarrollo del experimento

El EM evaluado en este trabajo se cosechó a los 151 días después de la siembra, mientras que el EAS fue cosechado a los 95 días después de la siembra, ambos se conservaron en un silo tipo pastel, que consiste en el apisonamiento del forraje sobre una superficie plana en pendiente cubierto con plástico.

Se determinó el pH de los ensilados en el forraje y en el jugo mediante la metodología recogida en Hardy (1973). Además de los ensilados se suministró pradera verde segada y concentrado comercial. Se tomó una muestra de cada ingrediente por periodo experimental, se determinó el contenido de Materia Seca (MS), Materia Orgánica (MO), Proteína Cruda (PC), Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Ácido (FDA) y Digestibilidad in vitro de la Materia Seca (DIVMS).

Para la evaluación biológica se trabajó con ocho vacas Holstein multíparas con un peso medio inicial de 363± 19 kg y 103 días en lactación, bajo un diseño experimental de cuadro latino 4x4. La secuencia de los tratamientos se asignó de manera aleatoria contando con dos vacas por tratamiento en cada periodo experimental.

El rendimiento de leche por vaca (kg/vaca/día) se midió los últimos 4 días de cada periodo experimental, utilizando una báscula de reloj y se tomaron 2 muestras de leche por vaca, una muestra se utilizó para la determinación de grasa, proteína y lactosa a través de ultrasonido y la otra muestra se trasladó al laboratorio en frascos a 4°C para determinar el contenido de Nitrógeno Ureico en Leche (Aguere, 2007). Se registró el peso vivo de las vacas en la última semana de muestreo de cada periodo experimental utilizando una báscula portátil Gallagher®. La Condición Corporal (CC) se registró al finalizar cada periodo experimental usando una puntuación de 1 a 5 aplicando el método descrito por Wildman *et al.* (1982). Para el análisis económico se usó la metodología usada por Moran y Brouwer (2014).

Tabla 1. Tratamientos evaluados.

Tratamiento	EAS (kg de MS/vaca/día)	EM (kg de MS/vaca/día)	CC (kg de MS/vaca/día)
T1	6	-	4,5
T2	4	2	4,5
T3	2	4	4,5
T4	-	6	4,5

Además, todos los tratamientos recibieron 2,2 kg de MS de pradera de corte en fresco. La duración de los periodos experimentales fue de 14 días cada uno, los cuales se dividieron en 10 días de adaptación a la dieta y 4 de toma de mediciones.

Diseño experimental

El diseño experimental fue de cuadro latino 4x4 repetido dos veces, con cuatro periodos experimentales de 14 días cada uno los cuales se dividieron en 10 días de adaptación a la dieta y 4 de toma de mediciones. Las vacas se agruparon por cuadro de acuerdo a la producción de leche. El análisis de varianza utilizó el modelo de Anaya-Ortega *et al.* (2009):

$$Y_{ijkl} = \mu + C_i + V_{j(i)} + P_k + t_l + e_{ijkl}$$

Donde: Y= Variable respuesta, μ = Media general, C= Efecto de los cuadros (i=1, 2), V= Efecto de las vacas dentro de cuadros (j=1, 2, 3,4), P= Efecto de los periodos experimentales (k=1, 2, 3,4), t= Efecto de los tratamientos (t=1, 2, 3,4) y e= Error residual.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias significativas en el rendimiento de leche entre tratamientos, encontrando un menor rendimiento en el T2 con 15 kg/vaca/día en comparación con el resto de los tratamientos que obtuvieron entre 16 y 16,5 kg/vaca/día, esta disminución en el tratamiento 2 se atribuye a la composición de la dieta (tabla 2), lo cual es comparable con estudios realizados en esta región, donde se reportaron rendimientos de 15,4 kg/vaca/día, en vacas con 435,2 kg PV (Celis-Álvarez *et al.*, 2016). Otros autores como Alfonso-Ávila *et al.* (2012) y Martínez-García *et al.* (2013) reportan 14,6 y 13,7 kg/leche/vaca/día respectivamente, los cuales son menores a los reportados en este trabajo.

El peso vivo y la condición corporal de las vacas no presentan diferencias estadísticas significativas (P<0,05) entre los tratamientos evaluados como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Producción de leche, composición de la leche, peso vivo y condición corporal por tratamiento.

	T 1	T 2	T 3	T 4	EEM
Producción de leche (kg/vaca/día)	16,5 ^b	15,0 ^a	16,1 ^b	16,0 ^b	0,26*
Grasa en leche (g/kg)	38,4	40,3	37,4	39,1	0,86 ^{NS}
Proteína en leche (g/kg)	32,3	32,4	32,0	32,0	0,38 ^{NS}
Lactosa (g/kg)	46,6	46,1	46,1	46,5	0,22 ^{NS}
NUL (mg/dl)	11,9	11,7	12,1	11,3	0,83 ^{NS}
Peso Vivo (PV=kg)	391,4	392,6	375,6	382,6	3,04 ^{NS}
Condición corporal	2,9	2,9	2,9	2,9	-

EEM; Error Estándar de la Media. NUL: Nitrógeno Ureico en Leche. ^{NS}P >0,05, *P <0,05, ^{ab} Los valores en las columnas con diferente superíndice presentan diferencias significativas (P<0,05) N=32.

Los resultados de contenido de grasa, proteína de la leche y lactosa en leche no presentan diferencias significativas (P<0,05) como se muestran en la tabla 2 y se encuentran por encima de lo que marca la norma mexicana COFOCALEC (2004), que establece un mínimo de grasa de 30 g/kg y 28 g/kg de proteína en leche, con un contenido mayor a lo reportado por Alfonso-Ávila *et al.* (2012) bajo estrategias tradicionales de alimentación en estos sistemas.

El contenido de Nitrógeno Ureico en Leche se muestra en la tabla 2, no presento diferencias significativas (P<0,05) entre los tratamientos, siendo en promedio de 11,7, lo cual nos indica que la

proteína de la dieta era la adecuada (Nousiainen *et al.*, 2004). Los resultados están dentro del rango reportado por Wattiaux *et al.* (2005), entre 10 a 16 mg/dL.

La composición química del Ensilado de Avena Saia se muestra en la tabla 3, tuvo 384 g MS/kg MF que corresponde al forraje en estado de grano suave, el contenido de PC son similares con los resultados obtenidos en México con 117 g/kg de MS (Sánchez-Gutiérrez *et al.*, 2014) y en Brasil con 98 g/kg de MS (David *et al.*, 2010). La FND y FAD fueron de 515 y 251 g/kg de MS respectivamente, de acuerdo con los resultados obtenidos por Salgado *et al.*, (2013) con 521 y 282 g/kg de MS. La DIVMS fue de 697 g/ kg de MS, cercano a lo reportado por David *et al.*, (2010) con 694 g/kg de MS de digestibilidad.

Tabla 3. Composición química de los alimentos suministrados a las vacas (g/kg MS).

Alimento	MS (g/kg MF)	MO	PC	FDN	FDA	DIVMS
EMZ	360	930	78	521	284	720
EAS	384	924	99	515	251	697
Prc	260	924	123	439	229	800
Ccom	911	928	193	256	91	810

EMZ= Ensilado de maíz, EAS= Ensilado de avena saia, Prc= Pradera de corte, Ccom=Concentrado comercial, MS= Materia seca, MF =Materia Fresca, MO= Materia orgánica, PC= Proteína cruda, FDN= Fibra detergente neutro, FDA= Fibra detergente ácido, DIVMS= Digestibilidad In Vitro de la Materia Seca.

La composición del Ensilado de Maíz, que se muestra en la tabla 3, es diferente a los resultados obtenidos por Celis-Álvarez, *et al.* (2016) con 310 g MS/kg MF es inferior al reportado, 76 g/kg MS PC similar al reportado y con 607 g/kg MS de DIVMS inferior al reportado. Los resultados obtenidos por Khan *et al.*, (2015) fueron similares a los reportados en este trabajo con 331 g de MS, de proteína cruda 73,2 g/kg MS, y DIVMO de 691 g/kg.

El pH obtenido en el Ensilado de Avena Saia fue de 4,15, y se encuentra dentro del rango obtenido por David *et al.* (2010) para estados de inflorescencia y del grano suave (4,7-3,7 respectivamente). Para el Ensilado de Maíz, el pH fue de 3,69, estuvo en el rango reportado por Khan *et al.*, (2015) (pH 3,5-4,4), lo cual indica que se llevó a cabo una fermentación adecuada.

La composición química de la pradera de corte (tabla 3) son similares con los resultados obtenidos por el INRA (2010) con 564 g/kg MS de FND y 294 g/kg MS de FAD respectivamente y DIVMS 740 g/kg MS. El concentrado comercial cumplió con las especificaciones de la empresa fabricante.

Los costos por kg de MS de cada ingrediente fueron: Ensilado de Maíz € 0,05, Ensilado de Avena Saia €0,06, Concentrado €0,20 y Pradera de corte €0,02.

Los costos de alimentación por kg de leche producido fueron en el T1 Ensilado de Avena Saia (€0,17/ kg de leche), el T2 (€0,17/ kg de leche), el T3 (€0,15/ kg de leche) y el T4 Ensilado de Maíz (€0,13/ kg de leche), los menores costos de alimentación fueron en este último tratamiento.

El precio de venta por kg leche fue de €0,26, superior a €0,22 reportado por Reiber *et al.* (2010) en Honduras. Los márgenes brutos de ganancia fueron favorables en todos los tratamientos: €0,11, €0,11, €0,13 y €0,15 por kg de leche producido, en los tratamientos T1, T2, T3 Y T4 respectivamente, siendo por tanto superior en el tratamiento de Ensilado de Maíz.

CONCLUSIONES

La inclusión de Ensilado de Avena Saia es una alternativa ante posibles cambios en el régimen climático en la alimentación de vacas lecheras, en las estrategias de alimentación que usan Ensilado de Maíz y pradera de corte, obteniéndose márgenes de ganancia positivos, al ser alternativas de

alimentación de bajo coste por ser producidas en finca, alimentar las vacas con ensilado de avena Saia representa un gasto extra del 35%, comparado con el ensilado de maíz.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados son parte del proyecto CONACYT 129449 CB-2009 “Evaluación de la sustentabilidad de sistemas de producción de leche en pequeña escala”; y del proyecto UAEM 3676/2014CIA “Adaptación al cambio climático de estrategias de alimentación del ganado en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el NW del Estado de México” y forman parte de la tesis de maestría del primer autor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguerre M. (2007) Determination of milk urea nitrogen. UW-Madison, Dairy Science Department.
- Alfonso-Ávila Á. 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.
- Anaya-Ortega J. P., Garduño-Castro G., Espinoza-Ortega A., Rojo-Rubio R., y Arriaga-Jordán C. M. (2009) Silage from maize (*Zea mays*), annual ryegrass (*Lolium multiflorum*) or their mixture in the dry season feeding of grazing dairy cows in small-scale dairy production systems in the Highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 41, 607-616.
- Celis-Alvarez M. D., López-González F., Martínez-García C. G., Estrada-Flores J. G., y Arriaga-Jordán C. M. (2016) Oat and ryegrass silage for small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 48, 1129-1134.
- COFOCALEC (2004) NMX-F-701-COFOCALEC-2004. Sistema Producto Leche – Alimentos – Lácteos – Determinación de cenizas en quesos – Método de prueba. 23 de junio de 2004.
- Cook C. W. y Sims P.L. (2016) Drought and its relationship to dynamics of primary productivity and production of grazing animals. Department of Range Science, Colorado State University, U.S.A.
- David D. B. D., Nörnberg J. L., Azevedo E. B. D., Brüning G., Kessler, J. D., y Skonieski F. R. (2010). Nutritional value of black and white oat cultivars ensiled in two phenological stages. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 1409-1417.
- Dial H.L. (2014) Plant guide for black oat (*Avena strigosa* Schreb.) USDA-Natural Resources Conservation Service, Tucson Plant Materials Center.
- Hardy C. (1973) Ensilaje de grano de sorgo con alta humedad. *Revista cubana ciencias agrícolas*. 7:207. En: Tejada de Hdez. I. (1985). Manual de laboratorio para el análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. Pag, 299. ISBN: 968-800-100-7.
- Hemme T. IFCN Dairy Report 2007, International Farm Comparison Network [Libro]. - Kiel, Alemania. IFCN Dairy Research Center.
- INRA. (2010) Alimentación de bovinos, ovinos y caprinos: necesidades de los animales, valores de los alimentos. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA).
- Khan N. A., Yu P., Ali M., Cone J. W. y Hendriks W. H. (2015). Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95, 238-252.

Martínez-García C. G., Dorward P., y Rehman T. (2013) Factors influencing adoption of improved grassland management by small-scale dairy farmers in central Mexico and the implications for future research on smallholder adoption in developing countries. *Livestock Science*, 152, 228-238.

Moran J. B., y Brouwer J. W. (2014) Quantifying the returns to investing in improved feeding management on dairy farms in Peninsular Malaysia. *Animal Production Science*, 54, 1354-1357.

Nousiainen J., Shingfield K. J., y Huhtanen P. (2004) Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding. *Journal of Dairy Science*, 87, 386-398.

Reiber C., Schultze-Kraft R., Peters M., Lentjes E., Hoffmann V. (2010) Promotion and adoption of silage technologies in drought constrained areas of Honduras. *Tropical Grasslands*, 44, 231-245.

Salgado P., Thang V. Q., Thu T. V., Trach N. X., Cuong V. C., Lecomte P., y Richard D. (2013) Oats (*Avena strigosa*) as winter forage for dairy cows in Vietnam: an on-farm study. *Tropical Animal Health and Production*, 45, 561-568.

Sánchez-Gutiérrez R. A., Gutiérrez-Bañuelos H., Serna-Pérez A., Gutiérrez-Luna R., y Espinoza-Canales A. (2014) Producción y calidad de forraje de variedades de avena en condiciones de temporal en Zacatecas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5, 131-142.

Wattiaux M. A., Nordheim E. V., y Crump P. (2005) Statistical evaluation of factors and interactions affecting dairy herd improvement milk urea nitrogen in commercial Midwest dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 88, 3020-3035.

Wildman E. E., Jones G. M., Wagner P. E., Boman R. L., Troutt Jr. H. F. y Lesch T. N. A (1982). Dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *Journal of Dairy Science*, 65, 495-501.

PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA CARNE DE CORDERO DE RAZA AUTÓCTONA MALLORQUINA EN FUNCIÓN DEL PESO Y DE LA ALIMENTACIÓN

R. GUTIÉRREZ-PEÑA¹, M. DELGADO-PERTÍÑEZ², J.L. GUZMÁN-GUERRERO³, A. HORACADA²

¹Institut de Recerca i Formació Agrària i Pesquera (IRFAP), Conselleria Medi Ambient, Agricultura i Pesca, Govern Illes Balears. 07009, Palma (España). ²Dpto. Ciencias Agroforestales, Universidad de Sevilla. 41013 Sevilla (España). ³Dpto. Ciencias Agroforestales, Universidad de Huelva. 21819 Huelva (España).
Correspondencia: mrgutierrez@dgagric.caib.es

RESUMEN

Las Islas Baleares poseen gran tradición ganadera, pero la intensificación de las producciones y la competencia del turismo por el territorio han hecho que los sistemas tradicionales basados en el pastoreo estén en riesgo de desaparecer, con las consecuencias ambientales negativas que conlleva. Para su conservación, una buena opción sería mejorar la comercialización de los productos derivados del pastoreo a través de una marca de calidad. En Mallorca existe una raza autóctona ovina “Mallorquina” cuyo manejo está basado en el aprovechamiento de los pastos. Se seleccionaron 10 explotaciones ovinas con diferentes sistemas de alimentación. Se diferenciaron 5 grupos de corderos en función del sistema de alimentación y del peso de venta: *lechales-leche*, *recentales medianos-leche*, *recentales medianos-pasto*, *recentales medianos-concentrado* y *recentales grandes-concentrado*. Se analizó el perfil de ácidos grasos de la grasa intramuscular del *Longissimus dorsi* de 10 corderos de cada grupo. No se encontraron diferencias significativas al comparar el perfil lipídico en animales de diferente peso con el mismo sistema de alimentación. Sí se encontraron diferencias significativas entre corderos del mismo peso alimentados con diferentes sistemas. El perfil más favorable para la salud se halló en los corderos alimentados en sistemas pastorales sin concentrado.

Palabras clave: sistemas pastorales, ovino, n-3, CLA, PUFA

SUMMARY

The Balearic Islands have a long livestock tradition, but because of production intensification and tourism competition for territory, traditional systems based on grazing are at risk of disappearing, with negative environmental consequences. In order to preserve them, one option would be to improve the commercialization of products derived from grazing through a quality mark. In Majorca, there is an autochthonous sheep breed raised on rangeland systems. Management data from 10 farms were collected. Five groups of lambs were differentiated according to feed management and weight: *suckling lambs-milk*, *light lambs-milk*, *light lambs-pasture*, *light lambs-concentrate* and *heavy lambs-concentrate*. Fatty acid composition of *Longissimus dorsi* intramuscular fat was analyzed from 10 lambs of each group. No differences were found comparing animals with the same feed management and different weights. Significant differences were found comparing animals with similar weight and different feed management. The best lipidic profile for human health was observed in grazing lambs fed without concentrate.

Key words: grazing systems, sheep, n-3, CLA, PUFA, lipidic profile

INTRODUCCIÓN

Las Islas Baleares es un territorio de amplia tradición ganadera. En este entorno el ganado ha acompañado al hombre en sus diversos asentamientos (Casasnovas, 2009) y sus productos han sido de gran importancia para el desarrollo del territorio Balear. En el siglo XX, la producción ganadera del archipiélago Balear sufrió una gran transformación con la industrialización e intensificación, que provocó la sustitución de las poblaciones autóctonas ganaderas por razas selectas más productoras. Estas razas tienen un manejo cada vez más intensivo y, consecuentemente, incrementan la dependencia del mercado exterior dada la limitación física del territorio, lo que conlleva consecuencias medioambientales negativas (Pons, 2016). Por el contrario, el conocimiento local del manejo pastoral y de las condiciones de cada territorio, supone una herramienta más eficiente y económica que los sistemas intensivos de gestión (Dubeuf, 2011).

Al mismo tiempo, a pesar de la larga tradición ganadera, el sector primario ha quedado reducido por un creciente turismo que actualmente es la principal actividad de las Islas, sobre todo en lo que se refiere al uso territorial. Sin embargo, para poder conservar los espacios naturales, es necesaria la presencia de pastoreo que reduzca el riesgo de incendios forestales, la erosión del suelo y la pérdida de biodiversidad (Riedel *et al.*, 2007). Pero los sistemas ganaderos están en riesgo de desaparecer debido a la falta de rentabilidad del sector. Una de las estrategias para conservar la actividad ganadera en las islas es diferenciar sus productos en el mercado a través de los beneficios que estos reportan para la salud del consumidor. En este sentido, diferentes estudios han demostrado que, tanto la leche (Valdivielso *et al.*, 2016) como la carne (Nardone y Valfrè, 1999) obtenidas a partir de sistemas pastorales ofrecen buenos parámetros de calidad.

En Mallorca se encuentra la raza autóctona ovina “Mallorquina” que, tradicionalmente, es manejada en condiciones de pastoreo. De acuerdo a la clasificación de Zervas y Tsiplakou (2011), la mayoría de rebaños de esta raza se encuadran dentro del sistema pastoral con vegetación semi-natural consistente en prados, pastizales y áreas de bosque. Normalmente, los ganaderos de esta raza venden corderos cuya alimentación está basada en el pastoreo y que son sacrificados con un peso comercial medio denominado *recental mediano*. Este sistema de producción adquiere especial interés al tratarse de una raza que se encuentra en peligro de extinción, pese a la relevancia histórica que esta raza ha tenido en el desarrollo económico y social de la Isla.

Sin embargo, existe escasa información acerca del manejo de la raza y ninguna sobre la calidad de la carne que se obtiene de sus corderos. Por ello, el objetivo de este trabajo fue comparar el perfil de ácidos grasos (AG) de la carne del cordero autóctono mallorquín producido con diferentes sistemas de alimentación. Esta información puede ser relevante a fin de incrementar el valor añadido de la carne de la raza “Mallorquina”, lo que ayudaría a la conservación de la raza autóctona y de los pastizales.

MATERIAL Y METODOS

Selección de corderos y obtención de las muestras de carne.

A lo largo del año 2015, se recogió información mensual del sistema de alimentación en 10 explotaciones de ganado ovino de raza Mallorquina. Se diferenciaron tres grupos de corderos según el sistema de alimentación: con leche materna (*leche*); con pasto y, en algunos casos, con un aporte ocasional de forraje (*pasto*); y alimentados con pasto y concentrado (*concentrado*). Según su peso de venta se diferenciaron a su vez otros tres grupos: corderos de menos de 7 kg de Peso Canal Caliente (PCC) (*lechales*), de 7 a 10 kg de PCC (*recentales medianos*) y de más de 10 kg de PCC (*recentales grandes*). Considerando ambos criterios, se definieron finalmente 5 grupos de corderos

lechales-leche; recentales medianos-leche, recentales medianos-pasto, recentales medianos-concentrado y recentales grandes-concentrado.

De cada grupo se seleccionaron 10 corderos que fueron llevados al matadero y pesados después del sacrificio para obtener el PCC. Tras 24 h en refrigeración a 4°C, de cada cordero se extrajo el músculo *Longissimus dorsi* de la media canal izquierda. A partir de este músculo se obtuvo una porción de aproximadamente 20 g que fue identificada, protegida con film plástico comercial, envasada al vacío y congelada a -18°C para su envío al Servicio General de Investigación Agraria de la Universidad de Sevilla (SGIAUS).

Análisis de ácidos grasos

El AG de las muestras se determinó a partir de la grasa intramuscular de acuerdo al método propuesto por Aldai *et al.* (2006). La separación y cuantificación de los ésteres metílicos de los AG se realizó con un cromatógrafo de gases Agilent 6890N Network GS (Agilent, Santa Clara, CA, EE.UU.), equipado con un detector de ionización de llama y con una columna capilar HP-88 (100 m, 0,25 mm i.d., 0,2 µm de espesor de película). El éster metílico de ácido nonanoico (C9:0 ME, 4 mg/ml) fue usado como estándar interno. Los AG fueron identificados mediante la comparación de sus tiempos de retención con los de la mezcla estándar de AG Supelco® 37 Component FAME Mix (Sigma Chemical Co. Ltd., Poole, Reino Unido). La identificación de los isómeros del ácido linoleico conjugado (CLA) fue realizado comparando los tiempos de retención con los de otra mezcla estándar de Éster metílico del ácido octadecanoico (Sigma Prod. No. O5632 Sigma Chemical Co. Ltd., Poole, Reino Unido). Los contenidos en AG fueron expresados como porcentaje del total de ésteres metílicos identificados.

Análisis estadístico

El análisis estadístico fue realizado con el paquete estadístico IBM SPSS para Windows. Se realizó un análisis ANOVA para cada AG estudiado usando el modelo lineal general, incluyendo como factor fijo el PCC y el sistema de alimentación del cordero. En caso de encontrar diferencias significativas entre medias de los factores con más de dos niveles, éstos fueron sometidos a la comparación múltiple de promedios mediante la prueba HSD-Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Corderos con el mismo sistema de alimentación y diferente peso comercial.

Los resultados de este apartado se muestran en la Tabla 1. Como puede observarse, en ningún caso, se encontraron diferencias significativas en el perfil de AG. Estos resultados contrastan con los hallados por Santos-Silva *et al.* (2002) para la raza “Merino Branco” y cruce de esta con “Ille France” en los que, al aumentar el peso de sacrificio disminuyó el contenido en AG poliinsaturados (PUFA). Así mismo, en el trabajo desarrollado por Díaz *et al.* (2005), en el que se compararon corderos de España, Alemania y Uruguay, el incremento de peso de los corderos uruguayos produjo un aumento en el contenido de AG saturados (SFA). De acuerdo a Nürnberg *et al.* (1996), la variación en el perfil de AG asociada a la edad (aumento de SFA y descenso de PUFA) está relacionada con el grado de engrasamiento de los corderos. Sin embargo, en los corderos comparados en el presente estudio la diferencia de contenido en grasa, tanto corporal como intramuscular total, no fue significativa (datos no mostrados) por lo que no cabría esperar estas diferencias.

Tabla 1. Efecto del peso de sacrificio en el perfil de Ácidos grasos (AG) (expresado como porcentaje respecto al total) de la carne de los corderos de raza Mallorquina en función de los sistemas de alimentación.

Ácidos grasos	Leche				Concentrado			
	Lechales	Recentales medianos	P ²	SEM	Recentales medianos	Recentales grandes	P ²	SEM
Ácidos grasos saturados	45,96	45,73	ns	0,893	50,35	51,08	ns	0,432
Ácidos grasos monoinsaturados	34,98	34,67	ns	0,443	33,03	33,63	ns	0,490
Ácidos grasos poliinsaturados	19,06	19,60	ns	0,628	16,62	15,29	ns	0,469
CLAconjugados	0,74	0,70	ns	0,066	0,43	0,46	ns	0,047
n-6	12,76	13,42	ns	0,586	13,60	12,26	ns	0,437
n-3	5,28	5,20	ns	0,286	2,33	2,35	ns	0,242
n6/n3	2,67	2,70	ns	0,213	6,40	6,63	ns	0,597

CLA: ácido linoleico conjugado total; n-3: todos los AG con último doble enlace en el tercer carbono del extremo metilo; n-6: todos los AG con último doble enlace en el sexto carbono del extremo metilo. ns: no significativo, P>0,05.

Corderos con el mismo peso comercial y diferente alimentación.

En cuanto al contenido en AG en recentales medianos (único peso con los tres sistemas de alimentación) según su alimentación (Tabla 2) se observan diferencias marcadas para los AG saturados (P<0,05), poliinsaturados (P<0,05), CLA (P<0,05) y los omega 3 (P<0,001).

En los corderos criados con leche materna y con pasto el contenido de AG saturados y poliinsaturados fue significativamente menor y mayor, respectivamente, que en los alimentados con concentrado. Estos resultados contrastan con los observados en otros trabajos realizados con carne de cordero (Díaz *et al.*, 2005) en los que se encontró que la grasa de corderos procedentes de pastoreo era más saturada que la grasa de corderos alimentados con concentrados. Sin embargo, varios trabajos han puesto en evidencia el potencial del pastoreo en pastos herbáceos para aumentar la proporción de AG poliinsaturados en los productos lácteos como la leche y el queso (Valdivielso *et al.*, 2016; Delgado-Pertíñez *et al.*, 2013; D'Urso *et al.*, 2008). Este mayor contenido de AG poliinsaturados se considera beneficioso para la salud humana al disminuir el riesgo de formación de colesterol asociado a las enfermedades cardiovasculares (Santos-Silva *et al.*, 2002; MacRae *et al.*, 2005).

Tabla 2. Efecto del sistema de alimentación sobre el perfil de ácidos grasos (AG) (expresado como porcentaje respecto al total) de la carne de corderos recentales medianos de raza Mallorquina.

Ácidos grasos	Recentales medianos				
	Leche	Pasto	Concentrado	P ²	SEM
Ácidos grasos saturados	45,73b	44,91b	50,35a	*	0,850
Ácidos grasos monoinsaturados	34,67	34,34	33,03	ns	0,476
Ácidos grasos poliinsaturados	19,60a	19,75a	16,62b	*	0,594
CLA	0,70a	0,79a	0,43b	*	0,049
n-6	13,42	13,79	13,60	ns	0,423
n-3	5,20a	4,91a	2,33b	***	0,336
n6/n3	2,70b	3,32b	6,40a	***	0,417

Medias con diferentes letras (a, b) entre columnas difieren significativamente. ns: no significativo, P>0.05; *P<0.05; *** P<0.001.

Respecto al contenido de isómeros CLA, en los corderos alimentados con leche y con pasto se encontró un mayor contenido que en los alimentados con concentrado siendo estas diferencias

significativas ($p < 0,05$). Este mayor contenido en CLA coincide con los resultados presentados por Santos-Silva *et al.* (2002) y Díaz *et al.* (2005) para corderos alimentados básicamente en pastoreo. Así mismo, French *et al.* (2000) mostraron un incremento lineal en el contenido de CLA al disminuir la proporción de concentrados en la dieta. El CLA es beneficioso para la salud al disminuir el riesgo de cáncer y de enfermedades coronarias, principalmente por su capacidad para modular los mecanismos inflamatorios a nivel de la transcripción de moléculas de adhesión en células endoteliales (MacRae *et al.*, 2005).

En estos sistemas de alimentación (leche y pasto) también se halló un mayor porcentaje de n-3 y una menor relación n-6/n-3. Nuestros resultados coinciden con trabajos previos descritos por Fisher *et al.* (2000) y Díaz *et al.* (2005) para corderos en pastoreo. El pasto contiene altos niveles de C18:3 (ácido graso linolénico) precursor de los ácidos grasos n-3, mientras que el alimento concentrado es rico en C18:2 (ácido linoleico) precursor de los ácidos grasos n-6 (Díaz *et al.*, 2002). Los AG n-3 son parámetros considerados muy importantes dietéticamente. Las recomendaciones actuales indican que la dieta debe tener una relación de AG n-6/n-3 óptima de 2,0-2,5 de acuerdo a recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud, pero la mayoría de los productos alimenticios humanos tienen una relación más cercana a 5,0-10,0 (MacRae *et al.*, 2005). En cualquier caso, la carne de los corderos de raza Mallorquina alimentados con leche o pastoreo se encuentran más cercanos a los niveles dietéticamente óptimos que la carne procedente de sistemas basados en el aporte de concentrado.

CONCLUSIONES

Los corderos de la raza autóctona Mallorquina presentaron buenos valores de calidad nutricional. No se encontraron diferencias significativas al comparar animales alimentados bajo el mismo sistema de alimentación pero con diferente peso comercial, dado que estos animales, en realidad, difieren muy poco en su grado de engrasamiento. Se han encontrado diferencias significativas en animales del mismo peso (recental mediano) con diferentes sistemas de alimentación, obteniéndose un perfil lipídico más favorable, desde el punto de vista nutricional, en los corderos alimentados sin aporte de concentrado (leche o pasto), siendo este el manejo tradicional de la Isla.

Es necesario seguir investigando en la calidad de los productos obtenidos a partir del pastoreo así como promover su consumo, a fin de mejorar la rentabilidad de las explotaciones ganaderas y conservar los sistemas pastorales, con los beneficios sociales y medioambientales que conlleva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldai N., Osoro K., Barron L.J.R. y Nájera A.I. (2006) Gas-liquid chromatographic method for analysing complex mixtures of fatty acids including conjugated linoleic acids and long-chain polyunsaturated fatty acids. Application to the intramuscular fat of beef meat. *Journal of Chromatography A*, 1110, 133-139.
- Casasnovas M.A. (2009) *Ramaderia a les Illes balears. L'activitat ramadera a les Illes balears. Una visió històrica*. Palma (España): Conselleria d'Agricultura i Pesca del Govern de les Illes Balears.
- Delgado-Pertíñez M., Gutiérrez-Peña R., Mena Y., Fernández-Cabanás V.M. y Laberye D. (2013) Milk production, fatty acid composition and vitamin E content of Payoya goats according to grazing level in summer on Mediterranean shrublands. *Small Ruminant Research*, 114, 167-175.

- Díaz M.T., Álvarez I., De la Fuente J., Sañudo C., Campo M.M., Oliver M.A., Font i Furnols M., Montossi F., San Julián R., Nute G.R. y Cañeque V. (2005) Fatty acid composition of meat from typical lamb production systems of Spain, United Kingdom, Germany and Uruguay. *Meat Science*, 71, 256-263.
- Dubeuf J.P. (2011) The social and environmental challenges faced by goat and small livestock local activities: Present contribution of research—development and stakes for the future. *Small Ruminant Research*, 98, 3-8.
- D'Urso S., Cutrignelli M.I., Calabrò S., Bovera F., Tudisco R., Piccolo V. y Infascelli F. (2008) Influence of pasture on fatty acid profile of goat milk. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 92, 405-410.
- Fisher A.V., Enser M., Richardson R.I., Wood J.D., Nute G.R., Kurt E. y Wilkinson R.G. (2000) Fatty acid composition and eating quality of lamb types derived from four diverse breed × production systems. *Meat Science*, 55(2), 141-147.
- French P., Stanton C., Lawless F., O'riordan E.G., Monahan F.J., Caffrey P.J. y Moloney, A.P. (2000) Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *Journal of Animal Science*, 78(11), 2849-2855.
- MacRae J., O'Reilly L. y Morgan, P. (2005) Desirable characteristics of animal products from a human health perspective. *Livestock Production Science* 94(1), 95-103.
- Nardone A. y Valfrè F. (1999) Effects of changing production methods on quality of meat, milk and eggs. *Livestock Production Science*, 59(2), 165-182.
- Nürnberg K., Grumbach S., Papstein H. J., Matthes H.D., Ender K. y Nürnberg G. (1996) Fatty acid composition of lamb meat. *Fett/Lipid*, 98, 77-80.
- Pons A. (2016) *Caracterización genética del ovino de las Islas Baleares. Tesis doctoral en Recursos Naturales y Gestión Sostenible*. Córdoba (España): Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba.
- Riedel J.L., Casasús I. y Bernués A. (2007) Sheep farming intensification and utilization of natural resources in a Mediterranean pastoral agro-ecosystem. *Livestock Production Science*, 111, 153-163.
- Santos-Silva J., Bessa R.J.B. y Santos-Silva F. (2002) Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs: II. Fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science*, 77(2), 187-194.
- Valdivielso I., Bustamante M.A., Aldezabal A., Amores G., Virto M., Gordo J.R., Renobales M. y Barron L.J.R. (2016) Case study of a commercial sheep flock under extensive mountain grazing: Pasture derived lipid compounds in milk and cheese. *Food Chemistry*, 197, 622-633.
- Zervas G. y Tsiplakou E. (2011) The effect of feeding systems on the characteristics of products from small ruminants. *Small Ruminant Research*, 101, 140-149.

EVALUACIÓN DE ENSILADO DE AVENA CHIHUAHUA PARA VACAS EN PASTOREO EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE MÉXICO

V. A. BURBANO MUÑOZ, F. LÓPEZ GONZÁLEZ, J. G. ESTRADA FLORES, C. M. ARRIAGA JORDÁN

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). Instituto Literario 100 Centro. 50000 Toluca (México).

Correspondencia: victorbmz88@gmail.com , cmarriagaj@uaemex.mx

RESUMEN

En el presente estudio se evaluó la inclusión de ensilado de *Avena sativa* cv Chihuahua como suplemento de vacas en pastoreo restringido sobre una pradera compuesta por *Lolium perenne* L., *X Festulolium* cv Spring Green y *Trifolium repens* cv Ladino. Para el experimento se usó un cuadrado latino 3 x 3 replicado, con nueve vacas Holstein en lactancia (peso vivo: 496,2 ±33,6 kg y rendimiento en leche: 14,8 ±2,8 kg/v/d) en un sistema de producción de leche en pequeña escala de México. Se realizó el análisis bromatológico de los forrajes y medición de la materia seca producida por hectárea, disponible para el pastoreo. Los tratamientos evaluados según la inclusión en kilogramos de materia seca del Ensilado de avena (EAv) fueron: 0, 3 y 6 kg MS/vaca/día. Todos incluían suplemento de concentrado comercial y nueve horas de pastoreo. El aporte nutricional del alimento ofrecido logró cubrir los requerimientos de las vacas, y las variables de respuesta animal: rendimiento y composición química de leche, peso y condición corporal de las vacas no se vieron afectadas por los tratamientos ($P > 0,05$).

Palabras clave: Praderas, Rye grass, Festulolium, concentrado, cambio climático

SUMMARY

The current study evaluated the inclusion of oat silage (*Avena sativa* cv. Chihuahua) as a feed supplement for dairy cows with restricted grazing in a mixed sward of *Lolium perenne* L., *X Festulolium* cv Spring Green and *Trifolium repens* cv Ladino. The experiment was carried out in a replicated 3 x 3 Latin square, with nine lactating Holstein cows (body weight: 496,2 ±33,6 kg and milk yield: 14,8 ±2,8 kg/c/d), in a small-scale dairy system. The chemical composition of forages was determined and the availability of dry matter for grazing per hectare was measured. The treatments considering the kg of dry matter of oat silage (EAv) were: 0, 3 and 6 kg DM/cow/day of oat silage plus commercial concentrate and nine hours of grazing. The offered feeds met the nutrient requirements of the cows and there were no effects due to the treatments ($P > 0.05$) for the animal variables measured: milk yield, chemical composition of milk, body weight and body condition score.

Key words: Pastures, rye grass, Festulolium, concentrate, climate change

INTRODUCCION

La alimentación de las vacas en los sistemas de producción de leche en pequeña escala en el noroeste del Estado de México depende en gran medida del cultivo de maíz en sus diferentes estados fenológicos o conservado, así mismo es muy común el corte de praderas de ryegrass perenne o anual (*L. multiflorum*) para suministrarse en el patio de ordeño; en épocas secas cuando disminuye la producción de leche por la escasa disponibilidad de forrajes de mejor calidad suele

incrementarse el uso de alimentos fibrosos y concentrado comercial (Alfonso-Ávila *et al.*, 2012). Una alternativa para estos sistemas frente a escenarios adversos del clima y por los cuales se están viendo afectados como lluvias erráticas y prolongados periodos de sequía, es el ensilaje de forrajes de cereales de grano pequeño como la avena (Celis-Alvarez *et al.*, 2016), cuya investigación bajo dichas condiciones agroambientales como sustituto de ensilado de maíz no ha sido evaluada. Considerando éste contexto se plantea la hipótesis que suplementar con ensilados de *Avena sativa* cv. Chihuahua no provoca efecto sobre el rendimiento, la composición química de la leche, la condición corporal y el peso vivo de las vacas que pastorean praderas multi especies de Rye grass y *Festulolium*.

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto del ensilado de *A sativa* cv Chihuahua sobre el rendimiento productivo de vacas en pastoreo restringido con suplementación de concentrado en un sistema de producción de leche en pequeña escala del Noroeste del estado de México.

MATERIAL Y METODOS

El experimento se realizó entre el 1 de marzo y el 12 de abril de 2016 en una unidad de producción de leche en pequeña escala en el municipio de Aculco, Estado de México, localizado entre los paralelos 20° 00' y 20° 17' N y los meridianos 99° 40' y 100° 00' W, con altitud de 2440 msnm, de temperatura media de 14 °C, clima semifrío, subhúmedo con lluvias en verano y una época seca y fría entre los meses de noviembre a febrero con presencia de heladas.

Se seleccionaron 9 vacas multíparas Holstein, en primer y segundo tercio de lactación, con un peso vivo de 496 ±33,6 kg y un rendimiento diario de leche de 14,8 ±2,8 kg en dos ordeños al día de forma manual. Cada vaca se ubicó en uno de los tres grupos según su rendimiento de leche para el diseño de cuadrado latino 3 x 3 replicado; con tres periodos experimentales de 14 días cada uno (10 días de adaptación al tratamiento correspondiente y 4 días de evaluación) según la metodología empleada por Pérez-Ramírez *et al.* (2012). La asignación de la secuencia de los tratamientos en los cuadros y la vaca al correspondiente tratamiento se realizó de forma aleatoria.

Los tratamientos evaluados fueron: 0, 3 y 6 kg MS/v/d correspondiente a la cantidad de ensilado de Avena cv Chihuahua incluida en la dieta de las vacas. Cada tratamiento contenía 4,5 kg en peso fresco de concentrado comercial de 18 % de PB, más 9 horas de pastoreo comprendidas entre el ordeño de la mañana y el de la tarde (de 8:00 a 17:00 horas). Tanto el ensilado de avena (cuando era el caso), como el alimento concentrado fueron pesados y repartidos en dos porciones, suministrados después de cada ordeño. Las variables de respuesta animal como el rendimiento y la composición química de leche fueron medidas diariamente durante los últimos cuatro días de evaluación de cada periodo experimental, donde se determinó el contenido de proteína, grasa y lactosa de la leche mediante un medidor de ultrasonido Ekomilk-M® portátil. Así mismo, el peso vivo y la condición corporal (en escala de uno a cinco) fueron medidas al iniciar y al finalizar cada periodo experimental.

Los animales realizaron un pastoreo continuo desde su salida de la sala de ordeño hasta su ingreso al final del día. Por disposición de terreno del productor, el área destinada para el pastoreo estuvo dividida en dos praderas separadas entre sí, ubicadas en sitios diferentes dentro de la misma unidad de producción; la primera de 1,35 has y una segunda de 0,65 has para un área total 2 has. Ambas praderas estaban compuestas por *Lolium perenne* L. cv Pay Day y *Lolium perenne* L. cv Bargala, *Festulolium* cv Spring Green y *Trifolium repens* cv Ladino, en la misma proporción de siembra (30 kg/ha de semilla de gramínea y 3 kg/ha de semilla de trébol). Para determinar la acumulación neta de forraje (ANF) se utilizaron 12 jaulas de exclusión metálicas, dentro de las cuales se ubicó un

cuadrante de 0,4 x 0,4 m para realizar el aforo, cortando el pasto a nivel del suelo. La altura comprimida fue medida mediante el uso del plato medidor de forraje (Teuber *et al.*, 2007).

Las muestras tanto de pradera como de ensilado fueron tomadas, rotuladas y llevadas al laboratorio del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) al final de cada periodo experimental para el respectivo análisis bromatológico donde se determinó: pH del ensilado (Hardy, 1973), Materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y materia orgánica (MO) siguiendo los protocolos establecidos por la AOAC (2005).

Para el análisis estadístico de los resultados obtenidos se empleó el software Minitab V14 y un diseño experimental de cuadrado latino 3 x 3 replicado, y representado con el siguiente modelo: $Y_{jkl} = \mu + V_j + P_k + t_l + e_{jkl}$, Donde: Y_{jkl} = Variable respuesta, μ = Media general, V = Efecto de las vacas ($j=1, 2, 3$), P = Efecto de los periodos experimentales ($k=1, 2, 3$), t = Efecto de los tratamientos ($l=1, 2, 3$) y e = error experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de las praderas medida en ANF mostró 1912 kg MS/ha, 262 kg más que lo reportado por Celis-Álvarez *et al.* (2016) con *Lolium perenne* en época de sequía en el altiplano central de México, cuya altura comprimida fue de 2,65 cm, mientras que en el presente trabajo fue de 4,5 cm; el valor medido para este parámetro fue disminuyendo con el avance de los periodos experimentales, entendido por la presión de pastoreo ejercida por la carga animal sostenida en las praderas. No obstante, la disponibilidad promedio de forraje por vaca fue de 9,45 kg MS/d. Los resultados detallados por periodo del crecimiento de las praderas se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Acumulación neta de forraje (ANF) y altura para las praderas 1 y 2.

	Periodo experimental (kg MS/ha)			Total
	I	II	III	
Pradera 1	757	966	485	2209
Pradera 2	372	846	397	1615
	Por día (kg MS/ha)			Promedio
Pradera 1	54	69	35	52,6
Pradera 2	27	60	28	32,5
	Altura (cm)			Promedio
Pradera 1	6,9	5,8	3,8	5,5
Pradera 2	4,2	3,3	3,1	3,5

La composición química de los alimentos ofrecidos en la dieta de las vacas se presenta en la Tabla 2. Se estableció que el proceso de ensilaje se realizó correctamente favoreciendo la actividad microbiana con un pH final de 4,3.

Tabla 2. Composición química de los alimentos.

	Ensilado Avena	Pradera 1	Pradera 2	Concentrado
Materia seca (g/kg)	294,3	278,4	235,8	920,3
Materia orgánica (g/kg MS)	884,2	867,7	839,9	900,5
Proteína cruda (g/kg MS)	81,1	207,5	187,2	179
Fibra detergente neutro (g/kg MS)	443	421,5	513	222,4
Fibra detergente ácido (g/kg MS)	248,3	213,4	258,4	77,7
Energía Metabolizable (Mj/kg MS)	11,8	12,4	10,6	13,4

El análisis bromatológico mostró niveles de MS, MO y EM superiores a los reportados por Celis-Álvarez *et al.* (2016) en ensilado de avena con pradera, e inferiores en PC, FDN y FDA. Así mismo, Garduño-Castro *et al.* (2009) en un estudio de ensilado de *Avena sativa* con *Vicia sativa* reportan 100,8 g/kg MS en PC, nivel superior explicado por el contenido de las leguminosas. Sin embargo, el aporte nutricional de la dieta ofrecida en los tres tratamientos fue adecuado para cubrir los requerimientos de las vacas con las cuales se trabajó, logrando mantener su condición física e incrementando su rendimiento en leche en un 27,4% como se muestra en la Tabla 3.

Los resultados para rendimiento de leche no mostraron diferencias significativas ($P>0.05$), lo cual podría explicarse porque las vacas que recibieron el T1 suplieron sus necesidades nutricionales con lo que consumieron de pradera, lo que permitió mantener su producción y estado físico. López-González *et al.* (2016) obtuvieron un rendimiento promedio 15,7 kg/v/d para vacas en pastoreo de *Lolium perenne* cv Bargala, *Lolium perenne* cv Pay Day y *Festulolium* cv Spring Green en asociación con trébol blanco (*Trifolium repens*) cv Ladino y suplementadas con 5 kg/d de concentrado comercial; 23 % menos que el rendimiento alcanzado por las vacas del T1 que también basaron su alimentación en pastoreo más 4,5 kg/d de concentrado comercial.

En general las vacas mostraron una producción promedio de 18,9 kg/v/d, siendo estos valores similares o superiores a los reportados en trabajos en los que se evaluaron diferentes estrategias de alimentación, con ensilados de avena y maíz en sistemas de producción de leche en pequeña escala, también en el altiplano central de México. Martínez-García *et al.* (2015) con 8,8 kg MS de forrajes obtuvo 15 kg/v/d; Celis-Alvarez *et al.* (2016) 15,5 kg/v/d; en contraste, Garduño-Castro *et al.* (2009) informan de 20,1 kg/v/d en vacas suplementadas con ensilado de avena asociado con veza.

Tabla 3. Variables de respuesta animal a la inclusión de ensilado de avena (E Av).

Variable	Tratamientos			EEM	Significancia
	T1	T2	T3		
Rendimiento de leche (kg/vaca/día)	19,3	18,4	18,9	0,27	NS
Peso Vivo (kg)	476,1	483,6	489,9	3,93	NS
Condición corporal (1 a 5)	2,1	2,3	2,3	0,08	NS
Grasa (g/kg)	33,8	34,0	34,0	0,70	NS
Proteína (g/kg)	31,1	30,9	31,2	0,63	NS
Lactosa (g/kg)	46,1	45,8	46,2	0,25	NS

T1: 0 kg MS E Av; T2: 3 kg MS E Av; T3: 6 kg MS E Av; EEM: Error Estándar de la Media

E Av: Ensilado de Avena; NS: $P>0.05$

La composición química evaluada en la leche, el peso vivo y la condición corporal no fueron afectadas por la cantidad de ensilado de avena (0, 3 ó 6 kg MS/v/d) que recibieron las vacas en el experimento ($P>0,05$). Los valores obtenidos en contenido de proteína, grasa y lactosa de la leche se encuentran dentro de los rangos de especificaciones fisicoquímicas de leche cruda establecidas en la Norma Mexicana, logrando la denominación de “Clase A” en cuanto a parámetros como grasa y proteína por contener ≥ 32 g/kg y ≥ 31 g/kg, respectivamente; y 43-50 g/kg para los niveles de lactosa (NMX-F-700-COFOCALEC, 2004).

CONCLUSIONES

Los resultados logrados en el presente estudio infieren que los rendimientos productivos y la calidad de leche de vacas en pastoreo restringido en praderas multiespecies de Pay Day, Bargala y Festulolium, con bajo suplemento de concentrado comercial, en sistemas de producción de leche en pequeña escala, son independientes a la cantidad de ensilado de Avena Chihuahua suplementado en la dieta para épocas secas; alcanzando un rendimiento de leche de 18,9 kg/v/d. Sin embargo, la Avena Chihuahua como recurso forrajero para ensilar representa una alternativa en periodos de sequía, donde la oferta alimenticia para las vacas de estos sistemas escasea y la producción de maíz puede ser incierta al ser afectada por las condiciones climáticas adversas, pero tolerables para el cultivo de avena en el altiplano central de México.

AGRADECIMIENTOS

A los productores que participaron con sus instalaciones y animales para el desarrollo de este trabajo, que forma parte del proyecto Clave UAEM 3676/2014 CIA financiado por la Universidad Autónoma del Estado de México. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología – CONACYT por el apoyo de beca para el estudio de la maestría.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfonso-Ávila, A.R., Wattiaux, M.A, Espinoza-Ortega, A., Sánchez, E., 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.
- AOAC International. (2005) Official Methods of analysis, 18th Edition. Washington, DC Gaithersburg, MD.
- Celis-Alvarez M.D., López-González F., Martínez-García C., Estrada-Flores J.G. y Arriaga-Jordán C.M. (2016) Oat and ryegrass silage for small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 48 (4) 1129–1134.
- Hardy C. (1973) Ensilaje de grano de sorgo con alta humedad. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*. 7:207. En: Tejada I. (1985) Manual de Laboratorio para Análisis de Ingredientes Utilizados en la Alimentación Animal, pp 299-300. Toluca, México. ISBN 968-800-100-7.
- Garduño-Castro Y., Espinoza-Ortega A., González-Esquivel C.E., Mateo-Salazar B., Arriaga-Jordán C.M. (2009) Intercropped oats (*Avena sativa*) - common vetch (*Vicia sativa*) silage in the dry season for small-scale dairy systems in the Highlands of Central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 41, 827-834.
- López- González F, Rosas-Davila M, Dominguez-Vara I.A. y Arriaga-Jordán C.M. (2016) Evaluación comparativa de *Festulolium* con dos variedades de *Lolium perenne* L. en praderas del Altiplano Central de México. En: Baez-Bernal *et al.* (eds) Innovación Sostenible en Pastos: hacia una Agricultura de Respuesta al Cambio Climático, pp 285-290. Lugo A Coruña, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- Martínez-García C, Rayas-Amor A, Anaya Ortega J, Martínez-Castañeda F.E., Espinoza-Ortega A, Prospero-Bernal F. y Arriaga-Jordan C.M. (2015) Performance of small-scale dairy farms in the highlands of central Mexico during the dry season under traditional feeding strategies. *Tropical Animal Health and Production*, 47, 331-337.

Norma Mexicana NMX-F-700-COFOCALEC. (2004) Sistema producto leche – Alimento - Lácteo – Leche cruda de vaca – Especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba, pp 8-9. Guadalajara, México.

Pérez-Ramírez E, Peyraud J. L. y Delagarde R. (2012) N-alkanes v. ytterbium/faecal index as two methods for estimating herbage intake of dairy cows fed on diets differing in the herbage: maize silage ratio and feeding level. *Animal*, 6(2), 232-244.

Teuber N, Balocchi-Leonelli O y Parga J. (2007) Manejo del pastoreo. Osorno, Chile: Imprenta América. ISBN 978-956-310-909-2.

PRODUCCIÓN Y CALIDAD BROMATOLÓGICA E HIGIENICO-SANITARIA DE LA LECHE DE CABRA EN SISTEMAS PASTORALES TIPO ARBUSTIVO-MEDITERRÁNEO

R. GUTIÉRREZ-PEÑA ¹, Y. MENA ², V.M. FERNÁNDEZ-CABANÁS ², M. DELGADO-PERTÍÑEZ ²

¹Institut de Recerca i Formació Agrària i Pesquera (IRFAP), Conselleria Medi Ambient, Agricultura i Pesca, Govern Illes Balears. 07009, Palma (España); ²Dpto. Ciencias Agroforestales, Universidad de Sevilla. 41013 Sevilla (España).
Correspondencia: pertinez@us.es

RESUMEN

El sector caprino andaluz está caracterizado por el empleo de razas autóctonas, destacando la raza Payoya por su adaptación al pastoreo. Estos sistemas pastorales presentan gran relevancia desde el punto social, medioambiental y de la calidad de sus productos. Aunque la intensificación de las producciones supuso un abandono del pastoreo, las crisis de los últimos años hacen que vuelva a plantearse como estrategia para mejorar la rentabilidad. El objetivo del trabajo fue estudiar la productividad y calidad de la leche en relación con la intensidad de pastoreo. Se seleccionaron 8 explotaciones de raza Payoya con información sobre manejo y productividad. Según el porcentaje de necesidades de energía neta de las cabras en ordeño cubierto por el pastoreo, las explotaciones se dividieron en tres grupos: alto, medio y bajo pastoreo. Mensualmente se tomaron muestras de leche de las que se analizó su composición química, contenido en células somáticas y gérmenes. El grado de pastoreo no ha tenido un efecto significativo sobre producción, calidad y precio; mientras que la estacionalidad si lo tuvo. Por tanto, el pastoreo se presenta como una buena estrategia para mejorar la rentabilidad al disminuir el coste de alimentación manteniendo la productividad o calidad de la leche.

Palabras clave: Raza Payoya, nivel de pastoreo, calidad de la leche, coste de alimentación

SUMMARY

The Andalusian goat sector is characterized by the use of native breeds, with the Payoya breed notable for its adaptation to grazing. These pastoral systems show great relevance from social and environmental perspectives and given the quality of their products. The intensification of production resulted in a reduction in grazing; however, the economic crisis of the last few years has revealed this as a strategy to improve profitability. The objective of this work was to study the productivity and quality of milk in relation to grazing intensity. Eight farms with the Payoya breed were selected, obtaining information on food management and productivity. Farms were divided into three groups (high, medium and low grazing) according to the percentage of net energy needs of milking goats covered by grazing. Milk samples were taken monthly and analyzed for chemical composition, somatic cells and germ contents. The grazing intensity had no significant effect on production, quality or price. However, seasonality showed a significant effect. Therefore, grazing is presented as a good strategy to improve profitability by reducing the cost of feeding without changing the productivity or quality of milk.

Keywords: Payoya goat, grazing intensity, milk quality, feedstuff cost

INTRODUCCIÓN

Andalucía es la segunda región de Europa en producción de leche de cabra, estando principalmente compuesta esta producción por razas autóctonas (Murciano-Granadina, Malagueña, Florida y Payoya). Entre ellas, la raza Payoya destaca por ser la mejor adaptada a los sistemas pastorales. El ecosistema típico donde se encuentran estos rebaños pastorales 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 (Mata *et al.*, 2004).

Los sistemas pastorales contribuyen a la conservación de los ecosistemas al reducir el riesgo de incendios, la erosión del suelo y la pérdida de biodiversidad (Riedel *et al.*, 2007 y Ruiz-Mirazo *et al.*, 2011). En las zonas económicamente deprimidas, la ganadería caprina también tiene un papel social importante, pues constituyen un medio para la formación de empleo, favorecen el asentamiento de población en el medio rural y conservan el conocimiento tradicional (Gibon *et al.*, 2005). Así mismo, los productos obtenidos en estos sistemas ligados al pastoreo ofrecen una alta calidad para la salud humana (Delgado-Pertíñez *et al.*, 2013).

De acuerdo a Castel *et al.* (2010), en la última década del siglo XX la búsqueda de aumentar la productividad produjo una intensificación en el manejo del rebaño, fundamentalmente en relación a la alimentación, aumentando los aportes de alimentos en pesebre (sobre todo concentrados) y abandonando el pastoreo. Sin embargo, a partir de 2008, el precio de los cereales aumenta repentinamente (MAPAMA, 2008), lo que hace que los ganaderos vuelvan a plantearse como una opción interesante el pastoreo, tanto para los animales productivos como improductivos (Ruiz *et al.*, 2010).

Para conservar estos sistemas, es necesario buscar estrategias que mejoren su rentabilidad disminuyendo los costes de producción (principalmente, la alimentación) sin que se disminuya la productividad ni la calidad de la leche y, por tanto, el precio asociado a su composición química. El objetivo de este trabajo es caracterizar la producción y calidad bromatológica e higiénico-sanitaria de la leche de cabra de raza Payoya a lo largo del año y analizar la influencia del pastoreo sobre estos parámetros.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio. Explotaciones. Elaboración de indicadores

El estudio se realizó en la comarca geográfica de la Sierra de Cádiz, seleccionándose 8 explotaciones caprinas de la raza Payoya. El periodo de estudio abarcó desde enero hasta diciembre 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 (Toussaint, 2002) adaptada a los sistemas caprinos lecheros en pastoreo por Ruiz *et al.* (2008). En estos sistemas, las cabras paren una vez al año, concentrándose la mayoría de los partos en octubre-noviembre y en enero-febrero del año siguiente. La lactación tiene una duración media entre seis y ocho meses, y normalmente finaliza durante el verano, lo que implica una alta estacionalidad en la cantidad de leche vendida. Los cabritos son criados con lactancia natural durante aproximadamente un mes antes del sacrificio.

Mensualmente se determinó el porcentaje de necesidades de energía neta (UFL) de las cabras en ordeño cubierto por el pastoreo (NEP), según la metodología descrita por Ruiz *et al.* (2008) y Gutiérrez-Peña *et al.* (2016). 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. Se clasificaron dos explotaciones como alto pastoreo, tres como pastoreo medio y tres como pastoreo bajo. El tamaño medio de la explotación fue de 256, 310 y 547 cabras presentes, en los grupos bajo, medio y alto pastoreo, respectivamente. Otros aspectos de la alimentación, como tipos de alimentos aportados en pesebre y sus características nutricionales se describen en el trabajo de Gutiérrez-Peña *et al.* (2016).

Toma de muestras de leche y análisis

De cada explotación y de forma mensual se tomaron muestras de leche del tanque de refrigeración, en botes de plástico de 50 ml y adicionados con conservante azidiol. Los botes conservados en refrigeración a 4°C, fueron enviados al laboratorio para su análisis antes de las 48 horas desde la recogida. Los parámetros de composición química (grasa, proteína y lactosa y sólidos totales) se han determinado en un espectrofotómetro de infrarrojo (Milko Skan en combi-Foss 5000, FOSS eléctrico, Hillerod, Dinamarca). El recuento de células somáticas/ml (SCC) y gérmenes/ml se ha determinado mediante citometría de flujo, utilizando un contador Fossomatic Electronic Cell en Combi-Foss 5000 para las células y un Bacto Scan BC150 para la bacteriología.

Análisis estadístico

El parámetro de superficie de pasto natural por cabra ha sido analizado mediante un análisis ANOVA de un factor (grado de pastoreo), usando el paquete estadístico SPSS software ver. 24.00 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, EE.UU.). El resto de las características del manejo alimenticio de las explotaciones y los parámetros de producción y composición de la leche, fueron analizados mediante un análisis ANOVA con medidas repetidas en el tiempo, usando el modelo lineal general (GLM). En el modelo se han considerado los factores grado de pastoreo (factor fijo inter-sujeto) y mes (factor intra-sujeto, analizado como medidas repetidas sobre las mismas unidades experimentales o explotaciones) y la interacción entre ambos. En caso de encontrar diferencias significativas entre medias en los factores con más de dos niveles, éstos fueron sometidos a la comparación múltiple de promedios mediante las pruebas HSD-Tukey (factor inter-sujeto) y diferencia mínima significativa (factor intra-sujeto).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan las características del manejo alimenticio de las explotaciones. La superficie de pasto natural fue mayor ($P < 0,05$) en los grupos alto (0,37 ha/cabra) y medio (0,70 ha/cabra), en comparación al de bajo pastoreo (0,12 ha/cabra). Se han encontrado diferencias significativas según el grado de pastoreo en el NEP ($P < 0,001$) y en los aportes de concentrado ($P < 0,05$) (0,3 y 0,8 kg/cabra y día menos en las de alto pastoreo, en comparación a las de medio y bajo, respectivamente) y forraje ($P < 0,05$) (0,5 kg/cabra y día menos en las de alto y medio pastoreo, en comparación a las de bajo) suministrados en pesebre. Respecto a la evolución a lo largo de los meses del estudio, sólo el aporte de concentrado varió de forma significativa ($P < 0,05$), éste aumentó en los meses de invierno y otoño y disminuyó durante la primavera (datos no mostrados), como era de esperar teniendo en cuenta la climatología y las épocas de parto del área de estudio (Gutiérrez-Peña *et al.*, 2016).

Tanto la producción de leche como su composición química básica no fueron diferentes entre grupos según el grado de pastoreo (Tabla 2). Esto podría indicar que los niveles de energía o proteína de la dieta entre los grupos fueron similares (Moran-Fehr *et al.*, 2007). No obstante, se observó una tendencia ($p < 0,1$) a una mayor producción en los

grupos medio y bajo pastoreo, en comparación al alto pastoreo. Es interesante señalar cómo las explotaciones de medio pastoreo, a pesar de ser más pastorales, tienen similar producción de leche por cabra que las explotaciones más intensificadas con bajo pastoreo. Esto muestra que es posible conseguir un adecuado nivel de producción de leche sin tener que incrementar mucho más la suplementación de concentrados, los cuales deben ser comprados de forma general en las explotaciones pastorales del área de estudio, incrementando de esta forma los costes de alimentación.

Tabla 1. Diferencias en el manejo alimenticio según el grado de pastoreo de las explotaciones

Características de manejo alimenticio	Grado de pastoreo (GP)			SEM ^b	Efectos ($p =$) ^c		
	Alto	Medio	Bajo		GP	M	GP x M
Número de explotaciones	2	3	3				
Superficie de pasto natural/cabra, ha	0,37a	0,70a	0,12b	0,032	*		
Energía neta aportada por el pastoreo (%) ^a	57a	46b	14c	3	***	ns	ns
Concentrado suplementado (kg/cabra día)	0,62b	0,96ab	1,43a	0,052	*	*	ns
Forraje suplementado (kg/cabra día)	0,07ab	0,02b	0,52a	0,040	*	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 (UFL) cubiertas por el pastoreo.

^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, $P > 0,05$.

Tabla 2. Valores medios (\pm error estándar de la media) de la producción y constituyentes nutritivos de la leche de cabra Payoya según el grado de pastoreo.

Parámetro	Grado de pastoreo (GP)			Efectos ($p =$) ^a		
	Alto	Medio	Bajo	GP	M	GP x M
Producción leche (l/cabra/día)	0,85 \pm 0,113	1,21 \pm 0,095	1,27 \pm 0,081	ns	*	ns
Extracto seco (%)	13,94 \pm 0,134	13,74 \pm 0,235	14,08 \pm 0,211	ns	***	ns
Proteína bruta (%)	3,60 \pm 0,067	3,71 \pm 0,065	3,75 \pm 0,083	ns	***	ns
Proteína bruta (g/día)	30,79 \pm 3,930	45,39 \pm 3,508	47,48 \pm 0,137	ns	ns	ns
Grasa bruta (%)	5,16 \pm 2,680	4,90 \pm 0,119	5,04 \pm 0,210	ns	***	ns
Grasa bruta (g/día)	41,37 \pm 4,669	60,19 \pm 4,880	63,41 \pm 3,424	ns	ns	ns
Lactosa (%)	4,41 \pm 0,051	4,42 \pm 0,045	4,51 \pm 0,033	ns	***	ns
Lactosa (g/día)	38,96 \pm 4,968	56,16 \pm 4,322	59,02 \pm 3,836	ns	*	ns
Extracto seco quesero (%)	8,76 \pm 0,258	8,61 \pm 0,177	8,79 \pm 0,212	ns	*	ns
Extracto seco quesero (g/día)	72,16 \pm 4,685	105,58 \pm 8,353	110,89 \pm 6,054	ns	ns	ns
Células somáticas ($\times 10^3$ /ml) ^b	1545 \pm 162	2920 \pm 181	2035 \pm 190	ns	***	ns
Gérmenes ($\times 10^3$ /ml) ^b	64 \pm 22	130 \pm 18	109 \pm 19	ns	*	ns
Precio litro leche (€)	0,58 \pm 0,020	0,54 \pm 0,019	0,53 \pm 0,026	ns	***	ns

Letras diferentes en la misma fila (a, b, c) indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

^a 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, $P > 0,05$.

^b Para el análisis estadístico, los valores fueron transformados a escala logarítmica natural.

Si ha sido más importante y significativo para la mayoría de los parámetros el efecto del mes del año (Tabla 2 y Figura 1). Mayor producción (con un máximo en abril y un mínimo en noviembre, $p < 0,05$) y menor porcentaje de los diferentes parámetros químicos (con un mínimo para el extracto seco quesero en los meses de abril, mayo, junio y julio y un máximo para los meses de noviembre, septiembre, octubre y diciembre, $p < 0,05$) se observa en los meses de la primera mitad del año. Los efectos de la curva de lactación y las diferencias en la alimentación (principalmente por ingestión y composición nutricional de los concentrados suplementados, ver tabla 1) pueden explicar los

diferentes resultados en producción y composición química de la leche en los meses estudiados. Respecto a la alimentación, en este trabajo no se han analizado ni el valor nutritivo de los alimentos suplementados ni el del pasto ingerido. Respecto al efecto de la lactación, en las explotaciones comerciales de este estudio los partos se concentran en noviembre y enero-febrero (datos no mostrados) y la lactación finaliza hacia final de verano y principios de otoño (Gutiérrez-Peña et al., 2016).

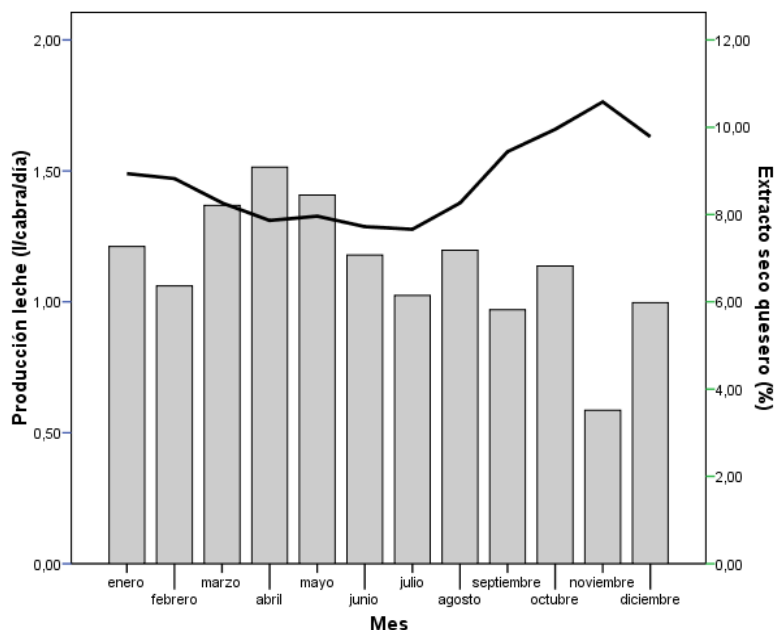


Figura 1. Producción (barras) de leche y extracto seco quesero (línea) según el mes

CONCLUSIONES

El grado de pastoreo no tuvo un efecto significativo sobre la producción, calidad y precio de la leche de cabras de raza Payoya. Por tanto, el pastoreo se presenta como una buena estrategia para mejorar la rentabilidad al disminuir el coste de alimentación manteniendo la productividad o calidad de la leche. Si ha sido importante la estacionalidad en la producción y calidad de la leche, con mayor producción y menor extracto quesero en los meses de primavera e invierno.

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

Castel J.M., Ruiz F.A., Mena Y. y Sánchez-Rodríguez, M. (2010) Present situation and future perspectives for goat production systems in Spain. *Small Ruminant Research* 89, 207–210.

- Delgado-Pertíñez M., Gutiérrez-Peña R., Mena Y., Fernández-Cabanás V.M. y Laberye D. (2013) Milk production, fatty acid composition and vitamin E content of Payoya goats according to grazing level in summer on Mediterranean shrublands. *Small Ruminant Research* 114, 167-175.
- Gibon, A. (2005) Managing grassland for production, the environment and the landscape. Challenges at the farm and the landscape level. *Livestock Production Science* 96, 11-31.
- Gutierrez-Peña R., Mena Y., Ruiz F. A. y Delgado-Pertíñez, M. (2016) Strengths and weaknesses of traditional feeding management of dairy goat farms in mountain areas. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 40(7), 736-756.
- Mata C., Maurer P., Rodríguez-Estévez V. y Fernández A. (2004) Recopilación del conocimiento ganadero tradicional de la comarca de la Sierra de Cádiz y su validación para la reconversión e implantación de la ganadería ecológica. Córdoba (España): ASAJA-Córdoba y UCO.
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medioambiente (2008) Estadísticas agrarias. www.mapama.gob.es/.
- 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 Ruminant Research* 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. *Livestock Science* 101, 10–23.
- Riedel J.L., Casasús I. y Bernués A. (2007) Sheep farming intensification and utilization of natural resources in a Mediterranean pastoral agro-ecosystem. *Livestock Science* 111, 153-163.
- 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 Ruminant Research* 77, 208-220.
- Ruiz F.A., Castel J.M., Mena Y. (2010) Labour characterization of Andalusian goat farms. Future perspectives. *Options Méditerranéennes A* 100, 49-354.
- Ruiz-Mirazo J., Robles A.B. y González-Rebollar J.L. (2011) Two-year evaluation of fuelbreaks grazed by livestock in the wildfire prevention program in Andalusia (Spain). *Agriculture Ecosystems and Environment* 141, 13–22.
- Touissant J. (2002) Notice des indicateurs de fonctionnement des systèmes laitiers. *Options Méditerranéenne*, 39, 147-157.

COMPARACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA LECHE DE VACA PRODUCIDA EN SISTEMAS ECOLÓGICOS Y CONVENCIONALES DE GALICIA

A. BOTANA¹, C. RESCH¹, L. GONZÁLEZ¹, T. DAGNAC¹, S. PEREIRA-CRESPO², B. FERNÁNDEZ-LORENZO¹, R. LORENZANA², M. VEIGA¹, I. LEMA¹, G. FLORES-CALVETE¹

¹Instituto Galego de Calidade Alimentaria. Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (INGACAL-CIAM), Apdo. 10, 15080 A Coruña (España). ²Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL). Mabegondo, 15318 Abegondo, A Coruña (España).

Correspondencia: adrian.botana.fernandez@xunta.es

RESUMEN

Se presenta en este trabajo, realizado en 38 explotaciones de vacuno lechero de Galicia, una comparación de la composición fisicoquímica y del perfil de ácidos grasos (AG) de la leche producida en sistemas ecológicos y convencionales. Se realizaron cinco visitas por explotación entre los meses de octubre de 2013 y septiembre de 2014. En cada visita se tomó información acerca de la composición del rebaño, dieta consumida por las vacas en lactación y muestras de la leche de tanque, analizando la composición fisicoquímica y el perfil de AG. Las explotaciones ecológicas utilizaron porcentualmente más forraje verde y menos concentrado y la producción media por vaca fue inferior comparada con las convencionales. No hubo diferencias en la composición fisicoquímica de la leche entre ambos sistemas, salvo para el punto crioscópico, significativamente más elevado para las ecológicas. El análisis de la composición de los ácidos grasos de la leche mostró un perfil que puede considerarse nutricionalmente más beneficioso, desde el punto de vista de la salud humana que el producido en el sistema convencional, lo cual se atribuye fundamentalmente a las diferencias en la composición de la ración.

Palabras clave: ganado vacuno, calidad de la leche, producción orgánica, pastos

SUMMARY

We compared milk composition and fatty acid (FA) profile in dairy milk produced in both organic and conventional systems. This study was carried out on 38 dairy farms in Galicia. Five visits took place on each farm between October 2013 and September 2014. On each visit, information was collected about the herd, the feeding of the milking cows and samples from the bulk tank milk were taken to analyze the milk composition and fatty acid profile. A total of 184 valid observations were obtained from 190 visits. Organic farms used more fresh forage and less concentrate and milk production was lower than on conventional farms. No differences were found in milk composition between the two systems, except for freezing point, which was significantly higher on organic farms. The analysis of the milk FA composition showed that organic compared to conventionally-produced milk, had a FA profile that can be regarded as nutritionally more beneficial, from the human health perspective. This fact is mainly attributed to the differences in the composition of the diet between the two systems.

Key words: cows, milk composition, organic production, pastures

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos 15 años, el interés de los consumidores por adquirir alimentos de calidad, seguros y saludables ha aumentado de forma considerable. En la actualidad los consumidores están cada vez más atentos a los métodos activos de preservar su condición saludable y aumentar lo que se

denomina “esperanza de salud” y no solamente su “esperanza de vida” (Özer y Avni-Kirmazi, 2010). La composición en sólidos y el perfil de AG de la leche dependen, entre otros factores, del genotipo de la vaca y del estado de lactación, pero sobre todo de la alimentación consumida por la vaca (Givens y Shingfield, 2006). La composición de la grasa de la leche de vaca ha cambiado a lo largo de las últimas décadas debido a los cambios en el modelo de alimentación del ganado, caracterizado por una mayor presencia en las raciones de ensilado de maíz y de concentrados, conjuntamente con una disminución del consumo de forrajes frescos (Elgersma *et al.*, 2006). Siendo el uso de la hierba fresca y ensilada una de las características del sistema de producción ecológico en las explotaciones de Galicia y no habiendo información detallada acerca de la composición de la leche en este sistema de producción, el objetivo de este trabajo fue estudiar y comparar la composición fisicoquímica y perfil de AG de la leche de vaca de explotaciones que siguen sistemas de producción de tipo ecológico y convencional en Galicia.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en 38 explotaciones lecheras, con diferente grado de intensificación forrajera, caracterizado por la realización o no de pastoreo por parte del ganado en lactación y por el porcentaje de superficie agraria útil dedicado al cultivo del maíz (Tabla 1).

Tabla 1. Grupos de alimentación forrajera en las explotaciones estudiadas.

Aprovechamiento de la hierba	Maíz para ensilar (%SAU)	Ración forrajera	Sistema de producción	n
Pastoreo/ensilado	Menos del 25%	Hierba fresca en algún momento del año, resto con ensilados	Ecológico	5
			Convencional	7
Ensilado todo el año	Menos del 25%	Predomina ensilado de hierba	Convencional	10
	Entre 25%-50%	Equilibrio entre ensilado de hierba y ensilado de maíz		10
	Más del 75%	Predomina ensilado de maíz		6

SAU: Superficie Agraria Útil; n: nº de explotaciones estudiadas

De las 12 explotaciones que realizaban pastoreo en algún momento del año, cinco seguían un sistema de producción ecológica (ECO) siguiendo las 33 restantes un sistema de producción convencional (CON). Fueron realizadas cinco visitas a las explotaciones, en los meses de octubre y diciembre de 2013 (visitas 1 y 2) y en febrero, abril y junio de 2014 (visitas 3 a 5) a fin de recoger la variabilidad estacional de la composición de la ración consumida por las vacas a lo largo del año. En cada visita se cubrió un cuestionario en el que se reflejaba el número de vacas en lactación, la producción de leche y los ingredientes utilizados para la confección de la ración diaria de los animales en ordeño, siendo tomadas muestras de los forrajes, concentrados y materias primas utilizados, así como de leche de tanque (dos alícuotas de 50 mL) siguiendo el protocolo de muestreo del Laboratorio Interprofesional Gallego de Análisis de Leche (LIGAL). La composición de la dieta consumida se expresó en forma de porcentaje de cada ingrediente (hierba fresca, ensilado de hierba, ensilado de maíz, forraje seco y concentrado) sobre la materia seca (MS) total consumida por las vacas. La ingesta teórica de las vacas en lactación se calculó en función de la producción de leche media por vaca en cada visita, utilizando la expresión $MSI=0,372 \times PL4MG + 12$, adaptada del NRC (2001), donde MSI son los kg de MS consumidos por vaca y día y PL4MG es la producción diaria de leche corregida al 4 % de grasa expresada en kg por vaca. Dicha medida fue utilizada para estimar el consumo de pasto en el

caso de vacas en pastoreo, siendo este la diferencia entre la ingesta teórica y la suma de los distintos ingredientes ofrecidos en el comedero, expresados en MS.

Una de las alícuotas de leche se trasladó inmediatamente al laboratorio del LIGAL, refrigerada a 4 °C, donde se estimó la composición química de la leche (grasa, proteína, lactosa, extracto seco magro, urea y punto crioscópico) mediante los análisis de rutina FTMIR empleando un MilkoScan™ FT6000 (Foss Electric A/S, Hillerød, Denmark). La segunda alícuota se mantuvo congelada a -18 °C hasta su análisis para la determinación de su composición de AG. La grasa de la leche se extrajo siguiendo los estándares ISO 14156/:2001 IDF 172 para la extracción de grasa y la metilación de los ésteres de AG se realizó según la norma ISO 15884/IDF 182. Posteriormente se determinó la composición de AG por cromatografía de gases (GC-FID) utilizando una columna capilar BPX70 que permitió la identificación y cuantificación de 45 AG individuales según lo indicado en Flores *et al.* (2011).

De un total de 190 visitas realizadas se obtuvieron finalmente 184 observaciones válidas con datos de la composición de la ración, la composición fisicoquímica de la leche y el perfil de AG de la leche, sobre los cuales se realizó un análisis de varianza de una vía para el sistema de producción (convencional vs ecológico), utilizando el procedimiento PROC GLM de SAS (SAS Institute, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tamaño medio del rebaño lechero de las granja CON ($36,2 \pm 13,5$ vacas) no fue significativamente diferente del presente en las granjas ECO ($38,0 \pm 26,4$ vacas). La raza de vacas predominante en ambos tipos de explotaciones fue la frisona, en concordancia con lo que acontece en las granjas lecheras del resto del estado. El porcentaje de frisonización fue sin embargo diferente entre ambos sistemas, siendo más elevado y muy poco variable en las explotaciones CON ($99,6 \pm 1,4$ %) comparado con las ECO ($76,8 \pm 34,1$ %). En este sistema, además de la raza frisona se encuentran otros tipos de razas o cruces (entre las que se encuentran las razas jersey, normanda o montbéliarde), como respuesta a la búsqueda por parte de los ganaderos de unas características diferentes, como pueden ser una mayor rusticidad, mayor longevidad, o una mejora de las calidades de la leche centrada en mayor producción grasa, proteína y de sólidos totales.

La estimación de la ingesta de MS es significativamente inferior en las vacas en ECO (Tabla 2), con casi $2 \text{ kg vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$ menos, siendo observadas diferencias significativas entre ambos sistemas en la contribución porcentual de los diferentes ingredientes de la dieta sobre la ingesta total de MS excepto para el ensilado de maíz, que es el segundo alimento en importancia en las dos raciones, superando el 27 % en ambas.

Tabla 2. Efecto del sistema de producción sobre la ingestión de MS y la composición media de la dieta.

n	Sistema de producción		p
	Convencional	Ecológico	
	160	24	
MSI (kg vaca⁻¹ día⁻¹)	22,74	20,84	***
Composición de la ración (% MSI)			
Hierba fresca	10,47	29,49	***
Ensilado de hierba	19,39	7,16	***
Ensilado de maíz	28,06	27,14	ns
Forraje seco	6,57	18,43	***
Concentrado	35,51	17,78	***

n: nº de observaciones; MSI: Ingestión de materia seca; p: significación del test F en el ANOVA; ns: no significativo; ***: $p < 0,001$

El alimento principal de la dieta media en el sistema CON es el concentrado, superando el 35 % de la MS total, cifra que duplica a la de este componente en la dieta ECO, donde no llega al 18 %. Ocurre lo contrario con el componente principal de la dieta ECO, que es la hierba fresca, triplicando a este mismo alimento en el sistema CON (29,49 vs. 10,47 % MSI). Los restantes alimentos también presentan grandes variaciones, siendo el ensilado de hierba un componente importante dentro de la dieta media de las granjas de tipo CON y menor en las de tipo ECO (19,39 vs. 7,16 % MSI), mientras que el consumo de forraje seco tiene más importancia en la dieta ECO, siendo mucho más reducido en las CON (18,43 vs. 6,57 % MSI).

La producción de leche media (Tabla 3) obtenida en el sistema CON es un 20 % mayor que en el sistema ECO (28,87 vs. 23,78 kg vaca⁻¹ d⁻¹), como consecuencia de un sistema más intensivo de producción caracterizado por animales más productivos, con mayor capacidad de ingestión de MS, un mayor uso de ensilados y un gasto de concentrado por litro de leche más elevado, que casi duplica al del sistema ecológico (0,280 vs. 0,156 kg L⁻¹). La composición fisicoquímica de la leche presenta diferencias significativas, aunque de pequeña magnitud, con valores superiores en el sistema CON comparado con ECO en la materia proteica (3,23 vs. 3,17 %), lactosa (4,72 vs. 4,66 %) y extracto seco magro (8,74 vs. 8,61 %). El contenido en materia grasa y en urea de la leche no se vio afectado significativamente por el sistema de producción.

Existe una marcada diferencia (p<0,001) en el punto crioscópico de la leche (PC), claramente más elevado para las explotaciones ECO (-0,518 °C) comparado con las CON (-0,522 °C). Este hecho unido a la penalización de parte de los operadores cuando no se alcanza un determinado nivel de PC en la recogida de leche, sin tener en cuenta el sistema de producción utilizado, sugiere la necesidad de revisar el límite teniendo en cuenta el sistema de alimentación para no penalizar injustamente a aquellos basados en el consumo de hierba. Se ha referenciado por diversos autores, entre ellos Demott *et al.* (1969) que el valor del punto crioscópico se incrementa en raciones con un alto ratio en forraje:concentrado.

Tabla 3. Efecto del sistema de producción sobre la producción y la composición fisicoquímica de la leche de tanque.

n	Sistema de producción		p
	Convencional	Ecológico	
	160	24	
Producción de leche corregida al 4% MG (kg vaca⁻¹ d⁻¹)	28,87	23,78	***
Composición fisicoquímica de la leche (%)			
Materia grasa	3,82	3,82	ns
Materia proteica	3,23	3,17	*
Lactosa	4,72	4,66	**
Extracto seco magro	8,74	8,61	**
Urea (mg L⁻¹)	217,02	200,21	ns
Punto crioscópico (°C)	-0,522	-0,518	***

n: nº de observaciones; MG: Materia grasa; p: significación del test F en el ANOVA; ns: no significativo; *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001

En la Tabla 4 se presentan los valores medios más relevantes del perfil de AG de la leche, pudiéndose observar que, expresados sobre los AG totales (AGT) la leche del sistema ECO presenta un nivel significativamente mayor de AG saturados (70,53 vs. 68,60 % AGT) y menor de AG monoinsaturados (24,64 vs. 26,90 % AGT), no habiendo diferencias significativas en contenido de AG poliinsaturados (3,83 vs. 4,07 % AGT para CON y ECO, respectivamente).

Tabla 4. Efecto del sistema de producción sobre el perfil de AG de la leche de tanque.

(% sobre AG totales)	Sistema de producción		p
	Convencional	Ecológico	
n	160	24	
AGS	68,60	70,53	**
AGMI	26,90	24,64	***
AGPI	3,83	4,07	ns
ALA	0,43	0,74	***
LA	1,99	1,73	**
TVA	1,18	1,54	***
CLA	0,70	0,85	**
Omega 6/Omega 3	3,75	2,25	***
C18:1t11/C18:1t10	3,66	7,63	***

n: nº de observaciones; AGS: AG Saturados; AGMI: AG Monoinsaturados; AGPI: AG Poliinsaturados; ALA: C18:3n3 (alfa linolénico); LA: C18:2n6 (linoleico); TVA: C18:1t11 (vaccénico); CLA: C18:2 c9t11(linoleico conjugado); Omega 6/Omega3: relación entre el total de AG de las series omega-6 y omega-3; C18:1t11/C18:1t10: relación entre el C18:1t11 y C18:1t10; p: significación del test F en el ANOVA; ns: no significativo; **: p<0,01; ***: p<0,001

Estos datos sobre los tres grandes grupos de AG no reflejan las importantes diferencias que se encuentran analizando de forma individual los AG con mayor influencia sobre la salud humana a la luz de los conocimientos médicos actuales. Entre los AG monoinsaturados se destaca la presencia del ácido vaccénico (C18:1t11, TVA), un 30 % superior en la leche de tipo ECO (1,54 vs. 1,18 % AG), que es precursor del ácido linoleico conjugado (CLAc9t11), cuyo contenido es también significativamente superior en las dietas ECO (0,85 vs. 0,70 % AG). El ácido linoleico, cabeza de la serie omega-6, es mayor en las dietas CON (1,99 vs. 1,73 % AG), lo cual se corresponde con un mayor consumo en concentrados, mientras que el ácido alfa linolenico, cabeza de la serie omega-3 es mayor en las dietas ECO (0,74 vs. 0,43 % AG), en consonancia con una mayor proporción de pastos frescos en la ración. En consecuencia, la relación Omega 6/Omega 3 es significativamente superior en la dieta CON (3,75 vs. 2,25), si bien este valor, para los dos sistemas de producción se encuentran claramente por debajo del rango de 5, que no se debería superar dentro de una alimentación humana equilibrada (MacLean *et al.*, 2004) e ilustran el beneficioso papel del consumo de leche en una dieta humana saludable, en tal sentido. La relación C18:1t11/C18:1t10 fue significativamente más elevada en la leche ECO (3,66 vs. 7,63) lo cual es de marcado interés nutricional, ya que al efecto funcional del TVA se une el hecho de que valores altos del isómero C18:1t10 en la dieta podrían estar relacionados con un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares en humanos (Hodgson *et al.*, 1996). Los resultados coinciden, en líneas generales, con otros estudios, entre los que se encuentran los realizados por Ellis *et al.* (2006) y Butler *et al.* (2011), que muestran un perfil más favorable en la leche de vacas de granjas ecológicas.

CONCLUSIONES

La leche de las explotaciones ecológicas presenta una concentración de AG con carácter funcional más acorde con los requerimientos dietéticos saludables para los humanos, lo cual se atribuye fundamentalmente al mayor consumo de hierba fresca y al menor uso de concentrados. El mayor punto crioscópico de la leche de las explotaciones ecológicas, con un alto nivel de pastos frescos en la dieta, sugiere revisar la aplicación de este índice en el sistema de pago por calidad teniendo en cuenta el sistema de alimentación de las granjas lecheras.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por los proyectos RTA2012-00065-05-02 y FEADER 2016/59B. Adrián Botana Fernández es beneficiario de un contrato predoctoral FPI-INIA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Butler G., Stergiadis S., Seal C., Eyre M. y Leifert C. (2011) Fat composition of organic and conventional retail milk in northeast England. *Journal of Dairy Science*, 94, 24-36.

Demott B.J., Hinton S.A. y Montgomery M.J. (1969) Influence of Some Management Practices and Season Upon Freezing Point of Milk. *Journal of Dairy Science*, 50(2), 151-154.

Elgersma A., Tamminga S. y Ellen G. (2006) Modifying milk composition through forage. *Animal Feed Science and Technology*, 131, 207-225.

Ellis K.A., Innocent D., Grove-White D., Cripps P. y McLean W.G. (2006) Comparing the fatty acid composition of organic and conventional milk. *Journal of Dairy Science*, 89, 1938-1950.

Flores G., Resch C., Fernández-Lorenzo B., González-Arráez A., Valladares J., Dagnac T., Latorre A., Agruña M.J., Pereira S., Díaz N., Giménez R. y Rodríguez-Diz X. (2011) Efecto del pastoreo de verano de trébol violeta sobre el contenido en omega-3 de la leche de vacuno. *Pastos* 41(1), 79-99.

Givens D.I. y Shingfield K.J. (2006) Optimising dairy milk fatty acid composition. En: Williams C. y Buttriss J. (eds) *Improving the Fat Content of Foods*, pp. 252-280. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited.

Hogdson J.M., Wahlqvist M.L., Boxall J.A. y Balazs N.D. (1996) Platelet trans-fatty acids in relation to angiographically assessed coronary artery disease. *Atherosclerosis*, 120, 147-154.

Internacional ISO 14156:2001/IDF 172 *Milk and milk products – Extraction methods for lipids and liposoluble compounds*.

Internacional ISO 15884:2002/IDF 182 *Milk fat – Preparation of fatty acid methyl esters*.

MacLean C.H., Mojica W.A., Morton S.C., Pencharz J., Hasenfeld-Garland R., Tu W., Newberry S.J., Jungvig L.K., Grossman J., Khanna P., Rhodes S. y Shekelle P. (2004) Effects of omega-3 fatty acids on lipids and glycemic control in type II diabetes and the metabolic syndrome and on inflammatory bowel disease, rheumatoid arthritis, renal disease, systemic lupus erythematosus and osteoporosis. *Summary, Evidence Report/Technology Assessment: Number 89*. Agency for Healthcare Research and Quality, Rockville, MD.

NRC (2001) *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. Washington, DC: National Academy Press.

Özer B. y Avni-Kirmaci H. (2010) Functional milks and dairy beverages. *International Journal of Dairy Technology*, 63(1), 1-15.

SAS INSTITUTE (2009) *SAS/Stat User's Guide*, v.9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

HERRAMIENTA EN R PARA EL CÁLCULO E INTERPRETACIÓN SIMULTÁNEO DE DIFERENTES ÍNDICES DE SELECCIÓN DE DIETA

L. RIVERA-SÁNCHEZ¹, W. BURGOS-PAZ²

¹Departamento de Biología de la Reproducción, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, Ciudad de México, México. ²Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Centro de Investigación Turipaná, Km 13 vía Montería-Cereté, Córdoba, Colombia.

Correspondencia: wburgos@corpoica.org.co

RESUMEN

Los índices de selección de dieta permiten obtener información más específica y precisa sobre las especies vegetales consumidas por fitófagos. Los índices estimados contribuyen a una mejor comprensión sobre las causas que llevan a los animales a elegir su alimento entre diversas especies, así como la relación que existe en los sistemas mutualistas planta-herbívoro. En la literatura existen diferentes índices de selección, y sus diversas modificaciones, para conocer los niveles de selección de dietas, pero uno de los problemas más frecuentes a la hora de aplicar dichos índices es determinar una herramienta de fácil uso para su cálculo. Por esta razón, el objetivo principal de este trabajo fue implementar un script del programa estadístico R con funciones para el cálculo de diversos índices de selección, junto con las pruebas estadísticas propuestas en algunos de ellos. El script no requiere conocimientos avanzados en R, es de fácil uso y puede tomar ventaja de todas las posibilidades de análisis que el programa R brinda a los usuarios.

Palabras clave: ecología trófica, especies vegetales, índices de similitud, script

SUMMARY

The selectivity index of diets allows more specific and precise information about the plant species consumed by phytophages. The estimated indexes contribute to a better understanding of what leads animals to choose one species over another as a food source, as well as the relationship that exists in plant-herbivore mutual systems. In the literature, there are different selection indexes, in addition to their modifications, that are used to determine levels of diet selection. However, identifying easy-to-use tools to calculate these indexes can be challenging. The main objective of this work was to implement a script using the statistical software R with several functions for the calculation of selection indexes, alongside the statistical tests proposed for some of them. The script does not require advanced knowledge of R, it is easy to use and the user can take advantage of all of the analysis possibilities that R provides.

Key words: indexes of similarity, plant species, script, trophic ecology

INTRODUCCIÓN

Los resultados derivados de la aplicación de diferentes índices de selección de dietas de especies animales, permiten una mejor comprensión de las causas que llevan a los animales a elegir su alimento entre diversas especies, así como la relación que existe en los sistemas mutualistas planta-herbívoro (Fernández-Olalla y San Miguel-Ayanz, 2011). En general, el procedimiento que sigue un estudio de dieta se basa en estimar la relación de la disponibilidad de un recurso vegetal relativa a todos los presentes y la cantidad consumida o utilizada de dicho recurso, a través de la aplicación de una serie de métodos de estimación en campo (Norbury y Sanson, 1992).

Posteriormente, se procede a la elección de un índice de preferencia, que a nivel analítico, logrará identificar como actúan diferentes condiciones respecto a la elección de la dieta e incluso contrastar estadísticamente la preferencia entre especies (Manly *et al.*, 2002).

En la actualidad, se cuenta con múltiples herramientas informáticas que potencialmente facilitan el cálculo de estos índices, no obstante, existen dificultades a la hora de evaluar diferentes índices en una sola ejecución de datos con programas específicos en el área. Adicionalmente, dado que los diseños experimentales requieren la identificación, valoración y análisis de datos entre sitios, regiones, épocas del año y demás factores de agrupamiento, la complejidad del manejo de datos podría incrementar. Tomando ventaja de la popularidad que el programa estadístico R (R Core Team, 2015) tiene en la actualidad, así como su facilidad de uso y su licencia de uso gratuito, recopilamos una serie de índices y estrategias analíticas en un script (archivo con líneas de comandos) de simple ejecución, el cual facilitaría la estimación de índices de selección comúnmente empleados y a su vez conectar los resultados con las múltiples ventajas que el programa ofrece como los análisis gráficos.

MATERIAL Y MÉTODOS

En general, los índices de selección de dietas requieren de tres elementos básicos: la especie o especies vegetales, su disponibilidad y su consumo en un tiempo o área determinada. Por ejemplo, uno de los índices más usado es el llamado “tasa de forraje” o Forage Ratio (Savage, 1931), el cual contrasta el consumo de una especie vegetal respecto a su disponibilidad. Igualmente, con los elementos mencionados es posible estimar comparaciones entre dos dietas o proporciones de material consumido con el índice de similitud de Kulczynski (Hubálek, 1982).

Implementación

Los diferentes índices fueron implementados en funciones que son interpretadas por el lenguaje del programa R y agrupadas en un script (archivo con ordenes de ejecución de un programa) denominado *Selindex_cal.R*, disponible mediante solicitud a los autores. En las funciones se implementaron los siguientes índices: Índice de Ivlev (Ivlev, 1961), índice Jacobs (Jacobs, 1974), índice de Kautz (Kautz y Van Dyne, 1978), índice de Savage (Savage, 1931) con su estadístico propuesto por Manly y la significancia estadística después de la corrección de Bonferroni para pruebas de comparación múltiple (Manly *et al.*, 2002). En cuanto a los análisis de similitud de dieta se incluyeron el índice de Kulczynski (Hubálek, 1982) y la correlación de Spearman, los cuales permitirán establecer comparaciones entre pares de factores de agrupamiento (sitios de muestreo, épocas de año, entre otros).

Ejecución del script *Selindex_cal.R*

Selindex_cal.R utiliza una matriz de datos denominada *data.frame* en el lenguaje R, donde cada fila contiene la información a analizar para cada especie. La información requerida en el *data.frame* debe organizarse en cuatro columnas con el siguiente orden: en la primera columna se indicará la información para agrupamiento de los datos mientras que la segunda columna debe contener la identificación de la especie vegetal a analizar. Estas columnas deberán contener el encabezado “group” y “sp” respectivamente. Por su parte, la columna tres contendrá la disponibilidad (cobertura relativa) de cada especie expresada en porcentaje y en la columna cuatro se anotará el conteo de los recursos utilizados (número de fragmentos encontrados en heces). Para las columnas tres y cuatro el encabezado será “m” y “u” respectivamente. No existe un límite respecto al número de factores de agrupamiento o las especies evaluadas y el orden de las columnas no se puede modificar. Por otra parte, los pasos necesarios de ejecución contemplan los casos en que

algunas especies no se encuentren en todos los factores de agrupamiento. Los pasos para realizar el análisis, así como el encabezado del conjunto de datos requerido, se presentan en la Figura 1. Si el estudio se hace en dos estaciones del año, por ejemplo primavera (p) y otoño (o), los cálculos de los índices se realizarán en cada especie vegetal (specie_1 a 3) según la época del año informada.

Análisis de caso

Para presentar los resultados obtenidos con la ejecución de *Selindex_cal.R* y su posterior manejo en el programa R, se extrajo como ejemplo una muestra de datos reales de un experimento que valoró la disponibilidad y consumo de 21 especies vegetales por parte de pequeños rumiantes en dos regiones de muestreo. La base de datos se incluirá con el script para que el usuario pueda comprobar la correcta ejecución.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Selindex_cal.R es una herramienta basada en lenguaje de programación del entorno R, el cual busca facilitar la estimación de índices de selección de especies vegetales en análisis de ecología trófica, .mediante una serie de instrucciones se pueden ejecutar los análisis básicos de cálculo (Figura 1), hasta llegar a un archivo de salida que contendrá los resultados para los diferentes índices incluidos. En primer lugar, el archivo que contiene las funciones básicas se puede cargar en el entorno R con la opción `source()`. Las funciones estarán disponibles en el entorno R hasta que la consola se cierre. Cabe resaltar que si *Selindex_cal.R* se encuentra en un directorio distinto al directorio de trabajo, será necesario agregar la ruta completa de ubicación del archivo.

```
# Paso 1. Cargar el script en el programa R
> source ( "Selindex_cal.R" )

# Paso 2. Generar un data.frame con 4 columnas:
> head ( data )

  group   sp      m      u
1    p  specie_1  5,08   45
2    p  specie_2 20,15    0
3    p  specie_3  0,8    7
4    o  specie_1 17,3   81
5    o  specie_2  1,1    5
6    o  specie_3 36,9   16

# Paso 3. Ejecutar las funciones del script:
> out <- index.results( data, "output.file" )

# Paso 4. los resultados estarán disponibles en:
> out

# y en el archivo: "output.file.indexes.txt"
```

Figura 1. Pasos básicos para la utilización del script *Selindex_cal.R* en el entorno R.

La base de datos para cálculo de los índices puede ser construida en archivos de tipo Excel o de texto plano *.txt con el orden de columnas descrito previamente para luego ser leídos en R con opciones como `read.table()`. La primera columna del conjunto de datos permitirá realizar comparaciones entre fases experimentales, locaciones, épocas o cualquier otra condición que requiera comparación o clasificación de las observaciones. Si no se cuenta con algún factor de

agrupamiento, esta columna debe tener un único valor para todas las especies evaluadas y por ende no se obtendrá resultados para índices de similitud.

El lenguaje de programación R es una herramienta de análisis que rápidamente proporciona diferentes estrategias analíticas a través de la construcción de paquetes con procesos definidos y optimizados (Dixon y Palmer, 2013; Borcard *et al.*, 2011) así como a través de la implementación de funciones creadas por usuarios para cumplir tareas específicas de cálculo. La herramienta *Selindex_cal.R* fue creada para optimizar el análisis de índices de selección con amplio uso en ecología trófica (Atienza 1994; Manly *et al.*, 2002). En este orden de ideas, por su diseño y la relación entre los análisis y las funciones, solo requiere usar la instrucción `index.results(data, "output.file")` para obtener todos los análisis en una sola ejecución. En la instrucción, *data* corresponde a la base de datos a analizar, mientras que "output.file" es el nombre del archivo de resultados que el programa generará automáticamente. En cualquier caso, los resultados pueden ser dirigidos a una variable dentro del programa para posteriores análisis (Figura 1).

El análisis de datos es inmediato y el tiempo computacional incrementa principalmente con el número de factores de agrupación que con el número de especies. Un análisis para 40 especies vegetales en seis sitios de muestreo tardó aproximadamente 1 segundo, mientras que un análisis con 100 especies en 100 sitios de muestreo tardó 20 segundos.

Análisis de caso

Se analizó la base de datos del archivo test.txt el cual se haya en la misma carpeta del script. Brevemente, esta base tiene los datos de disponibilidad relativa de plantas (m) y el conteo de fragmentos observados en heces (u) en dos sitios de muestreo (Región) para 21 especies vegetales (Sp). En la Tabla 1, se presenta un fragmento de los índices estimados para cinco especies por cada región analizada. La tabla completa se encuentra en el archivo de salida que esta incluido en la carpeta del script.

Tabla 1. Resumen de los resultados obtenidos en la ejecución del script *Selindex_cal.R* para índices de selección de especies vegetales.

Región	Especie	m	u	Ivlev	Jacobs	Kautz	W.stat	BF.adj
Región1	Sp1	9,04	47	0,446	0,514	0,569	51,432	SG
Región1	Sp2	4,72	0	-1	-1	-0,387	9,858	SG
Región1	Sp3	3,86	12	0,219	0,23	0,145	2,525	NS
Región1	Sp4	0,46	2	0,372	0,374	0,051	1,291	NS
Región1	Sp5	1,12	7	0,517	0,526	0,195	10,329	SG
Región2	Sp1	10,04	33	0,236	0,27	0,27	8,685	NS
Región2	Sp2	6,38	1	-0,857	-0,865	-0,445	11,78	SG
Región2	Sp3	3,25	11	0,25	0,261	0,152	3,036	NS
Región2	Sp4	0,2	8	0,903	0,907	0,312	142,326	SG
Región2	Sp5	0,89	7	0,59	0,598	0,211	15,062	SG

m: cobertura relativa de cada especie; u: número de fragmentos encontrados; W.stat: Índice de Savage; BF.adj: Corrección de Bonferroni SG= significancia estadística si el valor del estadístico W.stat > límite crítico después de la corrección de Bonferroni); NS = No significativo

La Tabla 1 muestra los valores de diferentes índices calculados en una ejecución de *Selindex_cal.R*. Si tomamos por ejemplo el índice de Kautz (este índice modificado permite obtener medidas preferenciales positivas como "preferidas" y negativas como "rechazadas", simétricas con respecto a cero), podemos interpretarlo de la siguiente manera: para la especie Sp1 de la Región1

tenemos un valor de 0,569 e indicaría que esta especie es “preferida”, además los valores del estadístico de Savage (W.stat) y la corrección de Bonferroni (BF.adj) indican que el valor del índice es significativo. Con lo anterior podemos concluir, que la especie “Sp1 de la Region1” es “preferida significativamente” ($p < 0,05$, límite crítico de Bonferroni = 9,23). Para el caso de la Sp3 de la Region1, el valor del índice de Kautz fue 0,145. Por ser un valor positivo podría considerarse como “preferido”, sin embargo el BF.adj indica que “no es significativo”. Esto se explica porque el valor de Kautz es muy cercano a cero y al no ser significativo se puede considerar como “indiferente”, es decir que si la disponibilidad es alta el consumo también lo será y si la disponibilidad es baja el consumo será bajo.

Los resultados del análisis incluirán además de los índices, las tablas con el índice de similitud de Kulczynski y la correlación de Spearman. Esta última, al ser una matriz simétrica, presenta por debajo de la diagonal los valores de correlación mientras que por arriba de la diagonal esta su significancia estadística. También se incluye el valor crítico Chi-cuadrado por factor de agrupamiento después de la corrección de Bonferroni para el número de comparaciones o número de especies evaluadas.

La estrategia de incluir diferentes índices en un solo análisis contribuye a incrementar el grado de discusión de la información, puesto que cada uno de los índices incorpora una aproximación matemática que le confiere propiedades particulares (Hubálek, 1982).

La diversidad de estrategias analíticas, en diferentes entornos de la ciencia, no permite la estructuración de herramientas que agrupe dichos análisis, o en otros casos, existen herramientas con alta complejidad o sin libre acceso. En tal sentido, el entorno de programación en R facilita la implementación de diferentes enfoques analíticos y de fórmulas como las presentadas aquí además del amplio rango de posibilidades *A posteriori* en cuanto a pruebas estadísticas y opciones gráficas. Por ejemplo, combinar las salidas con instrucciones de tipo `barplot()` permitirían presentar gráficamente los valores de los índices, o si se considera las matrices de comparación de dietas en múltiples sitios la utilización de paquetes como *Lattice* y la función `levelplot()` permitiría graficar los valores de correlación en rangos de valores a los que se asignaría un color específico.

El script *Selindex_cal.R* busca brindar una opción de análisis sencilla, automatizada y organizada de datos para el contraste de la selección de especies vegetales en experimentos de ecología trófica. Su uso no requiere de profundo conocimiento en el programa estadístico R y para los usuarios avanzados, se puede incluir fácilmente en estrategias de simulación que fortalecerían las estimaciones realizadas en un experimento.

CONCLUSIONES

Los análisis de selectividad de especies vegetales en las dietas de animales son un apoyo en la identificación de la interacción entre especies y la dinámica poblacional. *Selindex_cal.R* permite estimar diferentes índices de selección con ayuda de funciones escritas en el ambiente del programa estadístico R, las cuales son fáciles de emplear y toman ventaja de las capacidades propias de R, como son las pruebas estadísticas o los gráficos. Además de ser rápido en la realización de los cálculos, su uso no requiere de profundos conocimientos en el manejo del programa R, y en usuarios con conocimiento avanzado del programa podría potenciar los estudios de simulación para validar resultados experimentales.

AGRADECIMIENTOS

Programa para el Desarrollo Profesional Docente, para el Tipo Superior (PRODEP) por el proyecto 22116(LR-S). A la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-CORPOICA por el apoyo a la presentación de éste trabajo (WB-P).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atienza J.C. (1994) La utilización de índices en el estudio de la selección de recursos. *Ardeola*, 41(2), 173-175.
- Borcard D., Gillet F. y Legendre P. (2011) *Numerical Ecology with R, Series Use R!*, NY: Springer-Verlag.
- Dixon P. y Palmer M.W. (2003) VEGAN, a package of R functions for community ecology. *Journal of Vegetation Science*, 14 (6), 927-930.
- Fernández-Olalla M. y San Miguel-Ayanz A. (2011) La selección de dieta en los fitófagos: conceptos, métodos e índices. *Pastos*, 37(1), 5-47.
- Hubálek Z. (1982) Coefficients of association and similarity, based on binary (presence-absence) data: an evaluation. *Biological Reviews*, 57, 669–689.
- Ivlev V.S. (1961) *Experimental ecology of the feeding of fishes*. Yale University Press, New Haven.
- Jacobs J. (1974) Quantitative measurement of food selection. A modification of the forage ratio and Ivlev's electivity index. *Oecologia*, 14, 413-417.
- Kautz J.E. y Van Dyne G.M. (1978) Comparative analyses of diets of bison, cattle, sheep and pronghorn antelope on shortgrass prairie in northeastern Colorado. *Proceedings First International Rangeland Congress*. Society Range Manage.
- Manly B.F., McDonald L.L., Thomas D.L., McDonald T.L. y Erickson W.P. (2002) *Resource selection by animals: statistical design and analysis for field studies*. Kluwer Academic Publishers.
- Norbury, G.L. y Sanson G.D. (1992) Problems measuring diet selection of terrestrial mammalian herbivores. *Australian Journal of Ecology*, 17, 1-7.
- R Core Team (2015) R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Savage R.E. (1931) *The relation between the feeding of the herring off the cast coast of England and the plankton of the surrounding waters*. Fishery Investigation, Ministry of Agriculture, Food and Fisheries Series 2, 12, 1–88.

VARIABLES QUE FAVORECEN O LIMITAN EL USO DE PRADERAS Y ENSILADO DE MAÍZ EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA

C.G. MARTÍNEZ-GARCÍA¹, J.T. PEDRAZA BELTRAN¹ A.A. RAYAS-AMOR², C.M. ARRIAGA-JORDÁN

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Toluca, Estado de México (México). ² Departamento de Ciencias de la Alimentación, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma. Estado de México (México).
Correspondencia: cgmartinezg@uaemex.mx

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue caracterizar a los Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala (SPLPE) para identificar variables que influyen en el uso de praderas y ensilado de maíz. Se aplicó un cuestionario a 56 productores (55% de la población). Los datos se analizaron a través de Análisis de Factores y Conglomerados. Se identificaron 4 componentes: el primero indicó que a mayor cantidad de vacas en producción y hectáreas disponibles, un mayor uso de tecnologías. El componente 2 indicó que a mayor edad del productor, mayor uso de praderas. El componente 3 mostró una relación positiva entre el uso de ensilado, participación en asociación ganadera y la escolaridad. El componente 4 sólo describió la producción de leche. Los 5 grupos identificados hacen uso de ensilado de maíz, para los grupos 2 y 3 fue la principal fuente de alimentación del hato, mientras que para los grupos 1, 4 y 5 fue considerado como fuente secundaria. El grupo 5 no hizo uso de praderas, debido a la falta de disponibilidad de hectáreas, número de vacas, falta de recursos económicos y agua. Se concluye que la caracterización de los SPLPE permitió identificar diferentes factores que favorecen y limitan el uso de las praderas y ensilado de maíz, lo cual puede ser un punto de partida para la generación de políticas públicas hacia estos sistemas.

Palabras clave: adopción, innovaciones, estadística, productores, México

SUMMARY

The aim of this work was to characterize Small Scale Dairy Systems to identify variables that favor and constrain the use of sown meadow and maize silage. A questionnaire was given to 56 farmers. The data were analyzed through Components and Cluster Analysis. Four components were identified. Component 1 indicates that the more milking cows and hectares that are available, the greater use of innovations on the farm. Component 2 indicates that the greater the farmer's age, the greater the use of sown meadows. Component 3 shows a positive relationship among the use of maize silage, participation in a cooperatives and schooling. Component 4 describes milk yield. The five groups identified use maize silage, thus Groups 2 and 3 use it as main source of forage to feed the cattle. Groups 1, 4 and 5 considered the maize silage as a secondary source of forage. Group 5 does not use sown meadows; this can be attributed to the availability of land, herd size, lack of economic resources and water. It is concluded that the characterization of small-scale dairy systems allow the identification of different variables that favor and constrain the use of the sown meadow and maize silage. This could be a starting point to generate public policies directed at this system.

Key words: adoption, innovation, statistics, producers, Mexico

INTRODUCCIÓN

En México los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE), ha sido definidos por un tamaño de hato de 3 a 35 vacas más sus reemplazos, y representan el 78% de las unidades de producción. Sin embargo, la problemática que presentan estos sistemas son los altos costos de producción (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007). El uso de praderas y ensilado de maíz han mostrado ser alternativas tecnológicas que aumentan la sustentabilidad económica de los SPLPE (Fadul-Pacheco *et al.*, 2013). Sin embargo, su adopción ha sido limitada por los productores, lo cual se atribuye a: falta de recursos económicos (Arriaga-Jordán *et al.*, 2002), características de la unidad de producción, características del productor, aspectos institucionales (Martínez-García *et al.*, 2012), falta de conocimiento de los programas gubernamentales y servicios de extensión (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007; Martínez-García *et al.*, 2012), así como a la heterogeneidad de los sistemas de producción (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007). La caracterización de sistemas de producción a partir de un enfoque multivariado, son esquemas confiables para la generación de recomendaciones (Köbrich *et al.*, 2003), propuestas de servicios de extensión y comunicación de innovaciones (Bernués y Herrero, 2008; Martínez-García *et al.*, 2012). Por lo cual, el objetivo del trabajo fue caracterizar a los Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala (SPLPE) del noroeste del Estado de México, para identificar variables que influyen en el uso de praderas y ensilado de maíz.

MATERIAL Y MÉTODOS

Colección de datos

El trabajo se realizó en seis municipios (Aculco, Chapa de Mota, Jilotepec, Polotitlán, Soyaniquilpan y Timilpan) de la zona noroeste del Estado de México. Los productores participantes fueron identificados y seleccionados a partir de listas (con 17 productores cada una) proporcionadas por las autoridades de los municipios participantes en el proyecto, por lo tanto la población era de 102 productores; sin embargo, solo 56 productores fueron entrevistados, lo que representa el 55% de la población. La información se colectó de enero a junio de 2013 a través de un cuestionario.

Análisis de datos

El análisis de los datos se realizó a través de estadística multivariada, utilizando un análisis de factores (AF), por el método de Componentes Principales (CP) para ver la interacción de nueve variables: edad, escolaridad, los productores pertenecen a una asociación, vacas en producción, total de hectáreas, uso de praderas, uso de ensilado de maíz, nivel tecnológico y producción de leche por vaca por día. Para la interpretación del análisis de factores, fueron consideradas cargas factoriales superiores a 0,5, como es recomendado por Field (2013). A partir de las cargas factoriales obtenidas del Análisis Factorial con las nueve variables, se realizó el análisis de conglomerados para la obtención de grupos, como es recomendado por Manly (2005). Se utilizó un Análisis de Conglomerados Jerárquico (ACJ) el cual aglomera a los individuos más similares, formando un solo grupo (Everitt y Dunn, 2001). Todos los casos analizados implican la construcción de una jerarquía en una estructura de árbol o dendograma) (Manly, 2005; Hair *et al.*, 2010). Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico SPSS versión 22.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Agrupación de sistemas de producción de leche en pequeña escala

El Análisis de Factores identificó cuatro componentes principales que explican el 66% de la varianza acumulada (Tabla 1), con un valor de Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) de 0,53, lo que indica la viabilidad del modelo.

Componente 1: Está estrechamente relacionado con el número de vacas en producción, total de hectáreas de la finca y nivel tecnológico. Esto indica que a mayor cantidad de vacas en producción y cantidad de hectáreas que tenga el productor, mayor será el uso de tecnologías dentro de la unidad de producción.

Componente 2: Indica una relación directa con el uso de pradera y la edad del productor. Es decir, cuanto más mayor sea el productor, mayor uso de praderas.

Componente 3: Indica una relación directa entre el uso de ensilado de maíz, pertenencia a una asociación, y la escolaridad del productor. Lo cual nos indica que a mayor escolaridad y que el productor pertenezca a una asociación, incrementa el uso de ensilado de maíz.

Componente 4: Sólo describe la producción de leche.

Tabla 1. Matriz de componentes rotados con las nueve variables analizadas de los productores de leche a pequeña escala en el noroeste del Estado de México

Variables	Componentes			
	1	2	3	4
Edad del productor	0,174	0,849	-0,106	-0,155
Escolaridad del productor	0,183	-0,450	0,538	0,129
Productores pertenecen a una asociación	-0,063	-0,064	0,735	-0,471
Vacas en producción	0,637	-0,428	0,125	0,206
Total de hectáreas	0,821	0,193	-0,032	-0,043
Uso de praderas	-0,135	0,585	0,080	0,489
Uso de ensilado de maíz	0,039	0,031	0,726	0,244
Nivel tecnológico	0,793	-0,018	0,052	-0,044
Producción de leche / vaca / día	0,028	-0,126	0,072	0,792

Método de extracción: Análisis de componentes principales. Método de rotación: Varimax.

El análisis de conglomerados identificó cinco grupos. El **Grupo 1** se compone de 16 productores, con una edad media de 43 años y estudios de secundaria (73%). Las unidades de producción cuentan con una extensión de tierra de 3,3 hectáreas en promedio. El 50% se dedica exclusivamente a la producción de leche. El Grupo 1 cuenta con una producción de leche mensual de 1445 litros, con 4,8 vacas en producción y un tamaño de hato de 13 vacas, teniendo una producción de leche por vaca por día de 10 litros en promedio. El 69% de los productores pertenece a alguna asociación local. Las unidades de producción cuentan con tres tecnologías de las 14 identificadas en el estudio, las cuales fueron: cerco eléctrico, ordeñadora, tanque enfriador, termo para inseminación artificial, tractor, arado, rastra, picadora, molinos de martillos, ensiladora, bomba para riego, bomba de mochila, remolque y camioneta. El 51% de los productores hacen uso de praderas. El 44% del grupo utiliza ensilado de maíz. Las características del Grupo 1 indican que el uso de praderas y ensilados de maíz está relacionado con las características del productor, es decir que, productores de menor edad, estar adscritos a una asociación y con un mayor nivel de educación, permite una mayor apertura al cambio tecnológico, como fue observado por Vilaboa y Díaz-Rivera (2009).

El **Grupo 2** está formado por ocho productores, con una edad promedio de 46 años y estudios de secundaria (50%). Las unidades de producción cuentan con 9,6 hectáreas en promedio. El 75%

de los productores del Grupo 2 se dedica exclusivamente a la producción de leche, el 12% tiene algún trabajo fuera de la finca, y el otro 13% se dedica al comercio. Este grupo dedica al trabajo dentro de la finca 38 horas a la semana en promedio. Cuenta con una producción mensual de 5225 litros de leche, con 13,5 vacas en producción y con un tamaño de hato de 31 vacas, presentando una producción de leche por vaca por día de 14,6 litros en promedio. El 88% de los productores pertenecen a alguna asociación lechera. Las unidades de producción cuentan con ocho tecnologías implementadas. El 88% de los productores del Grupo 2 hacen uso de las praderas y el 100% de los productores hace uso de ensilado de maíz. Los resultados observados en el Grupo 2, permiten argumentar que el uso de ensilado de maíz y praderas, está asociado a las características del productor y unidad de producción (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007).

El **Grupo 3** está formado por 11 productores, con una edad promedio de 52 años, estudios de primaria (64%). Las unidades de producción cuentan con una extensión de tierra de 6,9 hectáreas en promedio. Los productores del Grupo 3 le dedican 51 horas a la semana a la producción de leche, con una producción de 3134 litros mensual, con 7,4 vacas en producción y un tamaño de hato de 17,4 vacas, con una producción de 14,1 litros de leche por vaca por día en promedio. El 11% de los productores pertenece a alguna asociación lechera. Las unidades de producción cuentan con cuatro tecnologías (ordeñadora, molinos de martillos, bomba para riego y bomba de mochila). El 54% de los integrantes de este grupo utilizan las praderas y el 82% utiliza ensilado de maíz. Las características del Grupo 3 indican que a pesar de ser un grupo con bajo nivel educativo y de mayor edad, tienen la posibilidad de implementar ensilado de maíz, ya que cuentan con disponibilidad de tierra. A pesar de que la mayoría no pertenece a una asociación, buscan alternativas para poder reducir los costos de producción, como fue observado por Bernués y Herrero (2008).

El **Grupo 4** está formado por ocho productores, con una edad de 65 años, con primaria no terminada. Cuentan con una extensión de tierra de 6,1 hectáreas. El 100% de los productores se dedican exclusivamente a la actividad lechera, dedicando 34 horas en promedio a la semana. Este grupo tiene una producción promedio mensual de 1123 litros de leche con 4,6 vacas en producción y un tamaño de hato de 13 animales, con una producción de leche por vaca por día de 8,1 litros. El 88% de los productores forma parte de alguna asociación, resultados semejantes al grupo 2. Los productores del Grupo 4 hacen uso de 6 tecnologías (cerco eléctrico, ordeñadora, molinos de martillos, bomba para riego, bomba de mochila y camioneta) en su unidad de producción. El 63% de los productores utilizan praderas y el 38% hace uso del ensilado de maíz para alimentar a sus animales. Los resultados del Grupo 4 indican que son los productores con mayor edad y los de menor nivel de educación, así como tienen una menor disponibilidad de tierras, y a pesar de pertenecer a una asociación. Según Espinoza-Ortega *et al.* (2007) los productores con mayor edad y con menor educación presentan una menor disposición a probar nuevas innovaciones.

El **Grupo 5** se encuentra formado por 13 productores, cuenta con una edad promedio de 49 años y primaria no terminada. Las unidades de producción cuentan con 5,9 hectáreas en promedio. El 15% de los integrantes se dedican exclusivamente a la producción de leche, el 69% se emplea en algún trabajo fuera de la finca, el 8% se dedica al comercio y el otro 7% tiene otro oficio. Los productores dedican en promedio 40 horas a la semana a la producción de leche. Cuentan con 8,6 vacas en producción y un tamaño de hato de 22 vacas, con una producción promedio de 3423 litros de leche mensuales, con una producción de leche por vaca por día de 13,3 litros. Ningún productor pertenece a ninguna asociación. Los productores del Grupo 5 hace uso de seis tecnologías (ordeñadora, molinos de martillos, bomba para riego, bomba de mochila, remolque y camioneta) en su unidad de producción. Estos productores no hace uso de praderas y solo el 8% utiliza ensilado de maíz. Los resultados del Grupo 5, permiten argumentar que los productores que no participan

en ninguna asociación y que la lechería es una fuente de ingresos secundaria, por lo que tendrán menor disposición de utilizar nuevas innovaciones.

CONCLUSIONES

La caracterización de los sistemas de producción de leche a pequeña escala permitió identificar que los productores que cuentan con mayor educación, mayor extensión de tierras, la producción de leche sea la principal fuente de ingresos, mayor número de vacas en producción, los productores participen en alguna asociación y que la unidad de producción cuente con un mayor nivel tecnológico, son variables que favorecen el uso de praderas y ensilado de maíz, como fue el caso del grupo 2. Por otra parte, si los productores no consideran a la producción de leche como su principal fuente de ingresos y no pertenezcan a una asociación, existe una menor posibilidad de que hagan uso de praderas y ensilados de maíz, como se observó en el grupo 5.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los productores por su participación en el estudio y a la universidad Autónoma del Estado de México por el apoyo en la realización de la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arriaga-Jordán C., Albarrán-Portillo B., Espinoza-Ortega A., García-Martínez A. y 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.
- Bernués A. y Herrero M. (2008) Farm intensification and drivers of technology adoption in mixed dairy-crop systems in Santa Cruz, Bolivia. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6: 279-293.
- 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.
- Everitt B.S. y Dunn G. (2001) *Applied multivariate data analysis*. 2ª edición. Arnold London.
- Fadul-Pacheco L., Wattiaux M.A., Espinoza-Ortega A., Sanchez-Vera, E. y Arriaga-Jordán C.M. (2013). Evaluation of sustainability of smallholder dairy production systems in the highland of Mexico during rainy season. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 37: 882-901.
- Field A. (2013) *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics*. 4ª Ed. Great Britain: SAGE Publications.
- Hair J.F, Black W.C., Tatham R.L. y Anderson R.E. (2010) *Multivariate Data Analysis*. 7th ed. Prentice Hall International. London, United Kingdom.
- Köbrich C., Rehman T. y Khan M. (2003) Typification of farming systems for constructing representative farm models: two illustrations of the application of multivariate analyses in Chile and Pakistan. *Agricultural Systems*, 76: 141-157.
- Manly B.F.J. (2005) *Multivariate Statistical Methods*. 3ª ed. Chapman and Hall, CRC. USA.
- Martínez-García C.G., Dorward P. y 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.

Vilaboa A.J. y Díaz-Rivera P. (2009) Caracterización socioeconómica y tecnológica de los sistemas ganaderos en siete municipios del estado de Veracruz, México. *Zootecnia Tropical*, 27, 427-436.



Recursos silvopastorales

INFLUENCIA DE LA SEQUÍA EN LA FENOLOGÍA PRIMAVERAL DE LA ENCINA. EFECTO DEL MANEJO COMO ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN

M.D. CARBONERO¹, P. FERNÁNDEZ², J.R. LEAL², M.T. HIDALGO², J.M. LIMOUSIN³, R. JOFFRE³, J.M. OURCIVAL³

¹Área de Producción Agraria. IFAPA. Centro Hinojosa del Duque, Córdoba. Junta de Andalucía; ²Dpto. de Ingeniería Forestal, ETSIAM. Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales 14071 Córdoba. ³FORECAST Group, CEFE-CNRS, Montpellier; France. Correspondencia: mariad.carbonero@juntadeandalucia.es

RESUMEN

Los bosques mediterráneos serán afectados por el cambio climático, que provocará modificaciones en el crecimiento y desarrollo fenológico de muchas especies. En este contexto algunas prácticas de manejo podrían fortalecer la resiliencia de estos sistemas a la sequía. Este estudio analiza el efecto de una sequía a largo plazo sobre la fenología primaveral de la encina y si un aclareo del bosque podría mitigar sus efectos. El ensayo se realizó en el bosque de Puechabon (Montpellier, Francia). En 2003, se establecieron 4 tratamientos en parcelas de 120 m²: control, aclareo (-30% cobertura basal), sequía (-30% precipitación) y un tratamiento combinado de sequía y aclareo. En la primavera de 2014 se analizó el desarrollo foliar y floral de la encina. La sequía retrasó el inicio de la brotación y afectó también a de la floración masculina y algo menos a la femenina, mientras que el aclareo mitigó sus efectos al adelantarlas y favorecer el desarrollo completo de la hoja. La sequía indujo brotes productivos más cortos y finos frente al aclareo aunque en fases tempranas no afectó significativamente al peso de la bellota.

Palabras clave: *Quercus ilex*, cambio climático, crecimiento

SUMMARY

Mediterranean forests will be greatly affected by climate change, which is expected to have impacts on the timing of some phenological events. In this context, management practices could improve ecosystem resilience to disturbances. This study tested the effects of an experimental drought on holm oak phenology and how thinning can mitigate its effects. The study was performed in the Puéchabon Forest (Montpellier, France), using 4 experimental treatments: control (C), thinning (T, -30% basal area), drought (D, -30% precipitation) and drought + thinning (DT). Plots are part of the ExpeER European infrastructure. We analyzed leaf development and flowering in spring of 2014. Leaf development and, to a lesser extent, male and female flowering were delayed by drought. However, thinning mitigated drought effects. Moreover, drought led to shorter and thinner stems with respect to thinning plot, although in early stages, this did not seem to affect the acorn weight.

Key words: *Quercus ilex*, climate change, growth

INTRODUCCIÓN

La encina es la especie de *Quercus* más común del mediterráneo formando parte de muchas formaciones forestales y agroforestales de alto valor natural (dehesas, encinares, rebollares, etc.). Éstas, además de albergar importantes valores ambientales, contribuyen al mantenimiento de la economía en las áreas en las que se enclavan, frecuentemente caracterizadas por sus limitaciones productivas y un escaso tejido industrial (Blanco *et al.*, 2001). La producción de bellota juega un

papel fundamental en estos ecosistemas contribuyendo a la alimentación del ganado y la fauna silvestre, y al mantenimiento de la regeneración del arbolado. Sin embargo estos ecosistemas se verán fuertemente afectados por el cambio climático en forma de incremento de las temperaturas, descenso anual de las precipitaciones, y un aumento de la frecuencia de eventos climáticos extremos. Estas nuevas condiciones afectarán a la fenología y al crecimiento, y por tanto a la supervivencia, reproducción y competencia interespecífica de las especies vegetales (Misson *et al.*, 2011). Así el aumento de las temperaturas ha aumentado el periodo vegetativo y ha adelantado la maduración de las semillas (Peñuelas *et al.*, 2002), mientras que la sequía ha retrasado las brotaciones y dificultado un completo desarrollo de los brotes (Misson *et al.*, 2011). En este escenario, algunas prácticas de manejo del arbolado podrían mejorar la resiliencia a la sequía y contribuir a mitigar los efectos del cambio climático (Sánchez-Humanes y Espelta, 2011).

Así pues, en este trabajo se analiza el efecto de una sequía a largo plazo sobre el desarrollo de la encina en primavera y si un aclareo del bosque podría contribuir a mitigar su efecto. Para ello, se realiza el seguimiento de parámetros relacionados con el desarrollo fenológico (brotes foliares, flores masculinas, flores femeninas) y otros estructurales (brotes, hojas, tallos y la relación entre parámetros vegetativos y el fruto).

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo fue realizado en la Reserva Nacional de Puechabon (Montpellier, Francia). Tradicionalmente este bosque se manejó mediante cortas en rotaciones largas, aunque desde 1942 ningún tratamiento selvícola ha sido realizado. Actualmente la vegetación arbórea está constituida por una densa cobertura arbórea de encinas (6500 pies ha⁻¹). El clima es mediterráneo con inviernos fríos y húmedos, y veranos templados y secos ($P_{media} = 901$ mm y $T_m = 13,1^\circ$). El suelo es somero con alta rocosidad y pedregosidad, calizo y con un alto contenido en arcilla (Rodríguez-Calcerrada *et al.*, 2011).

En 2003 se inició un ensayo a largo plazo para evaluar el efecto de la sequía y del manejo sobre el bosque mediterráneo. Cuatro tratamientos en parcelas de 12*10 m fueron establecidos: Control, Aclareo, Sequía y una combinación de Sequía y Aclareo. El tratamiento Sequía redujo la precipitación en un 30% respecto al Control mediante la instalación de tuberías partidas de PVC bajo la copa (Limousin *et al.*, 2008). El Aclareo eliminó un 30% del total de la biomasa existente. Actualmente estas parcelas forman parte de ExpeER European Infrastructure, estando manejadas por el FORECAST group del CEF/CNRS de Montpellier.

Dentro de cada tratamiento se seleccionaron 6 árboles y 5 brotes por árbol localizados en la parte superior de la copa. En cada brote se hizo un seguimiento semanal a la fenología foliar, floración masculina y femenina (Gómez-Casero *et al.* 2007) de marzo a junio de 2014. El periodo analizado se caracterizó por presentar valores suaves de temperatura y precipitaciones próximas a las medias (Ourcival, comunicación personal). Así, para la fase de foliación se distinguieron 8 fenofases: (1) yemas cerradas; (2) yemas hinchadas; (3) catáfilos en crecimiento; (4) primeras hojas visibles; (5) hojas desplegándose <1cm; (6) hojas casi desplegadas de 1-2cm; (7) hojas con tamaño definitivo de color verde claro; (8) hojas con tamaño definitivo de color verde oscuro. Para la fase de floración masculina se diferenciaron 4 fenofases: (1) yemas hinchadas; (2) amentos colgantes sin polen; (3) amentos colgantes con polen; (4) senescencia de los amentos. Finalmente para la fase de floración femenina consideramos 3 fenofases: (1) flor con menos de 2 mm; (2) floración plena estigmas bien visibles; (3) pérdida de receptividad, comienza la formación del fruto. Además en cada brote y fecha de muestreo se anotó el número de flores femeninas. Una vez finalizado el crecimiento de primavera (julio de 2014) y para cada árbol, se recogieron 3 brotes emitidos durante la primavera

y que fueran portadores de bellota. A cada uno de ellos se midió el diámetro en la base y su longitud, y una vez secados en estufa durante 48 horas a 65°C, se pesaron las diferentes fracciones obtenidas: hojas, tallo y fruto.

Para cada fecha se comparó el desarrollo foliar, y de floración masculina y femenina mediante la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), tomando como factor los diferentes tratamientos. Para ello a cada fenofase se le asoció su valor numérico ordinal correspondiente. También en relación al desarrollo fenológico se analizó el número de brotes por árbol que consiguen finalizar su desarrollo foliar, así como el número de brotes con presencia de flores masculinas y femeninas y el número de flores femeninas por árbol según tratamiento mediante un ANOVA. En los casos en los que se observaron diferencias significativas se utilizó el test de Tukey ($p < 0,05$) para establecer grupos homogéneos. El efecto del tratamiento sobre la morfología del brote con fruto desarrollado en primavera se comprobó mediante este mismo procedimiento. Finalmente se chequearon las relaciones entre las variables morfológicas del brote y la producción de bellota en ese mismo brote mediante el coeficiente de correlación de Spearman ($p < 0,05$). Los análisis fueron realizados con el programa Statistica 8.

RESULTADOS

La fenología foliar varía entre tratamientos presentando la parcela en sequía un desarrollo más retrasado a partir del día 104 (Figura 1). Aunque sin diferencias significativas (para $p < 0,05$), en sequía existe un bajo número de brotes (22,5%) que se desarrollan por completo (Tabla 1). En una situación intermedia se encuentra la parcela con tratamiento combinado (aclareo+sequía) que aunque inicia su desarrollo más tardíamente que los tratamientos que no incluyen sequía, muestra valores finales similares a ellos, que mantienen valores parecidos a lo largo de todo el periodo. El desarrollo de la flor masculina es algo más temprano para el tratamiento aclareo (con diferencias significativas a partir de la fecha 111) (Figura 1), aunque prácticamente todos los brotes con flor masculina completan su desarrollo en todos los tratamientos. Tampoco se observan diferencias entre tratamientos para el número de brotes con presencia de flor masculina (Tabla 1). En cuanto a la floración femenina, el tratamiento más adelantado es el aclareo, aunque prácticamente todos los brotes logran completar el desarrollo en todos los tratamientos (Figura 1). También es este el tratamiento con mayor número de brotes y de flores femeninas, mientras que el tratamiento sequía es el que consigue valores menores, encontrándose el resto en una situación intermedia aunque sin diferencias significativas (Tabla 1).

En cuanto a la morfología del brote productivo, encontramos los mayores diámetros para el tratamiento aclareo, y también para longitudes y peso seco del tallo, aunque para estos dos últimos sin diferencias significativas respecto al control. Sin embargo, los tratamientos que incluyen la sequía alcanzan los menores valores en estas variables (Tabla 2). En esta fase de desarrollo no se encuentran diferencias entre tratamientos para el peso de los frutos aunque sí se han encontrado correlaciones significativas ($p < 0,05$) entre esta variable con el diámetro ($r_s = 0,34^*$), longitud ($r_s = 0,63^*$), peso del tallo ($r_s = 0,62^*$) y peso total de las hojas ($r_s = 0,32^*$).

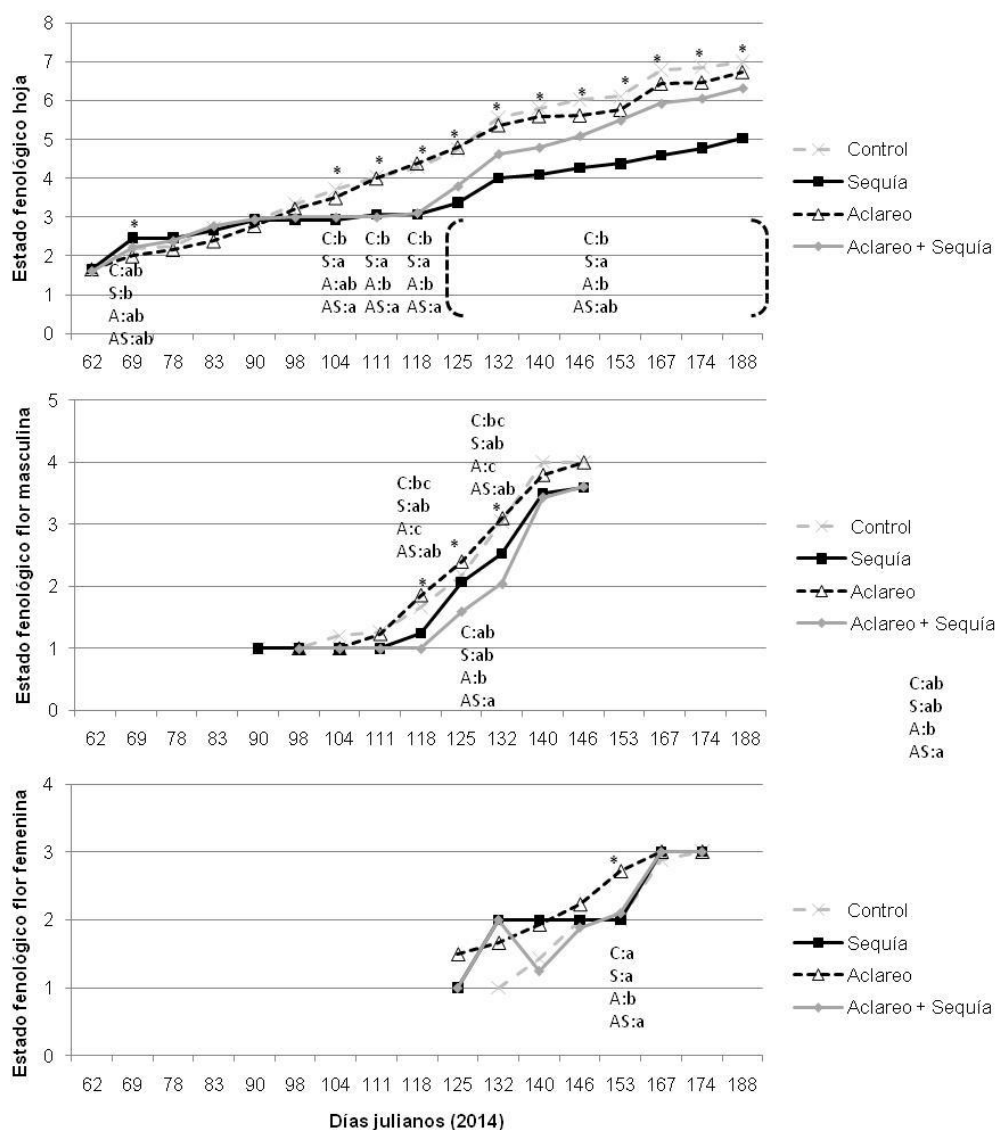


Figura 1. Seguimiento del estado fenológico de la hoja, flor masculina y flor femenina de la encina (valores medios) según tratamiento (C, S, A, AS). Letras diferentes indican diferencias entre tratamientos (Kruskall Wallis). El ensayo se extendió de enero a junio de 2014.

Tabla 1. Número de brotes por árbol que se desarrollan por completo, número de brotes por árbol con presencia de flores masculinas y femeninas y número de flores femeninas por árbol según tratamiento. En la última fila se indican estadísticos para el análisis de la varianza. DT: Desviación típica. %: Porcentaje total de brotes que se desarrollan por completo; g.l.=23.

Tratamientos	Nº de brotes desarrollados por completo			Nº de brotes con flor masculina		Nº de brotes con flor femenina		Número de flores femeninas por árbol	
	Media	DT	%	Media	DT	Media	DT	Media	DT
Control	3,7	2,0	73,3	3,7	2,2	1,3	1,0	2,2	1,8
Sequía	1,1	1,0	22,5	3,6	2,0	0,6	1,2	1,1	2,5
Aclareo	3,7	2,2	73,3	3,0	2,4	2,3	1,8	5,5	3,9
Aclareo + Sequía	2,5	2,7	50,0	3,8	1,6	1,2	1,6	2,5	3,3
	F=2,62; p=0,08			F=0,19; p=0,90		F=1,71; p=0,19		F=2,65; p=0,07	

DISCUSIÓN

El retraso en el desarrollo foliar propiciado por la sequía ha sido citado en estudios anteriores como Misson *et al.* (2011) que también resaltan un mayor efecto de la sequía sobre la fenología foliar que sobre las floraciones, por el gran requerimiento de agua que requiere la expansión de la hoja. Limousin *et al.* (2009) indican que el retraso del desarrollo foliar en situaciones de sequía responde a una estrategia para limitar la evapotranspiración a través de la disminución de área foliar. En este sentido podría explicarse los valores intermedios encontrados para el tratamiento aclareo y en sequía. En cambio, la floración masculina se ve escasamente afectada por la sequía, probablemente por acaecer en una época con menor estrés hídrico y requerir menores recursos que el desarrollo foliar (Misson *et al.* 2011). El mayor adelantamiento de la floración masculina mediante el aclareo podría explicarse por la mayor cantidad de luz y temperatura que favorece la poda (Peñuelas *et al.* 2002), y que mitiga parcialmente el retraso causado por la sequía. También mejora el aclareo, el número de flores femeninas ($p < 0,1$), lo que puede achacarse a un uso más eficiente de los recursos (Rodríguez-Calcerrada *et al.*, 2011). Este aclareo también mejora el diámetro de los brotes habiendo sido relacionado también con la ocurrencia de un mayor peso de fruto y por tanto con una mejor nutrición del mismo (Hoch *et al.*, 2013). Sin embargo, este efecto positivo del aclareo sobre los brotes no se mantiene en un contexto de sequía (Tabla 2).

Tabla 2. Diámetro, longitud, peso seco de las hojas, tallo y bellotas contenidas en el brote emitido durante la primavera de 2014 bajo diferentes tratamientos. Diferentes letras indican diferencias significativas según el test post-hoc de Tukey ($p < 0,05$). El muestreo se realizó una vez finalizado el crecimiento primaveral. DT: Desviación típica; g.l.=71.

Tratamientos	Diámetro (mm)		Longitud (mm)		Peso tallo (g)		Peso hojas (g)		Peso bellota (g)	
	Media	DT	Media	DT	Media	DT	Media	DT	Media	DT
Control	2,00 ab	0,36	41,72 b	19,22	0,09 bc	0,06	0,37 b	0,19	0,20	0,14
Sequía	1,83 ab	0,17	22,98 a	6,43	0,05ab	0,02	0,24 ab	0,16	0,11	0,06
Aclareo	2,02 b	0,21	46,56 b	22,62	0,11 c	0,06	0,34 ab	0,15	0,24	0,17
Aclareo + Sequía	1,74 a	0,27	17,86 a	11,53	0,03 a	0,03	0,17 a	0,19	0,14	0,20
	F=3,7; p=0,02		F=9,8; p<0,01		F=7,7; p<0,01		F=3,5; p=0,02		F=2,0; p=0,13	

CONCLUSIONES

La sequía retrasa la fenología foliar y la floración masculina, y sólo en algunos momentos afecta a la femenina, mientras que el aclareo parece mitigar estos efectos negativos. El aclareo además incrementa el diámetro y en menor medida la longitud y peso del brote primaveral, aunque este efecto no se detecta en un contexto de sequía.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el EU 7th Framework ExpeER, y los proyectos RTA2014-00063-C04-02 y RTA2014-00063-C04-03 del MEC (Fondos INIA y FEDER). El contrato postdoctoral de M.D. Carbonero está financiado por el programa operativo FSE de Andalucía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Blanco E., Casado M.A., Costa M., Escribano R., García M., Génova M., Gómez A., Moreno J.C., Morla C., Regato P., Sainz H. (2001) *Los bosques ibéricos*. Barcelona, España: Ediciones Planeta.

- Gómez-Casero M.T., Galán C. y Domínguez E. (2007) Flowering phenology of mediterranean *Quercus* species in different locations (Córdoba, sw Iberian Peninsula). *Acta Botanica Malacitana*, 32, 127-146.
- Hoch G., Siegwolf R.T.W., Keel S.G., Körner C. y Han Q. (2013) Fruit production in three masting tree species does not rely on stored carbon reserves. *Oecologia*, 171, 653–662
- Limousin J.M., Rambal S., Ourcival J.M., Rocheteau A., Joffre R. y Rodríguez-Cortina R. (2008) Long term transpiration change with rainfall decline in a Mediterranean *Quercus ilex* forest. *Global Change Biology*, 15, 2163-2175.
- Misson L., Degueldre D., Collin C., Rodriguez R., Rocheteau A., Ourcival J.M. y Rambal S. (2011) Phenological responses to extreme droughts in a Mediterranean forest. *Global Change Biology*, 17, 1036-1048.
- Peñuelas J., Filella I. y Comas P. (2002) Changed plant and animal life cycles from 1952 to 2000 in the Mediterranean región. *Global Change Biology*, 8, 531-544.
- Rodríguez-Calcerrada J., Pérez-Ramos I.M., Ourcival J.M., Limousin J.M., Joffre R. y Rambal S. (2011) Is selective thinning an adequate practice for adapting *Quercus ilex* coppices to climate change? *Annals of Forest Sciences*, 68, 575–585.
- Sánchez-Humanes B. y Espelta J.M. (2011) Increased drought reduces acorn production in *Quercus ilex* coppices: thinning mitigates this effect but only in the short term. *Forestry*, 84, 73-82.

PASTOREO DEL SOTOBOSQUE CON OVINO DE RAZA RIPOLLESA PARA LA PREVENCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES

M. FARRÉS CID, J. BARTOLOMÉ FILELLA

Facultad de Veterinaria. Universidad Autónoma de Barcelona. 08193 Bellaterra (España).
Correspondencia: mariafarrescid@gmail.com

RESUMEN

En este estudio se ha analizado la composición de la dieta de ovejas de raza ripollesa en pastoreo extensivo del sotobosque durante todo el año. Se trata de un ensayo diseñado para estudiar la posible reducción de la carga de combustible en bosques mediterráneos mixtos de *Pinus halepensis* y *Quercus ilex* por consumo de ganado ovino. La composición de la vegetación disponible se determinó mediante transectos lineales de cobertura y la composición de la dieta de las ovejas a partir de análisis microhistológicos de muestras fecales. Los resultados mostraron que las especies leñosas representan algo más de la mitad de la dieta ovina y esta proporción se mantiene a lo largo del año. Las gramíneas aumentan su representación en otoño hasta más de una tercera parte de la dieta, mientras que en este mismo periodo, las otras herbáceas presentan su valor mínimo. Se concluye que el pastoreo con ganado ovino, al incorporar una gran proporción de leñosas en la dieta, podría ser una buena herramienta para la reducción de la carga combustible del sotobosque.

Palabras clave: Ramoneo, ovejas, pastoreo extensivo, *Pinus halepensis*, *Quercus ilex*

SUMMARY

The dietary content of Ripollesa sheep in extensive grazing of understory throughout the year was studied. This experiment is designed to reduce fuel in Mediterranean mixed forests of *Pinus halepensis* and *Quercus ilex*. Vegetation availability was determined using linear transects of coverage and diet composition from microhistological analyses of fecal samples. The results showed that woody species represent just over half of the diet and this amount is maintained throughout the year. Grasses increase their representation in autumn to more than a third of the diet, while in this same period herbaceous plants are at their minimum value. It is concluded that sheep can be considered a good tool to reduce the fuel load of the undergrowth.

Key words: forest fires, sheep, extensive, *Pinus halepensis*, flammable vegetation

INTRODUCCIÓN

El silvopastoralismo permite compatibilizar la ganadería extensiva con la gestión forestal. La sinergia entre ambas actividades puede contribuir a disminuir el riesgo de incendios forestales (Etienne, 1996), aumentar la biodiversidad, contribuir al mantenimiento de repoblaciones, incrementar el crecimiento del arbolado y mejorar la fertilidad del terreno (Espelta y Trias, 1997).

El ganado bovino y el equino presentan mayor simplicidad de manejo para pastar en zonas de bosque que otros, ya que el cierre perimetral se garantiza solo con hilo eléctrico. Sin embargo, el uso del ganado ovino y caprino requiere de la presencia de un pastor o una alta inversión en cercados (Taull y Alibés, 2009). Estas serían algunas de las razones por las cuales hay pocos estudios sobre silvopastoralismo con ovejas y aun menos sobre el pastoreo con ovejas para la prevención

de incendios forestales (Bartolomé, 2014). El objetivo de este trabajo fue determinar el consumo de las especies del sotobosque por parte de las ovejas en un bosque mixto de pino y encina, asumiendo que un mayor consumo de leñosas podría disminuir la carga combustible.

MATERIAL Y METODOS

El estudio se ha realizado en un bosque mediterráneo de *Pinus halepensis* y *Quercus ilex*, situado en la comarca del Pla de l'Estany en Girona (Catalunya). La zona donde se llevó a cabo el estudio tiene 2,55 ha y está cerrada con tela metálica e hilo eléctrico. En su interior se encuentran dos superficies no arboladas de 2059,75 y 1078,51 m². Un año antes de la entrada de los animales se realizó un desbroce mecánico del sotobosque para facilitar el acceso a los animales.

Al inicio del ensayo se permitió la entrada de un rebaño de ganado ovino de raza Ripollesa que constaba de 10 ovejas y un carnero, de dos años de edad. El ensayo se mantuvo desde octubre de 2015 hasta agosto de 2016. En este tiempo nacieron 23 corderos que se sacrificaron a los 3 meses de edad. Los animales no recibieron ningún suplemento nutricional. La carga ganadera fue de 4,3 ovejas por hectárea, considerada alta si la comparamos con rebaños que tradicionalmente pastorean en bosques mediterráneos (Bartolomé *et al.*, 1998).

Para determinar la composición de la vegetación disponible se empleó la metodología de Cummings and Smith (2000) en tres transectos paralelos de intercepción lineal de 100m de longitud y con 30m de distancia entre ellos. Estos transectos se repitieron en cada estación del año. La composición botánica de la dieta se determinó a partir de un análisis microhistológico de las heces (Stewart, 1967). Previamente se confeccionó un atlas de referencia de las epidermis vegetales de las especies presentes en el sotobosque. Las heces se recolectaron de 4 animales distintos, dos veces en cada estación del año (al principio y final de la estación). Para cada muestra de cada animal se realizaron dos preparaciones microscópicas y en ellas se contabilizaron 200 fragmentos epidérmicos que fueron identificados. Para el tratamiento de los datos, se agruparon las especies que no alcanzaron más de un cinco por ciento de representación en la dieta o en la vegetación en alguna estación del año.

Para determinar el efecto de la estación del año en el consumo de especies se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) seguido de un test de Fisher PLSD para determinar las diferencias entre estaciones. Para comparar la similitud de la dieta con la disponibilidad de la vegetación se empleó la correlación de Spearman.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el sotobosque se encontraron 17 especies leñosas que totalizan una cobertura relativa de entre un 67% y un 78%, siendo la más abundante *Smilax aspera*, con 25-30% de cobertura durante todo el año. Las gramíneas, con un 15-20% de cobertura, estuvieron dominadas por el género *Brachypodium* y las herbáceas no gramíneas, con un 7-13% de cobertura, por *Rubia peregrina*.

En este estudio se ha observado que el ganado ovino es capaz de sobrevivir y producir en un sotobosque mediterráneo sin suplementación alimentaria. En cuanto a la composición de su dieta, se muestra en la Tabla 1. Se observan diferencias significativas entre estaciones para la mayoría de los componentes de la dieta, seguramente debidas a las diferencias de disponibilidad o palatabilidad ($P < 0.05$). La especie más frecuente en las heces fue *Quercus ilex*. Su disminución en otoño puede atribuirse a que en esta época los animales consumen más frutos que hojas y las bellotas no se detectan en el análisis microhistológico. Sin embargo, para el total de leñosas no se observan

variaciones estacionales significativas. La dieta del rebaño contiene más de la mitad de especies leñosas durante todo el año. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Bartolomé *et al.* (1998) en encinares mediterráneos de montaña y refuerzan la tesis de que las ovejas son una buena opción para reducir el componente leñoso del sotobosque. El hecho de que el contenido total de leñosas se mantenga durante todo el año contrasta con los resultados de Bartolomé (2014) en bosques mixtos de pino silvestre y roble, donde el mayor consumo de leñosas se daba en las épocas desfavorables (verano e invierno). También Papachristou y Nastis (1993) observan un mayor consumo de arbustivas mediterráneas en invierno, cuando la disponibilidad de recursos se limita a estas especies. Estos resultados indican que el uso de este tipo de ganado para prevención de incendios debe adaptarse a cada tipo de vegetación.

El consumo de gramíneas es también importante durante todo el año, representando alrededor de un tercio de la dieta y significativamente más elevado en otoño. Considerando que la gramínea dominante es el lastón (*Brachypodium retusum*), altamente inflamable (Elvira y Hernando, 1989), su elevado consumo contribuiría a la reducción del combustible fino del sotobosque.

Tabla 1. Composición de la dieta de ovejas en pastoreo bajo un bosque mixto de pino carrasco y encina.

	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
<i>Hedera helix</i>	2,2 ± 0,5 b	3,6 ± 0,7 b	7,4 ± 0,7 a	6,7 ± 1,0 a
<i>Quercus ilex</i>	28,6 ± 2,2 a	23,6 ± 1,2 a	15,7 ± 1,0 b	25,5 ± 1,3 a
<i>Smilax aspera</i>	1,7 ± 0,6 d	3,0 ± 0,6 c	9,0 ± 0,9 a	6,2 ± 0,6 b
Otras leñosas*	23,2 ± 1,5 a	20,9 ± 1,7 ab	19,6 ± 1,8 ab	17,7 ± 1,7 b
TOTAL LEÑOSAS	55,9 ± 1,8	51,1 ± 1,7	51,7 ± 1,9	56,2 ± 1,6
<i>Rubia peregrina</i>	6,2 ± 0,6 c	15,7 ± 1,2 a	9,0 ± 1,1 bc	10,6 ± 1,3 b
TOTAL	14,0 ± 1,0 a	15,7 ± 1,2 a	11,6 ± 1,4 b	13,5 ± 1,3 ab
TOTAL GRAMINEAS	30,1 ± 1,3 b	33,1 ± 1,0 ab	36,6 ± 2,3 a	30,2 ± 1,6 b

Distintas letras dentro de una misma fila indican diferencias significativas entre estaciones (nivel de significación del 5% en el test de Fisher PLSD).

*Otras leñosas: *Rubus ulmifolius*, *Erica multiflora*, *Osiris alba*, *Ligustrum vulgare*, *Euphorbia falcata*, *Asparagus acutifolius*, *Rosmarinus officinalis*, *Juniperus communis*, *Ulex parviflorus*, *Pistacea lentiscus*, *Ruscus aculeatus*

** No se incluyen las gramíneas

La Tabla 2 muestra los valores de la correlación de Spearman entre la composición de la vegetación y la composición de la dieta de las ovejas. Se observa una correlación significativa en todas las estaciones del año ($p < 0.05$). El coeficiente de correlación (ρ) es más elevado en otoño, indicando que en este período los animales seleccionan poco su dieta ya que su composición se parece mucho a la composición de la vegetación. Teniendo esto en cuenta, el pastoreo en otoño tendría un efecto más proporcional a la disponibilidad de las especies que el resto del año. En cambio, en las otras estaciones la correlación es baja, lo cual indicaría un cierto grado de preferencia o rechazo por algunos componentes de la vegetación.

Tabla 2. Valores de la correlación de Spearman entre la vegetación y la dieta de las ovejas para cada estación del año.

Estación	Rho	p-value
OTOÑO	0,736	0,0013
INVIERNO	0,596	0,0093
PRIMAVERA	0,488	0,0333
VERANO	0,590	0,0102

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos se puede concluir que con una carga ganadera alta y un desbroce previo del matorral el consumo de leñosas es abundante durante todo el año. Además, el consumo regular de gramíneas, consideradas como combustible fino del sotobosque, añade interés al potencial que tiene la raza Ripollesa como herramienta para la prevención de incendios forestales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bartolomé J. (2014) *Control del sotobosque mediante pastoreo con ovino en un bosque mixto de pino silvestre y roble*. 53a Reunión científica de la SEEP. Pastos y PAC 2014-2020.
- 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), 383-391.
- Cummings J. y Smith D. (2000). *The Line-Intercept Method: A Tool for Introductory Plant Ecology Laboratories*. En: S.J. Karcher (ed) *Tested studies for laboratory teaching*. 22, 234-246. Clemson, EEUU: ABLE.
- Espelta J.M. y Trias A. (1997) El silvopastoralisme en la gestió del bosc mediterrani. *Silvicultura*. 17, 8-9.
- Étienne M. (1996) *Western european silvopastoral systems*. INRA Editions. France
- Elvira L.M. y Hernando C. (1989) *Inflamabilidad y energía de las especies de sotobosque: estudio piloto con aplicación a los incendios forestales*. Colección Monografías Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA), pp. 99. Madrid, España.
- Papachristou T.G. y Nastis A.S. (1993) Diets of goats grazing oak shrublands of varying cover in northern Greece. *Journal of Range Management*. 46, 220-226
- Stewart, D.R.M (1967) Analysis of plant epidermis in faeces: a technique for studying the food preferences of grazing herbivores. *Journal of Applied Ecology*. 4, 83-111
- Taull M. y Alibés N.M. (2009) *Aprofitament ramader d'una finca forestal: gestió de l'arbre, el sotabosc i les zones adevesades en l'explotació ramadera extensiva*. XXVI Emiligarolera. Jornada 6. 54-58

RENDIMIENTO DE PASTOS EN SISTEMAS SILVOPASTORALES CON DIFERENTES DENSIDADES ARBÓREAS EN LA REGIÓN TROPICAL HÚMEDA DE MÉXICO

J. NAHED-TORAL¹, E. GUZMÁN¹, D. GRANDE CANO², J.B. SÁNCHEZ-MUÑOZ³

¹Departamento de Agricultura Sociedad y Ambiente. El Colegio de la Frontera Sur. 29290, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas (México). ²Área de Sistemas de Producción Agropecuarios. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. 09340, Ciudad de México (México). ³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Chiapas. 29000, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (México).
Correspondencia: ifig@xanum.uam.mx

RESUMEN

En los sistemas silvopastorales (SSP) la sombra de los árboles es un factor limitante en la producción de los pastos, los cuales responden de diferente manera a los cambios en la intensidad de la sombra. El objetivo del trabajo fue evaluar el rendimiento de pastos de unidades de producción (UP) con diferentes densidades arbóreas en SSP de la región tropical húmeda de México. El estudio se desarrolló en 25 UP con tres densidades arbóreas (baja 1-10; media 11-49 y alta ≥ 50 árboles/ha), en las que se evaluaron los cuatro pastos más representativos de la zona: *Cynodon nlemfluensis*, *Brachiaria brizantha*, *Pennisetum merkeri* y *Panicum maximum* cv Mombaza. Se realizaron muestreos durante las tres principales épocas de producción de forraje en la región. Se registró la tendencia general de reducción del rendimiento de MS en las UP con densidades medias y altas comparadas con la densidad baja, sin diferencias estadísticas; los rendimientos totales en los cuatro pastos fueron de 18,8-31,3, 12,5-22,1 y 14,7-32,1 t MS/ha/año para las densidades baja, media y alta, respectivamente, sin diferencias estadísticas. Se concluyó que las tres densidades de árboles no afectaron negativamente los rendimientos totales de los cuatro pastos evaluados.

Palabras clave: producción, materia seca, cobertura arbórea, trópico

SUMMARY

In silvopastoral systems (SPS), tree shade is a limiting factor in pasture production, which responds differently to changes in shading intensity. The objective of this work was to evaluate the yield of pastures in production units (PU) with different tree densities in SSP of the tropical humid region of Mexico. The study was carried out in 25 PU with three tree densities (low 1-10, medium 11-49 and high ≥ 50 trees/ha), in which the four most representative grasses of the zone were evaluated: *Cynodon nlemfluensis*, *Brachiaria brizantha*, *Pennisetum merkeri* and *Panicum maximum* cv Mombaza. Sampling was carried out during the three main seasons of forage production in the region. There was a general tendency to reduce the yield of dry matter (DM) in PU with medium and high densities compared to low density, with no statistical differences; total yields in the four pastures were 18.8-31.3, 12.5-22.1 and 14.7-32.1 t DM/ha/year for low, medium and high densities respectively, with no statistical differences. It was concluded that the three tree densities did not significantly influence the total yields of the four pastures evaluated.

Keywords: production, dry matter, tree cover, tropic

INTRODUCCIÓN

En los SSP la sombra de los árboles provoca condiciones microclimáticas particulares en el ecosistema pasto, como reducciones en la temperatura del aire y del suelo, disminución en las tasas

de evaporación y conservación de un alto contenido de humedad del suelo. También se ha observado un mayor crecimiento de gramíneas forrajeras en respuesta a la sombra, el cual se ha asociado a un aumento en la disponibilidad de N para las plantas (Wong y Wilson, 1980).

El microclima generado por la sombra de los árboles y el aumento en la disponibilidad de N en el suelo también tienen incidencia en la calidad de las gramíneas (por ejemplo, el aumento en el contenido de proteína o la disminución de los carbohidratos no estructurales). Por otra parte, no ha habido consistencia en los resultados obtenidos con relación al efecto de la disminución de la radiación lumínica sobre el contenido y composición de los carbohidratos estructurales, la digestibilidad, el consumo y la palatabilidad del pasto que crece bajo la sombra (Fassbender, 1993).

El factor más limitante en la producción de los pastos en SSP es la intensidad de la sombra proporcionada por el componente arbóreo. La magnitud del efecto del sombreado depende de la especie herbácea, de la especie arbórea y de la densidad de árboles. La respuesta de las gramíneas a cambios en la intensidad de radiación difiere entre especies, porque no todas responden de igual forma a la sombra (Shelton *et al.*, 1987).

En los estudios realizados sobre los efectos de los árboles en la productividad de los pastos, muchos han resaltado efectos positivos sobre la productividad del estrato herbáceo (Durr y Rangel, 2002), mientras que en otros se han observado reducciones en la productividad de los pastos (Ribaski y Menezes, 2002). Lo anterior obedece a diferentes factores, entre los que la densidad y cobertura arbórea son algunos de los más importantes. De acuerdo a las anteriores consideraciones, el objetivo del trabajo fue evaluar el rendimiento de distintos tipos de pastos con diferentes densidades arbóreas en SSP de la región tropical húmeda de México.

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el ejido Emiliano Zapata, municipio de Tecpatán, en las montañas del Norte de Chiapas, en el sureste de México. La zona tiene una altitud de 360 m snm, topografía accidentada y algunas zonas semiplanas, con predominio de suelos fértiles. El clima en la región es cálido húmedo, temperatura media anual de 25°C y precipitación total de 2.500 mm; la vegetación original fue de selva alta, actualmente con una importante presencia de pastizales cultivados (INEGI, 2005).

En el estudio, realizado en 2010, se evaluó el rendimiento de materia seca (MS) en UP con los cuatro pastos cultivados introducidos más comunes en la zona: Estrella de África (*Cynodon nlemfluensis*), Insurgente (*Brachiaria brizantha*), Merkerón (*Pennisetum merkeri*) y Mombaza (*Panicum maximum* cv Mombaza).

De una lista inicial de 47 se seleccionaron 25 UP (nueve con pasto Estrella, nueve con Merkerón, cuatro con Mombaza y tres con Insurgente). Las UP seleccionadas incluyeron tres densidades arbóreas (densidad baja: 1-10, densidad media 11-49 y densidad alta 50 o más árboles/ha). En las UP había diversas especies arbóreas con diferentes alturas, características morfológicas y usos pertenecientes a distintas familias botánicas entre las que sobresalen *Diphysa robinoides*, *Guazuma ulmifolia*, *Gliricidia sepium*, *Erythrina* sp., *Cedrela odorata*, *C. alliodora* y *Tabebuia rosea*. La producción de los pastos (t MS/ha) en las UP se estimó mediante la realización de cinco muestreos, de abril a noviembre, que comprendieron las tres principales épocas de producción de los pastos en la región: seca (1 muestreo), lluvias (3 muestreos) y nortes (1 muestreo). Los muestreos se hicieron en fechas programadas de 45 días entre cortes, después de un corte de homogenización inicial.

En los muestreos realizados se realizó el corte del forraje, mediante la utilización de cuadros de 50 cm de lado (0,25m²). Las muestras de pasto cosechadas de los cuadros se pesaron en fresco y se secaron en estufa a 50°C durante 48 horas para obtener su contenido de MS. Los cuadros se tiraron al azar 30 veces en toda la extensión de la UP.

Los datos sobre los rendimientos de los pastos en las UP se examinaron mediante análisis de varianza de dos vías (pastos y densidades arbóreas). Para la diferencia entre medias se consideraron las comparaciones múltiples a partir de la diferencia mínima significativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los promedios de rendimiento de MS en los cinco muestreos realizados no mostraron diferencias significativas entre los cuatro pastos en las tres densidades arbóreas (F= 1.57, $p= 0.29$). Con excepción de *P. merkeri* en las UP con densidad arbórea alta, las tres restantes especies de pastos mostraron la tendencia a menores rendimientos de MS con las densidades medias y altas en comparación con las UP con densidad arbórea baja, sin diferencias significativas (F= 0.75, $p= 0.50$) (Figura 1).

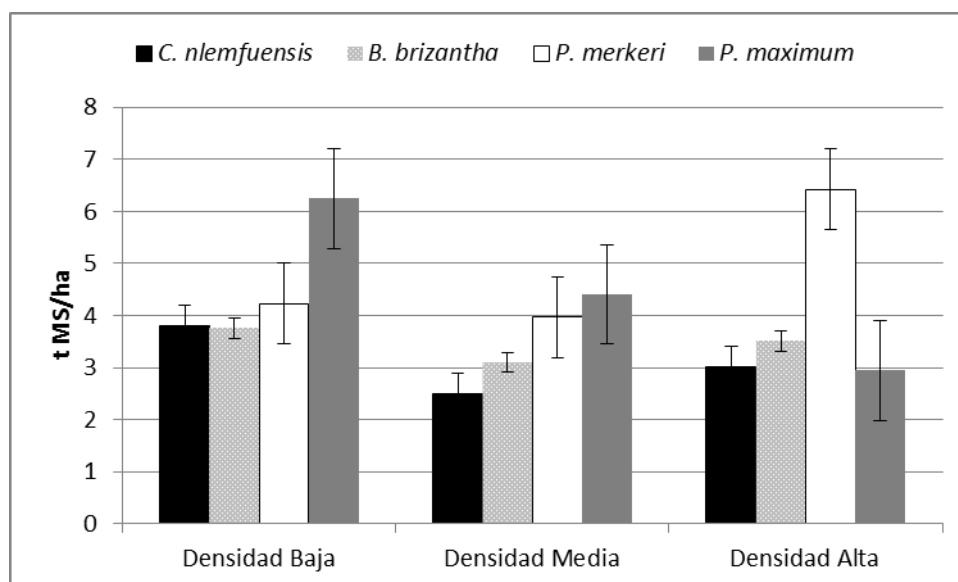


Figura 1. Rendimiento promedio de pastos tropicales en cinco muestreos en sistemas silvopastorales con diferentes densidades arbóreas.

La producción total de MS en las tres densidades arbóreas fueron de 12,5-19,0 en *C. nlemfuensis*, de 15,5-18,8 en *B. brizantha*, de 19,8-32,1 en *P. purpureum* y de 14,7-31,2 t MS/ha en *P. maximum*. De igual manera que en los promedios de rendimiento, no hubo diferencias significativas en la producción total de MS entre los cuatro pastos para ninguna de las tres densidades arbóreas (F= 1.57, $p= 0.29$). De manera similar, y también con la excepción de *P. merkeri* en la densidad alta, se observó la tendencia general de reducción del rendimiento total de MS en las UP con densidades medias y altas (promedios de 17,5 y 19,9 t MS/ha, respectivamente) comparadas con las UP con densidad baja (promedio de 22,6 t MS/ha), sin diferencias significativas (F= 0.75, $p= 0.50$). Aunque la presencia de árboles no afectó negativamente los rendimientos de MS de las cuatro especies de pastos, pueden tener una función importante al propiciar un microclima favorable para el crecimiento del componente herbáceo. De manera general, los rendimientos totales de MS de todos los pastos con las tres densidades arbóreas fueron bastante aceptables, considerando que no

se aplica fertilización química y solo reciben el estiércol y la orina de los animales durante el pastoreo. Dichos rendimientos de MS son acordes con los señalados para estas especies y sus variedades (Tropical Forages, 2005).

En los SSP desarrollados en la zona, los ganaderos realizan diversas prácticas encaminadas a hacer un uso integral y diversificado de los recursos y un calendario de manejo adaptado a la variabilidad de las condiciones ambientales. La ganadería está integrada a la producción agrícola y forestal por flujos de energía y circulación de materiales a través del abonado de cultivos con estiércol, la alimentación del ganado con residuos agrícolas y en unidades de pastoreo con árboles dispersos y también en áreas forestales, utilizados de forma alterna durante el ciclo anual. En estos sistemas, los ganaderos permiten la presencia de árboles sin comprometer la producción del pasto, como se demostró en esta investigación. Para lograr lo anterior, los productores manejan diferentes configuraciones de árboles con distintas densidades, composición y cobertura (Betancourt *et al.*, 2003).

La tendencia de mayores rendimientos de MS en las UP con menores densidades arbóreas también se encontró por Villanueva *et al.* (2008). En contraste, se debe considerar que aunque se han encontrado evidencias de que las coberturas arbóreas elevadas provocan la reducción de la producción de pasto y la carga animal, también pueden contribuir a reducir el estrés calórico e incrementar la producción animal (Souza de Abreu *et al.* 2000). Al respecto, se ha señalado que coberturas arbóreas de entre 20 y 32% incrementaron el período que los animales dedican al consumo (pastoreo y ramoneo), además de que se aumentó la producción de leche en la época seca (Betancourt *et al.*, 2003).

Las diferentes densidades arbóreas en las UP no mostraron un efecto adverso sobre la cobertura herbácea, como también se ha demostrado en otros estudios en zonas tropicales (Esquivel *et al.*, 2009; Martínez-Encino *et al.*, 2013). La baja influencia de las tres densidades de árboles en la cantidad total de forraje producido en las cuatro especies de pastos se puede explicar por diversos factores, y particularmente por la magnitud de las coberturas arbóreas y la tolerancia relativa a la sombra de los pastos estudiados. Considerando que los árboles dispersos en las UP de la región de estudio presentan comúnmente áreas de copa de 40 m² (Martínez-Encino *et al.*, 2013), las coberturas arbóreas para las densidades baja, media y alta en las UP evaluadas en este estudio fueron del orden de 2, 12 y 20%, respectivamente. Dichas coberturas no se alejan mucho de las indicadas por otros investigadores en estudios realizados en otras regiones tropicales (3-12%, Villanueva *et al.* 2003; 12-18%, Villacís *et al.*, 2003; 15%, Esquivel *et al.*, 2009).

De manera general, y en función de diversos factores, en los casos en que la cobertura arbórea favorece el rendimiento de los pastos, esto sucede hasta un cierto límite, cuando la producción de pasto empieza a declinar. Así, en el Pacífico central de Costa Rica se encontró que con una cobertura arbórea superior al 20% se deprimió la disponibilidad de pasto (Esquivel, 2007). Por otra parte, en pastos de *B. brizantha* se encontró que la inclusión de una cobertura arbórea moderada (<15%), compuesta por una mezcla heterogénea de especies de diferentes características, tamaños y formas de copa, favoreció la disponibilidad de MS (Esquivel *et al.*, 2009). También se ha considerado que en UP forrajera los pastos toleran densidades de 25 a 40 árboles/ha y rangos de 20 y hasta 30% de sombra sin afectar su productividad (Casasola *et al.*, 2005). En relación a su tolerancia a la sombra, los cuatro pastos evaluados tienen tolerancias moderadas (*C. nlemfuensis*, *B. brizantha* y *P. merkeri*) a relativamente altas (*P. maximum*) (Tropical Forages, 2005), lo que sin duda también favoreció los resultados obtenidos. La menor producción de *P. maximum* a mayores densidades arbóreas encontrada en este experimento podría explicarse por las pendientes medias a altas presentes en algunas de las UP.

Finalmente, además de que no hubo un efecto adverso significativo en el aporte de forraje en ninguna de las especies evaluadas, los árboles tienen una función importante al propiciar un microclima favorable para los pastos. Además, las densidades arbóreas medias ofrecen beneficios para la biodiversidad, sin afectar mayormente la producción de pastos (Brocque *et al.*, 2009).

CONCLUSIONES

En los SSP de la región tropical húmeda de México las densidades arbóreas de 1-50 árboles/ha no afectaron negativamente los rendimientos totales de MS de los pastos evaluados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Betancourt K., Ibrahim M., Harvey C.A. y Vargas B. (2003) Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 10(39-40), 47-51.

Brocque A. Le F., Goodhew K.A. y Zammit C.A. (2009) Overstorey tree density understory regrowth effects on plant composition stand structure and floristic richness in grazed temperate woodlands in eastern Australia. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 129, 17-27.

Casasola F., Ibrahim M. y Barrantes J. (2005) Los árboles en los potreros. Serie Cuadernos de Campo. Proyecto enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas. Banco Mundial y CATIE. Managua, Nicaragua. 19 p.

Durr P. y Rangel J. (2002) Enhanced forage production under *Samanea saman* in a subhumid tropical grassland. *Agroforestry Systems*, 54, 99–102.

Esquivel H. (2007) Tree resources in traditional silvopastoral systems and their impact on productivity and nutritive value of pastures in the dry tropics of Costa Rica. PhD. Thesis. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 161 p.

Esquivel H., Ibrahim M., Harvey C.A. y Benjamin T. (2009) Árboles dispersos en potreros y su efecto en la disponibilidad y composición de la pastura. Memorias del II Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos, en camino hacia núcleos de ganadería y bosques. Noviembre 3, 4 y 5. Morelia y Tepalcatepec, México. Fundación Produce Michoacán, Universidad Autónoma de Yucatán.

Fassbender H. (1993) Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. Turrialba, CR, CATIE. 491 p.

INEGI. (2005) Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. VII Censo Agrícola y Ganadero. México.

Martínez-Encino C., Villanueva-López G. y Casanova-Lugo F. (2013). Densidad y composición de árboles dispersos en potreros en la Sierra de Tabasco, México. *Agrociencia*, 47, 483-496.

Ribaski J. y Menezes E. (2002) Disponibilidad y calidad del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) en un sistema silvopastoril con algarrobo (*Prosopis juliflora*) en la región semi-árida Brasileña. *Agroforestería en las Américas*, 9(33-34), 8-18.

Shelton M., Humphreys R. y Batello C. (1987) Pastures in the plantations of Asia and the Pacific: performance and prospect. *Tropical Grasslands*, 21(4), 159-168

Souza de Abreu M., Ibrahim M., Harvey C. y Jiménez F. (2000) Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de La Fortuna de San Carlos, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 7(26), 53-56.

Tropical Forages. (2005) Tropical Forages Factsheets. Tropical Forages: An interactive selection tool. V. 1.1. Recuperado de: <http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/index.htm> Fecha de consulta: 10 enero 2017.

Villacís J., Harvey C.A., Ibrahim M. y Villanueva C. (2003). Relaciones entre la cobertura arbórea y el nivel de intensificación de las fincas ganaderas en Río Frío, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 10(39-40), 17-23.

Villanueva C., Ibrahim M., Harvey C. y Esquivel H. (2003). Tipologías de fincas con ganadería bovina y cobertura arbórea en pasturas en el trópico seco de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 10 (39-40), 9-16.

Villanueva C., Ibrahim M., Ríos J. y Suárez J.C. (2008) Disponibilidad de *Brachiaria brizantha* en potreros con diferentes niveles de cobertura arbórea en el trópico subhúmedo de Costa Rica. *Zootecnia Tropical*, 26(3), 293-296.

Wong C. y Wilson J. (1980) The effect of shade on the growth and nitrogen content of green panic and siratro in pure and mixed swards defoliated at two frequencies. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne 31, 269-285.

FLUJOS DE CO₂ DEL SUELO EN SISTEMAS SILVOPASTORALES DE LA SIERRA DE GUADARRAMA

R.M. INCLÁN CUARTAS¹, T. MARTÍNEZ MARTÍNEZ², C. YAGÜE ANGUIS³, D. MANRIQUE PEREZ¹, A. HUIDOBRO RUIZ⁴, J.J. URQUÍA GARCÍA²

¹Centro de Investigaciones energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT). Avenida Complutense 40. 28040-Madrid (España). ²Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural Agrario (IMIDRA). El Encín, Apdo 127. Alcalá de Henares, Madrid (España). ³Facultad de Ciencias Físicas. Universidad Complutense de Madrid. ⁴Patrimonio Nacional. Área de Jardines y Montes. C/Bailén s/n- 28071, Madrid (España).

Correspondencia: rm.inclan@ciemat.es

RESUMEN

Se muestran los resultados preliminares de medidas de flujos de CO₂ del suelo (Rs) en dos sistemas silvopastorales de la Sierra de Guadarrama (Riosequillo, (R) y La Herrería, (LH)) con dos tipos de manejo, pastoreo (P) y exclusión al pastoreo (NP). La exclusión de dos años al pastoreo en R causó diferencias significativas en los valores anuales de emisión de C (g·C·m⁻²·año⁻¹) obteniéndose valores menores en las áreas NP que en las áreas P de encinar y para henificación. En la zona de fresneda los valores fueron mayores en NP que en P. En LH el experimento preliminar de exclusión al pastoreo en la zona de fresneda no causó hasta la fecha diferencias en los valores emitidos de C. Las diferencias encontradas en Rs se pueden relacionar con el efecto del pastoreo en la humedad del suelo, siendo necesaria una medida continuada de Rs junto con las características de la vegetación y el suelo para poder explicar los mecanismos que contribuyen a la dinámica del C en estos sistemas silvopastorales con objeto de asegurar de modo preciso su papel como fuente o sumidero de CO₂.

Palabras clave: respiración, mitigación, exclusión al pastoreo

SUMMARY

The preliminary results of soil CO₂ fluxes (Rs) from two silvopastoral systems in the Sierra de Guadarrama (Riosequillo, (R) and La Herrería, (LH)) with two management types, grazing (G) and grazing exclusion (NG), are shown. Two years of grazing exclusion in R caused significant differences in the annual C emission (g·C·m⁻²·year⁻¹) with lower values in holm oak and hay NG areas than in G areas. In the ash forest area, the values were higher in NG than in G. Moreover, no significant differences due to grazing exclusion were observed in an ash tree areas in LH. With the available data, the differences observed in the fluxes might be related to the grazing effect in the soil humidity. A continuous monitoring of soil fluxes will be necessary, as will the characterization of their evolution with the characteristics of the vegetation and the soil, to explain the mechanisms that contribute to the dynamics of C in these silvopastoral systems, and to accurately assure their role as a source or sink of CO₂.

Key words: respiration, mitigation, grazing exclusion

INTRODUCCIÓN

Numerosas iniciativas proponen la gestión de los sistemas silvopastorales como una forma de mitigación o adaptación al Cambio Climático encaminada al incremento de la biodiversidad y el secuestro de carbono (C), y la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero como el CO₂ (Nair y Garrity, 2012). Sin embargo, el aprovechamiento pascícola por el ganado en los pastos ha descendido considerablemente en los últimos años por abandono de la actividad ganadera, y sería conveniente recuperarlo dada su repercusión en los diferentes procesos en los ecosistemas

pascícolas, como las cubiertas vegetales, los suelos, la biodiversidad (Martínez y Álvarez, 2016), y los flujos de emisión de CO₂ del suelo. La magnitud y dirección de la respuesta de los flujos de CO₂ del suelo (Rs) al pastoreo es con frecuencia difícil de predecir, debido a la complejidad de los mecanismos implicados en el efecto de los herbívoros en los procesos biogeoquímicos que controlan el intercambio de C entre el suelo y la atmósfera, los cuales no son bien comprendidos. Además, se dispone de escasa información sobre la respuesta de Rs al pastoreo en sistemas silvopastorales mediterráneos. En consecuencia, el objetivo de este trabajo ha sido estudiar Rs en dos sistemas silvopastorales adehesados de la Sierra de Guadarrama con dos tipos de manejo, pastoreo y exclusión al pastoreo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en dos sistemas pastoreados adehesados de la Sierra de Guadarrama, uno en la finca Riosequillo (R) (40°55'59"N 3°58'21"O; 147,7 ha), situada en Buitrago de Lozoya y perteneciente a la Comunidad de Madrid, y el otro en el Bosque de La Herrería (LH) (40°34'56"N 4°08'16"O; 497 ha) en El Escorial gestionado por Patrimonio Nacional. Ambas zonas se enmarcan en un clima mediterráneo continentalizado y poseen suelos ácidos sobre gneis. La vegetación que predomina en R se corresponde a la serie meso-supramediterráneo 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). La vegetación de LH representan pastos mesofíticos que corresponderían a la serie de las fresnedas de *Fraxinus angustifolia* supramediterráneas y mayoritariamente silicícolas: *Quercus pyrenaicae-Fraxino angustifoliae* (Rivas Martínez, 1982).

En ambos sitios pastan 50 vacas y sus crías siendo el pastoreo continuo durante todo el año en LH, y en pastoreo rotacional y continuo a lo largo del año en R.

En R se instaló un dispositivo experimental en el que se seleccionaron 5 zonas de estudio (ZA, ZB, ZC, ZD y ZE) por características ecológicas y de gestión. Las zonas A, B y C se ubican en encinares (zona A, en las zonas más altas, zona B en zonas de media-baja ladera y con más humedad que la anterior y zona C en zonas de vaguada con bastante humedad), la zona D en áreas de fresnedas y prados de siega, y la zona E en un área que se henifica y pasta. En cada una de las zonas se seleccionaron los pastizales más representativos y sin cubierta arbórea, instalándose un cercado de exclusión al pastoreo de 20 X 20 m de lado en enero del 2013 (Martínez y Álvarez, 2016).

En LH hasta la fecha se emplazó un dispositivo experimental en enero de 2016 en una zona de fresneda del monte, en donde se distinguieron 4 áreas pastadas (P1, P2, P3 y P4), y una no pastada (NP) en la que se había instalado en junio de 2014 un vallado para la exclusión al pastoreo.

Se muestrearon los flujos de CO₂ del suelo (respiración del suelo, Rs, $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), la humedad volumétrica del suelo (Hs, %) y la temperatura del suelo (Ts, °C). En R el muestreo se realizó desde mayo de 2015 hasta octubre de 2016, mientras que en LH se muestreó desde enero a diciembre de 2016. Para la medida de Rs se empleó el analizador automático de CO₂ LI-8100 (LI-COR® Biosciencias), acoplado a una cámara de 10 cm de diámetro (10 cm Survey Chamber – 8100-102). La medida de Rs se realizó acoplado la cámara sobre un aro de PVC previamente insertado en el suelo dentro del cual se había eliminado la vegetación. Se emplearon 6 aros en cada área de estudio P, y 6 dentro de los vallados (NP), que se dejaron en el mismo sitio durante todo el estudio. No se muestreó después de llover o en aquellos aros que habían sido movidos por las vacas. Para la medición de Hs, se utilizó un TDR (Time Domain Reflectometry, Spectrum Technologies®), y para la de Ts se utilizó un termómetro digital (Hanna Instruments®).

Para el tratamiento de datos, se empleó el software STATISTICA® 12 (StatSoft). En R se analizaron los efectos producidos en los valores medios de Rs, Ts y Hs por la exclusión al pastoreo (NP/P), la zona de estudio (5 zonas) y el tiempo en que se realizó la medida (M, muestreo) mediante un modelo lineal general ANOVA de tres factores. En LH se analizaron las diferencias entre los valores medios de Rs y Hs debido al tiempo en que se realizó la medida (M, muestreo) y la zona de estudio (P1-P4/NP) mediante un ANOVA de dos factores. Los valores anuales de emisión de C se calcularon a partir de los valores medios de Rs de todos los datos medidos en el experimento en cada zona y área experimental, de ambos sistemas ($\mu\text{mol de CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), extrapolando los mismos a un año y expresándolos en $\text{g de C}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de Rs ($\mu\text{mol de CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) mostraron una evolución estacional característica de los sistemas Mediterráneos con valores máximos durante los meses de primavera y otoño, y mínimos durante el verano y el invierno (Figura 1 A y D, Figura 2 A). Esta evolución y los rangos de valores de Rs encontrados han sido descritos con anterioridad (Inclán *et al.*, 2010; Uribe *et al.*, 2013, 2015). La Hs reguló la respuesta de Rs a la Ts (Figura 1 B, C, E y F; Figura 2 A y B) durante los experimentos tal como se ha descrito para otros sistemas adehesados (Uribe *et al.*, 2015), siendo la responsable de las diferencias en los valores medios de Rs entre los periodos húmedos y secos. Cuando Hs era alta, fue Ts quien reguló la evolución de Rs, mientras que con Hs bajas fue Hs la que reguló Rs. Los valores medios de Rs y Hs en LH fueron semejantes a los de las zonas con mayor humedad de R.

En R (Figura 1) los valores de Rs mostraron efectos del tiempo en que se realizó la medida (M) ($F(36, 2777)=215,82$; $p<0,0001$); la zona (Z) ($F(4, 2777)=225,45$; $p<0,0001$), la exclusión al pastoreo (P) ($F(1,2777)=71,02$; $p<0,0001$); así como de las interacciones entre M*P ($F(36,2777)=4,35$; $p<0,0001$), M*Z ($F(132,2777)=13,12$; $p<0,0001$), P*Z ($F(4,2777)=41,45$; $p<0,0001$), y M*P*Z ($F(131,2777)=4,34$; $p<0,0001$). Los valores medios de Rs fueron significativamente mayores en la zona que se henifica (zona E), seguidos por los de la zona de fresneda (zona D) y finalmente por los de las zonas de encinar (las zonas C, B y A). Se observaron diferencias significativas en los valores medios de Rs entre las áreas pastadas y no pastadas en los días de muestreo que presentaban los valores máximos medidos en el experimento, que se correspondían con aquellos realizados durante la primavera y el otoño. La exclusión al pastoreo ocasionó una disminución significativa de los valores medios anuales de emisión de C ($\text{g}\cdot\text{C}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$) de las zonas de encinar que mostraron valores de 832 ± 31 , 1095 ± 38 y 980 ± 34 en las zonas A, B y C respectivamente, frente a los valores en las áreas P que fueron 1128 ± 45 , 1229 ± 42 y 1480 ± 64 en las mismas zonas.

En la zona de fresneda-prados (zona D) los valores fueron mayores en el área no pastada ($1501 \pm 57 \text{ g}\cdot\text{C}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$) que en la pastada ($1165 \pm 49 \text{ g}\cdot\text{C}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$); mientras que en la zona para henificación de la finca (zona E) los valores medios anuales de emisión de C siguieron el mismo patrón que el observado en las zonas de encinar siendo mayores en el área pastada ($1788 \pm 74 \text{ g}\cdot\text{C}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$) que en la no pastada ($1596 \pm 61 \text{ g}\cdot\text{C}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$). La Hs siguió el mismo patrón que el observado en Rs, apreciándose mayor humedad ($F(4,2716)=168,57$; $p<0,0001$) en las zonas E, D y C, y en las áreas pastadas (P*Z; $F(4,2716)=12,96$; $p<0,0001$), a excepción de la zona D en que Hs fue mayor en el área NP. La Ts fue menor ($F(4,2774)=261,30$; $p<0,0001$) en aquellas zonas en que la humedad del suelo era mayor (zonas E y D), observándose valores mayores en las áreas P que en las NP en primavera y verano (M*P ($F(36,2774)=25,24$; $p<0,0001$)).

Las diferencias observadas en Riosequillo en los valores de Rs, Hs y Ts entre las distintas zonas de la finca se pueden relacionar con sus distintas características ecológicas y de manejo que conforman diferentes comunidades de pastizal en un gradiente principal de oligotrofia-eutrofia de los suelos, derivado en su mayor parte de la presencia o no de riego (Martinez *et al.*, 2013; Martínez y Álvarez, 2016). Los valores mayores de Rs en la zona de las fresnedas, y en la zona que se henifica

se pueden relacionar con la mayor humedad de estas zonas y la mayor producción de biomasa (Martinez *et al.*, 2014). La producción es especialmente importante en la zona E, que se riega y henifica (datos de 2015 y 2016 sin publicar). En las zonas de encinar, los valores de Rs se pueden relacionar con los valores de Hs encontrados durante el experimento, que fueron mayores en la zona C seguidos de la B y la A, que se sitúa a mayor altitud.

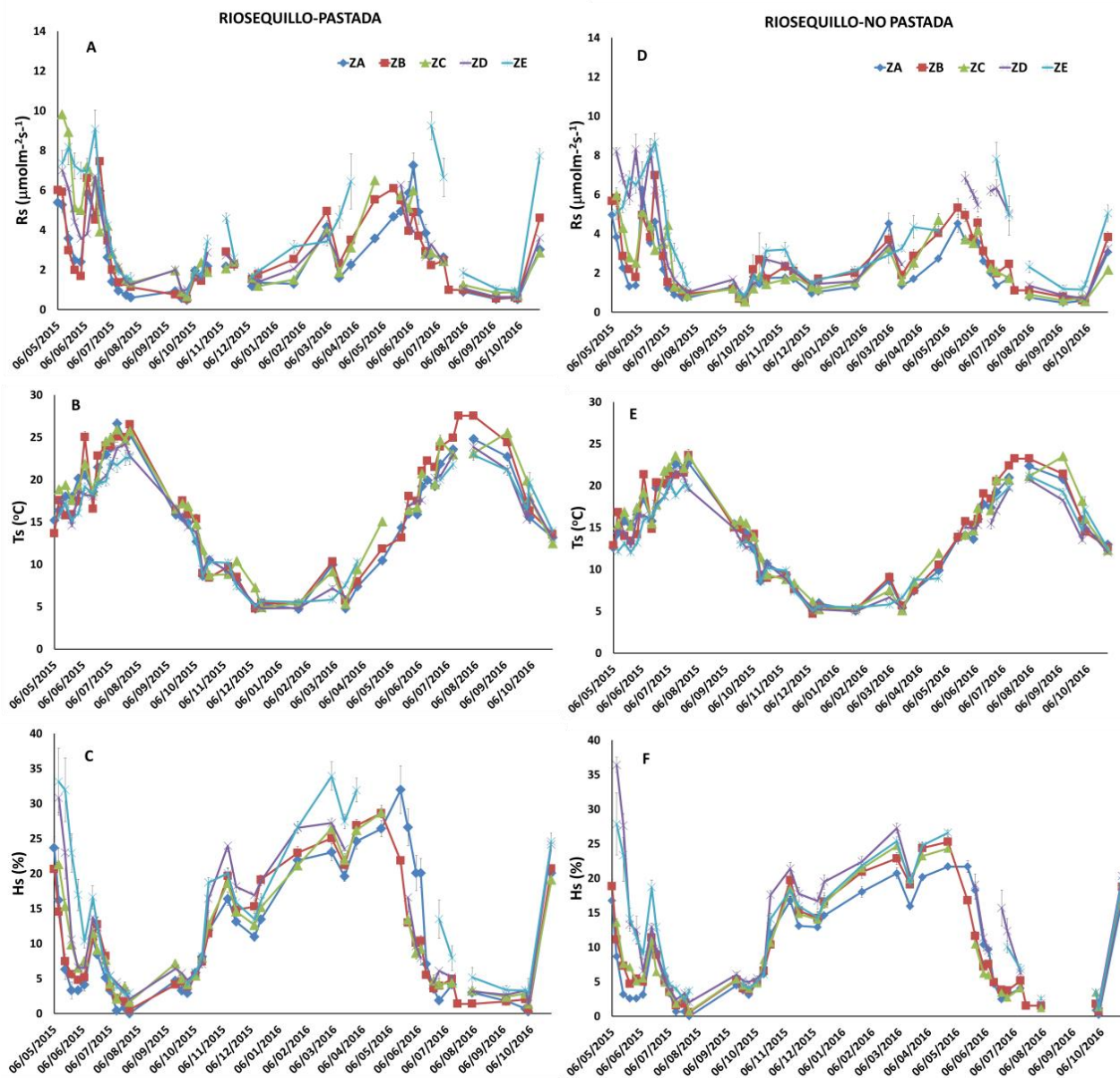


Figura 1. Flujos de CO₂ del suelo (A, D), temperatura del suelo (B, E), y humedad del suelo (C, F) en las cinco zonas de estudio con manejo pastoreo y no pastoreo en la finca Riosequillo. Medias ± error estándar (n=6).

Del mismo modo los valores de Hs medidos en el experimento podían explicar las diferencias observadas en los valores medios de Rs entre las áreas excluidas al pastoreo y las pastadas. Los menores valores de Rs observados en las áreas excluidas al pastoreo en las zonas del encinar y en la que se henifica, se pueden relacionar con los menores valores de Hs encontrados durante el experimento. En la zona de fresneda (zona D) los mayores valores de Rs en el área excluida al pastoreo se podrían relacionar así mismo con la mayor Hs encontrada en el área.

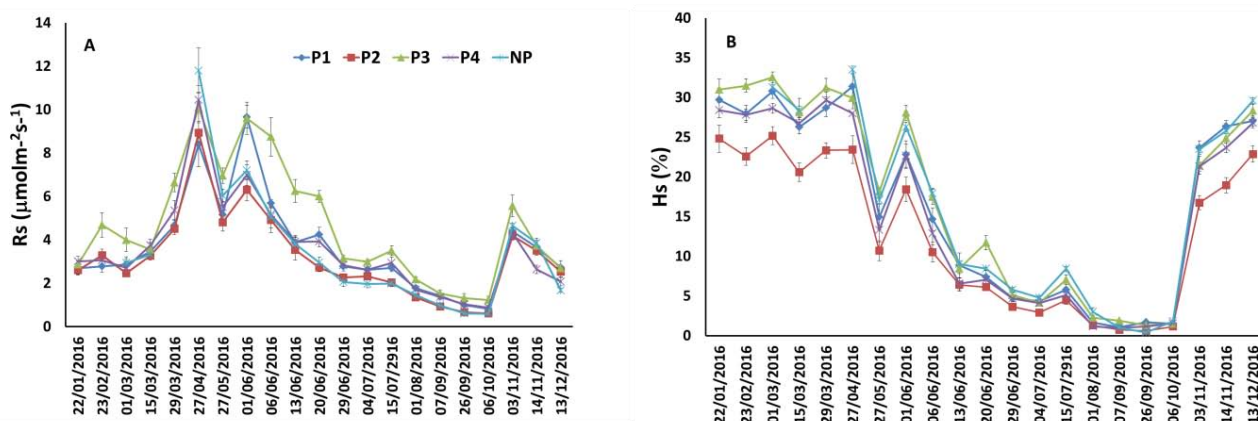


Figura 2. Flujos de CO₂ del suelo (A), y humedad del suelo (B) en las áreas pastadas (P) y el área no pastada (NP) en La Herrería. Medias \pm error estándar (n=6).

En LH (Figura 2) los valores de Rs en el área pastada 4 (P4) fueron mayores que en el resto de las áreas muestreadas de forma puntual durante alguno de los días de muestreo ($F(78,1101)=3,92$; $p<0,0001$), pudiéndose relacionar con los valores de Hs observados. Sin embargo, los valores anuales de C emitidos a la atmósfera fueron los mismos en todas las áreas ($1369 \pm 27 \text{ g}\cdot\text{C}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$), por lo que no se apreció un efecto de la exclusión del pastoreo.

CONCLUSIONES

Los resultados preliminares mostraron que tras dos años de exclusión al pastoreo, en R disminuyeron los valores anuales de emisión de C a la atmósfera en las zonas de encinar y para henificación, y aumentaron en las zonas de fresneda; no habiéndose observado un efecto de la exclusión en LH. El diferente patrón encontrado en la respuesta de Rs al pastoreo en R se puede relacionar con las distintas características ecológicas y de manejo en las diferentes zonas de la finca y los diferentes efectos de la combinación de factores abióticos (la humedad y la temperatura del suelo) y bióticos (biomasa aérea y subterránea de la vegetación herbácea) en Rs. Es necesaria una medida continuada de Rs, así como estudiar conjuntamente su evolución con las características de la vegetación y el suelo para poder confirmar si las diferencias observadas se mantienen trascurridos más años de exclusión al pastoreo.

AGRADECIMIENTOS

La investigación forma parte de los proyectos FP14-15PR del IMIDRA, ATMOUNT-II (CGL2015-65627-C3-3-R) del Ministerio de Economía y Competitividad, y GUMNET de la convocatoria CAIMON2010 del CEI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Inclán R., Uribe C., De La Torre D., Sánchez D., Clavero M., Fernández A., Morante R., Cardeña A., Fernández M. y Rubio A. (2010) Carbon dioxide fluxes across the Sierra de Guadarrama, Spain. *European Journal of Forest Research*, 129, 93-100.

Martínez T., Urquía J., Tejerina J.I. y DeMiguel J.M. (2013) Respuesta de la composición florística y la diversidad biológica de pastizales a las estrategias de manejo de una dehesa de la Sierra de Guadarrama, Madrid. En: Canals R.M. *et al.* (eds) *Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción*, pp. 122–130. Pamplona, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

Martínez T., Urquia J., Tejerina J.I. y Guerrero A. (2014) Producción herbácea y calidad de pasto en un sistema silvopastoral adhesionado de la Sierra de Madrid. En: Busqué J. *et al.* (eds) *Pastos y Pac 2014-2010*, pp. 421-428. Potes, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

Martínez T. y Álvarez A. (2016) Efecto del pastoreo sobre la vegetación herbácea: Producción de Biomasa y Calidad de Pasto. En: Báez D. *et al.* (eds) *Innovación sostenible en pastos: hacia una agricultura de respuesta al Cambio Climático*, pp. 27–32. Lugo, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

Nair R. y Garrity D. (2012) *Agroforestry. The Future of Global Land Use (Advances in Agroforestry)*. Holanda: Springer

Rivas Martínez S. (1982) *Mapa de las series de vegetación de Madrid*. Madrid, España: Diputación Provincial de Madrid.

Uribe C., Inclán R., Hernando L., Román M., Clavero MA., Roig S. y Van Miegroet H. (2015) Pasture, tillage and canopy effects on carbon dioxide fluxes in a Spanish dehesa. *Agroforestry Systems*, 89, 305-318.

Uribe C., Inclán R., Sánchez DM., Clavero MA., Fernández AM., Morante R., Cardeña A., Blanco A. y Van Miegroet H. (2013) Effect of wildfires on soil respiration in three typical Mediterranean forest ecosystems in Madrid, Spain. *Plant and Soil*, 369, 403-420.

PASTOREO CON GANADO VACUNO EN PINARES MEDITERRÁNEOS PARA LA PREVENCIÓN DE INCENDIOS

M. TERUEL COLL¹, J.C. PAREJA LOAYZA¹, F. PAUNÉ², P. ENCINA GARCÍA¹, R. MARTÍ¹, E. SERRANO FERRON³, J.A. CALLEJA ALARCÓN⁴, J. BARTOLOMÉ FILELLA¹

¹Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos. Facultad de Veterinaria. Universidad Autónoma de Barcelona. 08193 Bellaterra (España). ²Consultor Ambiental. Apartado postal 5, 08500 Vic (España) y Departamento de Producción Vegetal y Ciencia Forestal. Universidad de Lleida. ³Departamento de Biología. Universidad de Aveiro. 3810-193 Aveiro (Portugal). ⁴Departamento de Biología Animal, Vegetal y Ecología. Facultad de Biociencias. Universidad Autónoma de Barcelona. 08193 Bellaterra (España).
Correspondencia: javimev@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se analizó la composición de la dieta de ganado vacuno en pastoreo en el sotobosque de un pinar mediterráneo de pino carrasco (*Pinus halepensis*). La experiencia se realizó durante la primavera de 2016 al norte del Parque Natural de Montserrat, con la finalidad de optimizar el uso del ganado vacuno en silvopastoralismo para prevención de incendios. La vegetación se sometió a una carga ganadera de una vaca por hectárea durante tres meses. Se determinó la composición de la dieta mediante análisis microhistológico del contenido fecal. Paralelamente, se determinaron las fracciones de lignina y proteína bruta de las especies más abundantes tanto en el sotobosque como en la dieta del ganado. EL consumo de la fracción leñosa incrementó en un 23 % a lo largo de periodo de estudio. Además se constató que las especies más consumidas, *Brachypodium sp.* y *Erica multiflora*, fueron las de menor calidad bromatológica, con poca proteína y mucha lignina. Debido al carácter pirofítico de estas especies se concluye que el ganado bovino puede ser una buena herramienta para la reducción de la biomasa combustible del sotobosque.

Palabras clave: silvopastoralismo, pastoreo prescrito, bromatología, microhistología, *Pinus halepensis*

SUMMARY

We studied the potential effect of cattle grazing on the structure and composition of a Mediterranean pinewood (*Pinus halepensis*) by analyzing the composition of cattle diet. Our further aim is to evaluate the use of cattle as a landscape management tool for fire prevention. The experiment was carried out during the spring of 2016, north of the Natural Park of Montserrat, with the purpose of optimizing the use of cattle in silvopastoralism for fire prevention. The cattle load was one cow per hectare during the three months of spring. Diet composition was addressed by the microhistological analysis of the fecal content. Lignin and crude protein fractions of the most abundant taxa in the understory forest and cattle diet were also determined. The preliminary results reveal an increase in the woody fraction of the diet during the three months of study. It was also found that the most consumed taxa, *Brachypodium sp.* and *Erica multiflora*, were those of lower bromatological quality, with low protein content but rich in lignin. Due to the pyrophysical character of these taxa, we suggest that cattle are a useful tool for biomass reduction and management of fire risks.

Key words: Silvopastoralism, prescribed grazing, bromatology, microhistology, *Pinus halepensis*

INTRODUCCIÓN

Desde la década de los 90 del siglo pasado ha aumentado el uso del ganado como herramienta para gestionar la estructura de la vegetación de manera que se reduzca el riesgo de incendios forestales en la cuenca mediterránea (Etienne *et al.*, 1996, Baiget, 2001, Varela, 2007). El ganado menor, caprino y ovino, ha sido probablemente el más utilizado para esta finalidad (Perevolotsky y Haimov, 1991; Torrano y Valderrábano, 2000), mientras que existen pocos trabajos en los que se emplee ganado mayor (Henkin *et al.*, 2005). En este sentido, el objetivo de este estudio fue evaluar los efectos del ganado bovino en la estructura y composición de la vegetación en relación con el riesgo de incendio en pinares mediterráneos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra en la finca de Can Brunet, cuyas coordenadas UTM son X: 398414 e Y: 4613411, situada en el municipio de Sant Salvador de Guardiola (Barcelona) y cercana al Parque Natural de Montserrat. La finca se encuentra a 400 m.s.n.m. y para la experiencia de pastoreo se utilizó una parcela de 14 ha cercada con pastor eléctrico donde no hubo pastoreo previo. Esta parcela estaba cubierta por un pinar de pino carrasco *Pinus halepensis* Mill. de origen antrópico con un sotobosque denso de matorral, formado por una docena de especies arbustivas, y un estrato herbáceo dominado por el género *Brachypodium*. La parcela estuvo pastoreada durante tres meses (abril a junio de 2016) por 15 vacas de raza *Bruna dels Pirineus*.

Se recogieron mensualmente muestras de heces frescas de cuatro animales que posteriormente fueron analizadas mediante la técnica de reconocimiento microhistológico de fragmentos de epidermis vegetales (Stewart, 1967). Los taxones vegetales reconocidos en la dieta fueron: *Dorycnium pentaphyllum* Scop., *Erica multiflora* L., *Rhamnus alaternus* L., *Rosmarinus officinalis* L., *Rubus ulmifolius* Schott., *Brachypodium* sp., *Carex* sp. y *Aphyllanthes monspeliensis* L. El resto de fragmentos identificados se agruparon como “otras leñosas”, “otras gramíneas” y “otras herbáceas no gramíneas”. De cada una de estos taxones se recogieron muestras mensuales de hojas de al menos tres individuos por especie formando una muestra mixta de unos 200 g.

Estas muestras fueron molturadas en seco para la determinación de su calidad nutritiva, basada en el contenido de lignina (LAD) y de proteína (PROT). Para este análisis se siguieron los procedimientos de la AOAC (1990) y de Van Soest *et al.* (1991) y las muestras se analizaron por triplicado. Todos los análisis se realizaron en los laboratorios del Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos de la Universidad Autónoma de Barcelona.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra la composición de la dieta del ganado a lo largo de los tres meses de primavera. Se observa como al principio de la estación las herbáceas, gramíneas y no gramíneas, representan las tres cuartas partes de la dieta, tal como sería de esperar en animales pastadores como el ganado bovino (Hofmann, 1989). Sólo el grupo de gramínoideas (*Brachypodium* sp., *Carex* sp. y otras gramíneas) constituyen más de la mitad de la dieta. En la Figura 2 se muestra que una primera fase de la introducción de ganado bovino en pinares mediterráneos se reduciría el tapiz herbáceo o combustible fino, representado por gramíneas de porte bajo con una gran proporción de materia seca, y en consecuencia muy inflamables, como ocurre con *Brachypodium retusum* (Elvira y Hernando, 1989). En una segunda fase el efecto del pastoreo se reparte de forma similar entre herbáceas y leñosas. El incremento del consumo de leñosas permitiría reducir la proporción

de algunas especies también altamente inflamables, como *Erica multiflora* (Elvira y Hernando, 1989).

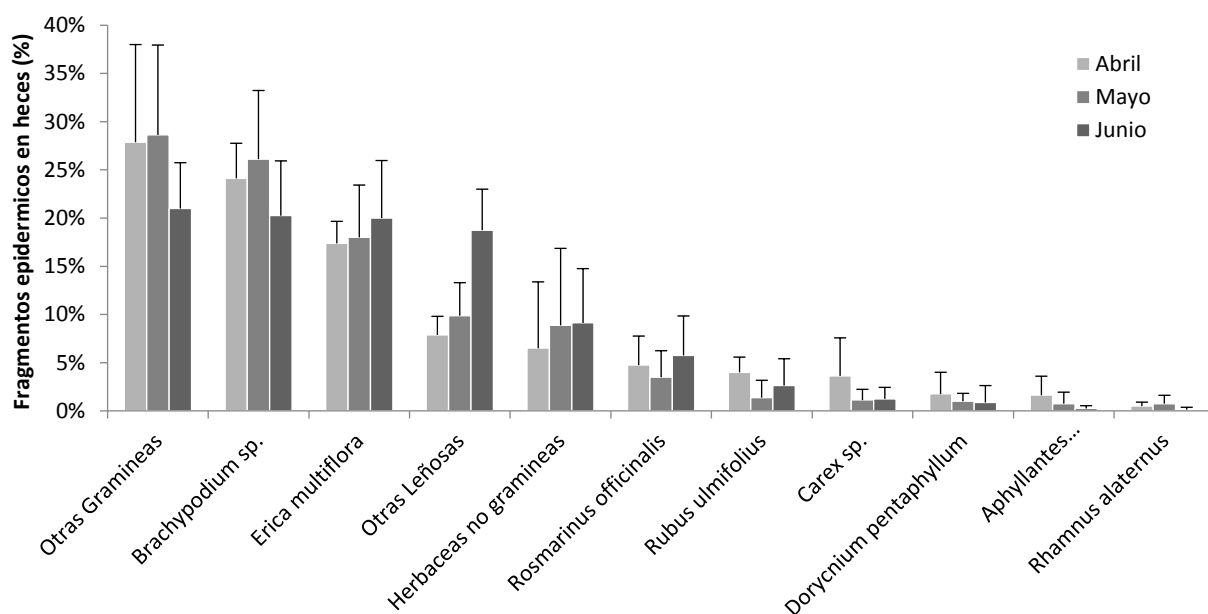


Figura 1: Composición de la dieta del ganado bovino en pastoreo en el sotobosque de un pinar mediterráneo. Las barras indican el porcentaje promedio de cuatro animales y las líneas son la desviación estándar.

En la Tabla 1 se muestra el contenido nutricional, expresado en contenido de lignina y de proteína, de las principales especies del sotobosque. Considerando que el requerimiento de proteína en ganado vacuno es de 14% para producción y 7% para mantenimiento (NRC, 2001), se observa que la mayoría de especies pueden considerarse de baja calidad, con poca proteína y mucha lignina durante toda la primavera. En este sentido destacan *Erica multiflora* y *Brachypodium* sp. que serían las especies menos nutritivas, pero que curiosamente son las más abundantes en la dieta. Esto podría ser debido a su abundancia en la finca o a su palatabilidad. Sin embargo, la misma baja calidad del alimento podría implicar un aumento en el consumo de estos taxones, mediante un incremento en el tamaño de bocado, tal como se ha observado en ovejas con *Brachypodium retusum* (González-Pech y Agreil, 2013), lo cual favorecería el efecto de reducción de biomasa combustible

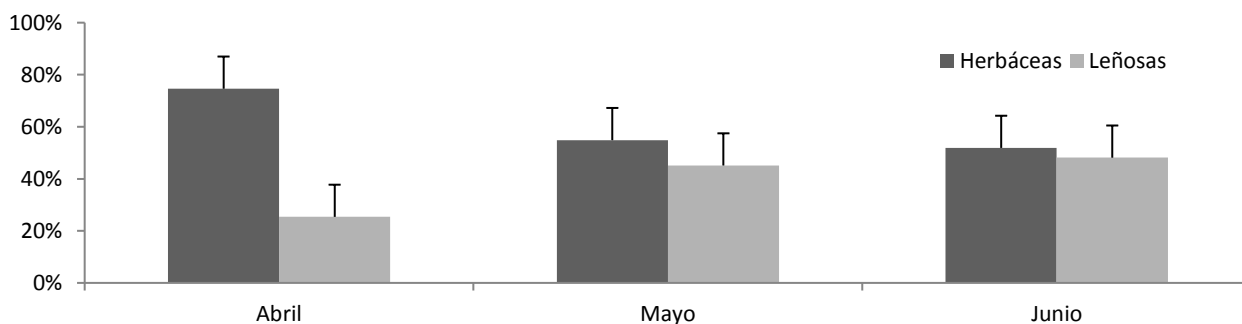


Figura 2: Consumo del ganado bovino en pastoreo en el sotobosque de un pinar mediterráneo agrupados en herbáceas y leñosas durante tres meses. Las barras indican el porcentaje promedio de cuatro animales con la desviación estándar.

Tabla 1: Contenido nutricional de las principales especies del sotobosque de un pinar del NE de la península ibérica.

Especies vegetales analizadas	LAD (%)			PROTEINA (%)		
	Abril	Mayo	Junio	Abril	Mayo	Junio
<i>Aphyllantes monspeliensis</i>	8.0	8.4	7.7	7.9	7.8	7.0
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	3.4	4.2	2.1	7.6	8.0	5.0
<i>Brachypodium retusum</i>	5.5	4.8	6.7	7.6	6.1	5.1
<i>Carex</i> sp.	4.6	3.4	1.6	10.3	8.5	8.2
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	12.6	10.7	12.0	13.2	11.9	11.2
<i>Erica multiflora</i>	25.9	24.5	22.6	5.2	5.7	5.1
<i>Rhamnus alaternus</i>	5.0	4.5	4.2	12.8	10.4	11.5
<i>Rosmarinus officinalis</i>	20.8	17.7	15.9	9.7	6.6	6.0
<i>Rubus ulmifolius</i>	4.4	4.6	2.3	15.7	12.2	11.4

CONCLUSIONES

Se concluye que el ganado vacuno puede modificar la estructura y composición del sotobosque de un pinar mediterráneo a corto plazo a pesar de la baja calidad de sus componentes. Se recomienda que, con una carga ganadera de un animal por hectárea, el pastoreo se realice durante varios meses, con el fin de que después de una dieta predominantemente herbácea se vaya incrementando el consumo de especies leñosas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es resultado del convenio entre la Universidad Autónoma de Barcelona y la Asociación de Propietarios del Entrono del Montserrat dentro del proyecto LIFE BIO7ES / 00094 LIFE MONTERRAT. Agradecer al personal técnico del laboratorio de Producción Animal de la UAB, Blas Sánchez y Carme Martínez, el apoyo prestado. A Cienciactiva, iniciativa del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC). (Contrato Nº 236- 15-FONDECYT), por brindar la beca doctoral a J.C. Pareja. A la Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), de Portugal por otorgar una beca posdoctoral (SFRH/BPD/96637/2013) a E. Serrano. A los ganaderos Jordi de Marimón y Carme Rogés, por la colaboración desinteresada, poniendo a disposición su ganado, tierra e instalaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC (1990) Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 15th edition (K Helrick editor), pp. 1230. Arlington, USA.

Baiges T. (2001) Les possibilitats per a la integració de la ramaderia extensiva en els Plans de Prevenció d'Incendis Forestals: Els condicionants socioeconòmics. *Silvicultura*, 31, 10-11.

Elvira L.M. y Hernando C. (1989) Inflamabilidad y energía de las especies de sotobosque: estudio piloto con aplicación a los incendios forestales. Colección Monografías Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA), pp. 99. Madrid, España.

Etienne M., Derzko M. y Rigolot E. (1996) Browse impact in silvopastoral systems participating in fire prevention in the French Mediterranean region. En: Etienne, M. (ed.), *Western European Silvopastoral Systems*, pp. 93-102. France: INRA.

- González-Pech P. y Agreil C. (2013) Caracterización de la ingestión por observación directa en rebaños ovinos del sureste de Francia. *Archivos de Zootecnia*, 61 (235), 343-354.
- Henkin Z., Gutman M., Aharon H., Perevolotsky A., Ungar E.D. y Seligman N.G. (2005) Suitability of Mediterranean oak woodland for beef herd husbandry. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 109, 255-261.
- Hofmann R.R. (1989) Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*, 78, 443-457.
- NRC (NATIONAL RESEARCH COUNCIL) (2001). *Nutrient requirements of Dairy Cattle*. 7 th rev. ed. pp. 67-69. Washington, DC., USA: National Academy Press.
- National Research Council. 1996. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC
- Perevolotsky A. y Haimov Y. (1991) The effect of thinning and goat browsing on the structure and development of the Mediterranean woodland in Israel. *Forest Ecology and Management*, 49 (1-2), 61-74.
- Rebollar J. L.G. y Mirazo J. R. (2013) El papel del ganado doméstico en la naturalización del monte mediterráneo. *Pastos: Revista de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 43(1), 7-12.
- Stewart D.R.M. (1967) Analysis of plant epidermis in faeces: a technique for studying the food preferences of grazing herbivores. *Journal of Applied Ecology*, 4, 83-111.
- Torrano L. y Valderrábano J. (2000) The potential for using goats to control *Genista scorpius* shrubs in European black pine stands. *Forest Ecology and Management*, 126(3), 377-383.
- Van Soest P.J., Robertson J.B. and 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.
- Varela E. (2007) *Pastoreo en cortafuegos como estrategia de sustentabilidad*. Tesis de máster en agroecología de la Universidad Internacional de Andalucía.

ESTUDIO DE SEGUIMIENTO DE LA APLICACIÓN DE QUEMA PRESCRITA PARA LA RECUPERACIÓN DE PASTOS EN EL PARQUE NATURAL DEL MONTSENY

J. PLAIXATS BOIXADERA¹, M.J. BRONCANO ATENCIA¹, L. MARTINEZ UJALDÓN²

¹Departament de Ciència Animal i dels Aliments. Universitat Autònoma de Barcelona. Edifici V, Travessera dels Turons s/n 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès). ²Oficina Tècnica de Parcs Naturals. Diputació de Barcelona. Comte d'Urgell, 187 Edifici del Relotge, 3a planta 08036 Barcelona.
Correspondencia: josefina.plaixats@uab.cat

RESUMEN

Los cambios de la estructura económica del último medio siglo han causado la despoblación y el abandono de las prácticas ganaderas de forma que se ha producido una evolución hacia la homogeneización del paisaje, la disminución de la diversidad y la pérdida de superficie de pastoreo necesaria para permitir una actividad agropecuaria viable. Este proceso también ha tenido lugar en el Pla de la Calma, en el Parque Natural del Montseny y Reserva de la Biosfera (Cataluña), donde se ha realizado el estudio. El objetivo del trabajo ha sido evaluar el efecto de la aplicación de los tratamientos de quema controlada y el desbroce mecánico sobre antiguos prados de siega abandonados para la recuperación de la cubierta herbácea después de dos años de su aplicación. Los resultados obtenidos de composición florística, densidad, índices de diversidad (riqueza de especies e índice de Shannon) y altura máxima indican que los dos tratamientos no presentan efectos negativos sobre la comunidad y que la aplicación de fuego controlado puede ser una herramienta de gestión eficaz para la recuperación de superficies pastables, ya que disminuye la altura máxima de la vegetación a largo plazo.

Palabras clave: quema controlada, desbroce, composición florística, diversidad, gestión

SUMMARY

Changes in the economic structure over the last half-century have led to the depopulation and abandonment of livestock practices, with the result being an evolution towards the homogenization of the landscape, the reduction of diversity and the loss of grazing land needed to allow viable agricultural activity. This process has also taken place in Pla de la Calma, in the Montseny Natural Park and Biosphere Reserve (Catalonia), where this study was carried out. The objective of this work was to evaluate the effect of the application of controlled burning treatments and mechanical clearing on old abandoned mown grasslands for the recovery of herbaceous cover two years after its application. The results obtained from floristic composition, density, diversity indexes (species richness and Shannon index) and maximum height indicate that the two treatments do not present negative effects on the plant community. This indicates that the application of controlled burning can be an effective management tool for the recovery of grazing areas, since it decreases the maximum height of the vegetation in the long term.

Key words: controlled burning, clearing, floristic composition, diversity, management

INTRODUCCIÓN

La actividad agrícola y ganadera ha sufrido una gran regresión desde la segunda mitad del siglo pasado. Como consecuencia se ha producido el abandono de las áreas destinadas a campos de

cultivo y prados de siega que han sido ocupadas por formaciones vegetales como helechales, landas y masas arboladas. Este abandono conlleva la simplificación del paisaje, la disminución de la diversidad vegetal y animal y la reducción de los recursos pastorales, tanto en extensión como en producción y valor nutritivo (Zarovali *et al.*, 2007).

En Europa, uno de los hábitats más interesantes para la conservación de la biodiversidad y, a la vez, más afectados por los procesos de abandono y fragmentación, son los pastos seminaturales (Pino *et al.*, 2011). En el Montseny, concretamente en el Pla de la Calma, existe una gran tradición ganadera dedicada al pastoreo del bosque, prados y landas. La disminución del número de rebaños y pastores (Plaixats *et al.* 2003) junto con la prohibición del uso tradicional del fuego desde 1979 (año de la declaración de Parque Natural) está provocando cambios acelerados: la transformación de prados de siega abandonados en prados densos, altos y lignificados, y la colonización progresiva por matorrales y bosque.

El objetivo de este estudio ha sido evaluar la eficacia de la aplicación de la quema controlada para la recuperación de antiguos prados de siega abandonados comparada con la del desbroce mecánico, a los tres meses y a los dos años después de su aplicación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se desarrolló en la Finca del Bellver situada en el sector sureste del Pla de la Calma, Parque Natural y Reserva de la Biosfera del Montseny (Martínez *et al.*, 2015).

Tratamientos

A finales del invierno del 2013 se llevaron a cabo los tratamientos de quema y desbroce (Martínez *et al.*, 2015). Se establecieron un total de 10 parcelas de exclusión de 5 x 5 m: 4 en la zona quemada, 4 en la desbrozada y 2 en la zona control adyacente.

Estudio de la vegetación

El estudio de la composición florística se realizó a los tres meses de la aplicación de los tratamientos, junio de 2013 y a los dos años, junio del 2015, siguiendo el método de intercepción lineal (Canfield, 1941). Dentro de cada parcela se realizaron 5 transectos de 1 m de longitud, sobre su diagonal, con contactos cada 5 cm y se determinó la frecuencia, la altura máxima y la densidad de las especies herbáceas. La diversidad ecológica de especies y la producción herbácea se determinaron siguiendo la metodología descrita en Martínez *et al.* (2015). La determinación de la composición química se llevó a cabo analizando el contenido en proteína bruta mediante el método Kjeldhal ($N_t \times 6.25$) usando un Kjeltac™ 8400 (FOSS, Denmark) y las fracciones de fibra de Van Soest siguiendo el método descrito por ANKOM (2005) durante los años 2013, 2014 y 2015.

Los resultados obtenidos se sometieron a análisis de la varianza (ANOVA), simple y de medidas repetidas, con transformación previa de los datos en caso necesario: 1) logarítmica (transf.log) para la variable densidad, y 2) raíz cuadrada (transf.v) para frecuencia de grupos funcionales. Cuando los datos no se normalizaban (análisis de las especies principales) se aplicó el test no paramétrico de Kruskal-Wallis (K-W) del paquete estadístico JMP de SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de los tratamientos sobre la vegetación

La Figura 1 muestra la composición florística por grupos funcionales del conjunto de las 10 parcelas de cada muestreo. Las gramíneas constituyen el grupo más abundante durante los dos años muestreados seguido de las leguminosas y otras especies. En el año 2013 se observaron 51 especies diferentes y en el 2015, 49 especies. La gramínea más abundante fue *Brachypodium phoenicoides* L. (Roem. & Schult.) seguida de *Anthoxanthum odoratum* L., *Arrhenatherum elatius* L. (P. Beauv. ex J. Presl & C. Presl.) y *Festuca ovina* L.. De leguminosas encontramos *Ononis spinosa* L., *Vicia* sp. L. y *Onobrychis* sp. Mill y de otras especies *Prunus spinosa* L.

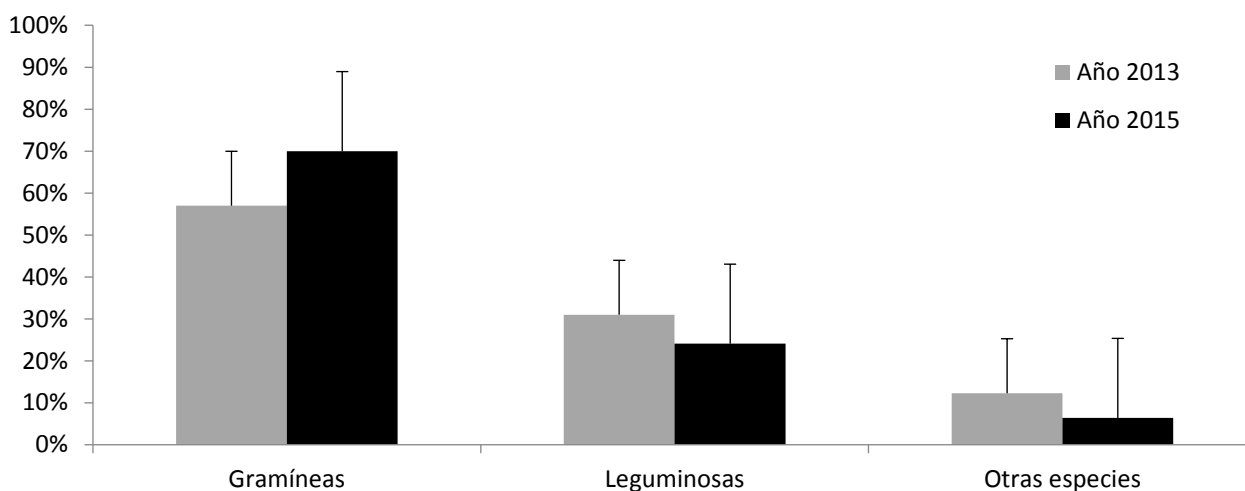


Figura 1. Frecuencia de los grupos funcionales (%) + E.E.

El análisis del efecto de la quema y desbroce sobre la presencia de las especies más abundantes (10) indicó que el factor tratamiento afectó significativamente a *Arrhenatherum elatius* y *Festuca ovina* en el año 2015 ($p=0.0356$ y $p=0.0293$, K-W) que presentaron densidades estadísticamente inferiores en parcelas desbrozadas. Para *Brachypodium phoenicoides* el factor tratamiento fue significativo en los dos años muestreados ($p=0.0352$ y $p=0.0042$, K-W) con una frecuencia superior en las parcelas quemadas en los dos años. Este resultado concuerda con Abad *et al.* (1996) y Simarro *et al.* (2001) quienes encontraron que *B. phoenicoides* es la especie que presenta mayor cobertura y biomasa aérea en zonas de alta recurrencia de incendios debido a su capacidad de rebrote.

La frecuencia de especies medida por grupos funcionales no presentó diferencias significativas entre los dos años muestreados ($F= 1.688$, $p=0.2386$, transf.v) y tampoco hubo ningún efecto entre los tratamientos y el control a los dos años después de su aplicación ($F= 1.026$, $p=0.4056$, transf.v). Así, la aplicación de los tratamientos de quema y desbroce no varía significativamente la proporción de los grupos funcionales en el estrato herbáceo.

Tabla 1. Diversidad de la flora y estructura herbácea.

	Densidad (log)		Riqueza		Índice de Shannon		Altura máxima	
	F	p	F	p	F	p	F	p
Tratamiento (T)	6,71	0,0024	11,607	<0,0001	12,665	<0,0001	5,58	0,0061
Año (A)	0,048	0,8267	97,504	<0,0001	95,575	<0,0001	47,604	<0,0001
T x A	4.819	0.0117	12,173	<0,0001	6,35	0,0032	1,156	0,322

La Tabla 1 revela que tanto la quema como el desbroce presentan un efecto significativo sobre los índices de densidad, riqueza, diversidad ecológica y altura máxima de la vegetación. El factor

año también fue significativo así como la interacción entre ambos, excepto para el caso de la altura máxima de la vegetación.

La Figura 2 muestra que a los tres meses de aplicación de los tratamientos la densidad de especies es significativamente inferior en las parcelas desbrozadas respecto a las quemadas y control (Martínez *et al.* 2015). Los resultados obtenidos coinciden con los de Baeza (2001). Sin embargo este efecto no se observa pasados dos años, la densidad muestra valores similares en todas las parcelas.

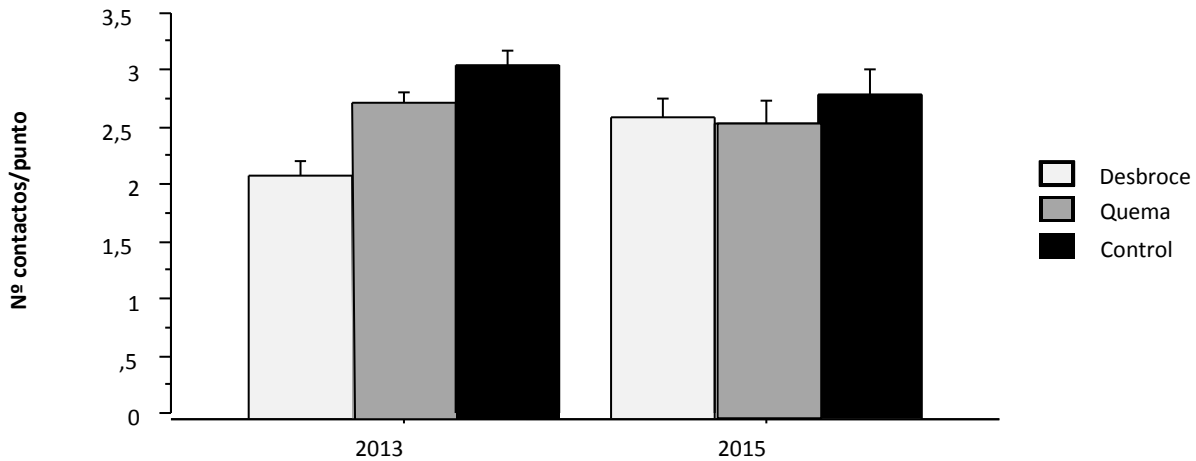


Figura 2. Densidad de especies (Nº contactos/punto) + E.E.

Las Figuras 3a y 3b indican que la Riqueza de especies y el Índice de Shannon son significativamente superiores en las parcelas quemadas y las parcelas control respecto a las desbrozadas justo después del tratamiento, junio 2013. En el 2015 los valores de las parcelas desbrozadas se equiparan a los de las quemadas.

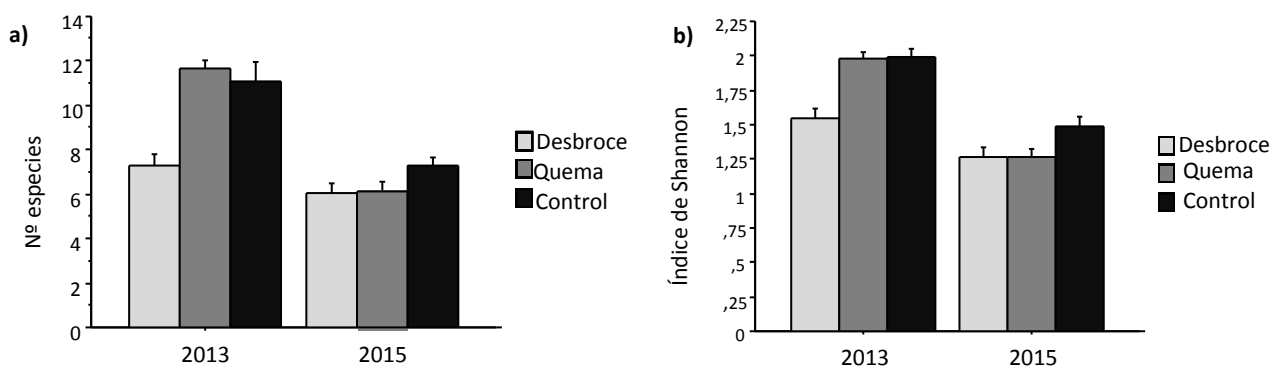


Figura 3a y 3b. Riqueza (Nº especies) e Índice de Shannon + E.E.

Estos resultados coinciden con los de Brockway *et al.* (2002) y Mohammad *et al.* (2012) que encuentran que la diversidad ecológica y la riqueza de especies son superiores después de la quema. Mouchene *et al.* (2007) indica que el fuego tiene un efecto positivo sobre la diversidad y número de especies mientras que el desbroce mecánico disminuye la diversidad. Pasados dos años no se observa diferencia entre tratamientos coincidiendo con los resultados de Calvo *et al.*, (1998) y

Ne'eman *et al.*, (1995) en el sentido de que la dinámica de la vegetación muestra una tendencia convergente bajo los tratamientos aplicados.

La altura máxima de la vegetación quemada resultó estadísticamente inferior a la desbrozada y control. Este efecto se mantiene también en el 2015 (Figura 4).

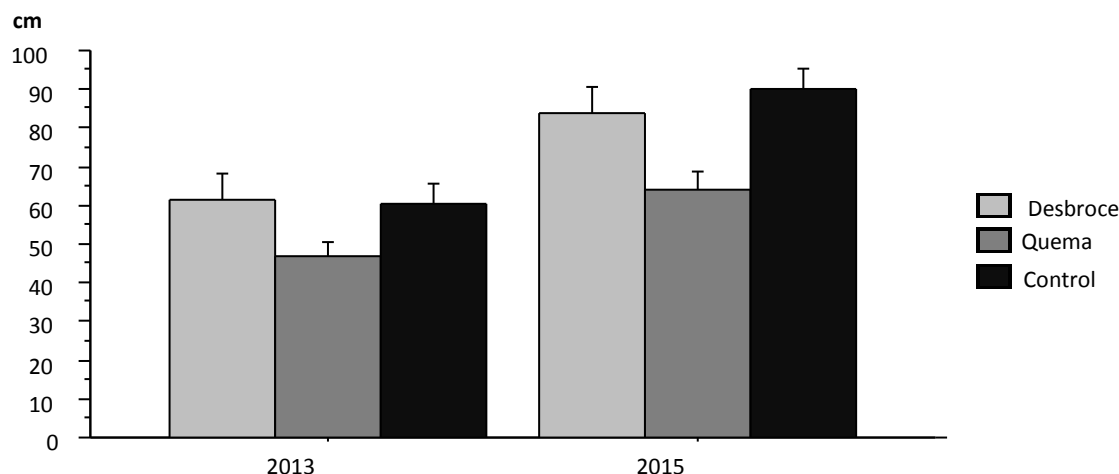


Figura 4. Altura máxima (cm) + E.E.

Producción herbácea, composición química y valor nutritivo

El factor tratamiento no tuvo efecto significativo ni sobre la producción herbácea, ni sobre su composición química excepto para el contenido en lignina que fue superior en la vegetación quemada (Test de Fisher's, $p < 0.05$). La variable contenido en lignina mostró un efecto estadístico significativo en relación al tratamiento, año de muestreo e interacción entre ambos ($F = 4.519$, $p = 0.0149$). No se observó ningún efecto sobre el valor nutritivo de la hierba.

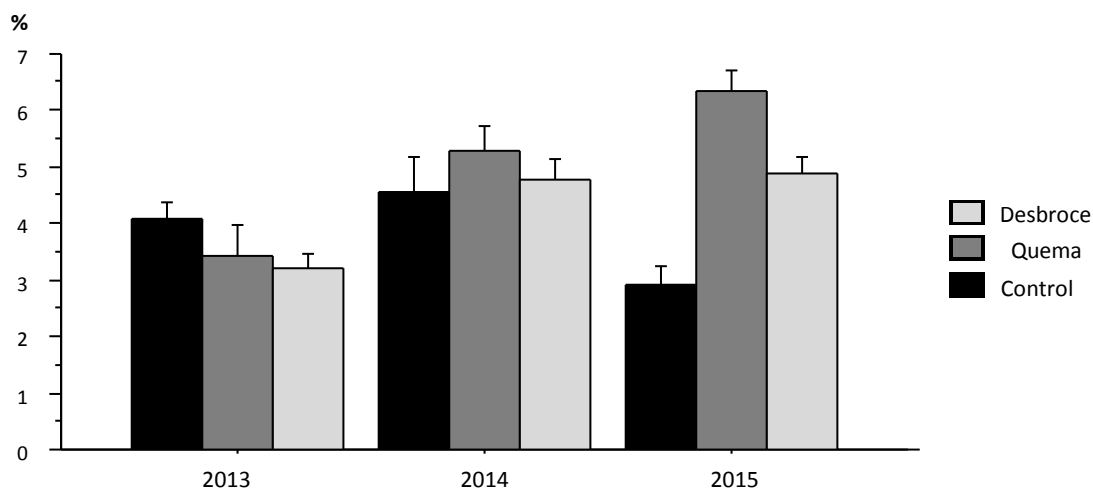


Figura 5. Contenido de lignina (%/MS) + E.E.

CONCLUSIONES

La composición específica de la vegetación no muestra cambios importantes en respuesta a los tratamientos aplicados. Se observa una tendencia convergente de las diferentes variables de densidad, riqueza y diversidad de la vegetación a los dos años de su aplicación. Así, no se detecta

un efecto negativo ni de la quema ni del desbroce sobre la comunidad vegetal estudiada. Sería necesario analizar si estos resultados son extrapolables a otras zonas con mayor pendiente donde el desbroce y el uso de maquinaria no son apropiados de forma que el fuego puede convertirse en la opción más viable. La aplicación de los tratamientos muestran un efecto a corto plazo hecho que indica que para la gestión de los prados de siega abandonados, la quema y el desbroce tiene que ser recurrente en el tiempo y en un periodo no superior a dos años, tiempo en que la vegetación retorna al estado inicial. La quema prescrita muestra más ventajas que el desbroce para la recuperación de zonas pastables: el efecto sobre la altura máxima se mantiene en el tiempo lo que permite que el pasto sea más accesible para el ganado y es conocido que tiene un coste económico inferior.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento al equipo del Parque Natural del Montseny, al grupo GRAF del cuerpo de bomberos de la Generalitat de Catalunya y a la financiación de la Diputación de Barcelona.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad N., Caturla R., Baeza J., Bladé C., Viera F., Carbó E., Valdecantos A., Bonet A., Serrasolsas I., Guàrdia R., Raventós J., Alloza J., Escarré A., Bellot J. y Vallejo V. (1996) *II. Regeneración de los montes quemados. La restauración de la cubierta vegetal en la comunidad valenciana*, pp. 51-148. CEAM.
- ANKOM. 2005. Acid detergent fiber in feeds. Filter bags technique (ANKOM200). Ankom Tech., USA.
- Baeza M.J. (2001) Aspectos ecológicos y técnicas del control del combustible (roza y quema controlada) en matorrales con alto riesgo de incendio dominados por *Ulex parviflorus* Pourr. Tesis Doctoral. Universidad de Alicante. Alicante.
- Brockway D.G., Gatewood R.G. y Paris R.B. (2002) Restoring are as an ecological process in shortgrass prairie ecosystems: initial effects of prescribed burning during the dormant and growing seasons. *Journal of Environmental Management* 65, 135-152.
- Calvo L., Tárrega R. y De Luis E. (1998) Space-time distribution patterns of *Erica australis* L. subsp. *aragonensis* (Willk) after experimental burning, cutting and ploughing. *Plant Ecology* 137:1-12.
- Canfield R. H. (1941) Application of the Line Interception Method in Sampling Range Vegetation. *Journal of Forestry*, 39(4), 388-394.
- Martinez Ll., Casas C. y Plaixats J. (2015) Estudio de la aplicación de quema prescrita para la recuperación de pastos en el parque natural del Montseny. En: Cifré J. *et al.* (eds) *Pastos y forrajes en el siglo XXI*, Mallorca, España. pp. 317-324: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- Mohammad N. Alhamad, Mohammad A. Alrababah y Mamoun A. Garaibeh. (2012) Impact of burning and fertilization on dry Mediterranean grassland productivity and diversity. *Jordan Acta Oecologica* 40, 10-14.
- Mouchene C., Pascault B. y Jullient L. (2007) Les landes du plateau de Montselgues. Suivi de végétation. *Programme européen Life Nature N°LIFE05NAT/F/000135* sur le site Natura 2000 FR78201660.

Ne'eman G., Lahav H. y Izhaki I. (1995) Recovery of vegetation in a natural east mediterranean pine forest on Mount Carmel, Israel as affected by management strategies. *Forest Ecology and Management* 75, 17-26.

Pino J., Guardiola M., Rodà F. y Stefanescu C. (2011) El deute d'extinció: una amenaça latent en una Catalunya canviant?. *L'Atzavara* 20, 17-27.

Plaixats J., Albanell E. y Bartolomé J. (2003) Estudi de la ramaderia al Parc Natural del Montseny. Informe tècnic. Diputació de Barcelona- Universitat Autònoma de Barcelona.

Simarro E., González-Ochoa A.I. y De Las Heras J. (2001) Efecto de la recurrencia del fuego en la regeneración natural de masas forestales en el SO de la provincia de Albacete. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*. III Congreso Forestal Español.

Zarovali M.P., Yiakoulaki M.D.y Papanastasis V.P. (2007) Effects of shrub encroachment on herbage production and nutritive value in semi-arid Mediterranean grasslands. *Grass and Forage Science*, 62, 355-363.

EL PAPEL DEL GANADO DOMÉSTICO AUTÓCTONO EN LA MEJORA DE PASTOS HERBÁCEOS

D. GRANDE CANO¹, J.M. MANCILLA-LEYTÓN², A. MARTÍN VICENTE³, M. DELGADO-PERTÍÑEZ²

¹Área de Sistemas de Producción Agropecuarios. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. 09340 Ciudad de México (México). ²Departamento de Ciencias Agroforestales. Universidad de Sevilla. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica. 41013 Sevilla (España). ³Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Sevilla. Facultad de Biología. 41080 Sevilla, (España).

Correspondencia: pertinez@us.es

RESUMEN

En la región Mediterránea la dispersión endozoócora de semillas es una alternativa potencial para recuperar pastizales y matorrales degradados o abandonados. Los objetivos de este estudio fueron determinar si el paso a través del sistema digestivo de cabras afectó la recuperación de semillas, la germinación y emergencia de plántulas de tres leguminosas herbáceas comunes del área Mediterránea (*Ornithopus compressus* L., *Medicago polymorpha* L. y *Melilotus officinalis* L. Pall.). El porcentaje total de recuperación de semillas osciló entre 0,31% y 6,80%. En todas las especies las semillas recuperadas tras la ingestión presentaron una germinación significativa menor que las semillas control, con porcentajes de germinación de 26,7% a 50,0%. La emergencia de plántulas fue menor en las heces intactas que en las disgregadas. No se encontró emergencia de plántulas de las semillas de *O. compressus* para ninguno de los tratamientos ni tiempos de muestreo. Aunque los porcentajes de recuperación de semillas, la germinación y emergencia de plántulas fueron bajos en términos absolutos, se concluye que las semillas de *M. polymorpha* y *M. officinalis* podrían establecerse desde el estiércol y representar una alternativa potencial para recuperar áreas de pastoreo degradadas o abandonadas.

Palabras clave: endozoocoria, dispersión, leguminosas

SUMMARY

In the Mediterranean region, the endozoochorous dispersion of seeds is a potential alternative to recover degraded or abandoned grasslands or shrublands. The objectives of this study were to determine whether passage through the goats gut affected seed recovery, germination and seedling emergence of three herbaceous legumes common in the Mediterranean area (*Ornithopus compressus* L., *Medicago polymorpha* L. and *Melilotus officinalis* L. Pall.). Total recovery seed percentages were from 0.31 to 5.29%. In all species, the seeds recovered after their passage through the goat guts presented significantly lower germination than control seeds. Recovered seeds from the three legumes had germination percentages of 18-50%. Seedling emergence was lower in the intact than in the crumbled feces, and in general the emergence in both was lower compared to unconsumed seeds. There was no seedling emergence of the *O. compressus* seeds contained in intact or crumbled feces at all sampling times. Although the seed recovery percentages, germination and emergence of seedlings were low in absolute terms, it is concluded that the seeds can be established from manure and could be a potential alternative to recover degraded or abandoned grazing areas.

Keywords: endozoochory, seed dispersal, legumes

INTRODUCCIÓN

En los hábitats semi-naturales europeos y otros sitios donde pastorean animales domésticos y silvestres, se ha demostrado que la endozoocoria es un mecanismo efectivo para la dispersión de semillas viables (Dai, 2000). En pastizales degradados o sobrepastoreados, la dispersión de semillas por el ganado ha sido reconocido como un método potencial para reintroducir especies deseables (Gökbülak y Call, 2004; Gökbülak, 2006). En varios estudios se ha demostrado que la aparición de plántulas y el establecimiento de especies herbáceas han mejorado por la siembra mediante las heces, tanto por animales silvestres o domésticos como vacas u ovejas (Malo *et al.*, 2000; Shiponeni y Milton, 2006).

De manera similar a varias especies de animales silvestres o domésticos como ovejas o vacas (Vellend *et al.*, 2003; Kuiters y Huiskes, 2010; Gökbülak, 2006), las cabras pueden desempeñar un papel importante para la dispersión endozoócica de semillas de especies herbáceas en los sitios donde pastorean. La información sobre la dispersión de semillas de las plantas herbáceas mediterráneas consumidas por las cabras es muy limitada, por la escasa atención que en general se ha dado al papel de las cabras como agentes dispersores de estas semillas en los ecosistemas mediterráneos. Por tanto, hay muchas deficiencias y lagunas en el conocimiento de este tema, las cuales deben abordarse para lograr el establecimiento exitoso de las especies herbáceas en los sitios de pastoreo y para la potencial restauración de pastizales y matorrales.

Por ello, los objetivos de este estudio fueron: i) cuantificar el número de semillas de tres especies leguminosas (*Ornithopus compressus* L., *Medicago polymorpha* L. y *Melilotus officinalis* L. Pall.) que pueden ser recuperadas tras ser consumidas por las cabras, ii) determinar si el paso de las semillas a través del sistema digestivo de las cabras afecta o no la germinación de las mismas, y iii) evaluar el establecimiento de plántulas de tres especies a partir de las heces.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para evaluar la recuperación de semillas después de su paso por el intestino, se utilizaron seis cabras hembras adultas de la raza Payoya de similar peso y edad (40 kg de peso promedio y 3 años de edad). Las cabras se mantuvieron en jaulas metabólicas individuales que disponían de un sistema para recoger las heces. Al inicio del experimento, a cada una de las cabras se le ofreció un coctel con 10 000 semillas de cada una de las especies estudiadas, las cuales se mezclaron con grano de cebada (250 g) para facilitar su consumo. Los animales tuvieron acceso a heno de alfalfa y agua *ad libitum*. Después de la ingestión de las semillas, todas las heces producidas por las cabras se recolectaron cada 24 h. durante 5 días. Las heces se secaron a temperatura ambiente y se almacenaron en el laboratorio. Posteriormente se pesaron 10 muestras de heces de 4 g las cuales se desmenuzaron manualmente, y se identificaron y contaron las semillas contenidas de cada una de las arbustivas consumidas (Mancilla-Leytón *et al.*, 2012).

Germinación de las semillas después de su paso por el intestino

La germinación de las semillas recuperadas en los dos intervalos de tiempo con mayor recuperación (24-48 y 48-72h) se comparó con la de semillas sin consumir. Los tratamientos fueron: i) Control: semillas sin consumir; ii) 24-48h: semillas recuperadas a las 24-48h tras la ingestión; y iii) 48-72h: semillas recuperadas en el segundo tiempo con mayor recuperación. Las semillas se colocaron en un germinador (ASL Aparatos Científicos M-92004, Madrid, España) durante 60 días bajo un régimen de 12 h de luz (25°C, 35 mol m⁻² s⁻¹, 400-700 nm) y 12 h de oscuridad (12°C).

Emergencia de plántulas desde las heces

La capacidad de las semillas para emerger y establecerse como plántulas en el interior de las heces fue evaluada mediante un experimento de invernadero. Se realizaron tres tratamientos: i) control: semillas no ingeridas; ii) heces intactas: se coloraron 12 g de heces intactas sobre la superficie de las macetas (arena y vermiculita) y iii) heces disgregadas: donde se colocaron también 12 g. Se simuló el desmoronamiento bajo condiciones naturales (p. ej. la lluvia o el pisoteo del estiércol por los animales) (Mancilla-Leytón *et al.*, 2012). A ambos tratamientos de heces se realizaron en los dos intervalos con mayor recuperación (24-48 y 48-72h). Las macetas se colocaron aleatoriamente en el invernadero con temperaturas de día/noche de 25/15°C y se regaron periódicamente. La emergencia de las semillas fue revisada diariamente durante 60 días. El porcentaje de plántulas establecidas (PE) al final del período de muestreo se estimó para cada una de las especies mediante la fórmula: $PE = 100 \cdot Se / 3 \cdot Sr$, donde *Se* es el número promedio de plántulas establecidas de las especies, y *Sr* es el número promedio de semillas encontradas en 4 g de heces (basado en 20 submuestras) (Mancilla-Leytón *et al.*, 2012).

Análisis de los datos

Los datos sobre el porcentaje de recuperación, semillas germinadas y el porcentaje de emergencia de plántulas de heces intactas y disgregadas fueron evaluados estadísticamente con ANOVA, y la obtención de las diferencias entre tratamientos se hizo mediante la prueba de Tukey. Para todos los análisis estadísticos se utilizó el programa SPSS 23.0 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Recuperación de semillas

En general, la cantidad de semillas recuperadas fue baja; en el mejor de los casos (*M. polymorpha*), se recuperaron de las heces poco menos del 7% de las semillas consumidas (Tabla 1). Al respecto, se debe considerar que el porcentaje de destrucción de semillas es directamente proporcional al tamaño de la semilla e inversamente proporcional a la dureza de sus cubiertas (Russi *et al.*, 1992). Estos bajos valores son similares a los obtenidos para otras especies herbáceas y arbustivas consumidas por rumiantes salvajes y domésticos (Olson y Wallander, 2002; Razanamandranto *et al.*, 2004; Mouissie *et al.*, 2005; Ramos *et al.*, 2006; Mancilla-Leytón *et al.*, 2011); sin embargo, aún en las especies en las que se obtuvieron los más bajos niveles de recuperación, las cabras no se comportaron como predatoras de sus semillas, lo que significa que las semillas no fueron destruidas después de su ingestión por las cabras.

Para las tres especies, las mayores tasas de recuperación de semillas ocurrieron a las 24-48 y 48-72 horas después de su ingestión, con mayores porcentajes de recuperación en *M. polymorpha* (Tabla 1). La distribución temporal de la defecación de las semillas puede favorecer la distancia de dispersión, y puede ser particularmente importante en el caso de *M. polymorpha* y *O. compressus*, que fueron las especies donde se recuperaron más semillas y así mismo fueron las que permanecieron en el sistema digestivo por tiempos más largos (más de 48 horas). En este sentido, la distancia final de dispersión dependerá en gran medida del sistema de producción. En los rebaños extensivos o semiextensivos la distancia recorrida por los animales puede llegar a ser extremadamente alta.

Germinación de las semillas después de su paso por el sistema digestivo de las cabras

En todas las especies, las semillas recuperadas tuvieron una germinación significativamente más baja en comparación con las semillas sin consumir (Tabla 2). En general, las semillas recuperadas

de las tres leguminosas mostraron valores promedio de germinación de 27-50%. Solo en las semillas de *O. compressus* recuperadas a las 48-72 h la germinación fue significativamente más alta en comparación con las semillas recuperadas a las 24-48 h ($P \leq 0,05$). En el resto de las especies, no se encontraron diferencias significativas.

Tabla 1. Porcentajes de recuperación de las semillas en los diferentes intervalos tras su ingestión.

Especies	Tiempos de recuperación (horas)					% total de semillas recuperadas
	0-24	24-48	48-72	72-96	96-120	
<i>Ornithopus compressus</i>	0,03 a*	0,56 b	0,58 b	0,24 a	0,12 b	1,53
<i>Melilotus officinalis</i>	0,05 a	0,15 c	0,08 c	0,03 c	0	0,31
<i>Medicago polymorpha</i>	0,05 a	2,64 a	1,92 a	1,51 a	0,68 a	6,80

*Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey $\leq 0,05$)

Tabla 2. Porcentajes de germinación de las semillas control y recuperadas de las heces a las 24-48 y 48-72 h después de su ingestión por las cabras.

Especies	Tratamientos		
	Control	24-48 h	48-72 h
<i>Ornithopus compressus</i>	91,7 \pm 1,7 a*	27,3 \pm 5,7 b	50,0 \pm 3,2 c
<i>Melilotus officinalis</i>	68,3 \pm 4,8 a	47,6 \pm 3,8 b	0
<i>Medicago polymorpha</i>	58,3 \pm 3,2 a	26,7 \pm 2,7 b	37,2 \pm 8,2 b

*Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas (Tukey $\leq 0,05$).

El paso por el sistema digestivo no mejoró la germinación de las semillas de *O. compressus* y *M. polymorpha*, como se ha reportado por otros autores para algunas semillas de leguminosas herbáceas (Nakao y Cardoso, 2010; Lima *et al.*, 2014). La menor germinación encontrada en estas dos semillas puede ser debida al daño causado al embrión por el líquido ruminal, los procesos digestivos y la fermentación del estiércol (Prins y Van der Vorstenbosch, 1975; Gardener *et al.*, 1993).

Emergencia de plántulas desde las heces

En cuanto al estudio de la capacidad de emergencia y establecimiento de las semillas a partir de las heces, no hubo emergencia de plántulas de *O. compressus* en las heces intactas o disgregadas; por otra parte, encontramos que cuando las heces están disgregadas los valores de emergencia son muy superiores a cuando las heces están intactas. Se obtuvo una emergencia significativamente más baja en *M. polymorpha* a las 24-48 h y 48-72 h después de su ingestión en las heces intactas y en las disgregadas en comparación con las semillas control ($F = 28,03$, $P \leq 0,05$, Figura 1). Las heces disgregadas a las 24-48 h y 48-72 h después de su ingestión con semillas de *M. officinalis* tuvieron una similar emergencia de plántulas en comparación con las semillas control (Figura 1). Esto probablemente puede ser debido a la mayor capacidad de retención de agua de las heces disgregadas (Traveset *et al.* 2001; ver resultados similares en Malo y Suárez, 1998).

La ausencia total de emergencia de plántulas en las heces intactas (p. ej. en *M. officinalis*) puede ser parcialmente explicada por la apretada estructura de las mismas, la cual puede actuar como una barrera mecánica para la emergencia de plántulas, que puede desaparecer cuando la estructura del estiércol se rompe. Consecuentemente, el pisoteo de los animales en pastoreo, la lluvia y los insectos coprófagos que rompen las heces son necesarios para el establecimiento de las plántulas, especialmente para aquellas especies que no pueden emerger del estiércol intacto (Mancilla-Leytón *et al.*, 2012). Además debería considerarse que la reducida germinación de las semillas cuando crecen en las heces podría causarse por un efecto alelopático de los compuestos fenólicos y ácidos

grasos contenidos en el estiércol, los cuales pueden actuar como inhibidores de la germinación para algunas especies (Traveset *et al.*, 2001).

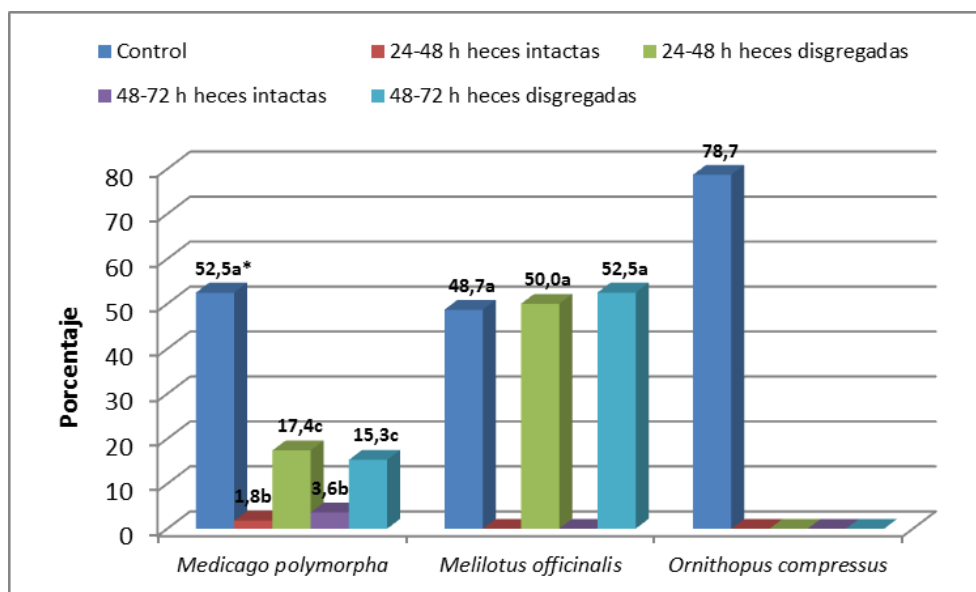


Figura 1. Porcentaje de emergencia de plántulas en heces intactas y disgregadas recolectadas a las 24-48 h y 48-72 h después de su ingestión. *Para cada especie, letras diferentes en las barras indican diferencias significativas (Tukey $\leq 0,05$).

CONCLUSIONES

Aunque los porcentajes de recuperación de semillas, germinación y emergencia de plántulas encontradas en este estudio fueron bajos en términos absolutos, se puede concluir que un número significativo de semillas, particularmente las de *M. polymorpha* y *M. officinalis* pueden establecerse a partir de su deposición en el estiércol. Teniendo en cuenta que cada plántula que consigue establecerse puede producir cientos o miles de semillas, podemos concluir que la utilización del ganado caprino para la implantación de cubiertas vegetales en cultivos herbáceos podría ser una práctica viable y sostenible que beneficia al suelo, al propio cultivo, a la calidad del pasto, al ganado, y a la economía de los agricultores y/o ganaderos. No obstante, habría que tener en cuenta otros aspectos ecológicos relacionados como el aumento de la distancia de dispersión, la fertilización por heces, la disminución de la competencia, etc.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a D. José Ardila y Dehesa de Gatos S.A. su ayuda y colaboración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dai X. (2000) Impact of cattle dung deposition on the distribution pattern of plant species in an alvar limestone grassland. *Journal of Vegetation Science*, 11, 715–724.
- Gardener C., McIvor J. y Jansen A. (1993) Survival of seeds of tropical grassland species subjected to bovine digestion. *Journal of Applied Ecology*, 30, 75–85.
- Gökbülak F. y Call C. (2004) Grass seedling recruitment in cattle dung pats. *Journal of Range Management*, 57, 649–655.

- Gökbülak F. (2006) Recovery and germination of grass seeds ingested by cattle. *OnLine Journal of Biological Sciences*, 6, 23–27.
- Kuiters A.T. y Huiskes H.P.J. (2010) Potential of endozoochorous seed dispersal by sheep in calcareous grasslands: correlations with seed traits. *Applied Vegetation Science*, 13, 163–172.
- Lima R.V., Vieira H.D., de Souza Guimarães F., Rohem Jr. N.M., da Silva T.O., Fernandes A.M., Guimarães C.P., Acha A.J. y Deminici B.B. (2014) Germination, vigor of seeds and emergence of Fabaceae seedling in bovine faeces. *American Journal of Plant Sciences*, 5, 2170–2177.
- Malo J.E. y Suárez F. (1998) The dispersal of a dry-fruited shrub by red deer in a Mediterranean ecosystem. *Ecography*, 21, 204–211.
- Malo J.E., Jiménez B. y Suárez F. (2000) Herbivore dunging and endozoochorous seed deposition in a Mediterranean dehesa. *Journal of Range Management*, 53(3), 322–328.
- Mancilla-Leytón J.M., Fernández-Alés R. y Martín A. (2011) Plant–ungulate interaction: goat gut passage effect on survival and germination of Mediterranean shrub seeds. *Journal of Vegetation Science*, 22, 1031–1037.
- Mancilla-Leytón J.M., Fernández-Alés R. y Martín Vicente A. (2012) Low viability and germinability of commercial pasture seeds ingested by goats. *Small Ruminant Research*, 107, 12–15.
- Mouissie A.M., Van Der Veen C.E.J., Veen G.F.C. y Van Diggelen R. (2005) Ecological correlates of seed survival after ingestion by Fallow deer. *Functional Ecology*, 19, 284–290.
- Nakao E.A. y Cardoso V.J.M. (2010) Recovery and germination of legume seeds passed through the digestive tract of bovine cattle. *Biota Neotropical*, 10, 189–195.
- Olson B.E. y Wallander R.T. (2002) Does ruminal retention time affect leafy spurge seed of varying maturity? *Journal of Range Management*, 55, 65–69.
- Prins R.A. y Van der Vorstenbosch, C.J.A.H.V. (1975) Interrelationships between rumen micro-organisms. En: Binnerts, W.T. (ed.). *Physiology of Digestion*. pp. 15–24. Wageningen, The Netherlands: H. Veenman., Zonen B.V, Wageningen University.
- Ramos M.E., Robles A.B., Ruiz-Mirazo J., Cardoso J.A. y González-Rebollar J.L. (2006) Effect of gut passage on viability and seed germination of legumes adapted to semiarid environments. En: Lloveras J., et al. (eds.). *Sustainable Grassland Productivity*. pp. 315–317. Badajoz, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- Razanamandranto S., Tigabu M., Neya S. y Odén P.C. (2004) Effects of gut treatment on recovery and germinability of bovine and ovine ingested seeds of four woody species from the Sudanian savanna in West Africa. *Flora*, 199, 389–397.
- Russi L., Cocks P.S. y Roberts E.H. (1992) The fate of legume seeds eaten by sheep from a Mediterranean grassland. *Journal of Applied Ecology*, 29, 772–778.
- Shiponeni N.N. y Milton S.J. (2006) Seed dispersal in the dung of large herbivores: implications for restoration of Renosterveld shrubland old fields. *Biodiversity Conservation*, 15, 3161–3175.
- Traveset A., Bermejo T. y Willson M. (2001) Effect of manure composition on seedling emergence and growth of two common shrub species of Southeast Alaska. *Plant Ecology*, 155, 29–34.
- Vellend M., Myers J.A., Gardescu S. y Marks P.L. (2003) Dispersal of *Trillium* seeds by deer: implications for long-distance migration of forest herbs. *Ecology*, 84, 1067–1072.

CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS QUE AFECTAN A LA PRODUCCIÓN, RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE PASTOS HERBÁCEOS EN DEHESAS DE SUELOS BÁSICOS

C. LÓPEZ-CARRASCO¹, M.P. RODRÍGUEZ- ROJO², A. RODRÍGUEZ MAJANO², S. ROIG GÓMEZ³

¹ Servicio de Política Forestal y Espacios Naturales. JCCM. 45600 Talavera de la Reina. (España). ²Instituto de Ciencias Ambientales y Bioquímica. UCLM. 45071 Toledo (España). ³Dpto de Sistemas y Recursos Forestales. U.P.M. 28040 Madrid.

Correspondencia: clcarrasco@local.jccm.es

RESUMEN

Se evaluaron las características edáficas y su relación con la producción y diversidad de pastos herbáceos de dehesa en el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel, determinándose los principales indicadores de fertilidad: MO, pH, CE, Nmineralizable, Pdisponible y CaCO₃, y la producción de materia seca y diversidad (riqueza de especies e índice de Shannon). Se estudiaron dos eriales a pastos con distinta edad de abandono, 15 y 5 años, así como dos posíos de tercer año con diferente densidad de encinas. Los terrenos con abandono de labrado más antiguo mostraron los valores superiores en MO, pH, Nmineralizable, riqueza específica y diversidad, aunque no presentaron mayor producción de materia seca. De las variables edáficas analizadas, el pH mostró relación significativa negativa con la diversidad y riqueza en gramíneas y significativa y positiva con la riqueza en especies del grupo “otras familias”. El contenido en N disponible afectó positivamente a la riqueza en especies, pero no guardó relación con la diversidad.

Palabras clave: pH, dehesas de encina, Tablas de Daimiel

SUMMARY

We studied the relationship between the main edaphic variables and diversity, quality and yield of the herbaceous pastures in dehesas inside the Spanish National Park ‘Las Tablas de Daimiel’ (% organic matter, pH, conductivity, N, P, % CaCO₃, herbaceous dry matter, species richness and Shannon index). Different management factors and situations were considered including time since the last plough, grazing and tree density. We found differences in soil fertility, and time since agricultural crops were abandoned was significant for OM, pH, N, species richness and diversity of herbaceous pastures, but not for DM yield. pH showed a negative relationship to diversity and richness of grass family and a positive relationship with other family richness. N content is related to species richness but not to diversity.

Key words: pH, holm oak dehesas, Tablas de Daimiel

INTRODUCCIÓN

En 2014 se realizó la última ampliación del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel en Ciudad Real mediante la adquisición de una dehesa con aprovechamiento agrícola tradicional para contar con la representación de este ecosistema semi-natural en el espacio protegido. Uno de los objetivos del Parque en la actualidad es el abandono de las prácticas agrícolas y la recuperación de la dehesa para el aprovechamiento ganadero con ovino, lo que requiere la restauración de los pastos herbáceos propios de suelos básicos, con especial atención a los majadales, hábitat de interés prioritario 6220 (Directiva Hábitat 92/43/CEE).

Los pastos herbáceos de esta zona fueron objeto de un breve (una primavera) estudio preliminar (López-Carrasco *et al.*, 2016) y los resultados fueron esperanzadores de cara a su recuperación, puesto que el banco de semillas contaba con una buena representación de especies leguminosas, que podrían promover zonas de majadal.

Sin embargo en dicho estudio no se pudo llevar a cabo el análisis de suelos, un aspecto clave para intentar la recuperación de pastos herbáceos de buena calidad. En este trabajo abordamos dichos análisis y discutimos las posibles relaciones entre algunos parámetros edáficos con la composición florística, la diversidad y la producción de los pastos. Esta información resulta básica para afrontar cualquier tipo de transformación o recuperación de los majadales.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el paraje “Quinto de la Torre”, (x: 436.421; y: 4.332.292, ETRS89, Huso 30, 619 m.s.m.), dentro del Parque Nacional “Tablas de Daimiel”, (Ciudad Real), en una zona llana, adhesionada y con baja densidad de encinas (*Quercus ilex*). El clima es continental, tipo templado-frío, con 400-500 mm de precipitación anual y temperatura media entre 12 y 14 °C y 0,5°C promedio de las mínimas del mes más frío (Álvarez y Sánchez Carrillo, 1998). Se diferenciaron cuatro zonas de estudio con distinto historial de aprovechamiento (Tabla 1), (López-Carrasco *et al.*, 2016).

Tabla 1. Características del tipo de aprovechamiento de las cuatro zonas de estudio

Zonas	Años sin labrar	Pastoreo	encinas (nºpies/ha)	Superficie (ha)
Erial (E ₁₅)	15	No	13	18
Erial (E ₅)	5	No	13	4,4
Posío baja densidad encinas (Pbd)	3	Si	13	12,2
Posío muy baja densidad de encinas (Pmb)	3	Si	5	37

Pastoreo intermitente con 200 ovejas Manchegas. Posío: pasto herbáceo en una superficie agrícola durante el periodo de barbecho entre dos cultivos consecutivos (Ferrer, 2016).

En marzo de 2016 se realizó un muestreo del suelo en seis puntos de cada una de las zonas, excepto en E₅ donde se prospectaron cuatro puntos, por ser una parcela más pequeña. En cada punto se tomaron tres muestras en los primeros 15 cm del suelo, que se mezclaron componiendo una muestra única. Las variables físico químicas analizadas fueron: textura, pH, Conductividad eléctrica, (CE en mS/cm), CO₃Ca (%), Materia Orgánica, (MO en %), Nitrógeno (N) disponible (NO₃⁻ y NH₄⁺) (mg/kg) y Fósforo asimilable (P en mg/kg), (Rodríguez Majano, 2016).

Para estimar la producción y abundancia de especies, el 5 de mayo de 2016 se muestrearon seis zonas en E₁₅, Pmbd, Pbd y 4 en E₅, fuera de la copa de las encinas, coincidiendo aproximadamente con los puntos de muestreo de suelo. En cada zona se segaron 4 cuadrados de 50 x 50 cm -88 en total- que se pesaron y congelaron hasta su procesamiento. En cada muestra se realizó una separación manual por especies que se secaron en estufa de aire forzado durante 24 horas a 80°C. Las variables estimadas fueron: peso seco total de cada muestra, % ms, contribución de leguminosas, gramíneas y otras familias (%), número de especies y diversidad (índice de Shannon), calculado a partir del peso seco de cada especie.

La comparación entre las distintas zonas se realizó para cada variable, utilizando ANOVAs de una vía y el test de mínima diferencia significativa para la comparación de medias. En caso de no cumplirse los requisitos del ANOVA, se utilizó el test no paramétrico Kruskal-Wallis. Se realizaron

análisis de regresión lineal entre las variables relacionadas con la producción y composición de los pastos y las variables edáficas. El nivel de confianza fue del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de precipitación anual, de otoño y primavera se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Precipitación anual, de otoño y primavera en las Tablas de Daimiel.

Periodo y Precipitación (mm)	Histórico*	2015/16	% precipitación de 2015/16 respecto a la media histórica*
anual	403	321,6	-20
otoño	115	83,4	-27
primavera	122,3	167,0	+14

*precipitaciones: 1970/71 a 2014/15. La precipitación de primavera hasta la fecha de muestreo de pastos fue **125mm**

Los suelos son alcalinamente moderados, no salinos y con textura franco arenosa, (Tabla 3). El erial más antiguo (E₁₅), es el que presenta mejor fertilidad según los valores de, pH, N disponible y MO, (aunque para ésta última variable la diferencia no es significativa respecto a PSmbd). Éste aumento de la fertilidad se correspondería con lo esperado en pastos seminaturales establecidos a medio plazo (Horrocks *et al.*, 2016) y donde un mayor % de MO se relaciona con un menor pH en suelos alcalinos (Martínez *et al.*, 2008). El contenido de P disponible es bajo en todas las parcelas, lo que podría corresponderse con procesos de precipitación en forma de P-Ca en suelos alcalinos. Lo mayores valores de carbonatos en los eriales frente a los posíos, se relacionan con variaciones del nivel freático en las parcelas más próximas a la lámina de agua de las Tablas (E₁₅ y E₅) y los menores, por la influencia del labrado sobre la infiltración de agua y el lavado de los carbonatos, en las parcelas de posío (Rodríguez Majano, 2016).

Tabla 3. Media de las variables edáficas en las distintas zonas de estudio. Estadístico empleado y significación de la comparación de medias.

	%Arcilla	%limo	%arena	pH	%MO	Ndisp (mg/kg)	Pdisp (mg/kg)	Carbonatos (%)	CE (mS/cm)
E ₁₅	11,1	23,4	65,5	7,7a	3,9b	177,3c	4,0	19,4b	0,32b
E ₅	12,8	20,4	66,8	8,0c	2,7a	54a	3,7	20b	0,28b
PSmbd	13,2	20,4	66,4	7,9b	3,3ab	77,8b	4,1	14,6ab	0,31b
PSbd	13,2	22,1	64,6	7,9b	2,9a	42,7a	4,1	6,3a	0,27a
Estad.	H _(3,22) =3,0	F _(3,18) =2,3	F _(3,18) =0,6	F _(3,18) =13,6	F _(3,18) =4,8	F _(3,18) =30,1	F _(3,18) =1,5	H _(3,22) =7,1	F _(3,18) =3,6
Sign.	P=0,39	P=0,11	P=0,62	P=0,0001	P=0,01	P=0,0001	P=0,24	P=0,07	P=0,03

E₁₅: erial 15 años, E₅: erial 5 años, PSmbd: posío muy baja densidad de encinas, PSbd: posío baja densidad. Estad.: estadístico. Sign.: significación. Para cada variable, letras distintas indican diferencias significativas entre zonas.

Si comparamos los dos eriales (Tabla 4), E₅ presenta el valor más alto de producción (162 g/m² de materia seca), respecto a E₁₅ (135 g/m²), a pesar de la menor fertilidad de E₅.

La acumulación de restos vegetales favorece el incremento de C orgánico y el N asociado a dicha MO (Martínez *et al.*, 2008). En nuestro caso, es apreciable la capa de paja acumulada sobre el suelo de E₁₅, que podría haber afectado negativamente a la germinación y al crecimiento de las especies, (Willens y Bik, 1998) y por tanto, a la producción vegetal. En relación con los dos posíos, las

características edáficas son similares, a excepción de la CE y el N disponible, que son menores en PSbd. La variabilidad espacial de las propiedades del suelo también se da en los suelos cultivados, aunque las técnicas de manejo hayan sido las mismas. A menudo se asume que las características de los suelos antes de su cambio de uso son semejantes (Peukert *et al.*, 2016), aunque no disponemos de datos que lo corroboren.

Tabla 4. Medias de la producción de materia seca, % MS, y contribución de los principales grupos funcionales. Estadístico empleado y significación de la comparación de medias.

	MS(g/m ²)	%MS	%LEG	%GRA	%OTRAS
E ₁₅	134,7ab	30b	6,9	74,1b	19b
E ₅	161,6c	35,1d	3,3	90,1c	6,6a
Pmbd	147,4bc	32,3c	8,1	78bc	13,9ab
Pbd	119,5a	27,7a	11,1	46,5a	42,4c
estadístico	F _(3,70) =4,8	H _(3,74) =25,5	H _(3,74) =6	H _(3,74) =3,7	H _(3,74) =30
significación	P=0,004	P=0,001	P=0,11	P=0,001	P=0,001

E₁₅: erial 15 años, E₅: erial 5 años, PSmbd: posío muy baja densidad de encinas, PSbd: posío baja densidad. Para cada variable, letras distintas indican diferencias significativas entre zonas con distinto uso.

La diferencia en producción de MS no parece poder atribuirse al N disponible al inicio de la primavera, ya que no encontramos ninguna relación entre producción y el N tras el análisis de regresión lineal entre estas variables ($r=0,11$; $p=0,61$).

Las parcelas difieren en su composición botánica, (Tabla 4). El % de leguminosas fue bajo y similar en todas ellas y se corresponde con los bajos contenidos de P disponible, sin embargo, López-Carrasco *et al.* (2016), registraron valores de hasta el 20% de leguminosas en la misma zona en 2015. La cantidad y distribución de las precipitaciones condicionan la producción y composición de los pastos (Espigares y Peco, 1993), especialmente el contenido en leguminosas. La lluvia de mayo de 2015 fue nula, lo que pudo afectar negativamente a la maduración de las semillas y el otoño de 2015 registró un 27% menos de precipitaciones, que a su vez pudo influir negativamente en la germinación de especies que presentan dureza seminal, como *Medicago truncatula* Gaertn., *M.orbicularis* (L.) Bart., *M.minima* (L.) L., *Astragalus hamosus* L., frecuentes en la zona y cuyo pico de germinación ocurre al final de verano y principio de otoño (Siles *et al.*, 2016).

Las gramíneas son las que más contribuyen a la producción de MS en todas las zonas, excepto en PSbd que presenta una composición más equilibrada entre familias (Tabla 4). En general, las gramíneas dominan sobre el resto de familias, con una contribución del 90% en E₅ y del 74 y 78% en E₁₅ y PSmbd, respectivamente, y aunque existe relación lineal y positiva entre el % de gramíneas y la producción de materia seca, sólo explica el 27% de la variación ($r=0,52$; $p<0,001$). La relación entre el % de otras familias y la producción de MS guarda una relación lineal y negativa de magnitud similar ($r=-0,52$; $p<0,001$, lo que explicaría en parte, el menor valor de producción en PSbd. La alta contribución de las gramíneas explica las diferencias de % de MS entre las distintas zonas, la relación entre estas dos variables es lineal y positiva ($r=0,83$; $p<0,001$), mientras que la relación entre el % MS y la contribución de las otras familias es negativa ($r=-0,78$; $p<0,001$), lo que explicaría los valores más bajos de PSbd.

En cuanto a la riqueza específica (Tabla 5), E₁₅ presenta los valores más altos, a los que contribuye especialmente el grupo de otras familias. La redundancia de especies y la redundancia funcional podrían explicar que las producciones de E₁₅ y PSbd fueran similares, de hecho tampoco encontramos diferencias entre sus valores de diversidad, lo que estaría de acuerdo con Mayfield *et*

al. (2010), “la diversidad funcional y la diversidad de especies puede estar desacoplada”. E₅ y PSmbd registraron valores de diversidad similares entre sí y más bajos que E₁₅ y PSbd, aunque su producción de MS fue superior.

En nuestro caso, hemos encontrado una relación negativa entre diversidad y productividad poco consistente ($r = -0,37$; $p < 0,001$). La relación diversidad-productividad puede mostrar distintos patrones en sistemas naturales, donde además de la diversidad de especies, factores ambientales como variaciones en el clima y los suelos influyen en la relación productividad-diversidad (Zuo *et al.*, 2012).

Tabla 5. Resultados del análisis estadístico de la riqueza específica y diversidad.

	Riqueza específica (nº medio sp.)	Leguminosas (nº medio sp.)	Gramíneas (nº medio sp.)	Otras fam. (nº medio sp.)	Diversidad H'
E ₁₅	26a	5c	6b	15c	2,41b
E ₅	15b	4bc	4a	7ab	1,52a
Pmbd	13b	3b	4a	6a	1,50a
Pbd	14b	2a	3a	9b	2,24b
estadístico	F _(3,70) =33,4	F _(3,70) =14,7	F _(3,70) =10,8	H _(3,74) =37	F _(3,70) =7,4
significación	P=0,0001	P=0,0001	P=0,0001	P=0,0001	P=0,002

E₁₅: erial 15 años, E₅: erial 5 años, PSmbd: posío muy baja densidad de encinas, PSbd: posío baja densidad. Para cada variable, letras distintas indican diferencias significativas entre zonas con distinto uso. Nº especies/0,025m²)

La riqueza específica aumenta con el contenido de N disponible ($r = 0,75$; $p < 0,001$), así como la riqueza en leguminosas ($r = 0,57$; $p < 0,005$), gramíneas ($r = 0,78$; $p < 0,001$) y otras ($r = 0,58$; $p < 0,004$), sin embargo no encontramos relación entre la diversidad y el N disponible ($r = 0,25$; $p = 0,27$). El pH está correlacionado negativamente con la diversidad ($r = -0,60$; $p < 0,003$) (Fig 1.), la riqueza en especies ($r = -0,61$; $p = 0,002$) y la riqueza en gramíneas ($r = -0,66$; $p < 0,001$) (Fig.2), y positivamente correlacionado con la riqueza en especies de otras familias ($r = 0,54$; $p < 0,001$). El mayor contenido en N disponible y menor pH del erial más antiguo explicarían los resultados obtenidos de riqueza y diversidad en E₁₅.

Güsewell (2004), destaca la importancia de la dominancia de las gramíneas para determinar cambios en la diversidad mayores que los atribuibles a cambios en los nutrientes limitantes, nuestros resultados parecen estar en esa línea, aunque queremos destacar la provisionalidad de los mismos y la necesidad de ampliar el período de estudio.

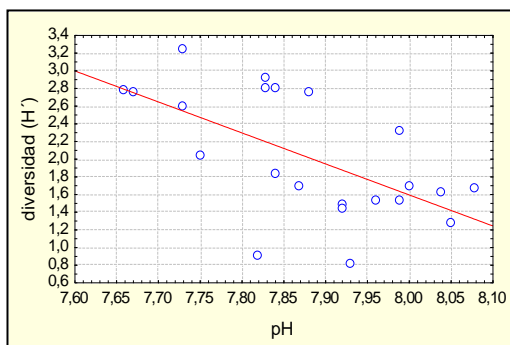


Fig.1. Relación entre la diversidad de pastos herbáceos y el pH del suelo.

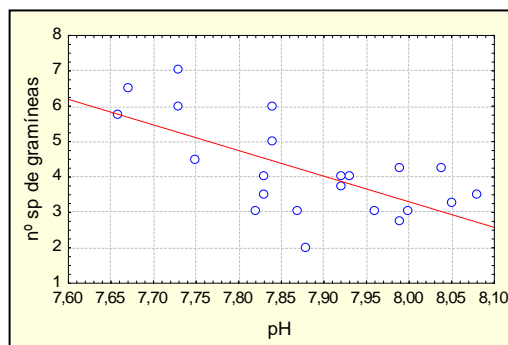


Fig.2. Relación entre el nº de especies de gramíneas y el pH del suelo.

CONCLUSIONES

No hemos encontrado relación entre la fertilidad del suelo y la producción de materia seca, probablemente porque las diferencias edáficas entre zonas con distinto historial no sean lo suficientemente grandes para influir sobre la producción en un rango de valores no muy amplio y pueden venir más marcados por las condiciones meteorológicas. Hay otras variables como: C/N/P, CIC, la actividad microbiana, etc. que no han sido analizadas en este trabajo y que podrían aportar información relevante.

La variable edáfica que ha marcado las diferencias en riqueza y diversidad ha sido el pH, a pesar de que el rango de valores en las zonas de estudio es estrecho. Un pH más alto parece estar relacionado con un menor número de especies de gramíneas, que es el grupo que mayor influencia ha tenido sobre la producción y diversidad en el año analizado. No obstante, es necesario un seguimiento a más largo plazo, incluir algunas variables edáficas adicionales y detectar cuales son las especies clave que determinan la productividad y diversidad en este tipo de comunidades sobre suelos alcalinos y con bajas precipitaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Álvarez M. y Sánchez Carrillo S. (1998) Clima. En: *Parque Nacional Las Tablas de Daimiel*, pp. 68-80. Talavera de la Reina, España, Esfagno S.L.

Espigares T. y Peco B. (1993) Mediterranean pastures dynamics: the role of germination. *Journal of Vegetation Science*, 4, 189-194.

Ferrer C. (2016) Diccionario de pascología. Madrid, España: Fundación Conde del Valle de Salazar, E.T.S.I. Montes, Forestal y Medio Natural.

Güsewell S. (2004) N: P ratios in terrestrial plants: variation and functional significance. *New Phytologist*, 164, 243-266.

Horrocks C.A., Heal K.V., Harvie B., Tallowin J.B., Cardenas L.M. y Dungait J.A.J. (2016) Can species-rich grasslands be established on former intensively managed arable soils?. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 217, 59-67.

López-Carrasco C., Ruíz de la Hermosa C. y Roig S. (2016) Caracterización y diagnóstico de los pastos herbáceos en la dehesa del parque nacional de las Tablas de Daimiel. En: Báez Bernal M.D. *et al.* (eds) *Innovación sostenible en pastos: hacia una agricultura de respuesta hacia el cambio climático*, pp.339-344, Lugo, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

Martínez E., Fuentes J.P. y Acevedo E. (2008) Carbono orgánico y propiedades del suelo. *J. Soil Sc. Plant. Nutr.*, 8 (1), 68-96.

Mayfield M.M., Bonser S.P., Morgan J.W., Aubin I., Mc Namara S. y Vesk P.P. (2010) What does species richness tell us about functional trait diversity?. Predictions and evidence for responses of species and functional trait diversity to land-use change. *Global Ecol. Biogeogr.*, 19, 423-431.

Peukert S., Griffith B.A., Murray P.J., Maceod C.J.A. y Brazier R.E. (2016) Spatial variation in soil properties and diffuse losses between and within grassland fields with similar short-term management. *European Journal of Soil Science*, 67, 386-396.

Rodríguez Majano, A. (2016) Caracterización fisicoquímica de los suelos de la dehesa del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel, Ciudad Real. T.F.G. Facultad de Ciencias Ambientales y Bioquímica, Universidad de Castilla-La Mancha.

Siles G., Torres J.A., Ruíz-Valenzuela L. y García-Fuentes A. (2016) Germination trials of annual autochthonous leguminous species of interest for planting as herbaceous cover in olive groves. *Agricultural Ecosystems and Environment*, 217, 119-127.

Willens J.H. y Bik L.P.M. (1998) Restoration of high species density in calcareous grassland: the role of seed rain and soil seed bank. *Applied Vegetation Science*, 1, 91-100.

Zou X.A., Knops J.M.H., Zhao X.Y., Zhang T.H., Li Y.Q. y Guo Y.R. (2012) Indirect drivers of plant diversity-productivity relationships in semiarid sandy grassland. *Biogeosciences*, 9, 1277-1289.

CONSUMO ENERGÉTICO POR LOCOMOCIÓN EN RUTAS TRASHUMANTES DE OVINO

C. BETRÁN¹, O. BARRANTES^{2,3}, R. REINÉ¹

Dpto. de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Universidad de Zaragoza. ¹Escuela Politécnica Superior. Ctra. de Cuarte s/n. 22071-Huesca. ²Facultad de Veterinaria. C/ Miguel Servet, 177. 50013-Zaragoza. ³Instituto Agroalimentario de Aragón-IA2- (CITA-Universidad de Zaragoza).
Correspondencia: rreine@unizar.es

RESUMEN

El consumo energético del ganado ovino en pastoreo es superior al estimado en condiciones de confinamiento, debido al consumo provocado por la locomoción. Con el objetivo de conocer el coste energético por locomoción en desplazamientos trashumantes del ganado ovino y analizar las diferencias entre diversas rutas y días de trashumancia, aspectos no estudiados hasta el momento, se llevó a cabo este ensayo. Para ello se realizó el seguimiento de cuatro rebaños que se desplazaron desde la Hoya de Huesca hasta el Pirineo aragonés mediante GPS y se estimó el coste energético debido a locomoción. Los datos de posicionamiento y el Modelo Digital del Terreno se utilizaron para obtener la pendiente y la velocidad del desplazamiento de las ovejas entre puntos consecutivos. El consumo energético diario de cada oveja debido a locomoción fue de 4,2 MJ día⁻¹, superior a valores obtenidos en condiciones de pastoreo por diversos autores. Aunque no se observaron diferencias significativas en el consumo energético diario por locomoción entre los rebaños estudiados, el consumo medio horario mostró diferencias significativas entre días distintos en algunos de los rebaños, debido principalmente al manejo del rebaño por el pastor.

Palabras clave: trashumancia, Energía Metabolizable de mantenimiento (EMm), coste energético, GPS, GIS

SUMMARY

The energetic consumption of grazing sheep is higher than in indoor conditions, due to locomotion. Our objective was to study the energetic consumption of transhumant sheep and analyze the differences between several routes and days of transhumance, which have not been studied previously. We tracked four flocks from La Hoya de Huesca to the Aragonese Pyrenees by means of GPS devices. We estimated the energetic consumption due to locomotion and the Maintenance Metabolizable Energy requirement (MME). Position and Terrain Digital Model data were used to record sheep speed and slope between every two consecutive points. The daily energy expenditure for locomotion was 4.2 MJ day⁻¹, above the results obtained by several authors for grazing. No significant differences of daily energy expenditure for locomotion between flocks were found. Hourly energy expenditure was different between days in some of the flocks, due mainly to shepherd management.

Key words: transhumance, Maintenance Metabolizable Energy, energetic cost, GPS, GIS

INTRODUCCIÓN

El concepto de locomoción es un importante factor a la hora de estimar balances energéticos (Mendizábal, 2008), contribuyendo notablemente el consumo energético de la locomoción a los requerimientos energéticos de los animales que viven en libertad. Por lo tanto, han de tenerse en cuenta si se desea evaluar de modo preciso las necesidades energéticas de los animales en pastoreo

(Aguilera, 2001). Los consumos energéticos de los animales en pastoreo son notablemente superiores a los consumos estimados en confinamiento, debiéndose gran parte al gasto por desplazamientos en la búsqueda de alimento y preferencias o querencias de los animales. Se han encontrado incrementos del gasto energético en ovino en pastoreo respecto a estabulación muy variables, entre un 11 y un 91,5% (Prieto *et al.*, 1991), siendo estas diferencias atribuibles tanto al método de estimación (ingesta voluntaria de materia orgánica digestible, cámaras de respirometría, técnicas calorimétricas, estimaciones del CO₂ producido, entre otros) como a las diferentes condiciones experimentales. Existen diversos métodos de estimación del consumo energético por locomoción para el ganado ovino (Clapperton, 1964; Brockway y Boyne, 1980; Mendizábal, 2008) que se han usado habitualmente para movimientos del ganado en pastoreo. Sin embargo, el consumo energético en desplazamientos trashumantes no ha sido todavía estudiado.

La trashumancia es un sistema de producción animal que evita períodos críticos de la producción vegetal mediante movimientos estacionales del ganado que sigue las mismas rutas todos los años. La trashumancia a pie ha conectado áreas montañosas con el llano desde hace siglos en España. A pesar de las dificultades que afronta en la actualidad (Pallaruelo, 1993; Oteros-Rozas *et al.*, 2013; Barrantes *et al.*, 2016), algunas rutas trashumantes se están reactivando debido al incremento de los precios del transporte en camiones y de los piensos.

Los objetivos del presente trabajo fueron estimar el consumo energético por locomoción en desplazamientos trashumantes de rebaños de ovino y analizar las diferencias de dicho consumo entre los rebaños y los días de trashumancia. Nuestra hipótesis de partida es que en trashumancia, son esperables consumos energéticos mayores debido a locomoción superiores a los del pastoreo porque, además de tener que alimentarse, los animales están forzados a caminar durante decenas de kilómetros diariamente hasta alcanzar el objetivo de llegar a los pastos de puerto.

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante los meses de junio y julio de 2014 se analizó el trayecto de cuatro rebaños trashumantes en su subida a puerto desde la Hoya de Huesca hasta el Pirineo aragonés. Las características de los rebaños y rutas se muestran en la Tabla 1. Los recorridos se registraron mediante la colocación en dos ovejas de cada rebaño de un GPS GARMIN eTrex®20 programado para obtener datos cada 30 segundos con una precisión de 2-5 m (Barrantes *et al.*, 2016). Los datos generados por los GPS se analizaron por medio del software Quantum GIS versión 2.2.0 Valmiera. La altitud en cada punto de la ruta se generó mediante un Modelo Digital del Terreno (MDT) con un tamaño de celda 5x5 m descargado desde el Instituto Geográfico Nacional (<http://www.ign.es>). La velocidad de las ovejas en cada tramo recorrido se obtuvo a partir de la distancia calculada entre dos puntos consecutivos dividida por la diferencia de tiempo entre ambos puntos.

Para calcular el consumo energético por locomoción (expresado como necesidades de Energía Metabolizable de mantenimiento, EMm) se utilizó la ecuación de Brockway y Boyne (1980) para ganado ovino:

$$\text{Coste energético (J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}) = 2,35 + 0,389P + 0,0286 P^2 - 0,036 V + 0,00052 V^2$$

Siendo P la pendiente (en grados) y V la velocidad (en m·min⁻¹).

Cuando la pendiente es de bajada se aplica la fórmula con P=0 (Prieto *et al.*, 1991).

Esta fórmula se aplicó entre cada dos puntos consecutivos tomados por el GPS. Se prefirió esta ecuación porque la ecuación de Clapperton (1964) no tiene en cuenta un factor importante en el consumo energético, la velocidad del desplazamiento, mientras que la ecuación propuesta por

Mendizábal (2008) no proporcionó resultados realistas. El resultado se multiplicó por el peso vivo medio (estimado en 60 kg) y por la distancia entre esos dos puntos para obtener la energía consumida (en Julios).

Tabla 1. Características de los cuatro rebaños y las rutas estudiados.

	Rebaño 1	Rebaño 2	Rebaño 3	Rebaño 4
Raza	Churra Tensina	Cruces x Rasa Aragonesa, Talaverana, etc.	Chisqueta	Rasa Aragonesa
Nº de cabezas de ovino*	1452	1447	2280	3870
Origen - Destino	Huesca - San Juan de Plan	Lascasas - Canfranc	Loscorrales - Zuriza	Esquedas - Astún
Longitud total de la ruta (km)	241	134	151	112
Desnivel (altitud destino – inicio, m)	702	661	726	854
Duración (días)	15	6	7	6

*Incluye ovejas adultas, machos reproductores y reposición

Las diferencias entre los consumos energéticos diarios de cada ruta se analizaron mediante el Test de Kruskal Wallis. En cada ruta, las diferencias entre los consumos horarios medios para cada día de trashumancia se analizaron mediante el Test de Friedman para muestras pareadas; en el caso de encontrar diferencias significativas en función del día, se aplicó un análisis post-hoc para determinar qué días eran significativamente diferentes. Toda la estadística utilizada fue no paramétrica y se realizó mediante el programa IBM SPSS Statistics versión 22.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los consumos energéticos diarios debidos a locomoción, expresados en necesidades de EMm, se pueden observar en la Tabla 2. El consumo medio ponderado para los cuatro rebaños fue de 4,2 MJ·día⁻¹. Este consumo debido a locomoción es superior a la mayor parte de los valores encontrados por otros autores para ovino en pastoreo: según Blaxter (1967) y Osuji (1974), el consumo energético debido a locomoción en pastoreo es de 1,7 MJ·día⁻¹. Lambourne and Reardon (1963) obtuvieron 2,9 MJ·día⁻¹ y Coop and Gil obtuvieron entre 3,7 y 5,4 MJ·día⁻¹ (datos recopilados por Prieto *et al.*, 1991). En trashumancia, el ganado se desplaza varias decenas de kilómetros diariamente para llegar a destino, además de los desplazamientos propios para alimentarse. Por tanto, es coherente encontrar valores mayores de coste energético por locomoción en trashumancia que en pastoreo.

En relación con datos de consumo energético de ovejas estabuladas, en confinamiento, obtenidos por diversos autores (entre 5,3 y 6,7 MJ día⁻¹ de Energía Metabolizable de mantenimiento, EMm, según datos recopilados por Prieto *et al.*, 1991), los costes por locomoción suponen incrementos de entre un 63 y un 79%.

Los costes energéticos por locomoción pueden contribuir a una disminución en el peso de las ovejas tras la trashumancia. No obstante, los ganaderos aseguran que, caso de producirse, la disminución de peso es recuperada con facilidad, en unos 7 a 15 días tras su llegada a destino. No

se observaron diferencias significativas en el consumo energético diario medio por locomoción entre los cuatro rebaños estudiados ($X^2 = 3,70$, $n = 30$, $P = 0,296$, Test de Kruskal-Wallis).

Tabla 2. Consumo energético debido a locomoción (globales diarios de Energía Metabolizable de mantenimiento, EMM) y promedio de consumos diarios \pm desviación estándar, en MJ día⁻¹) en trashumancia en cada rebaño de ovino estudiado.

Consumo energético diario (MJ día ⁻¹)				
DÍA	Rebaño 1	Rebaño 2	Rebaño 3	Rebaño 4
1	2,1	5,1	5,7	4,4
2	1,0	6,1	3,3	6,5
3	1,2	3,2	2,2	3,4
4	3,3	5,7	3,1	0,4
5	5,4	4,5	3,7	5,8
6	3,6		8,8	
7	1,9			
8	3,2			
9	3,1			
10	4,6			
11	2,8			
12	3,3			
13	3,5			
14	15,0			
Promedio	3,9\pm3,4	4,9\pm1,1	4,5\pm2,4	4,1\pm2,4

En cuanto al consumo energético horario medio por locomoción para cada día (Figura 1), mientras que en los rebaños 2 y 3 no se observaron diferencias significativas entre los días de trashumancia (rebaño 2: $X^2 = 7,10$, $n = 24$, $P = 0,131$; rebaño 3: $X^2 = 7,10$, $n = 24$, $P = 0,340$, Test de Friedman), en los rebaños 1 y 4 sí se observaron diferencias, debido a que los rebaños 2 y 3 manejaron el ganado de una manera más regular a lo largo de los días de trashumancia que los rebaños 1 y 4. En el rebaño 1, el último día de trashumancia hubo un aumento significativo del consumo ($X^2 = 110,25$, $n = 24$, $P < 0,0005$), lo que se debió a que se recorrió una parte relevante de la ruta de ese último día por carretera asfaltada, lo que provoca que el pastor imprima una mayor velocidad al rebaño para tratar de obstaculizar lo menos posible el tráfico rodado; por otro lado, están a punto de llegar a puerto y aparentemente tiene menos importancia ir alimentándose que llegar a un destino con abundancia de recursos pascícolas de calidad. En el rebaño 4, se observó una disminución significativa del consumo en el cuarto día de trashumancia ($X^2 = 5,67$, $n = 24$, $P < 0,0005$), ya que el pastor empleó ese día en la alimentación y descanso del rebaño en una zona buena de pastos, sin apenas avance efectivo de trayecto. Por tanto, queda de manifiesto la influencia del manejo del ganado por el pastor en el coste energético debido a locomoción.

CONCLUSIONES

El consumo energético diario debido a locomoción, fue de 4,2 MJ·día⁻¹, por encima de la mayor parte de los valores obtenidos por diversos autores para ovino en pastoreo y supone un incremento de entre un 63 y un 79% de las necesidades de Energía Metabolizable de mantenimiento (EMM) en estabulación. No se observaron diferencias significativas en el consumo energético diario medio por locomoción entre los cuatro rebaños estudiados. Sin embargo, el consumo medio horario para cada día de trashumancia depende estrechamente del manejo del rebaño por el pastor, mostrando diferencias significativas en algunos días de trashumancia en dos de los rebaños estudiados.

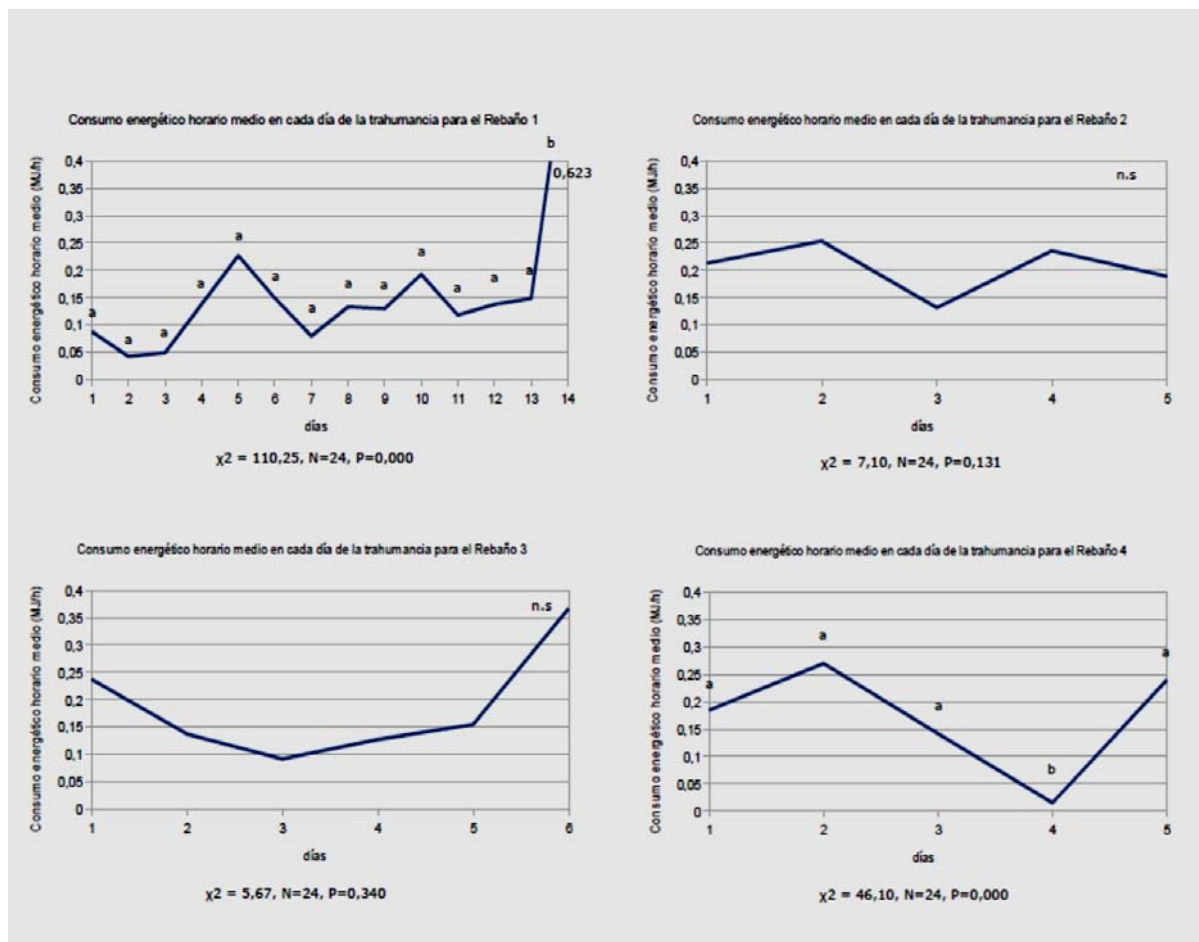


Figura 1. Consumo energético horario medio debido a locomoción (MJ día^{-1}), a lo largo de cada día en trashumancia para los cuatro rebaños de ovino estudiados. Se muestran los resultados del Test de Friedman. Las letras diferentes indican diferencias significativas para $P < 0,05$ (Comparación por Parejas de Friedman).

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a los ganaderos trashumantes de las cuatro rutas estudiadas, así como a Roberto Betrán e Isabel Blasco. The research leading to these results has received funding from the European Community's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013) under the grant agreement n° 289328 CANTOGETHER.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera F.J. (2001) Aportaciones al conocimiento de la nutrición energética de pequeños rumiantes, con particular referencia al ganado caprino. *Archivos de Zootecnia*, 50(192), 565-596.
- Barrantes O., Reiné R., Blasco I., Betrán R., Olaizola A., Mora J.L., Ramo M., Ferrer C. (2016) Transhumant GPS tracked sheep flocks from lowlands in Spain: grazing resources use and difficulties of walking/herding. *Options Méditerranéennes A*, 116, 347-351.
- Blaxter K.L. (1967) *The Energy Metabolism of Ruminants*. London, UK. Hutchinson Ed.
- Clapperton J.L. (1964) The energy metabolism of sheep walking on the level and on gradients. *British Journal of Nutrition*, 18, 47-54.

Brockway J.M. y Boyne A.W. (1980) The energy cost for sheep of walking on gradients. En: L.E. Mount (ed) *Proc. 8th Int. Symp. Energy Metabolism*, pp 449-453. European Association for Animal Production. Publication N°26, London and Boston: Butterwords.

Coop I.E. and Hill M.K. (1962) The energy requirements of sheep for maintenance and gain. 2. Grazing sheep. *Journal of Agricultural Science*, 58, 187-199.

Lambourne L.J. y Reardon T.F. (1963) Effect of environment on the maintenance requirements of Merino wethers. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14, 272-292.

Mendizábal M. (2008) *Análisis de los factores determinantes del uso de pastos de montaña por herbívoros domésticos y su aplicación en modelos de gestión sostenible para el País Vasco*. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco. Leioa.

Osuji P.O. (1974) The physiology of eating and the energy expenditure of the ruminants at pasture. *Journal of Range Management*, 27, 437-443.

Oteros-Rozas E., Martín-López B., López C., Palomo I. y González J.A. (2013) Envisioning the future of transhumant pastoralism through participatory scenario planning: a case study in Spain. *The Rangeland Journal*, 35, 251-272.

Pallaruelo S. (1993) *Cuadernos de la Trashumancia, nº 6: Pirineo Aragonés*. ICONA. Madrid.

Prieto C., Somlo R., García Barroso F. y Boza J. (1991) Estimación del gasto energético del caprino en la Comarca de Andarax (Almería). I. El costo de la locomoción. *Archivos de Zootecnia*, 40, 55-72.

EXPERIENCIA DEMOSTRATIVA DE CONTROL DEL MATORRAL EN RONCESVALLES: RESULTADOS PRELIMINARES DEL REBROTE DEL ARGOMAL

L. MÚGICA AZPILICUETA¹, R.M. CANALS TRESSERRAS¹, L. SAN EMETERIO GARCIA DÍA¹, J.L. SÁEZ ISTILART², I. VERGARA HERNÁNDEZ², L. ECHEVERRÍA ECHAVARREN², A. ZABALZA IZCO¹

¹ Dpto. Producción Agraria. UPNA. Campus Arrosadia s/n. 31006 Pamplona (España). rmcanals@unavarra.es. ² INTIA. Edificio de Peritos, Av. Serapio Huici 22, 31610 Villava (España).
Correspondencia: jsaez@intiasa.es

RESUMEN

Los cambios de uso del suelo en ecosistemas de montaña están favoreciendo la matorralización de los espacios abiertos, incrementando el riesgo de incendios y degradando superficies de pasto. En el Pirineo occidental, el fuego pastoral y los desbroces mecánicos se utilizan para revertir esta situación, aunque su eficiencia está cuestionada por el rápido rebrote del arbusto en muchas áreas. El objetivo de esta experiencia es la evaluación de la eficacia de la combinación de diferentes métodos de reducción del matorral, fuego pastoral, desbroce mecánico y herbivorismo, sobre el control del rebrote de argomales de *Ulex gallii* en el LIC Roncesvalles-Selva de Irati. Tras realizar quemas y desbroces como tratamientos iniciales, se planificó un pastoreo extensivo dirigido con ganado mayor de razas autóctonas, ayudándose de cercados y de cebos alimentarios. Durante tres años se siguió el rebrote arbustivo y la dinámica de la vegetación. A medio plazo se observan indicios de la efectividad del pastoreo en el control de la argoma y diferencias entre zonas quemadas y desbrozadas, aunque los resultados muestran una importante variabilidad ligada a las características de cada zona de estudio.

Palabras clave: matorralización, *Ulex gallii*, pastoreo dirigido, fuego pastoral, desbroce mecánico

SUMMARY

In high mountain ecosystems, land-use changes are favoring shrub encroachment in grassland areas, increasing the risk of fires due to landscape homogenization and lignin-fuel accumulation. In the western Pyrenees, traditional pastoral fires and mechanical clearings are used to prevent this scenario; however, the effectiveness of the practices is questioned due to rapid shrub resprout. The aim of this research is to evaluate the efficacy of the combination of different shrub reduction methods, pastoral fires, mechanical clearings and guided grazing, to control *Ulex gallii* resprout in dense gorse-dominated areas located at the SCI Roncesvalles-Selva de Irati. A set of fences were established to plan an extensive, guided grazing with autochthonous horse and cattle breeds. *U. gallii* resprout and plant community composition were surveyed for three years at the end of the season. Guided-grazing measures appear successful in controlling gorse, although a high site-variability was detected.

Keywords: shrub encroachment, *Ulex gallii*, pastoral fire, mechanical clearing, guided grazing

INTRODUCCIÓN

Fuego y herbivorismo han sido dos agentes clave en la generación y mantenimiento de los ecosistemas de montaña europeos, favoreciendo paisajes diversos y heterogéneos donde distintos

tipos de hábitats han tenido cabida (Vera, 2000; Pausas y Keely, 2009). Desde mediados del siglo XX, el descenso de la ganadería extensiva ha perturbado el equilibrio existente en estas áreas, acelerando los procesos de matorralización y forestación, en detrimento de los ecosistemas pascícolas (Poschhold y WallisDeVries, 2002).

En el Pirineo occidental, la expansión de densos argomales (*Ulex gallii* Planch.) en las comunidades de pasto invalida su aprovechamiento por los herbívoros si no se elimina previamente la biomasa aérea mediante quemadas pastorales o desbroces mecánicos. Sin embargo, la efectividad de estas prácticas está cuestionada debido al rápido rebrote del matorral (Canals *et al.*, 2016). Experiencias realizadas en ecosistemas de montaña del norte peninsular demuestran que la acción del herbívoro es fundamental a la hora de controlar el rebrote arbustivo tras la eliminación del matorral (Celaya *et al.*, 2007; Álvarez *et al.*, 2016).

Con el fin de evaluar el control del rebrote de la argoma y la dinámica vegetal tras la aplicación de tres métodos de control de matorral, quema controlada y desbroce mecánico combinados con un pastoreo dirigido con ganado mayor de razas autóctonas, se planteó una experiencia demostrativa en el sector occidental del LIC Roncesvalles - Selva de Irati. En este artículo se detalla la evolución de la vegetación durante los tres primeros años del ensayo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El LIC Roncesvalles-Selva de Irati está situado en el Pirineo navarro, en una zona de clima lluvioso y neblinoso con inviernos fríos y veranos frescos, y presencia de nieve durante gran parte del invierno ($T_m = 9,2$ °C, $P = 1601,4$ mm/año, estación meteorológica de Espinal). La vegetación está formada por un mosaico de hayedos, brezales-argomales (*U. gallii* -especie dominante-, *Erica vagans*, *E. tetralix*, *Daboecia cantábrica*, *Calluna vulgaris*) y pastos herbáceos multiespecíficos (*Festuca rubra*, *Agrostis capillaris*, *A. curtisii*, *Galium saxatile*, *Potentilla erecta*, *Trifolium repens*).

En la primavera de 2014 se seleccionaron varias áreas dominadas por densos argomales (cobertura *U. gallii* > 90%) en una extensión de terreno de 179 ha. En primer lugar se aplicaron dos tratamientos iniciales en diferentes superficies, quemadas experimentales (21 de marzo y 10 de abril) y desbroces mecánicos (27 de junio y 4 de julio). Posteriormente se colocaron cercados fijos y móviles complementados con puntos de abrevada y aportes suplementarios de forraje (fajas de silo) para facilitar un pastoreo dirigido con ganado autóctono, equino de raza Burguete (año 2014; 76 yeguas, 50 jóvenes y 26 adultas) y vacuno de raza Pirenaica (año 2014; 16 novillas) (ver detalles en Sáez *et al.*, 2016).

Se establecieron seis parcelas de estudio (figura 1) en las que se colocó un cercado de exclusión al pastoreo de una superficie entorno a 15 m². En cada parcela se establecieron cuatro cuadrados permanentes (1x1 m), dos dentro y dos fuera del vallado de exclusión. Durante tres años en otoño, se realizó un seguimiento de los cuadrados, determinando el grado de cobertura de cada especie (método adaptado de Braun-Blanquet, 1979) y la altura y el rebrote de *U. gallii*. En total, se realizaron 72 inventarios florísticos (6 parcelas x 2 presencia/ausencia pastoreo x 2 cuadrados x 3 años). Los análisis estadísticos fueron realizados con el software R (R Development Core Team 2016) mediante modelos lineales mixtos (paquete *nlme*). Los factores fijos considerados fueron tratamiento inicial, pastoreo y año de inventario, y como factores aleatorios los cuadrados de muestreo anidados en las subparcelas, a su vez anidados en las parcelas.

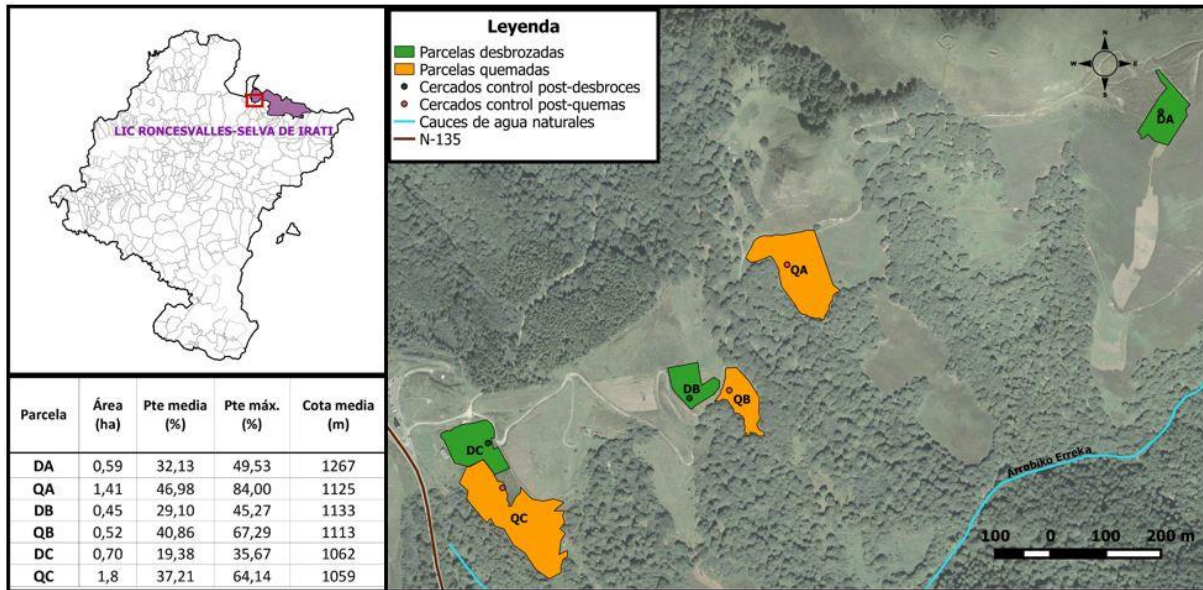


Figura 1. Emplazamiento de las parcelas de estudio: Pirineo occidental (43°1'N 1°19'W), LIC Roncesvalles – Selva de Irati (código ES0000126).

RESULTADOS

Tanto la argoma como los grupos funcionales considerados (arbustos, gramíneas y forbias) presentan una evolución temporal significativa ($p_{año} < 0,01$ para los grupos; $p_{año} = 0,0258$ para *U. gallii*), siendo, en general, la tasa de variación anual de la cobertura de cada grupo mayor entre el primer y el segundo año, que entre el segundo y el tercero.

El pastoreo parece ejercer una acción positiva sobre el control del matorral (incluyendo argoma, brezos, zarzas y helecho; $p_{past} = 0,0622$) aunque existe una importante variabilidad entre parcelas. Asimismo, los tratamientos iniciales también parecen afectar a la recuperación del matorral ($p_{trat} = 0,0751$), tendiendo las parcelas quemadas a producir un mayor rebrote arbustivo. En zonas quemadas y no pastadas se desarrolla rápidamente la cobertura arbustiva total ($p_{past*trat} = 0,0912$; figura 2), siendo la proporción de argoma y la de otros arbustos superior en comparación con el resto de combinaciones de métodos de control del matorral. Si consideramos únicamente la argoma, se observan efectos significativos en la altura alcanzada por el arbusto, menor en zonas pastadas y en parcelas desbrozadas ($p_{trat} < 0,001$; $p_{past*trat*año} = 0,0071$; figura 4) aunque no se detectan efectos significativos sobre el recubrimiento de esta especie ($p_{past} = 0,5569$; $p_{trat} = 0,1965$).

Tabla 1. Significancias para la cobertura vegetal por grupos, y la cobertura y altura de *U. gallii*. P, pastoreo; T, tratamiento inicial; F, año de muestreo. +, $p < 0,1$; *, $p < 0,05$; **, $p < 0,01$; ***, $p < 0,001$.

Cobertura Monocotiledóneas	Cobertura Forbias	Cobertura Suelo desnudo	Cobertura total matorral	Cobertura otros arbustos	Cobertura <i>U. gallii</i>	Altura <i>U. gallii</i>
F***	F**	P*	P+	P+	F*	T***
P·F***	P·T*	F***	T+	T*		F***
T·F*	P·F+	P·F+	F***	F***		T·F***
P·T·F+		T·F***	T·P+	T·F*		P·F***
						P·T·F**

No se detectan efectos simples de los tratamientos en la proporción de monocotiledóneas, aunque se produce una interacción con el tiempo ($p_{trat*año} = 0,0171$; $p_{past*año} < 0,001$), aumentando a medio plazo su proporción en las parcelas desbrozadas y en las áreas no pastadas. El tratamiento inicial y el pastoreo también determinan el recubrimiento de las dicotiledóneas herbáceas a lo largo del tiempo ($p_{past*año} = 0,0578$; $p_{past*trat} = 0,0383$), siendo menor en zonas quemadas no pastadas, coincidiendo con una elevada cobertura arbustiva, como se ha indicado anteriormente. En relación al suelo desnudo, las zonas pastadas presentan mayor superficie libre de vegetación y en parcelas quemadas se produce un aumento a partir del segundo año ($p_{past} = 0,0287$; $p_{trat*año} < 0,001$).

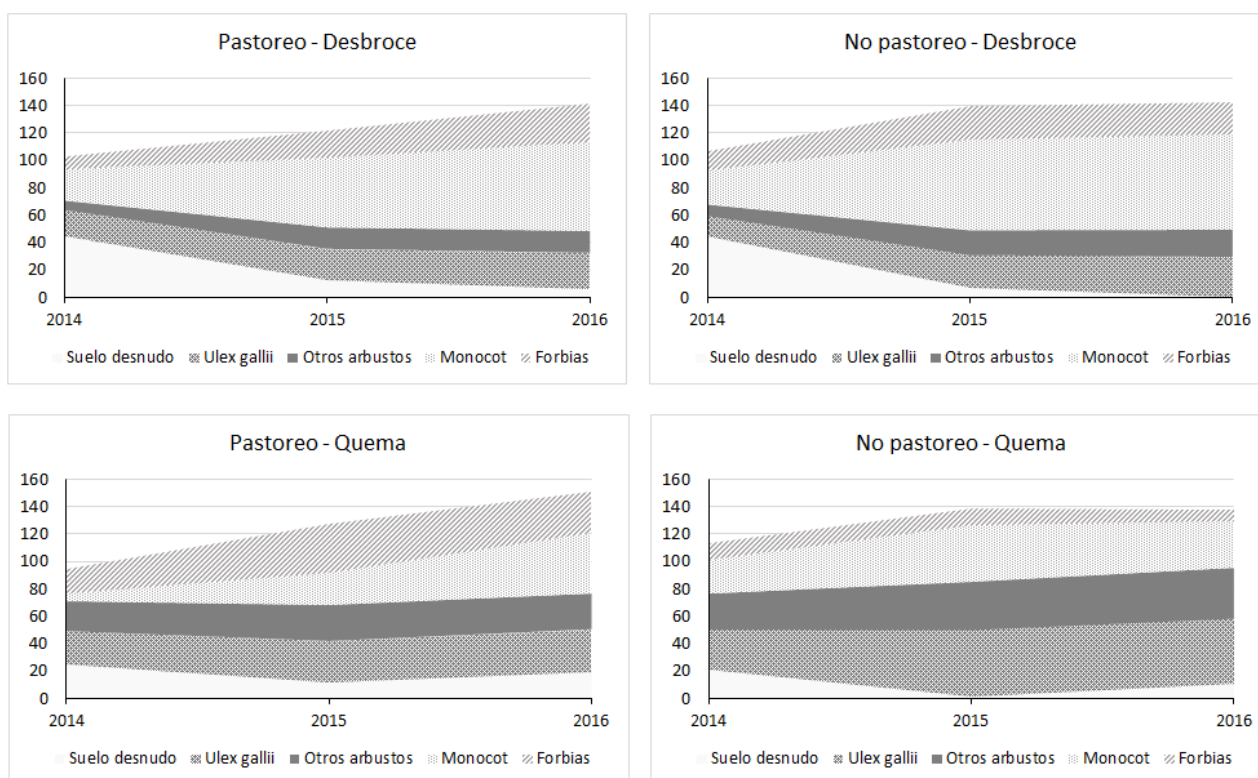


Figura 2. Evolución temporal de la cobertura vegetal por grupos de especies (%) para cada combinación de métodos de control de matorral. “Otros arbustos” incluye brezos, zarzas y *Pt. aquilinum*, y el “Suelo desnudo” incluye la hojarasca.

DISCUSIÓN

El control del matorral, y de la argoma en particular, ejercido por el pastoreo con ganado de gran envergadura, sobre todo el equino, implica dos mecanismos, la ingesta de brotes tiernos de argoma y el pisoteo de los arbustos rompiendo brotes y ramas, limitando así su desarrollo. Gráficamente se observan diferencias en la cobertura de la argoma (figura 2), que no se han detectado estadísticamente, y que es muy variable entre parcelas, lo que puede deberse a las características específicas de cada una de ellas (figura 3). Las zonas de menor altitud, con una pendiente más suave y mejor accesibilidad, presentan una mayor querencia para el ganado, ejerciéndose previsiblemente un control más eficaz del arbusto. El pisoteo reiterado del ganado también parece el causante del aumento del suelo desnudo especialmente en zonas quemadas, coincidiendo con una menor cobertura de herbáceas.

Diferentes razones pueden explicar el mayor rebrote de arbustos en parcelas quemadas respecto a las desbrozadas. Los desbroces fueron realizados tres meses después de las quemas, y consecuentemente, en el primer año el crecimiento arbustivo se retrasó en estas parcelas. Además, el desbroce produjo un daño mecánico en los arbustos y dejó una gruesa capa de material vegetal sobre el suelo durante el primer año. Por otro lado, en el caso particular de la argoma, las quemas

pueden haber estimulado tanto su rebrote vegetativo como la germinación de sus semillas por efecto del choque térmico (Reyes *et al.*, 2009) y por la eliminación de la biomasa aérea y mayor entrada de luz a estratos inferiores. La mayor proporción de vegetación herbácea en parcelas desbrozadas estaría relacionada con el menor recubrimiento de matorral, y consecuentemente, una menor competencia por los recursos (espacio, luz, nutrientes, etc.)

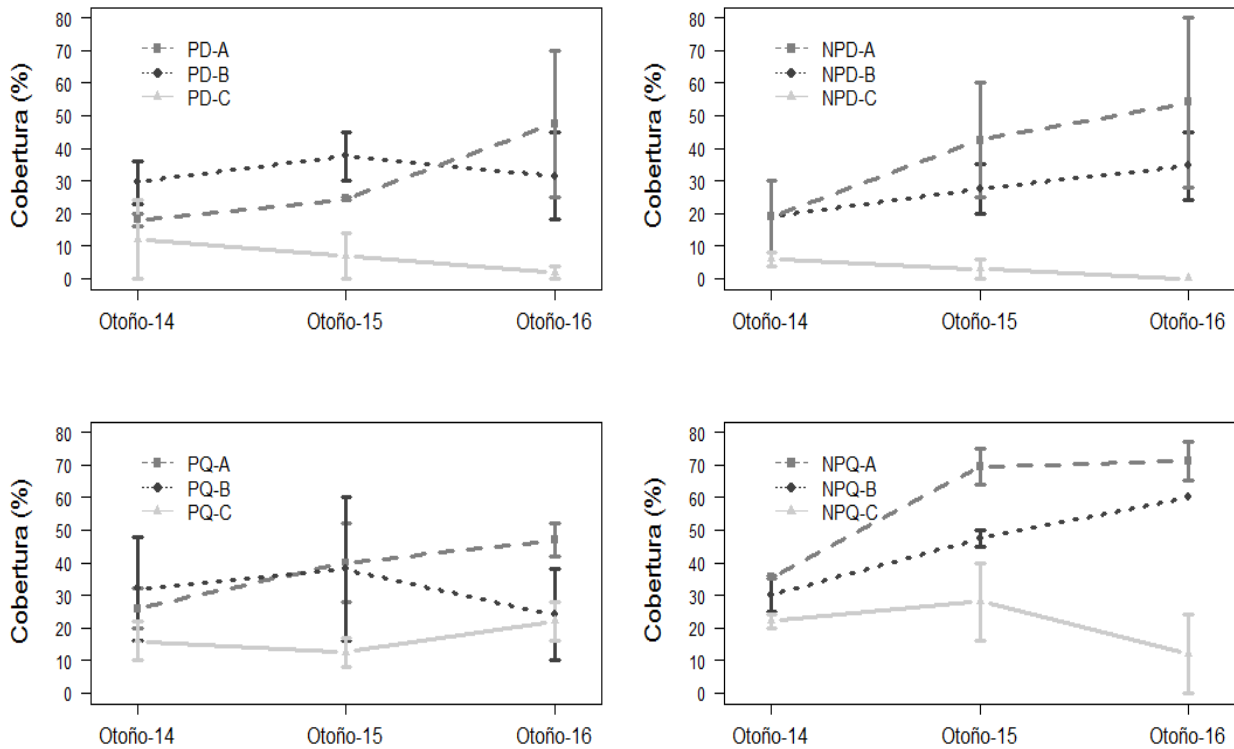


Figura 3. Evolución temporal de la cobertura de *U. gallii* para cada combinación de métodos de control de matorral. P, pastoreo; NP, ausencia de pastoreo; Q, quema; D, desbroce; A, B y C, identificación de cada parcela.

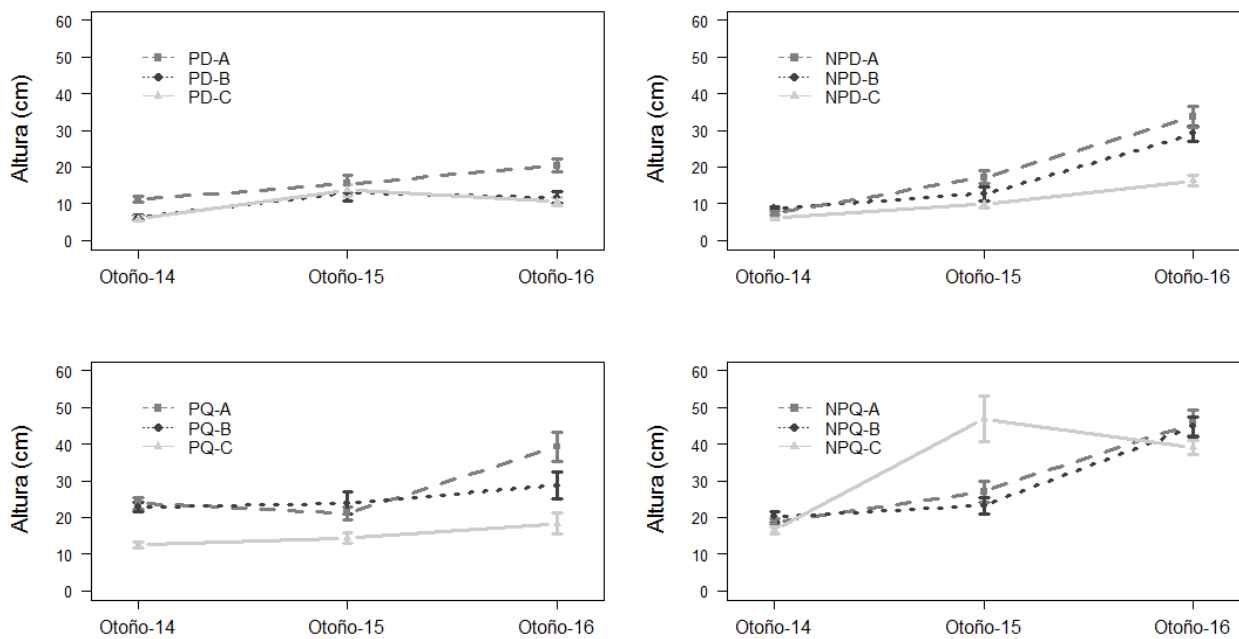


Figura 4. Evolución temporal de la altura de *U. gallii* para cada combinación de métodos de control de matorral. P, pastoreo; NP, ausencia de pastoreo; Q, quema; D, desbroce; A, B y C, identificación de cada parcela.

CONCLUSIONES

El pastoreo con ganado mayor, y equino en particular, tras la aplicación de un tratamiento de eliminación de biomasa arbustiva mejora el control del rebrote del matorral a medio plazo, facilitando la consolidación de un pasto. El desbroce mecánico parece más eficaz para controlar el matorral de argoma, aunque es necesario analizar otros factores como la edad del arbusto al inicio de la experiencia, la intensidad de las quemas, las características específicas de cada parcela, la etología del ganado y la presión de pastoreo, para obtener resultados concluyentes. Además, la elección del tratamiento inicial vendrá determinada por otros factores como los riesgos ambientales (recurrencia y momento de la quema) y las limitaciones geográficas, técnicas y económicas (riesgo de propagación de la quema, peligrosidad de los desbroces en zonas de pendientes pronunciadas, etc.).

AGRADECIMIENTOS

Esta experiencia ha sido financiada por el PDR 2007-2013 de la C. F. de Navarra. Los autores agradecen a EPRIF, personal de INTIA-Roncesvalles y Gobierno de Navarra su colaboración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez J., Gómez A. y Lasanta T. (2016) The use of goats grazing to restore pastures invaded by shrubs and avoid desertification: a preliminary case study in the Spanish Cantabrian mountains. *Land Degradation & Development*, 27, 3-13.
- Canals R.M., San Emeterio L., Múgica, L., Sáez J.L. Vergara I. (2016) Experiencia demostrativa de control del matorral en Roncesvalles (Navarra): Efectos del fuego en el suelo. En: Báez M.D. *et al.* (eds) *Innovación sostenible en pastos: hacia un agricultura de respuesta al cambio climático*, pp. 357-362. Lugo, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- Celaya R., Martínez A., Osoro k. (2007) Vegetation dynamics in Cantabrian heathlands associated with improved pasture areas under single or mixed grazing by sheep and goats. *Small Ruminant Research*, 72, 165-177.
- Pausas J.G. y Keeley J.E. (2014) Abrupt climate-independent fire regime changes. *Ecosystems*, 17, 1109–1120.
- Poschlod P. y WallisDeVries M.F. (2002) The historical and socioeconomic perspective of calcareous grasslands - Lessons from the distant and recent past. *Biological Conservation*, 104 (3), 361–376.
- Reyes O., Casal M. y Rego F.C. (2009) Resprouting ability of six Atlantic shrub species. *Folia Geobotanica*, 44: 19-29.
- Sáez J.L. Vergara I., Canals R.M., San Emeterio L., Múgica L., Echeverría L. y Karrika P.J. (2016) Explotación y mejora de pastizales en Orreaga- Roncesvalles. *Navarra Agraria*, 214, 34-42.
- Vera F.W.M. (2000) *Grazing Ecology and Forest History*. Oxon, UK: CABI.

SELECCIÓN DE DIETA EN VERANO DE LA CABRA CRIOLLA PASTOREÑA DE LA MIXTECA OAXAQUEÑA

L. RIVERA-SANCHEZ¹, L. ARIAS, B. GONZÁLEZ-LEÓN¹, A. LOZANO¹, W. BURGOS-PAZ²

¹Departamento de Biología de la Reproducción, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, Ciudad de México, México. ²Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Centro de Investigación Turipaná, Km 13 vía Montería-Cereté, Córdoba, Colombia.
Correspondencia: ydiel_@hotmail.com

RESUMEN

En la zona de la Mixteca Oaxaqueña se identifica una especie de cabra única en todo el país conocida como el “Chivo de la Mixteca” denominada recientemente como “Cabra Criolla Pastoreña”. El objetivo de este proyecto es caracterizar la composición botánica de la dieta de la cabra Criolla Pastoreña. El estudio se realizó en una comunidad de la Mixteca Baja Oaxaqueña (San Marcos Arteaga, México). Se realizaron análisis microhistológicos de heces de las cabras en verano. Para conocer la disponibilidad y variabilidad de las especies vegetales, se realizaron transectos lineales. Para conocer las preferencias o rechazos de cada componente de la vegetación se estimó el grado de selección utilizando el índice de Savage. Se identificaron un total de 15 especies en las heces de las cuales ocho se identificaron como “preferidas significativamente”, seis como “indiferentes” y un grupo (gramíneas) como “rechazadas significativamente”.

Palabras clave: Índice de Savage, *cabra* Pastoreña, sobrepastoreo, Mixteca Oaxaqueña

SUMMARY

In the Mixteca Oaxaqueña zone, a goat species known as "Chivo de la Mixteca" and unique to the country is recognized. It was recently named "Cabra Criolla Pastoreña". The objective of this study was to characterize the botanical composition of the diet of the Cabra Criolla Pastoreña. The study was carried out in a community of Mixteca Baja Oaxaqueña, San Marcos Arteaga. Microhistological analyses of goat feces were performed in summer. In order to determine the availability and variability of plant species, linear transects were evaluated. To determine the preference or rejection of each vegetation resource the selectivity Savage index was estimated. Out of 15 species identified in the feces, eight were "significantly preferred", six were "different" and one group (grasses) was "significantly rejected".

Keywords: Mixteca Oaxaqueña, Overgrazing, *Savage index*, Pastoreña goat

INTRODUCCIÓN

En la zona de la Mixteca Oaxaqueña se identifica una especie de cabra única en todo el país conocida como el “Chivo de la Mixteca”, denominada recientemente como “Cabra Criolla Pastoreña” (*Capra hircus hircus*). En México, la crianza de ganado caprino se caracteriza por llevarse a cabo en regiones de difícil subsistencia que no son favorables para el desarrollo de la agricultura ni de la ganadería intensiva. Específicamente la región cultural denominada como Mixteca reúne buena parte de las características antes mencionadas (SIAP, 2013). Esta región muestra un grado importante de deterioro de sus ecosistemas y pérdida de cobertura vegetal, observándose paisajes muy fragmentados. En los últimos años el cambio climático ha generado cambios importantes en la Mixteca sobre todo en la cobertura vegetal principalmente en matorrales xerófilos (Gelviz, 2013),

aunado a esto se atribuye el sobrepastoreo del ganado caprino en un ecosistema ya frágil como el “punto de inflexión negativa” que puso en marcha el deterioro. En la actualidad, para mitigar los problemas de desertificación en la Mixteca Oaxaqueña, se llevan a cabo programas de reforestación, pero sin previos estudios que indiquen cuales son las especies más susceptibles al pastoreo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del ramoneo de caprinos sobre especies vegetales susceptibles de zonas semiáridas en proceso de desertificación de la Mixteca Oaxaqueña, como soporte a programas de reforestación y estrategias de mitigación del cambio climático.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en una zona de la región de San Marcos Arteaga que es uno de los 570 municipios que conforman al estado mexicano de Oaxaca. Pertenece al distrito de Huajuapán (97°51' O y 17°43' N), a una altura de 1640 metros sobre el nivel del mar. El clima es semicálido subhúmedo con lluvias en los meses de mayo a septiembre. La temperatura anual promedio es de 18 a 22 °C con precipitación anual promedio de 700 a 1000 mm. El hábitat principal de vegetación esta formado por matorral xerófilo con abundantes géneros de *Acacias* y *Prosopis* (SIAP, 2013). Con ayuda de los productores caprinos se realizaron recorridos participativos para conocer las rutas de pastoreo más comunes y las principales especies vegetales consumidas por las cabras.

Disponibilidad y composición de la dieta

La cobertura de las especies vegetales disponible se determinó mediante mediciones a lo largo de 10 transectos lineales fijos de 30 m de longitud cada uno, trazados al azar sobre la ruta de pastoreo. En las mediciones solo se consideraron las especies arbustivas, arbóreas ramoneables y algunas herbáceas consideradas importantes en la dieta según los productores hasta una altura de 1,5 m. Solo se consideraron algunas especies del estrato herbáceo (las de mayor tamaño), principalmente poáceas. El muestreo se realizó en la época de verano (Septiembre de 2016), considerada de mayor abundancia de especies vegetales presentes en la zona. La disponibilidad relativa de cada especie se determinó según Fernández-Olalla y San Miguel (2007). La composición botánica de la dieta se determinó mediante la recolección de heces de 30 individuos pertenecientes a los rebaños.

La unidad muestreada para el análisis de la dieta fue un grupo mixto de heces (30 animales). Estas muestras mixtas se congelaron a -20°C hasta que se utilizaron para montar las preparaciones. Posteriormente se realizó el análisis microhistológico de las heces (Bartolomé et al., 1995). Se montaron 6 preparaciones y cada una se examinó bajo un microscopio con aumentos de 100 × a 400 ×. Se registraron los fragmentos de plantas y se contabilizaron hasta que se identificaron 300 fragmentos de epidermis de las plantas. Se utilizó una colección de epidermis de especies vegetales de la zona para identificar los fragmentos epidérmicos.

Análisis de la selección de la dieta

El índice de Savage (Manly et al., 1993) se utilizó para calcular las preferencias de forraje de cabras. Este índice determina la selectividad de un recurso dado relacionando su uso con su disponibilidad:

$$W_i = \frac{O_i}{\pi_i}$$

Donde, O_i , es la proporción de la muestra de unidades de recurso usadas que están en la categoría i y π_i , la proporción de unidades de recursos disponibles que están en la categoría i .

El índice de Savage varía de cero (máximo rechazo) a infinito (preferencia máxima), donde 1 es el valor que define la selección esperada por azar. La significación estadística de este índice se probó comparando la estadística de Savage ($W.stat$) correspondiente al valor mínimo de grados libertad (Manly et al., 1993):

$$W.stat = \frac{(W_i - 1)^2}{se(W_i)^2}$$

El error estándar del índice es:

$$Se(W_i) = \sqrt{\frac{(1-\pi_i)}{u_t \pi_i}}$$

Donde u_t es el número total de unidades de recursos utilizados muestreados.

Para controlar el error producido por múltiples comparaciones en el índice de Savage, se utilizó la corrección de Bonferroni para ajustar la significación de la prueba estadística.

También se calculó el índice de Savage con la modificación propuesta por Kautz y Van Dyne (1978). Este índice modificado permite obtener medidas preferenciales positivas y negativas, simétricas con respecto a cero. Todos los análisis se realizaron utilizando el programa estadístico R (R Development Core Team, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se consideró como cobertura “relativa” a la cobertura absoluta vegetal (98,65%) menos el porcentaje del suelo sin vegetación (1,35%). Un total de 19 especies vegetales con nombre común fueron señaladas por los productores por medio de observación, como principales en la dieta de las cabras (Tabla 1). De estas especies 15 fueron identificadas como componentes mayoritarios de la vegetación disponible (Tabla 1). Las especies dominantes fueron las gramíneas (28,5±20,91), las cuales se agruparon para este estudio.

Se identificaron un total de 19 especies de plantas en las heces de los caprinos, las cuales eran principalmente dicotiledóneas leñosas, sólo dos de ellas eran monocotiledóneas herbáceas (*Croton soliman* y *Brahea dulcis*), y diversas gramíneas. Entre ellas destacó y se consideró de forma independiente *Ampelodesmos mauritanica* por su gran tamaño y facilidad para distinguirse en las heces. Se encontraron diferencias significativas entre la presencia de leñosas y herbáceas de la dieta (Figura 1), lo que coincide con diversos autores usando este mismo método de determinación, que señalan que la dieta de caprinos se compone principalmente de arbustivas (Basha et al., 2012; Osoro et al., 2013; Rivera-Sánchez, 2014). Sin embargo, el siguiente paso sería usar un factor que considere los efectos que la digestibilidad ejerce sobre las de las diversas especies vegetales y que pueden subestimar la proporción de herbáceas (Shrestha and Wegge, 2006).

El índice de preferencia de Kautz y la estadística asociada de Savage ($W.stat$), mostraron una preferencia o rechazo significativo para la mayoría de especies de plantas consideradas (Tabla 2).

De las 15 especies estudiadas ocho fueron consideradas claramente como “preferidas significativamente”, entre las que destaca la gramínea *Ampelodesmos mauritanica*, teniendo en cuenta que las gramíneas no son del total agrado de las cabras, llama la atención que sea una de las especies preferidas y con alta presencia en la dieta. Esto podría explicarse por el hecho de que en verano esta gramínea presenta brotes tiernos, los cuales resultan muy atractivos para los caprinos.

Luginbuhl y Pietrosemoli Castagni, (2007) mencionan que en ciertas circunstancias, el componente de herbáceas puede llegar al 80% o más.

Tabla 1. Especies vegetales en la dieta de la Cabra Pastoreña identificadas por los productores y proporción de disponibilidad relativa (%) en la ruta de pastoreo.

Nombre común	Nombre científico	Media ± DE
Tehuizcle	<i>Acacia bilimekii</i>	4,8 ± 7,65
Cubata	<i>Acacia pennatula</i>	2,1 ± 0,16
Garabato	<i>Mimosa lacerata</i>	0,6 ± 0,09
Damiana	<i>Turnera diffusa</i> *	
Oregano	<i>Brickellia veronicaefolia</i>	7,3 ± 4,23
Palo hediondo	<i>Cassia emarginata</i> *	
Mezquite	<i>Prosopis laevigata</i> *	
Soliman	<i>Croton soliman</i>	1,1 ± 0,50
Cuajote	<i>Bursera glabrifolia</i>	0,2 ± 0,01
Achual negro	<i>Montanoa grandiflora</i>	9,5 ± 1,68
Huizache	<i>Acacia Farnesiana</i>	9,6 ± 7,17
Guayabillo	<i>Pterocarpus orbiculatus</i> *	
Palma	<i>Brahea dulcis</i>	6,3 ± 0,14
Copal	<i>Bursera copallifera</i>	0,5 ± 0,17
Quintonil	<i>Agonandra Conzatti</i>	0,5 ± 0,04
Africano	<i>Ampelodesmus mauritanica</i>	1,0 ± 0,092
Huamucho	<i>Pithecollobium dulce</i>	2,0 ± 0,85
Gallito	<i>Cracca pringlei</i> *	
Cazahuate	<i>Ipomoea murucoides</i> *	28,5 ± 20,91
Pasto	<i>Gramineas</i>	

*Especies sin aparecer en transectos

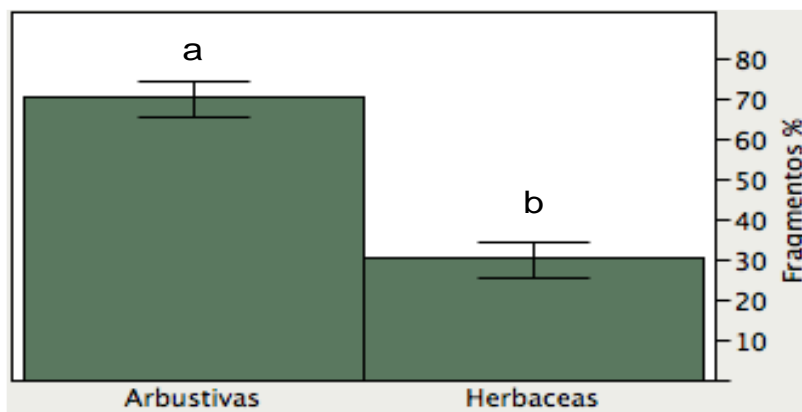


Figura 1. Proporción de herbáceas y arbustivas identificadas en la dieta de la Cabra Pastoreña. Diferentes letras representan diferencias significativas ($P < 0,01$).

Los productores mencionan que el pasto africano (*Ampelodesmos mauritanica*) es una especie que apareció hace unos dos años sin saber cómo llegó a esta zona. Solo el grupo de las gramíneas se encontró como “rechazado significativamente”, confirmando lo que autores citados anteriormente mencionan sobre las preferencias de los caprinos por las especies arbustivas. Las especies *Mimosa lacerata*, *Pithecollobium dulce*, *Acacia bilimekii*, *Montanoa grandiflora*, *Acacia farnesiana* y *Brahea dulcis* aparecen con una selección no significativa, lo que se puede considerar como especies “indiferentes” para las cabras, estas serían consumidas en función de su disponibilidad.

Otra posible causa de la indiferencia o rechazo de determinadas especies podría ser sus características nutricionales. Los resultados de este estudio muestran cómo el ramoneo de la cabra criolla Pastoreña se distribuye sobre la mayoría de especies arbustivas de la vegetación, como es habitual en cabras domésticas (Barroso *et al.*, 1995; Arias, 2014).

Tabla 2. Índice de preferencia de Kautz y estadístico de Manly de las especies vegetales consumidas por la cabra criolla pastoreña

Especie	Kautz	W.stat	Selección
<i>Ampelodesmos mauritanica</i>	1,08	889,10*	+
<i>Prosopis laevigata</i>	0,50	56,25*	+
<i>Acacia pennatula</i>	0,47	49,27*	+
<i>Croton soliman</i>	0,43	62,08*	+
<i>Brickelia veronicaefolia</i>	0,31	11,41*	+
<i>Pterocarpus orbiculatus</i>	0,21	23,58*	+
<i>Brusera glabrifolia</i>	0,21	56,85*	+
<i>Bursera copallifera</i>	0,17	15,02*	+
<i>Mimosa lacerata</i>	0,08	2,75	
<i>Pithecollobium dulce</i>	0,03	0,16	
<i>Acacia bilimekii</i>	-0,07	0,47	
<i>Montanoa grandiflora</i>	-0,22	3,54	
<i>Acacia farnesiana</i>	-0,36	8,18	
<i>Brahea dulcis</i>	-0,37	8,40	
<i>Gramineas</i>	-0,82	47,67*	-

Las Preferencia o rechazo según el índice de Kautz y la significancia de acuerdo con el estadístico de Savage (W.stat) se indica con un asterisco (*) después de la corrección de Bonferroni (valor crítico cuadrático de Chi 8,73). (+) Indica preferencia, (-) rechazo y (/) indiferencia.

CONCLUSIONES

A partir del análisis microhistológico de las heces se concluye que la dieta de la cabra Criolla Pastoreña en la época de verano se base en especies arbustivas con gran presencia de la gramínea *Ampelodesmos mauritanica* y en menor medida de otras herbáceas. Se observó una mayor selección sobre determinadas especies y una indiferencia a especies muy abundantes o especies con determinadas características que podrían hacerlas poco palatables. Es necesario continuar con estudios de selección durante la época de sequía, para poder brindar datos que apoyen los programas de reforestación de la zona.

AGRADECIMIENTOS

Programa para el Desarrollo Profesional Docente, para el Tipo Superior (PRODEP) por el proyecto 178753. A los productores caprinos de San Marcos Arteaga, Oaxaca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arias L., Soriano-Robles R., Gonzalez-Esquivel C. E. and Sanchez E. (2014) Chemical composition and in vitro digestibility of fodder trees and shrubs consumed by goats in the low Mixteca region of Oaxaca, Mexico. *Res. J. Biolo. Sci.* 9 (2): 92-97.

- Barroso F.G., Alados C.L, Boza J. (1995) Food selection by domestic goats in Mediterranean arid shrublands. *J Arid Environ* 31: 205–217.
- Bartolomé J., Franch J., Gutman M., Seligman N.G. (1995) Physical Factors That Influence Fecal Analysis Estimates of Herbivore Diets. *J Range Manag* 48: 267.
- Basha N.A.D., Scogings P.F., Dziba L.E., Nsahlai I.V. (2012) Diet selection of Nguni goats in relation to season, chemistry and physical properties of browse in sub-humid subtropical savanna. *Small Rumin Res* 102: 163–171.
- Fernández Olalla, M., y San Miguel Ayanz, A. (2007) Diet selection in plant-eating animals: Concepts, methods and indexes. *Revista Pastos (España)*.
- Gelviz, G., y Milena, S. (2013). Especies arbustivas tolerantes al cambio climático, para ser propuestas en proyectos de restauración del matorral xerófilo en el estado de Hidalgo. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Luginbuhl J. M. and Castagni S. P. (2007) Use of goats to control undesirable vegetation. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* Vol. 15 (Supl. 1) 2007
- Manly B.F., McDonald L.L. y Thomas D.L. (1993) Resource Selection by Animals: Statistical design and analysis for field studies, Second Ed (L Chapman & Hall, Ed.).
- Osoro K., Ferreira L. M. M., García U., Jáuregui B. M., Martínez A., García R. R., and Celaya R. (2013) Diet selection and performance of sheep and goats grazing on different heathland vegetation types. *Small Ruminant Research*, 109(2), 119-127.
- Rivera-Sánchez L. (2014) Ecología trófica de ungulados en condiciones de insularidad. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Ciència Animal i dels Aliments.
- Shrestha, R., & Wegge, P. (2006). Determining the composition of herbivore diets in the trans-Himalayan rangelands: A comparison of field methods. *Rangeland Ecology & Management*, 59(5), 512-518.
- SIAP. (2013) Sistema de Información Agroalimentaria y Pesca. Información pecuaria. (<http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. Consultada en Enero de 2017).

EFFECTOS DE LA MATORRALIZACIÓN SOBRE UNA COMUNIDAD DE GRANDES HERBÍVOROS EN EL PIRINEO ORIENTAL: UNA APROXIMACIÓN MEDIANTE SIMULACIÓN

J. ESPUNYES¹, M. LURGI², J. BARTOLOMÉ³, B. CLARAMUNT⁴, A. GÁLVEZ-CERÓN¹, E. SERRANO^{1,5}

¹ Servei d'Ecopatologia de Fauna Salvatge (SEFaS), Departament de Medicina i Cirurgia Animals, Facultat de Veterinària, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) 08193, Bellaterra, Barcelona (Spain). ² CNRS Experimental and Theoretical Ecology Station, 09200 Moulis (France). ³ Grup de Recerca en Remugants, Departament de Ciència Animal i dels Aliments, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), 08193, Bellaterra (Spain). ⁴ CREAM, Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, Edifici Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), 08193, Bellaterra (Spain). ⁵ Departamento de Biología & CESAM, Universidad de Aveiro (UA) 3810-193, Aveiro (Portugal).

Correspondencia: johan.espunyes@gmail.com, emmanuel.serrano@uab.cat

RESUMEN

Los pastos alpinos del Pirineo están sufriendo un importante cambio ecológico debido a la matorralización. Nuestro objetivo ha sido analizar los efectos de diferentes escenarios de matorralización sobre tres herbívoros domésticos y uno salvaje de una zona alpina. A este efecto analizamos la disponibilidad vegetal de una zona del Pirineo oriental mediante transectos así como la dieta del ganado doméstico (bovinos, equinos, ovinos) y de rebecos (*Rupicapra pyrenaica pyrenaica*) a partir del análisis microhistológico de heces. A partir de estos datos calculamos la eficiencia forrajera de estos herbívoros a lo largo de diferentes escenarios donde la disponibilidad de plantas leñosas aumenta en detrimento de las herbáceas y gramíneas. Nuestros resultados muestran que la dieta actual del ganado no está adaptada a los cambios que ocurren en las zonas alpinas. Por otro lado, el rebeco, con una dieta donde predominan las leñosas, se vería beneficiado por la matorralización.

Palabras clave: *Rupicapra pyrenaica*, microhistología, eficiencia forrajera, trashumancia, ganado

SUMMARY

Pyrenean alpine meadows are undergoing an important ecological change due to encroachment effects. Our aim was to study the effects of different encroachment scenarios on three species of livestock and a wild animal species from an alpine area. For this purpose, we analyzed the vegetation availability of an area in the oriental Spanish Pyrenees by transect as well as the diet of the livestock (bovines, equines and sheep) and Pyrenean chamois (*Rupicapra pyrenaica pyrenaica*) by microhistological analysis of feces. With these data, we calculated the foraging efficiency of these herbivores through different scenarios where the availability of woody plants grew at the expense of forbs and graminoids. Our results show that the actual livestock diet is not prepared for the changes occurring in the alpine areas. On the other hand, because of this diet where woody plants prevail, chamois can take advantage of encroachment.

Key words: *Rupicapra pyrenaica*, microhistology, foraging efficiency, transhumance, livestock

INTRODUCCIÓN

A partir de la segunda mitad del siglo XX, los Pirineos experimentaron profundos cambios demográficos y sociales que causaron un abandono del espacio agrícola, una disminución de la presión ganadera y un cambio de usos de suelo (Balcells, 1985; Lasanta, 1988). A causa de ello, el paisaje alpino y su cubierta vegetal están sufriendo un proceso de revegetación conocido como

matorralización en el que aumenta la colonización y densificación del matorral homogeneizando el paisaje y disminuyendo su diversidad (García Ruiz, 1988).

La matorralización puede tener importantes efectos sobre las comunidades de herbívoros al modificar la disponibilidad de las plantas que aprovechan. Además de causar un problema de conservación en el caso de los animales salvajes, también puede causar un problema económico en el caso de los animales domésticos trashumantes que aprovechan estos pastos para su crecimiento (Alados *et al.*, 2010; Bartolomé *et al.*, 2005).

Nuestro objetivo ha sido estudiar la capacidad de respuesta de los herbívoros de una zona del Pirineo oriental a unos hipotéticos escenarios de matorralización.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

Este estudio se llevó a cabo en la parte nordeste de la reserva nacional de caza de Freser-Setcases (RNCFS), Pirineo Oriental, Cataluña. Nuestra zona de estudio, conocida como Costabona, es un área montañosa de 600 ha con una altitud media de 2000 m. s. n. m. donde predomina un ecosistema alpino.

Disponibilidad vegetal

La disponibilidad vegetal se determinó en Julio del 2011 a través de la abundancia relativa de las especies de plantas que se obtuvo midiendo la cobertura (Cummings y Smith, 2000) a lo largo de seis transectos de 10 m de longitud situados en seis altitudes diferentes (2000, 2100, 2200, 2300, 2400 y 2500 m. s. n. m.). Se han agrupado las plantas en cinco categorías: gramíneas, herbáceas no gramíneas (llamadas en adelante “herbáceas”), diferenciando entre leguminosas y no leguminosas, leñosas leguminosas y leñosas no leguminosas.

Dieta de los herbívoros

Durante el mes de julio 2011 se recolectaron entre 8 y 10 muestras fecales de rebecos, bovinos, equinos y ovinos en el área de estudio. Todas las muestras de cada especie se mezclaron para crear una única muestra específica y se sometieron a análisis microhistológicos siguiendo los procedimientos de Stewart (1967). Se prepararon dos portaobjetos por muestra que se examinaron al microscopio óptico a 100 y 400 aumentos y se registraron todos los fragmentos observados hasta 200 fragmentos por muestra. Estos fragmentos se identificaron comparándolos con una colección de referencia de las plantas de la zona de estudio.

Posteriormente se diseñaron varios escenarios de posible futura matorralización en los que se benefician las plantas leñosas (tanto leguminosas como no leguminosas) en detrimento de las herbáceas y gramíneas. Los escenarios de matorralización futura considerados son los de un aumento de las leñosas en un 25%, 50%, 75%, 100% y 200%. En cada escenario, la abundancia relativa de plantas se modificó en base al índice de matorralización indicado.

Con el objetivo de cuantificar el efecto de la matorralización en la dieta de los herbívoros realizamos un cálculo igual a la suma del producto de la abundancia relativa de cada planta y su correspondiente fracción consumida por cada herbívoro y para cada uno de los escenarios mencionados anteriormente así como en el momento cero del estudio.

$$Eficiencia\ forrajera = \sum_i^{plantas} frac.consumida_i * abun.rel_i$$

Este cálculo permite comparar la eficiencia forrajera entre el momento cero del estudio y los diferentes escenarios de matorralización.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Disponibilidad vegetal

Las gramíneas son las plantas más representativas de la zona (45,1%), con una clara dominancia de *Festuca* spp. (27,0%) seguidas de *Carex cariophylla* (11,4%). El segundo grupo más presente son las plantas leñosas (31,1%) donde abundan *Pinus uncinata* (12,3%), *Juniperus communis* (6,3%) y *Cytisus scoparius* (4,5%). Las plantas herbáceas son el grupo más diverso con 57 especies diferentes pero representan solo el 21,6% de la cobertura vegetal ya que 30 especies del grupo solo están presentes en menos de 0,1%. Este grupo está dominado por *Trifolium alpinum* (5,4%), seguido de *Taraxacum* sp. (1,5%) y *Lotus corniculatus* (1,1%).

Esta zona presenta una alta diversidad de plantas (79 especies) pero una baja uniformidad o equitatividad, aspectos típicos de los pastos alpinos (Fillat *et al.*, 2007)

Dieta de los herbívoros

Los resultados del análisis de la dieta de los herbívoros muestran una gran diferencia entre la dieta del ganado doméstico y la del rebeco. Como se puede observar en la figura 1, la dieta del ganado doméstico depende casi exclusivamente de las herbáceas y de las gramíneas siendo *Festuca* spp. la planta más consumida por los tres herbívoros. El consumo de leñosas es marginal en el caso de los equinos (3,0%) y de los ovinos (7,5%) y un poco más importante en el caso de los bovinos (16,0%).

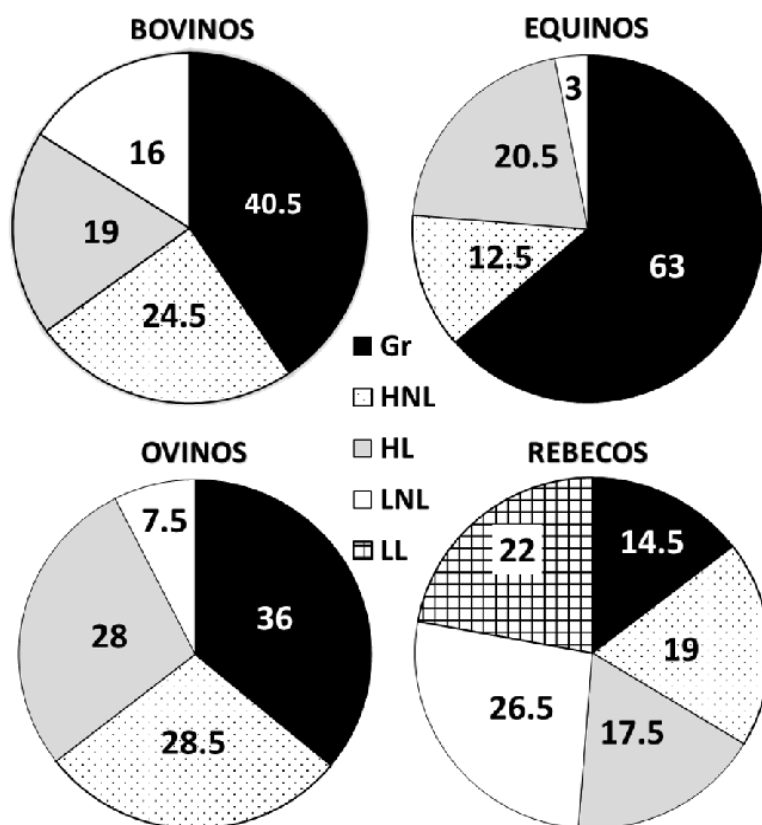


Figura 1. Composición en porcentajes de la dieta de los diferentes herbívoros agrupando las plantas en gramíneas (Gr), herbáceas no leguminosas (HNL), herbáceas leguminosas (HL), leñosas no leguminosas (LNL) y leñosas leguminosas (LL)

En el caso del rebeco, el consumo de leñosas representa casi la mitad de su dieta (48,5%) y su consumo de gramíneas es muy inferior al de los otros herbívoros, pudiendo considerar esta especie como un rumiante intermedio entre pastador y ramoneador (Bertolino *et al.*, 2009).

Eficiencia forrajera

En el inicio de la simulación (Figura 2), el ganado doméstico tiene una eficiencia forrajera superior a la del rebeco (650,5), siendo los equinos los más eficientes (1593,5), seguidos de los bovinos (1086,7) y los ovinos (1032,0). Como se puede observar, a lo largo de los diferentes escenarios aparece un importante declive en la eficiencia forrajera de los tres herbívoros domésticos. Con un aumento de 200% del matorral los équidos pierden 89,6% de su eficiencia, los ovinos 86,5% y los bovinos 68,7%. Al contrario, los rebecos se ven poco afectados por la matorralización y hasta podemos observar que su eficiencia aumenta en un 4,0%. En el escenario final (200% de aumento del matorral) los animales domésticos tienen una eficiencia forrajera muy inferior a la del rebeco.

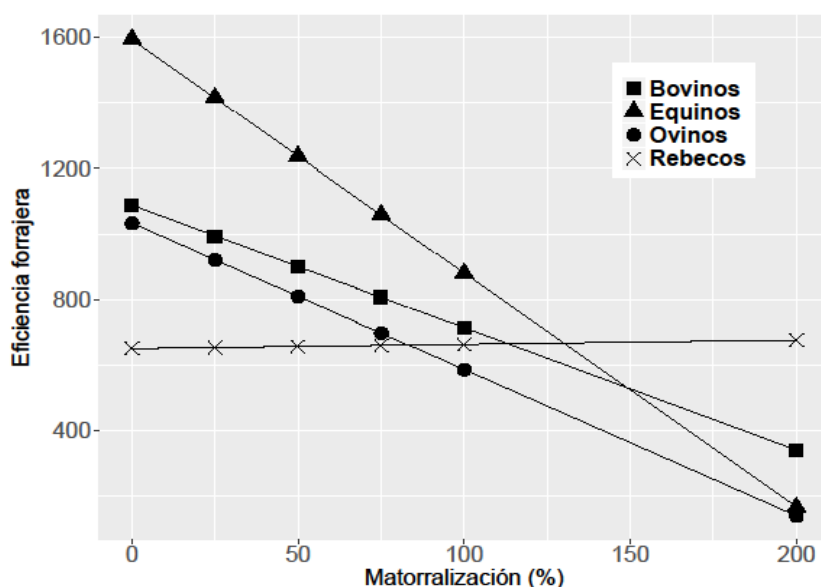


Figura 2. Eficiencia forrajera de los diferentes herbívoros simulada a lo largo de unos escenarios crecientes de matorralización en el Pirineo Oriental.

Estos resultados muestran que en un escenario de matorralización creciente, el ganado doméstico no podría mantener la composición actual de su dieta. Esto se debe a que bovinos, equinos y ovinos son especies pastadoras (Hofmann, 1989), con preferencia por las herbáceas.

Considerando que la dieta de los herbívoros se basa en factores genéticos, fisiológicos y comportamentales propios a cada especie, y que estos se modifican a un ritmo más lento que la disponibilidad vegetal (Van Soest, 1994; Egas *et al.*, 2005), las consecuencias sobre el agroecosistema alpino pueden ser considerables, con graves efectos en la economía ganadera por falta de recursos alimentarios.

Por otro lado, los resultados muestran que los rebecos pueden adaptar su dieta a una vegetación predominantemente leñosa, como se ha observado en otros trabajos (García-González

y Cuartas, 1996), por lo que la matorralización no sería un problema de conservación para esta especie.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se puede concluir que el ganado doméstico sería el más afectado en un escenario de creciente matorralización. En caso de que este ganado no fuera capaz de adaptar su dieta hacia un mayor contenido de especies leñosas la actividad ganadera sería inviable. Una excesiva presencia de matorral podría, además, agravar el problema al dificultar el acceso físico al pasto. En el caso del rebeco su plasticidad trófica le permitiría mantener una dieta similar a la actual. Sin embargo, en futuros estudios habría que considerar el efecto de la probable disminución de la competencia con el ganado doméstico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alados C. L., Komac B., Bueno C. G., Gartzia M., Escós J., Gómez-García D., García González R., Fillat F., Camarero J. J., Herrero J. y Pueyo Y. (2010) Modelización de la matorralización de los pastos del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido y su relación con el cambio global. *Proyectos de Investigación en Parques Nacionales 2007-2010*, 101–123.
- Balcells E. (1985) Reciente transformación de la cabana ganadera. En *III Coloquio Nacional de Geografía Agraria*. Cáceres, 163–237.
- Bartolomé J., Plaixats J., Fanlo R. y Boada M. (2005) Conservation of isolated Atlantic heathlands in the Mediterranean region: Effects of land-use changes in the Montseny biosphere reserve (Spain). *Biological Conservation*, 122(1), 81–88.
- Bertolino S., Di Montezemolo N.C. y Bassano B. (2009) Food-niche relationships within a guild of alpine ungulates including an introduced species. *Journal of Zoology*, 277(1), 63–69.
- Cummings J. y Smith D. (2000) The line-intercept method: A tool for introductory plant ecology laboratories. In *Tested studies for laboratory teaching*. Karcher SJ, 234–246.
- Egas M., Sabelis M.W. y Dieckmann U. (2005) Evolution of specialization and ecological character displacement of herbivores along a gradient of plant quality. *Evolution*, 59(3), 507–520.
- Fillat F., García-González R., Gómez D. y Reiné R. (2007) *Pastos del pirineo* Editorial CSIC-CSIC Press.
- García-González R. y Cuartas P. (1996) Trophic utilization of a montane/subalpine forest by chamois (*Rupicapra pyrenaica*) in the Central Pyrenees. *Forest Ecology and Management*, 88(1–2), 15–23.
- García Ruiz J.M. (1988) La evolución de la agricultura de montaña y sus efectos sobre la dinámica del paisaje. *Revista de estudios Agrosociales*, 146, 7–37.
- Hofmann R.R. (1989) Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*, 78(4), 443–457.
- Lasanta T. (1988) The process of desertion of cultivated areas in the Central Spanish Pyrenees. *Pirineos*, 132, 15–36.
- Van Soest P.J. (1994) *Nutritional Ecology of the Ruminant*, Cornell University Press.
- Stewart D.R.M. (1967) Analysis of plant epidermis in faeces: a technique for studying the food preferences of grazing herbivores. *Journal of Applied Ecology*, 4(1), 83–111.

DIETA ESTACIONAL DEL CORZO (*Capreolus capreolus*) EN LA SIERRA DE GUADARRAMA

T. MARTÍNEZ, A. ÁLVAREZ, M. ABAD

Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural Agrario (IMIDRA). El Encín, Apdo 127. Alcalá de Henares, Madrid; España.

Correspondencia: teodora.martinez@madrid.org

RESUMEN

Se analiza la dieta del Corzo en una zona adhesionada de la Sierra de Guadarrama (Buitrago de Lozoya). El estudio se realizó estacionalmente mediante análisis microhistológico de las heces. En todas estaciones, excepto en primavera, el corzo consumió mayor cantidad de plantas leñosas que de herbáceas. La especie más consumida fue *Quercus ilex*, fluctuando su consumo entre 26,2% en primavera y 45% en invierno. Las herbáceas fueron importantes en primavera y otoño, siendo las gramíneas el grupo más consumido. El mayor índice de similitud de dieta se observó entre otoño e invierno y el menor entre verano-otoño y verano-primavera. La mayor diversidad de dieta se observó en primavera, y la menor en invierno. Se discuten los resultados en función de las estrategias alimentarias seguidas por el corzo en el área de estudio, y si manifiesta los patrones alimentarios observados en áreas mediterráneas peninsulares y zonas centroeuropeas.

Palabras clave: Análisis microhistológico, estrategia alimentaria, encina, gramíneas, arbustos

SUMMARY

Roe deer diet in an open woodland zone (dehesa) of the mountains of Guadarrama (Buitrago de Lozoya, Spain) was studied on the basis of a microhistological fecal analysis. Seventy fecal samples were collected during the four seasons of the year. In all seasons except for spring, roe deer consumed more woody than herbaceous plants. The most heavily consumed species was *Quercus ilex*, with consumption ranging from 26.2% in spring to 45% in winter. Herbaceous plants, including grasses, were the most heavily consumed. The greatest similarity index was between autumn and winter, with the lowest between summer-autumn and summer-spring. The greatest diet diversity was observed during spring and the lowest in the winter season. The discussion is focused on the dietary strategies followed by roe deer in the study area and the comparison with the feeding patterns observed in other Mediterranean and Central European zones.

Key words: Microhistological fecal analysis, food strategy, holm oak, grasses, shrubs

INTRODUCCIÓN

El corzo en la actualidad es el cérvido más pequeño de los que se distribuyen en los territorios europeos y viene colonizando una gran cantidad de hábitats dada su versatilidad y su capacidad de adaptación (Fandos y Buron, 2013). En la comunidad de Madrid se distribuye por hábitats diversos y diferenciados, con cobertura forestal importante, con abundante monte bajo o enclaves arbustivos, y donde a la vez abundan zonas abiertas con pastizales o áreas de cultivo para cubrir sus requerimientos alimentarios, especialmente en los periodos más limitantes. En la actualidad, dada su gran expansión y colonización de medios se han observado corzos próximos a áreas rurales. Nuestra zona de estudio, un encinar adhesionado con áreas abiertas de pastizal, enclaves de fresnedas y cauces de agua, cumple las premisas de hábitat idóneo para el corzo, ya que requiere alimento,

refugio y tranquilidad (Fandos y Buron, 2013). Por otra parte, la urgencia de diversificar los sistemas rurales, de mantener la herbivoría como herramienta medioambiental de conservación de paisajes y biodiversidad dada la paulatina desaparición de la ganadería extensiva, hace que los herbívoros silvestres y en concreto el corzo, sea nuestro objeto de estudio. El objetivo del trabajo ha sido determinar las tendencias de variación estacional de su dieta, discutiendo los resultados en función de la estrategia alimentaria que adopta y de si los patrones de hábitos alimentarios observados se ajustan a resultados obtenidos en otras zonas de la Península y Centroeuropeos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio se sitúa en Buitrago de Lozoya, en una zona adhesionada ubicada en la zona media de la Sierra de Guadarrama (40°55'59"N 3°58'21"O). 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). La dieta del corzo se estimó a partir del análisis microhistológico de 70 muestras de heces recolectadas estacionalmente durante 2 años (2013, 2014), excepto en primavera que también se recogieron muestras en 2015. El muestreo de las heces se realizó entre los 5 primeros días de cada uno de los meses establecidos de muestreo, siguiendo en todos ellos los mismos itinerarios recorridos por grupos de corzos previamente localizados; de esta forma asegurar el tiempo de muestreo y la individualidad de cada muestra. En primavera (abril) se recolectaron 25 muestras, 7, 8 y 10 respectivamente en los años 2013, 2014 y 2015. En el resto de estaciones, verano (septiembre), otoño (noviembre) e invierno (febrero), se recolectaron 15 muestras, 7 y 8 en 2013 y 2014 respectivamente. El efecto año fue poco apreciable dadas las características establecidas para el muestreo de las heces y la zona de estudio. Las técnicas microhistológicas son muy utilizadas en la alimentación de herbívoros (Bartolomé *et al.*, 2002; García-González y Cuartas, 1992; Heroldová, 1997; Martínez, 2002). La técnica se basa en la identificación de las especies consumidas por el herbívoro en cuestión, en base a las estructuras anatómicas de las células epidérmicas presentes en los fragmentos de las heces. Se analizó cada muestra por separado, pasando cada una de ellas por diversos procesos: molido, lavado con agua hirviendo, tratamientos con el fin de solubilizar el mesófilo y clarificar (Martínez, 2002). De cada muestra se contaron 200 fragmentos de epidermis, contados en campos de microscopio localizados entre líneas. En total se contaron 14.000 fragmentos. Finalmente se expresó el porcentaje medio de frecuencias de las especies vegetales identificadas en el conjunto de las muestras analizadas.

La composición de la dieta se analizó por especies y por grupos de plantas: leñosas (árboles y arbustos) y herbáceas incluyendo gramíneas (gramíneas, ciperáceas-juncáceas) y dicotiledóneas herbáceas (DH) (leguminosas y otras familias). Se calculó la riqueza de especies (n°) y el índice de diversidad de Shannon (en el texto, diversidad) ($H' = - \sum p_i \ln p_i$), donde p_i es la abundancia relativa de la especie. Para comparar la dieta se utilizó el índice de similitud de Kulczynski; $ISK = \frac{2W}{(a+b)} * 100$. W es el menor porcentaje de un recurso común en los dos parámetros a comparar; $(a+b)$ es la suma total de porcentaje de los dos recursos de los parámetros a comparar.

RESULTADOS Y DISCUSION

El corzo mostró variación estacional importante, con diferencias en la composición de la dieta (Tabla 1) y la riqueza de especies. Parte de la literatura científica considera al corzo como ramoneador estricto. Sin embargo, la influencia del hábitat puede afectar a sus hábitos alimentarios, y cambios en la disponibilidad y calidad de los recursos hace que se produzcan variaciones de dieta

importantes a lo largo del tiempo y del espacio. La riqueza de especies en la dieta estacional del corzo fluctuó de 75 en primavera a 48 en otoño, observándose la mayor diversidad de dieta en primavera 3,2 y la menor en invierno 2,4. En cuanto a los grupos de plantas consumidos (Figura 1), las plantas leñosas se consumieron mayoritariamente en verano e invierno. La comparación de dieta entre estaciones mostró índices de similitud relativamente altos (Tabla 2).

En primavera, las plantas herbáceas supusieron un gran interés en la dieta del corzo, el estado fenológico favorable de estas y los amplios pastizales fueron bien aprovechados. Dentro de éstas, el grupo que más se consumió fue el de las gramíneas que supuso el 44,7%, siendo las especies más consumidas *Festuca ampla* (10,3%), *Poa bulbosa* (6,3%), *Vulpia bromoides* (3,8%), *Cynosorus cristatus* (2,2%). La importancia de este grupo en la dieta del corzo es de destacar en relación con otras zonas Peninsulares y del centro de Europa. En Quintos de Mora (Toledo), las gramíneas consumidas se situaron en torno al 21% y en la Sierra Guadrarrama (Fandos *et al.* 1987) en bastante menor cantidad, si bien, las zonas de estudio son diferentes florísticamente. En la republica Checa, Heroldová (1997) observó una cantidad de gramíneas de sólo 6,8%. Sin embargo, Gebczynska (1980) también observó en primavera un consumo mayor de la vegetación herbácea. El grupo de las DH, aun consumiéndose mucho menos que las gramíneas, presentó cierto interés. Creemos que el corzo cuando tiene pasto abundante y de buena calidad aprovecha dicho recurso. No obstante, la vegetación leñosa tuvo bastante relevancia (43%), *Quercus ilex*, supuso el 26,2%, seguida de distintas especies arbustivas que supusieron el 14,2 %; entre ellas *Rubus ulmifolius* y *Prunus spinosa*. La dieta de primavera mostró la mayor similitud con las dietas de otoño e invierno y la menor con el verano (Tabla 2).

En verano, la dieta del corzo varió considerablemente en relación a la dieta de primavera, se consumieron 54 especies y su diversidad fue 2,7. El corzo se comportó mayoritariamente como ramoneador, representando la vegetación leñosa el 74,2%. En este periodo la vegetación herbácea está muy agostada y el corzo consumió *Quercus ilex* (27,8%), *Fraxinus angustifolia* (6,6%) y distintas especies arbustivas que constituyen el 38,6% de la dieta, como *Prunus spinosa* (18%), *Crataegus monogyna* (7,8%), *Rubus ulmifolius* (4,8%), árboles y arbustos que proporcionarían los nutrientes necesarios en una estación donde la disponibilidad de recursos herbáceos es muy limitada y la calidad ha disminuido. Muchas de estas especies se observaron apreciadas en otras zonas (Fandos *et al.*, 1987; Maizeret y Tran Manh Sung, 1984). La vegetación herbácea supuso el 25,8% de la dieta, representado las gramíneas el 18,6%, entre ellas *Festuca ampla*, *Arrhenatherum elatius*, *Agrostis castellana*, *Dactylis glomerata*, *F. rhotmaleri* y especies de *Carex*, especies de ámbito más húmedo. El verano fue el periodo en que menos se consumieron las DH (Tabla 1). El abundante consumo de leñosas en verano ha sido refrendado en la literatura, Álvarez y Ramos (1992) y Heroldová (1997) encontraron un consumo similar al observado por nosotros. En esta estación los arbustos aportan una cantidad importante de nutrientes, ya que muchos de ellos están en fructificación. La mayor similitud de dieta se observó con la del invierno y la menor con la de primavera y de otoño (Tabla 2).

Tabla 1. Composición de la dieta del corzo primavera (P), verano (V), Otoño (O) e Invierno (I). Leg. –Leguminosas, Ar-Arbu –Árboles-arbustos.

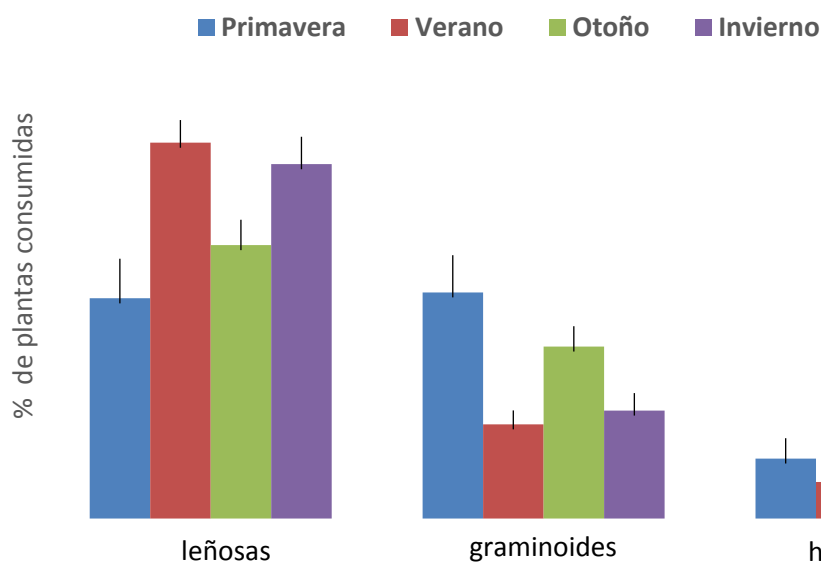
HERBÁCEAS	P	V	O	I	D. Herbáceas (Contin.)	P	V	O	I
Graminoides	%	%	%	%	Leg.-Otras Familias	%	%	%	%
<i>Agrostis castellana</i>	0,7	1,7	1,0	2,0	<i>Trifolium glomeratum</i>	0,3	0,1	0,5	-
<i>Aira caryophylla</i>	1,3	-	-	-	<i>T. repens</i>	0,6	0,5	0,5	0,2
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	0,3	0,9	1,0	0,2	<i>T. strictum</i>	0,3	0,3	0,5	0,1
<i>Anthoxanthum aristatum</i>	1,0	-	0,5	0,5	<i>T. subterraneum</i>	1,0	0,2	-	-
<i>Arrhenaterum elatius</i>	0,6	2,6	3,1	0,6	<i>Vicia sativa</i>	0,1	0,2	-	-
<i>Bromus hordeaceus</i>	2,4	0,9	1,3	0,7	<i>Vicia villosa</i>	0,1	0,1	-	-
<i>Bromus sterilis</i>	0,3	-	1,0	-	<i>Alyssum granatense</i>	-	0,1	0,6	0,2
<i>Cynosurus cristatus</i>	2,2	0,7	2,0	1,0	<i>Asphodelus sp</i>	0,1	0,2	-	0,3
<i>Cynosurus elegans</i>	0,3	0,3	0,3	0,1	<i>Bellis perennis</i>	0,2	-	0,3	0,2
<i>Dactylis glomerata</i>	0,3	1,5	2,0	1,8	<i>Brassica barrelieri</i>	0,4	0,4	-	-
<i>Danthonia decumbens</i>	0,4	0,1	-	-	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	0,2	0,1	-	0,2
<i>Festuca ampla</i>	10,3	3,4	6,5	5,1	<i>Cerastium glomeratum</i>	0,2	0,1	-	0,8
<i>Festuca rhotmaleri</i>	2,0	1,1	2,0	1,9	<i>Echium plantagineum</i>	0,3	-	-	-
<i>Glyceria declinata</i>	0,2	0,1	-	0,1	<i>Erodium sp</i>	0,5	-	0,2	0,3
<i>Holcus lanatus</i>	1,7	0,2	0,3	0,2	<i>Geranium dissectum</i>	0,3	-	0,3	0,5
<i>Hordeum murinum</i>	0,2	0,1	-	0,2	<i>Helianthemum sp</i>	0,1	-	-	0,2
<i>Koeleria caudata</i>	0,2	0,0	0,5	0,2	<i>Hieracium pilosella</i>	1,7	2,3	2,4	3,1
<i>Lolium perenne</i>	0,7	0,1	1,5	0,8	<i>Hypochaeris radicata</i>	0,5	0,1	0,3	0,2
<i>Milium vernale</i>	0,1	-	-	-	<i>Plantago lanceolata</i>	0,3	-	-	0,7
<i>Molineriella laevis</i>	0,2	0,1	0,3	-	<i>Rumex acetosella</i>	0,3	0,3	0,5	0,7
<i>Mycopryum arvensis</i>	0,1	-	0,8	-	<i>Rumex crispus</i>	0,1	0,1	0,3	0,5
<i>Phalaris sp</i>	-	-	-	0,2	<i>Ranunculus peltatus</i>	0,1	-	-	-
<i>Phleum pratense</i>	1,8	-	-	0,3	<i>Sanguisorba minor</i>	0,2	-	-	-
<i>Poa annua</i>	0,9	1,1	2,2	1,3	<i>Taraxacum officinale</i>	0,4	0,1	2,0	-
<i>Poa bulbosa</i>	6,3	0,6	4,0	2,8	<i>Tragopogon sp</i>	0,3	-	1,9	-
<i>Poa sp</i>	0,9	-	-	0,4	<i>Tuberaria guttata</i>	0,1	-	-	-
<i>Stipa lagascae</i>	-	-	0,3	-	<i>Veronica arvensis</i>	0,1	-	-	-
<i>Vulpia bromoides</i>	1,9	1,0	1,3	0,1	Indeterminadas	1,1	0,2	1,3	0,4
<i>Vulpia myuros</i>	3,8	-	-	-	LEÑOSAS (Ar-Arbu)	1,9	11,9	11,9	11,9
<i>Carex divisa</i>	1,0	0,6	0,3	0,4	<i>Acer monspessulanum</i>	1,5	1,2	1,7	1,1
<i>Carex divulsa</i>	1,0	0,3	1,0	0,1	<i>Fraxinus angustifolia</i>	1,2	6,6	3,7	3,6
<i>Juncus squarrosus</i>	0,2	0,6	0,3	0,1	<i>Quercus faginea</i>	0,5	-	-	1,2
<i>Juncus sp</i>	1,0	0,1	0,2	-	<i>Quercus ilex</i>	26,2	27,8	37,1	45,3
<i>Luzula sp</i>	0,1	0,5	0,3	0,2	<i>Quercus pyrenaica</i>	-	-	2,0	2,0
Dicotiledóneas Herbáceas					<i>Crataegus monogyna</i>	2,0	7,8	4,5	2,9
Leg.-Otras Familias					<i>Lonicera sp</i>	0,8	1,5	-	2,0
<i>Astragalus pelecinus</i>	0,5	0,2	-	-	<i>Prunus spinosa</i>	4,9	18,0	0,8	4,9
<i>Lathyrus angulatus</i>	1,1	0,3	-	0,1	<i>Rosa sp</i>	0,5	5,5	1,0	1,0
<i>Lotus corniculatus</i>	0,3	-	-	0,1	<i>Rubus ulmifolius</i>	5,5	4,8	2,1	3,7
<i>Medicago sativa</i>	0,1	1,1	0,5	-	<i>Sambucus sp</i>	0,2	0,3	0,5	1,0
<i>Ornithopus compressus</i>	-	0,1	-	-	Indeterminadas	0,3	0,7	0,6	1,3

Tabla 2. Grados de similitud (ISK %) entre las dietas (D) de primavera (P), verano (V), Otoño (O) e Invierno (I).

	D. P	D. V	D. O	D. I
D. P	-	-	-	-
D. V	61,3	-	-	-
D. O	65,9	60,2	-	-
D. I	64,6	63,3	75,3	-

ISK(%)

La dieta de otoño fue la de menor riqueza de especies y su diversidad fue 2,7, igual que en verano. El grupo de plantas más consumido fue el de las leñosas, 54% de la dieta, teniendo las herbáceas una relevancia importante (Figura 1). *Quercus ilex* fue la especie más consumida (37%), con cantidades muy inferiores *Fraxinus angustifolia*. El grupo de los arbustos se consumió en el periodo que menos, destacó *Crataegus monogyna*. La vegetación herbácea supuso el 46% de la dieta, representando las gramíneas un alto consumo, entre ellas especies de calidad media como *Festuca ampla*, *Arrhenaterum elatius*. Las DH se consumieron un 12,1%, destacando *Hieracium pilosella*, *Taraxacum officinale* y el género *Trifolium*. Álvarez y Ramos (1992) también manifestaron la importancia del grupo de las herbáceas en el otoño, especialmente las gramíneas. El interés se debería al aprovechamiento de la otoñada (rebrote de plantas) en amplias zonas de majadal que se distribuye por el área de estudio; seleccionaron especies como *Poa bulbosa*, *Festuca ampla*. La dieta de otoño mostró la similitud más alta con la del invierno, reflejándose el alto consumo de encina, la más baja fue con el verano (Tabla 2).

**Figura 1.** Grupos de plantas que componen la dieta del corzo en la Sierra de Guadarrama. Las barras indican la desviación estándar de la media.

En invierno época en el que la vegetación herbácea disponible es escasa y algunos recursos leñosos están más limitantes por falta de hojas, *Quercus ilex* jugó un papel fundamental en la alimentación del corzo, se consumió casi el doble que en primavera y que en verano, suponiendo el 45% de la dieta. El género *Quercus* en general ha sido un alimento importante en la alimentación del corzo en la Península y en los bosques europeos. En nuestra zona, la encina ha sido importante en todas las estaciones, y especialmente en la alimentación de otoño e invierno. Se mencionó su interés en otros bosques mediterráneos (Fandos *et al.*, 1987; Álvarez y Ramos, 1992; Bartolomé *et al.*, 2002). En nuestra zona la especie es muy abundante, faltando otras quercíneas, o siendo escasas

como es el caso de *Quercus pyrenaica* que es poco abundante, o *Quercus faginea* que sólo existen escasos pies. Los arbustos se consumieron en cantidades muy inferiores (Tabla 1) entre ellos *Prunus spinosa*, *Rubus ulmifolia* y *Crataegus monogyna*). Las herbáceas supusieron el 30,6%, representando las gramíneas el 21,8%, *Festuca ampla* como en el resto de estaciones fue la especie más consumida, le siguieron *Poa bulbosa* y *Agrostis castellana*. Las DH se consumieron un 8,3%, cantidad relativamente importante en este periodo, destacó *Hieracium pilosella*. La similitud de dieta más baja se observó con la del verano (Tabla 2) por las diferencias de consumo respecto a la encina y los arbustos, sin embargo, en ambos periodos el corzo fue mayoritariamente ramoneador.

CONCLUSIONES

En todas estaciones, excepto en primavera, el corzo consumió mayor cantidad de plantas leñosas que herbáceas. Destacó *Quercus ilex*, fluctuando su consumo entre 26,2% en primavera y 45% en invierno. La vegetación herbácea fue importante en primavera y otoño 56,5% y 46,5% respectivamente, siendo el grupo de las gramíneas el más consumido.

El mayor índice de similitud fue entre otoño e invierno y los menores entre verano-otoño y verano-primavera.

En primavera y otoño la dieta del corzo no se ajustaría a los patrones de hábitos alimentarios descritos para el corzo como principalmente ramoneador, ya que en su dieta las herbáceas, especialmente las gramíneas, han jugado un papel importante.

En zonas adeshadas del monte mediterráneo, el corzo manifestó una gran versatilidad a la hora de alimentarse aprovechando recursos herbáceos y arbustivos de cierta calidad, y diversificando ampliamente la dieta de acuerdo con su necesidad de nutrientes, hecho que favorece la expansión de la especie y colonización de nuevos medios.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo forma parte de un proyecto de investigación del IMIDRA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez G. y Ramos J. (1992) Dieta del corzo (*Capreolus capreolus*) en una localidad mediterránea (Quintos de Mora, Montes de Toledo). *Doñana, Acta Vertebrata*, 19 (1-2), 107-114.
- Bartolomé J., Rossel C. y Bassols E. (2002) Diet composition of Roe Deer (*Capreolus capreolus*) in the natural park of the Garrotxa volcanic zone (Catalonia, Spain). *Pirineos*, 157, 57-63.
- Fandos P., Martínez T. y Palacios F. (1987). Estudio sobre la alimentación del corzo (*Capreolus capreolus* L. 1758) en España. *Ecología*, 1, 161-186.
- Fandos P. y Burón, D. (2013) Corzos. Edición propia. Sevilla. España.
- García-González, R y Cuartas, P (1992) Food habits of *Capra pyrenaica*, *Cervus elaphus* and *Dama dama* in de Cazorla Sierra (Spain). *Mammalia*, 56, 195-202.
- Gebczynska Z. (1980) Food of the Red deer and Roe deer in the Bialowieza Primeval Forest. *Acta Theriologica*, 25, 487-500.
- Heroldová M. (1997) Trophic niches of three ungulate species in the Pálava Biosphere Reserve. *Acta Scientiarum Naturalium Brno.*, 31, 1-52.

Maizeret C. y Tran Manh Sung D. (1984) Etude du régime alimentaire et recherche du déterminisme fonctionnel de la sélectivité chez le chevreuil (*Capreolus capreolus*) des landes de Gascogne. *Gibier Faune Sauvage*, 3, 63-103.

Martínez T. (2002) Feeding strategy of Spanish ibex *Capra pyrenaica* and domestic sheep *Ovis aries* in south-eastern Spain. *Acta Theriologica*, 47(4): 479-490.

Rivas Martínez, S. (1982) *Mapa de las series de vegetación de Madrid*. Madrid. España.

VARIACIÓN MORFOLÓGICA Y BROMATOLÓGICA DE LA BELLOTA DE ENCINA DENTRO DEL ÁRBOL

P. FERNÁNDEZ-REBOLLO¹, M.T. HIDALGO¹, J.R. LEAL¹, M.D. CARBONERO², J. FERNÁNDEZ-HABAS¹, S. ANDICOBERRI¹, J.M. JIMÉNEZ¹, J.M. PACHECO¹

¹Dpto. Ingeniería Forestal, ETSIAM, Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales, 14075 Córdoba, España. ²Área de Producción Agraria. IFAPA. Centro Hinojosa del Duque, Córdoba. Junta de Andalucía.

Correspondencia: pfernandez@uco.es

RESUMEN

Este trabajo analiza la variabilidad en la morfología y la composición bromatológica de la bellota de encina dentro del árbol. Para ello se seleccionaron encinas en tres zonas de las que se recogieron bellotas de distintas partes de la copa. Las bellotas se caracterizaron morfológicamente (peso fresco, longitud y grosor) y se determinó su concentración de proteína bruta (PB), ceniza, grasa bruta (GB) y los principales ácidos grasos a través de un espectro NIR tomado de los cotiledones. El coeficiente de variación del peso de la bellota dentro del árbol ha sido del 11% mientras que el de la longitud y el grosor se ha situado en torno al 4%, sin diferencias entre zonas. El coeficiente de variación de la concentración de PB y de GB ha alcanzado valores similares (14%) y mayores a los de la ceniza (10%) con importantes diferencias entre zonas. La variación de la composición bromatológica entre bellotas de un mismo árbol es de similar magnitud a la encontrada entre bellotas de distintos árboles mientras que la variación del peso y tamaño de la bellota es menor.

Palabras clave: *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp., dehesa, proteína, grasa, ceniza

SUMMARY

This work analyzes the variability in morphology and composition of holm oak acorns within the tree. Holm oaks of three areas were selected and acorns were collected from different parts of the treetop. Acorns were characterized morphologically (fresh weight, length and thickness) and concentrations of crude protein, ash, fat and the main fatty acids were determined through a NIR spectrum taken from acorn cotyledons. Coefficient of variation of acorn weight within the tree was 11%, while the coefficient of variation of length and thickness was around 4%, with no significant differences between zones. The coefficients of variation of protein and fat concentration reached similar values (14%), higher than those of ash (10%), with significant differences between zones. The variation in acorn composition within a tree is of similar magnitude to the variation found between acorns of different trees, whereas the variation in acorn weight and size within a tree is smaller.

Key words: *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp, dehesa, protein, fat, ash

INTRODUCCIÓN

La encina (*Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp.) es el árbol más característico de la dehesa. Manifiesta una gran variabilidad en muchos de sus rasgos, debido fundamentalmente a su amplia distribución y a la propensión a hibridarse con otros *Quercus* (Lumaret *et al.*, 2002). La producción de bellota, como otro rasgo vegetal más, exhibe una marcada variabilidad entre poblaciones, entre individuos de una misma población o incluso dentro del individuo, que ha quedado reflejada en trabajos que abordan desde la cosecha de bellotas (Carbonero, 2011; Alejano *et al.*, 2011) hasta la vecería y alternancia (Carbonero *et al.*, 2012) pasando por el tamaño y la forma

de la bellota (Milla *et al.*, 2002; Carbonero, 2011; Alejano *et al.*, 2011;), el patrón de maduración (Carbonero, 2011) o la composición bromatológica (López-Carrasco *et al.*, 2005; Tejerina *et al.*, 2011). Aunque son abundantes los trabajos que abordan el estudio de la composición bromatológica de la bellota de encina y analizan los factores que explican su variabilidad, no hemos encontrado ningún trabajo que estudie las diferencias en la composición entre bellotas de un mismo individuo, quizá debido a la dificultad analítica que para los métodos convencionales supone trabajar con una pequeña cantidad de muestra. Esta dificultad puede soslayarse con el empleo de ecuaciones de predicción a partir de espectros NIR. El objetivo de este trabajo ha sido pues, conocer la variabilidad morfológica y bromatológica de la bellota de encina dentro del árbol, analizar si existen diferencias en esta variabilidad entre zonas y su posible relación con el nivel de producción del individuo, la distribución de la cosecha en la copa y el nivel medio de concentración de principios nutritivos en la bellota.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el norte de la provincia de Córdoba. Siguiendo un eje este-oeste, que define una graduación en la intensidad de los cultivos (dehesas de cultivo-dehesas de pasto), se seleccionaron tres zonas con arbolado de encina. La zona 1, situada en el TM de Fuente Obejuna, es una dehesa con arbolado maduro uniformemente distribuido, con una FCC del 30%. Se cultiva al tercio con cereales. La zona 2 está situada en el TM de Pozoblanco. La FCC alcanza un valor del 23% con un alto porcentaje de árboles envejecidos.

Se cultiva con veza-avena o triticale en ciclos de 7 años. La zona 3, situada más al este, en el TM de Villanueva de Córdoba, presenta un arbolado maduro con una FCC del 25%. Se cultiva con veza-avena con una rotación de 10 años. En cada zona se seleccionaron 45 encinas de las que se recogieron, en noviembre de 2013, 10 bellotas sanas de distinta parte de la copa. Se evaluó, además, la cosecha de bellota de cada árbol mediante dos procedimientos los cuales aparecen recogidos en Carbonero *et al.* (2016): conteo de las bellotas contenidas en un marco apoyado sobre la superficie de la copa (M) y conteo de bellota durante 15 segundos en la cara norte (CN) y sur del árbol (CS).

Cada una de las bellotas recogidas se pesó individualmente y se midió la longitud y el grosor con un calibre digital. Posteriormente, a cada bellota se le realizó un corte longitudinal limpio y preciso con una cortadora de fiambre, dejando expuesta una superficie plana de los cotiledones de la bellota. De esta superficie plana se tomaron dos espectros con un equipo LabSpec 5000 (ASD, Inc.), el cual realiza medidas en reflectancia cada 1 nm en el rango del espectro visible (VIS, 350-1100 nm) y del infrarrojo cercano (NIR, 1100-2500 nm), utilizando una sonda de contacto con una ventana circular de 0.5 cm de radio. De cada bellota se ha predicho la concentración de ceniza, grasa bruta (GB), proteína bruta (PB), y los principales ácidos grasos. Los estadísticos de las ecuaciones de predicción quedan recogidos en la tabla 1.

Para cada árbol se calculó la variabilidad interna de la morfología y composición bromatológica de la bellota mediante el coeficiente de variación de los datos de sus 10 bellotas. Se analizó la diferencia entre zonas de los coeficientes de variación mediante la prueba de Kruskal-Wallis. En el caso de la composición bromatológica se comparó entre sí el coeficiente de variación de los distintos principios inmediatos mediante la prueba de Wilcoxon de muestras dependientes. Por último, la relación entre la variabilidad morfológica y bromatológica de la bellota dentro del árbol y el peso medio, la concentración media de PB, GB y ceniza de la bellota del árbol, el diámetro normal del árbol (DN), la cosecha del árbol (M) y la asimetría de la distribución de la cosecha en la copa (CS-CN) se estudió mediante el coeficiente de correlación de Spearman.

Tabla 1. Estadísticos de las ecuaciones de predicción de la composición bromatológica de la bellota a partir de espectros NIR tomados sobre la pulpa en fresco.

	Media ^a	Rango ^b	Std ^c	SEC ^d	RSQ ^e	SEVC ^f	1-VR ^g
Cenizas (% ms)	1,9	1,4-2,3	0,2	0,023	0,982	0,077	0,800
Grasa (% ms)	9,5	6,2-14,9	1,7	0,364	0,955	0,456	0,930
Proteína bruta (% ms)	4,5	2,8-6,7	0,9	0,184	0,964	0,282	0,915
Palmítico (% GB)	10,50	3,74-16,20	4,16	0,463	0,988	0,717	0,970
Esteárico (% GB)	2,60	0,42-7,26	1,41	0,369	0,931	0,529	0,862
Oleico (% GB)	50,48	14,90-69,60	18,67	0,720	0,999	2,662	0,979
Linoleico (% GB)	12,84	5,82-22,40	4,22	0,956	0,949	1,356	0,897
Linolénico (% GB)	0,54	0,13-1,40	0,26	0,082	0,899	0,119	0,786
Aráquico (% GB)	0,31	0,04-0,50	0,15	0,012	0,994	0,042	0,926
Gadoleico (% GB)	0,39	0,07-0,60	0,15	0,050	0,888	0,056	0,857

^a Media del colectivo de calibración, ^b Rango del colectivo de calibración, ^c Desviación estándar del colectivo de calibración, ^d Error estándar de calibración, ^e Coeficiente de determinación de la calibración, ^f Error estándar de la validación cruzada, ^g Coeficiente de determinación de la validación cruzada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El coeficiente de variación de la longitud y del grosor de la bellota de encina dentro del árbol se ha situado en torno al 4% (figura 1). No se han encontrado diferencias significativas entre zonas en el coeficiente de variación de la longitud ($H=4,16$, $p=0,12$) pero sí en el del grosor ($H=9,74$, $p<0,01$), presentando la zona de dehesa con arbolado envejecido mayor variación que aquella con arbolado maduro. El coeficiente de variación del peso entre bellotas de una misma encina ha alcanzado el valor medio de 11,6%, sin mostrar diferencias significativas entre zonas ($H=1,50$, $p=0,47$). Esta variación del peso ha sido menor a la recogida por Carbonero (2011) en una dehesa de la misma zona. Esta autora, promediando seis años de muestreo, obtiene un coeficiente de variación del peso de la bellota del 23%, oscilando entre el 17% y el 33% según el año. Algo similar ocurre con la fluctuación de la longitud y el grosor de la bellota, que llega a ser un 50% menor en nuestro trabajo. Estas diferencias pueden ser debidas a la duración del muestreo.

Así, Carbonero (2011), recoge bellota durante todo el periodo de diseminación, con lo que incorpora en los cálculos aquellas bellotas que han podido caer de forma prematura por distintos motivos, como los meteorológicos o la incidencia de plagas, y también las últimas, que han tenido una fase de llenado más larga. Así, cuando considera sólo el periodo central de la montanera, la variabilidad del peso de la bellota de un individuo disminuye hasta un 17% (Carbonero, 2011).

La figura 2 muestra el coeficiente de variación de la concentración de PB, cenizas y GB de la bellota de un mismo árbol. Globalmente, el coeficiente de variación de PB y de GB ha alcanzado valores similares, en torno al 14%. La variación de la concentración de ceniza ha sido significativamente menor, situándose el valor medio en un 10% ($Z=0,60$ $p=0,48$ para PB vs GB; $Z=8,86$ $p>0,01$ para PB vs cenizas y $Z=7,43$ $p<0,01$ para GB vs cenizas).

La variabilidad de la composición ha sido significativamente distinta entre zonas ($H=9,57$ $p<0,01$ para PB; $H=15,45$ $p<0,01$ para cenizas y $H=27,23$ $p<0,01$ para GB). La PB y la ceniza han mostrado un patrón de variación similar entre zonas, con mayor coeficiente de variación en la zona con arbolado envejecido y menor en la dehesa con arbolado maduro. En cambio, la concentración de GB de las bellotas de un árbol ha mostrado mayor homogeneidad en la zona donde los cultivos son más frecuentes.

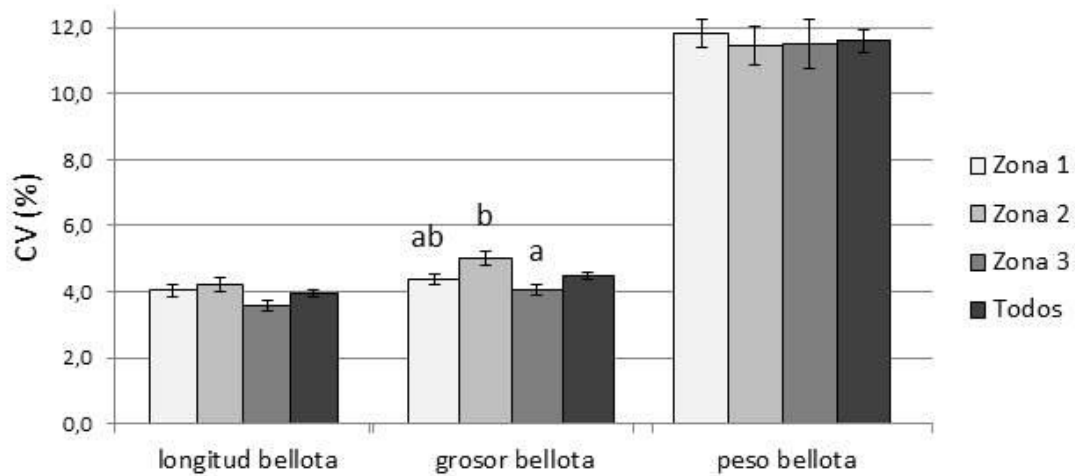


Figura 1. Coeficiente de variación de la longitud, grosor y peso entre bellotas de una misma encina en tres zonas distintas y para el conjunto de los árboles muestreados. Letras distintas indican diferencias significativas entre zonas según el test de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

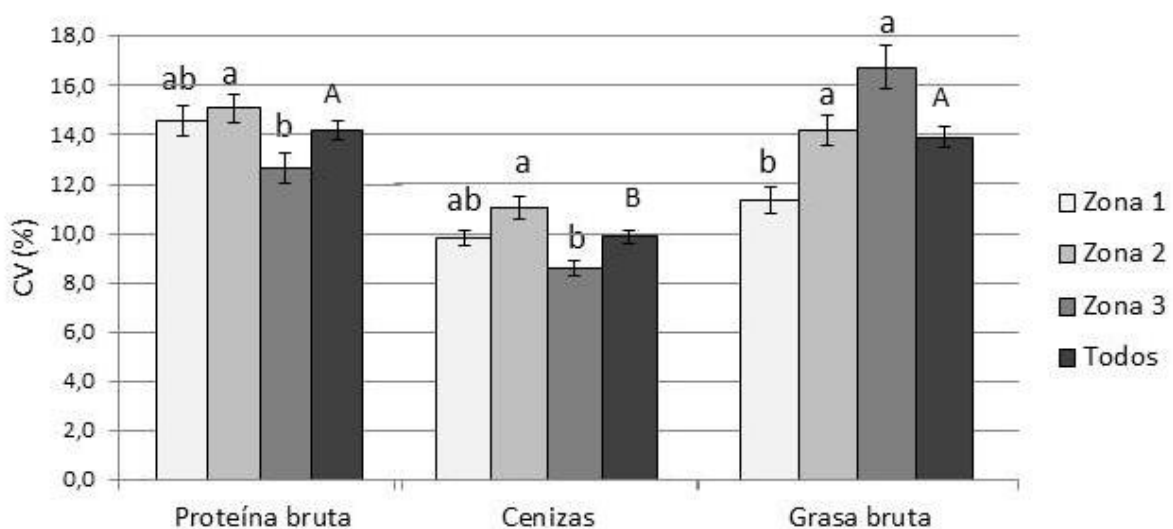


Figura 2. Coeficiente de variación de la concentración de proteína bruta, ceniza y grasa bruta entre bellotas de una misma encina en tres zonas y para el conjunto de las encinas muestreadas. Letras distintas minúsculas indican diferencias significativas entre zonas según el test de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Letras distintas mayúsculas indican diferencias significativas entre las variables evaluadas según el test de Wilcoxon ($p < 0,05$).

La variación encontrada en los principales ácidos grasos ha sido significativamente distinta (tabla 2). La menor variabilidad se ha encontrado en el gadoleico, oleico y palmítico y la mayor en el ácido aráquico, seguido del linolénico. La variabilidad observada ha diferido también entre zonas.

En la zona con cultivos en rotaciones cortas se ha encontrado mayor homogeneidad en la concentración de ácidos grasos en la bellota del árbol, aunque las diferencias sólo llegan a ser

significativas para el coeficiente de variación del ácido oleico y del gadoleico. La zona con arbolado envejecido ha mostrado mayor variabilidad en la concentración de ácido esteárico y aráquico.

La variación del peso y de la morfología de la bellota entre árboles ha sido mayor que la encontrada dentro de un árbol (figura 3). Sin embargo, la variación de la composición bromatológica entre bellotas de un mismo árbol es de similar magnitud a la encontrada entre bellotas de distintos árboles.

Tabla 2. Coeficiente de variación de los principales ácidos grasos entre bellotas de una misma encina en tres zonas distintas y para el conjunto de los árboles muestreados. Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas entre zonas según el test de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). En la primera columna letras distintas indican diferencias significativas entre ácidos grasos según el test de Wilcoxon ($p < 0,05$).

	CV (%)				Estadísticos comparación zonas	
	Todos	Zona 1	Zona 2	Zona3	H	P
Oleico	8,3 (0,35) f	6,9 (0,72) b	9,1 (0,79) a	9,0 (0,59) a	11,3	<0,01
Linoleico	10,6 (0,32) e	9,6 (0,42)	11,0 (0,56)	11,4 (0,68)	5,3	0,71
Linolénico	26,1 (0,78) b	25,5 (0,94) ab	30,3 (1,61) a	22,3 (1,24) b	17,1	<0,001
Palmitico	8,2 (0,22) f	8,0 (0,31)	8,1 (0,38)	8,5 (0,44)	0,6	0,73
Esteárico	14,8 (0,43)d	13,4 (0,52) b	17,3 (0,87) a	13,7 (0,73) b	16,7	<0,001
Gadoleico	6,9 (0,28) g	5,0 (0,23) c	7,1 (0,39) b	9,1 (0,61) a	35,5	<0,001
Aráquico	31,0 (1,22)a	26,6 (1,31) b	38,6 (2,76) a	27,8 (1,60) b	17,1	<0,001

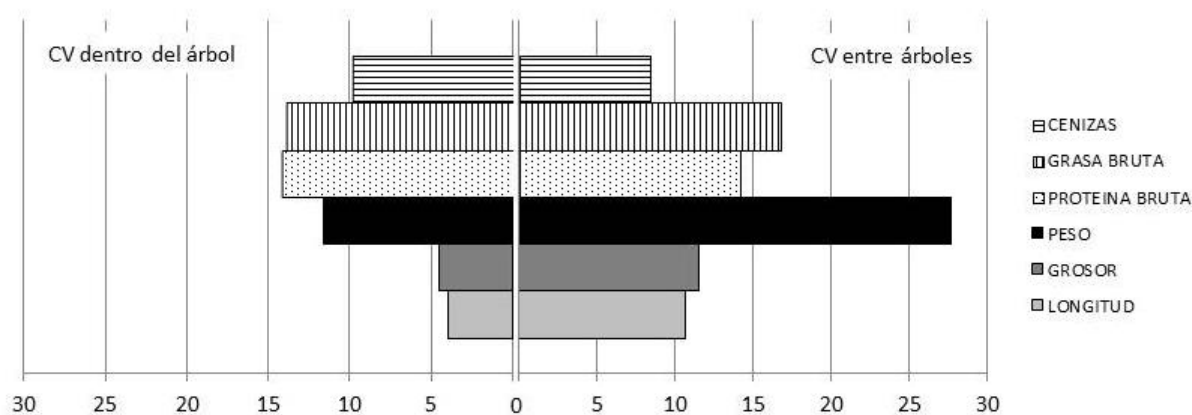


Figura 3. Coeficiente de variación de la longitud, grosor, peso, concentración de proteína bruta, cenizas y grasa bruta de la bellota de encina dentro del árbol y entre árboles.

Las encinas que producen abundantes bellotas presentan menor variación en el grosor, lo que refleja un reparto más equitativo de los recursos cuando éstos no son limitantes (Tabla 3). Además, la variación disminuye cuando el reparto de bellotas en la copa es asimétrico, y éstas se concentran principalmente en la cara sur (Carbonero, 2011, Alejano *et al.*, 2011). Altos contenidos en PB están relacionados con una mayor homogeneidad en el peso y grosor de la bellota dentro del árbol. Los árboles con bellotas grandes parecen tener mayor variabilidad en la concentración de PB entre frutos pero menor en GB. Además, las diferencias entre frutos de un mismo árbol en PB y GB disminuyen con el aumento de la concentración de estos principios inmediatos.

Tabla 3. Coeficiente de correlación de Spearman entre el coeficiente de variación de distintas variables de la bellota de una misma encina y el peso medio, la concentración media de proteína bruta, grasa bruta y ceniza de la bellota del árbol, el diámetro normal del tronco, la cosecha del árbol (M) y la asimetría de la distribución de la cosecha en la copa (CS-CN). Los valores estadísticamente significativos aparecen en negrita ($p < 0,05$).

CV	Peso medio	Proteína bruta	Grasa bruta	Cenizas	DN	M*	CS-CN**
Longitud	-0,02	0,01	0,07	0,08	-0,12	-0,02	-0,08
Grosor	0,03	-0,19	0,02	0,00	-0,01	-0,16	-0,16
Peso	0,00	-0,17	0,04	-0,12	0,03	-0,09	-0,17
Proteína bruta	0,25	-0,32	0,17	-0,20	-0,07	-0,12	0,06
Cenizas	0,15	-0,11	0,09	-0,14	-0,14	-0,02	-0,01
Grasa bruta	-0,18	0,32	-0,57	0,37	-0,05	-0,02	-0,01
Oleico	-0,24	0,38	-0,41	0,40	-0,02	0,05	-0,03
Linoleico	0,04	0,16	-0,23	0,20	0,01	0,12	-0,04
Linolénico	0,18	-0,11	0,21	-0,13	-0,07	-0,07	-0,02
Palmítico	0,08	0,08	-0,11	0,11	-0,05	0,01	-0,05
Estearico	0,01	0,27	0,08	0,04	-0,07	0,06	-0,04
Gadoleico	-0,13	0,43	-0,64	0,47	-0,01	0,00	0,03
Aráquico	0,00	0,42	-0,12	0,20	-0,13	-0,03	0,13

*M es el número medio de bellotas contabilizadas en una superficie de 20 x 20 cm² de la copa.

** CS-CN es la diferencia entre el número de bellotas contabilizadas en la cara norte y sur de la copa de la encina durante 15 segundos.

CONCLUSIONES

El coeficiente de variación del peso de la bellota dentro del árbol ha sido del 11% mientras que el de la longitud y el grosor se ha situado en torno al 4% sin diferencias importantes entre zonas. La variación del peso y tamaño de la bellota entre árboles ha sido mayor que la encontrada a nivel de individuo. El coeficiente de variación de la concentración de PB y de GB ha alcanzado valores similares (14%) y mayores que el de la concentración de ceniza (10%), variando según la zona. La concentración de los ácidos grasos oleico y palmítico ha mostrado mayor homogeneidad dentro del árbol. La variación de la composición bromatológica entre bellotas de un mismo árbol ha sido de similar magnitud a la encontrada entre bellotas de distintos árboles.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por los proyectos RTA2014-00063-C04-03 (Fondos INIA y FEDER) y Bio-dehesa (LIFE+11/BIO/ES/000726).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alejano R., Vázquez-Piqué J., Carevic F. y Fernández M. (2011) Do ecological and silvicultural factors influence acorn mass in Holm oak (southwestern Spain)? *Agrofor Syst*, 83, 25-39.
- Carbonero MD. (2011) *La producción de bellota de la encina en la dehesa*. Tesis Doctoral. Córdoba, España: ETSIAM, Universidad de Córdoba.
- Carbonero MD., Fernández-Rebollo P., Ferriz M., Ortiz F., y García-Moreno A. (2016) *La producción de bellota de encina en la dehesa*. Sevilla, España: Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.
- Carbonero MD., García-Moreno A. y Fernández-Rebollo P. (2012) Caracterización del comportamiento vecero de la encina mediante distintos índices. En: Canals R. y San Emeterio L.

(eds.) *Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción*, pp 59-66. Pamplona, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

López-Carrasco C., Muñoz De Luna T., Daza A., Rey A. y López Bote, C. (2005) Variaciones inter e intraanuales de la calidad de bellotas de encina en una dehesa de Castilla-La Mancha. En: Osoro K. *et al.* (eds.) *Actas de la XLV Reunión Científica de la S.E.E.P*, pp 391-398. SERIDA. Villaviciosa, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

Lumaret R., Mir C., Michaud H. y Raynal V. (2002) Phylogeographical variation of chloroplast DNA in holm oak (*Quercus ilex* L.). *Mol Ecol*, 11, 2327-2336.

Milla R., Palacio S. y Maestro M. (2002) Aportación preliminar al estudio de la influencia de la densidad del arbolado en la producción de bellota de un carrascal oscense de *Quercus ilex* subsp. *Ballota* (Desf.) Samp. En: Chocarro C. *et al.* (eds.) *XLII Reunión Científica de la SEEP*, pp 639-644. Lérida, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

Tejerina D., García-Torres S., Cabeza De Vaca M., Vázquez FM. y Cava R. (2011) Acorns (*Quercus rotundifolia* Lam.) and grass as natural sources of antioxidants and fatty acids in the “montanera” feeding of Iberian pig: Intra and inter-annual variations. *Food Chemistry*, 124, 997–1004.

PREFERENCIA DE LA OVEJA DE PELO PELIBUEY POR LAS PRINCIPALES ESPECIES ARBÓREAS FORRAJERAS DEL TROPICO SECO CENTROAMERICANO

K. LÓPEZ BENAVIDES¹, L.R. ROCHA MOLINA², E. BARAZA RUIZ³, E. SERRANO FERRON^{4,5}, J. BARTOLOMÉ FILELLA⁶

¹ Estación Experimental para el Estudio del Trópico Seco "El Limón". Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. ² Facultad de Ciencias e Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. ³ Departamento de Biología, Universidad de las Islas Baleares, España. ⁴ Departamento de Biología & CESAM. Universidad de Aveiro, Portugal. ⁵ Servicio de Ecopatología de Fauna Salvaje (SEFaS). Universidad Autónoma de Barcelona, España. ⁶ Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos. Universidad Autónoma de Barcelona, España.

Correspondencia: kenny.lb@hotmail.com

RESUMEN

Se ha valorado la preferencia del ganado ovino por cuatro especies de árboles forrajeros comunes en el trópico seco centroamericano: el carbón (*Acacia pennatula* (Schtdl & Cham.) Benth.), el guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.), el madero negro (*Gliricidia sepium* Jacq.) y el guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum* Jacq.) y una especie exótica marango (*Moringa oleifera* Lam.). Realizamos un test de cafetería donde ofertamos igual cantidad de forraje de las especies anteriores a seis ovejas hembra de raza Pelibuey, de 8-9 meses de edad. Evaluamos el consumo (variable respuesta) de cada especie forrajera (tratamiento) en un diseño experimental de bloques de medidas repetidas. El período experimental fue de 7 días consecutivos con dos replicas durante la época seca y húmeda del 2016. Cada oveja fue considerada una unidad experimental que actuó como su propio control (efecto bloque). Los resultados mostraron que las ovejas tuvieron una clara preferencia por las especies nativas, tanto en la época seca como en la húmeda, siendo *A. pennatula* y *G. ulmifolia* las más preferidas y *E. cyclocarpum* y *G. sepium* las menos. La introducción de *M. oleifera* a la oferta alimenticia no modificó las preferencias por las especies autóctonas, indistintamente de la época del año. Se concluye que las especies autóctonas deberían ser preferidas en el diseño de sistemas silvopastorales.

Palabras clave: *Acacia pennatula*, *Guazuma ulmifolia*, *Gliricidia sepium*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Moringa oleifera*

SUMMARY

The preference of sheep for four common forage tree species in the Central American dry tropics has been evaluated: *Acacia pennatula* (Schtdl and Cham.) Benth (carbón), *Guazuma ulmifolia* Lam. (guácimo), *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (madero negro) and *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. (guanacaste) and an exotic species *Moringa oleifera* Lam (marango). For this purpose, a cafeteria test or multiple choice selection was used with an experimental design of blocks with repeated measurements. Six Pelibuey female sheep, 8-9 months old, were employed and each animal constituted an experimental unit and acted as its own control (block effect). The experimental period was seven consecutive days with two replicates during the dry and wet season of 2016. The results showed clear differences between all native species, with *A. pennatula* and *G. ulmifolia* being the most preferred, and the least preferred being *E. cyclocarpum* and *G. sepium* during the wet and dry season. The introduction of *M. oleifera* in the diet does not modify the preferences for the native species, regardless of the time. *M. oleifera* was the species least

consumed in relation to the native species. It is concluded that native species are preferred for silvopastoral system designs.

Key words: *Acacia pennatula*, *Guazuma ulmifolia*, *Gliricidia sepium*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Moringa oleífera*

INTRODUCCIÓN

En los últimos 40 años en Centroamérica, el área dedicada a pastos ha aumentado de 3.5 a 9.5 millones de hectáreas y el inventario de ganado bovino lo ha hecho de 4.2 a 9.6 millones de cabezas. Esta intensificación en el uso de ganadería extensiva ha sido asociada a la pérdida y fragmentación de bosques y al aumento de monocultivos (Kaimowitz 2001).

No obstante, en diversos estudios de comunidades vegetales naturales se han identificado varias plantas adaptadas a los suelos y condiciones climáticas predominantes que serían de gran utilidad forrajera en estos sistemas silvopastorales (Carranza-Montaño *et al.*, 2003).

Sin embargo, en el trópico seco centroamericano poco se conoce sobre las preferencias del ganado ovino por los árboles forrajeros cuando el animal puede escoger entre varios recursos alimenticios. Tampoco se conoce el efecto que puede tener en estas preferencias la introducción de especies arbóreas exóticas de crecimiento rápido. Por esta razón, el objetivo de este trabajo consistió en determinar las preferencias de la oveja de pelo de raza Pelibuey por especies leñosas forrajeras del trópico seco. En concreto se escogieron las cuatro más abundantes en las sabanas nicaragüenses y una especie exótica introducida en la región desde hace algunas décadas.

MATERIAL Y METODOS

El estudio se realizó, en la Estación Experimental para el Estudio del Trópico Seco “El Limón”, adscrita a la UNAN – Managua / FAREM – Estelí, Nicaragua (13°05’31” N, 86°21’14” O), a 890 m.s.n.m. La temperatura media anual es de 22,3°C (16 - 33°C) y la precipitación media anual es de 804 mm, concentrada en la época lluviosa (mayo-octubre). El suelo es franco - arcilloso con abundantes rocas blandas.

Los árboles forrajeros evaluados fueron: carbón (*Acacia pennatula*), nativo de América Central y se distribuye desde el sureste de México a Nicaragua y Ecuador. El guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), nativo de América, de regiones tropicales y templadas cálidas. El madero negro (*Gliricidia sepium*), nativo de América Central y se distribuye desde México hasta Panamá. Estas tres especies pertenecen a la familia Fabaceae. El guácimo (*Guazuma ulmifolia*), es un árbol de la familia Malvaceae, nativo de América tropical y se distribuye desde México y el Caribe hasta Argentina. Finalmente, el marango (*Moringa oleífera*), es un árbol de la familia Moringaceae, se distribuye del norte de África hasta la India, cultivada ampliamente en los trópicos. Todos ellos son árboles que crecen en áreas de pastos donde el ganado actúa como agente dispersor de semillas.

En la experiencia se utilizó un test de cafetería o de selección múltiple, donde el animal puede escoger libremente entre varios recursos, (Humbría *et al*, 2008) con un diseño experimental de bloques con medidas repetidas, donde cada animal o individuo, constituyó un bloque y actuó como su propio control. De esta manera, todos los animales que integraron la muestra recibieron todos los tratamientos y repitieron los registros de respuesta durante el período experimental.

Se utilizaron 6 ovejas hembras en periodo de gestación, de raza Pelibuey, de 8-9 meses de edad y 27±1 kg PV. El periodo experimental fue de 7 días consecutivos y se evaluaron en dos momentos,

durante la época seca y húmeda del 2016, con dos réplicas para cada época. En la primera réplica por época, el ensayo experimental se realizó con las cuatro especies leñosas forrajeras nativas: carbón, guácimo, guanacaste y madero negro. Mientras que en la segunda réplica por época se añadió a la oferta una quinta especie forrajera exótica, el marango.

Durante el periodo experimental, cada mañana se ofertaron 100 gramos/animal de forraje fresco de cada especie (hojas y tallos menores o iguales a 0,5 cm de diámetro) de manera simultánea en cada comedero, durante 15 minutos. Cada día, la disposición del recurso alimenticio se realizó de forma aleatoria, de tal manera que ocupara todas las posiciones posibles para bloquear el hábito reflejo de cada animal a la posición, la distancia del alimento y el primer encuentro con éste. Cada mañana, después del test, los animales tuvieron acceso a zonas con pastos de *Cynodon dactylon*. Por la tarde se confinaban en un aprisco donde se les proporcionaba *Pennisetum purpureum* triturado y agua *ad libitum*.

El consumo de los forrajes frescos del test de cafetería se calculó por diferencia entre el peso inicial menos el peso final (material de rechazo). El forraje fresco consumido, se transformó en materia seca (MS). Para lo cual, se recolectaron 30 muestras (n = 30), frescas para cada especie leñosa forrajera y se secaron a 60 °C durante 72 horas, hasta alcanzar un peso constante. Los pesos frescos y secos se relacionaron a través de ecuaciones alométricas generadas con modelos generales de mejor ajuste, siendo ("y" = MS y "x" = peso fresco), para cada especie : *A. pennatula* y = 0,4284x + 0,4141 (F = 486,71, p < 0,05, R² = 0,95); *G. ulmifolia* y = 0,3423x + 5,6486 (F = 255,43, p < 0,05, R² = 0,90); *G. sepium* y = e^{1,1284x - 2,176} (F = 288,90, p < 0,05, R² = 0,94); *E. cyclocarpum* y = 0,3542x - 2,3712 (F = 7838,82, p < 0,05, R² = 0,99) y *M. oleifera* y = e^{1,0349x - 1,949} (F = 1348,424, p < 0,05, R² = 0,980).

El análisis estadístico se realizó utilizando Modelos Lineales Generales Mixtos donde la variable respuesta fue el peso consumido y las explicativas el día, la especie ofertada y su interacción. La oveja fue considerada como factor aleatorio (el bloque). Los análisis se realizaron con el programa JMP10.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En todos los casos el modelo explicó entorno a un 70% de la variabilidad total. Existieron diferencias significativas en el consumo de biomasa seca entre especies durante los cuatro ensayos (Época seca F_{3, 135} = 67,204; seca con Moringa F_{4, 170} = 85,555; época húmeda F_{3, 134} = 144,814; Húmeda con Moringa F_{4, 170} = 83,044; P < 0,0001 en todos los casos) siendo en general carbón y guácimo las más consumidas; mientras que guanacaste y madero negro las menos consumidas de las especies nativas, aunque las diferencias entre especies dependieron del día (Figura 1). Estos resultados contrastan con los obtenidos por Pinto *et al.* (2003) donde se mostró un mayor consumo de guácimo y guanacaste por parte de los ovinos en relación al carbón. Esto podría explicarse por el hecho de que en nuestra experiencia sólo se suministraron hojas de carbón, no ramas enteras, las cuales presentan espinas y en consecuencia disminuyen la palatabilidad.

Tanto en época húmeda como en época seca el marango fue menos consumido que las especie autóctonas, aunque hubo días en las que no presento diferencias estadísticamente significativas con el consumo de madero negro (Figura 1). El consumo de guanacaste fue intermedio siendo similar al carbón o a madero negro dependiendo del día y el ensayo (Figura 1).

Excepto en el caso de la época húmeda con marango (F_{6, 170} = 2,071, P = 0,059), hubo efecto significativo del tiempo (Época seca F_{6, 135} = 4,269 P = 0,0006; seca con Moringa F_{6, 170} = 3,347 P = 0,0038; época húmeda F_{6, 134} = 3,391 P = 0,0038) con un aumento progresivo general de la biomasa

total consumida con el paso de los días. Sin embargo, este patrón no fue constante ya que las ovejas aumentaron el consumo en días concretos (Figura 1). Si hubo un aumento progresivo del consumo de marango, lo que ya había sido registrado cuando este se utilizaba con una dieta basal de *Panicum maximun* (Reyes *et al*, 2009).

Tan solo durante la época de lluvias en el test de selección entre especies autóctonas (Figura 1 A) hubo efecto significativo de la interacción entre el tiempo y la especie ofertada ($F_{18, 135} = 3,929$ $P < 0,0001$). La predilección de una especie frente a otra varió fuertemente entre días. Más aún, si nos fijamos especie por especie no todas aumentaron con el tiempo (Figura 1).

Cabe destacar que nuestros resultados son similares a los observados en el ganado bovino (López *et al.*, 2016). Esto sugiere que en caso de pastoreo mixto ovino-bovino podría haber competencia alimenticia entre ambas especies. Sin embargo, la variabilidad en el tiempo observada en el ovino lo diferencia del bovino y sugieren mayor flexibilidad en su comportamiento trófico en caso de competencia.

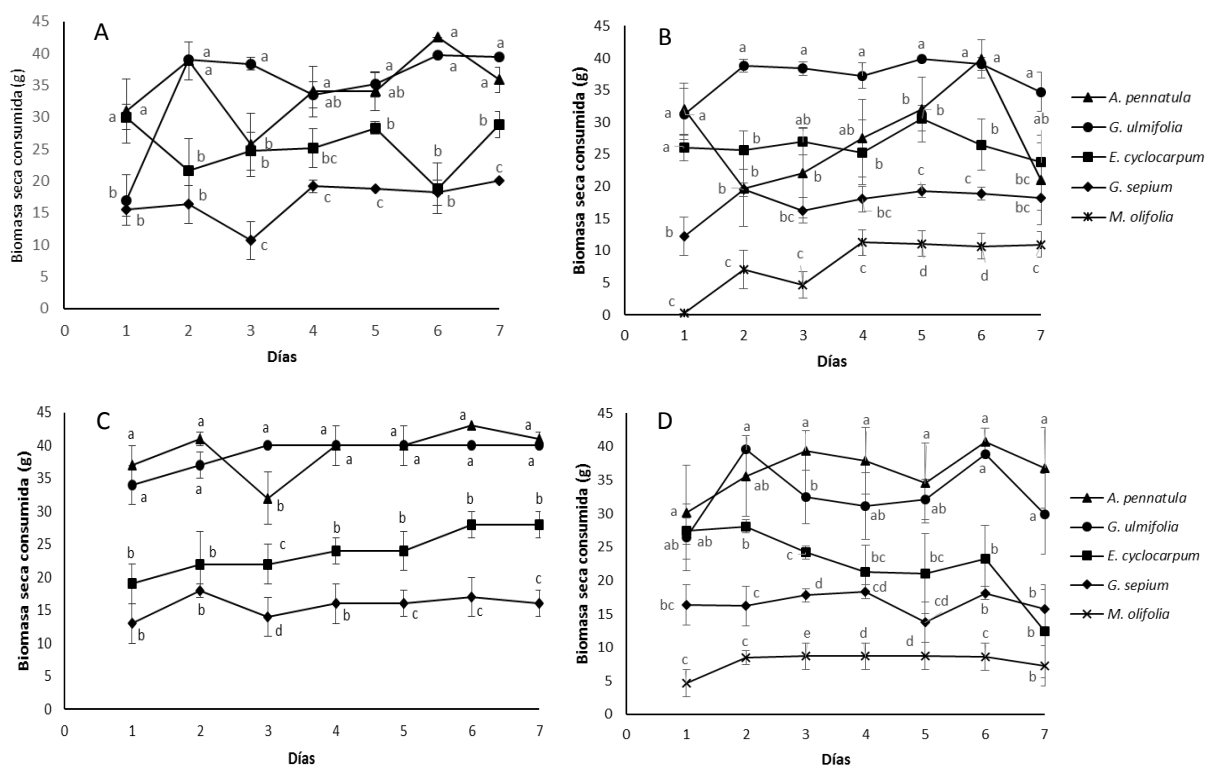


Figura 1. Comportamiento del consumo promedio de cada especie en el test de cafetería. A y B: época de lluvias; C y D: época seca. A y C: test realizado con las cuatro especies autóctonas; B y D: test realizado añadiendo Moringa a la oferta forrajera. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas en el consumo entre especie dentro de un mismo día, para un t- test a posteriori.

CONCLUSIONES

Tanto en la época seca como en la húmeda, el carbón y el guácimo fueron los árboles forrajeros preferidos por las ovejas dde pelo de raza Pelibuey. La introducción del marango en la oferta alimenticia no modificó las preferencias por las especies autóctonas, indistintamente de la época del año. Por lo tanto, consideramos que las especies autóctonas deberían ser preferidas en el diseño de sistemas silvopastorales de América Central.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias al financiamiento de un Contrato de Beca del Fondo para Proyectos de Investigación (FPI), de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua / UNAN-Managua y a la colaboración de la Fundación Autónoma Solidaria de la UAB. Nuestro agradecimiento en el trabajo de campo y en la recolección de datos a Joel Exequiel Cardoza Aguilar, Faustino Antonio Peralta Jarquín, Alberto Garcia Caballero, Bruno Barragán Portillo y Daniel Querol Carranza.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Carranza M. A, Pineda, M. R., Sánchez-Velásquez L.R., Cuevas, R (2003) Calidad y potencial forrajero de especies del bosque tropical caducifolio de la sierra de Manantlán, México. *Agrociencia*, (marzo-abril), 203-210.
- Humbría J., García D.E., Domínguez C., Baldizán A., Medina M. G. y Clavero T. (2008) Preferencia de árboles forrajeros por cabras en la zona baja de los Andes venezolanos. *Revista Científica*, 18, 549-555.
- Kaimowitz, D. (2001) Will livestock intensification help save Latin America's Tropical Forest? En: Angelsen; Kaimowitz D. (eds). *Agricultural Technologies and Tropical Deforestation*, pp 1-20. Wallingford, UK: CABI.
- López-Benavides K., Rocha L.R., Serrano E., Espunya MC., Bartolomé J. (2016) Preferencia del ganado bovino por los principales árboles forrajeros en el trópico seco centroamericano. En: Báez et al. (ed). *Innovación Sostenible en Pastos: hacia una Agricultura de Respuesta al Cambio Climático*. pp. 399-404. Lugo, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- Pinto R., Gómez H., Hernández A., Medina F., Martínez B., Aguilar V.H., Villalobos I., Nahed J y Carmona J. (2003) Preferencia ovina de árboles forrajeros del centro de Chiapas, México. *Pastos y Forrajes*, 26 (4), 329-334.
- Pinheiro J, Bates D, DebRoy S, Sarkar D and R Core Team (2016) nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-128. URL <https://cran.r-project.org/web/packages/nlme/index.html>.
- R Core Team. (2016) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Reyes N., Rodríguez R., Mendieta B., Mejía L., Mora A.P. (2009) Efecto de la suplementación con Moringa oleífera sobre el comportamiento productivo de ovinos alimentados con una dieta basal de pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.). *La Calera*, 9 (13), 60-69.

EFFECTOS DE LA EXCLUSIÓN DE HERBÍVOROS SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE PASTOS CONSUMIDOS POR EL REBECO EN LA RESERVA NACIONAL DE CAZA DE FRESER-SETCASES, PIRINEO CATALÁN (ESPAÑA)

L. JARQUE-BASCUÑANA^{1*}, E. ALBANELL¹, J. BARTOLOMÉ¹, J. ESPUNYES², A. GÁLVEZ-CERÓN³, M. VILLAMUELAS^{2†}, D. GASSÓ², X. FERNÁNDEZ-AGUILAR², A. COLOM-CADENA², E. SERRANO^{2,4**}

¹Grup de Recerca en Remugants. Departament de Ciència Animal i dels Aliments, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Bellaterra, España. ²Servei d'Ecopatologia de Fauna Salvatge (SEFaS). Departament de Medicina i Cirurgia Animals. Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Bellaterra, España. ³Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. ⁴Departamento de Biología. Universidad de Aveiro. 3810-193 Aveiro, Portugal. Correspondencia: *laiajarque@hotmail.com, ** emmanuel.serrano.ferron@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo hemos evaluado el efecto del pastoreo sobre la calidad y la biomasa de dos especies: *Calluna vulgaris* y *Festuca ovina* muy consumidas por herbívoros en la Reserva Nacional de Caza de Freser Setcases, Pirineo Catalán. Para ello se segaron 0,5 m² de pradera durante 14 meses en seis estaciones de muestreo, ubicadas entre 1660 y 2250 m.s.n.m. En la recogida de muestras se tuvieron en cuenta tres tratamientos: i) pasto libre (recogida de muestra en cada muestreo en zonas utilizadas libremente por ganado), ii) corte intensivo (recogida de muestra en cada muestreo en zonas protegidas mediante jaulas de exclusión) y iii) exclusión total (recogida de muestra solo en el último muestreo en zonas protegidas mediante jaulas de exclusión). De las muestras de pasto se separaron *C. vulgaris* (muy consumida por el rebeco *Rupicapra pyrenaica pyrenaica*) y *Festuca ovina* (consumida además por otros herbívoros domésticos: caballo de carne y vaca de raza Bruna dels Pirineus). Las muestras fueron pesadas, procesadas y analizadas mediante NIRS, para obtener valores de proteína bruta. Se realizaron comparaciones entre las zonas de pasto libre, zonas de corte intensivo y zonas de exclusión mediante modelos generales mixtos. Se observó que los valores de biomasa acumulada en *Festuca ovina* fueron superiores en las zonas de pasto libre, mientras que en *C. vulgaris* no se presentaron diferencias significativas en los valores de biomasa acumulada en las distintas zonas, con distinta intensidad de pastoreo. Los valores de calidad (medidos como % proteína bruta) en *Festuca ovina* fueron superiores en las zonas donde el pasto había sido cortado de forma intensiva y para *C. vulgaris*, no se detectaron diferencias significativas al variar la intensidad del pastoreo. Se puede concluir que *Festuca ovina* es una especie sensible al pastoreo, presentando en zonas de pasto libre, mayor producción primaria y a mayor intensidad de herbivoría, mayor calidad nutritiva. Sin embargo, la producción primaria y la calidad de *Calluna vulgaris*, no se ve afectada al variar la intensidad del pastoreo.

Palabras clave: biomasa, NIRS, *Calluna vulgaris*, *Festuca ovina*

SUMMARY

This study assesses the impact of grazing on the quality and the biomass of two species highly consumed by the Pyrenean chamois (*Rupicapra pyrenaica pyrenaica*) and other domestic herbivores (horse and Bruna cow) in the Freser Setcases National Hunting Reserve, in the Catalan Pyrenees. An area of meadow measuring 0.5 m² was harvested at 6 sample stations located between 1660 and 2250 m.a.s.l. over a period of 14 months. In collecting the samples, three treatments were taken into account: free pasture (samples collected at every sampling in areas of free pasture), intensive grazing (samples collected at every sampling in areas protected by exclusion cages) and total exclusion (samples collected only at the last sampling in areas protected by exclusion cages). The

Calluna vulgaris (highly consumed by the Pyrenean chamois) and the *Festuca ovina* (consumed by all the herbivores) were separated from the rest of the plants. The samples were weighed and analyzed using NIRS to obtain measurements of the crude protein. Comparisons were made between areas of free pasture, areas of intensive cutting and exclusion areas by Linear Mixed Models. It was observed that the values of biomass accumulated in *Festuca ovina* were higher in areas of free pasture, while in the case of *Calluna vulgaris* the values of biomass showed no significant variation between the areas of differing grazing intensity. Levels of quality (measured through % protein) in *Festuca ovina* were greater in areas of intensive cutting. On the other hand, no significant differences in quality were seen for *Calluna vulgaris* as a result of variations in the intensity of grazing. It can be concluded that *Festuca ovina* is a species that is sensitive to grazing. In areas of free pasture, *Festuca ovina* has better primary production, and greater grazing intensity results in higher quality. However, in the case of the species *Calluna vulgaris*, neither primary production nor quality is affected by grazing intensity.

Keywords: NIRS, pastures, *Calluna vulgaris*, *Festuca ovina*

INTRODUCCIÓN

El ecosistema alpino tiene una estacionalidad muy marcada que influye en las adaptaciones de las especies animales que lo habitan. Esta relación entre la producción primaria y el ciclo vital de las especies es muy evidente en el caso de los ungulados (Parker *et al.*, 2009). En los meses de primavera y verano los pastos de la Reserva Nacional de Caza de Freser-Setcases del Pirineo Catalán se ven sometidos a la herbivoría de animales domésticos (ganado ovino, bovino y equino) y salvajes como el rebeco pirenaico (*Rupicapra pyrenaica pyrenaica*). Estudiar las interacciones entre herbívoros domésticos y salvajes es clave para la gestión y el mantenimiento de este tipo de ecosistemas (Montserrat, 2008, Gálvez *et al.*, 2013). El brezo (*Calluna vulgaris*) y la festuca (*Festuca ovina*) son dos especies muy importantes de la dieta del rebeco que también son consumidas por los herbívoros domésticos (Gálvez, 2016).

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la intensidad del pastoreo sobre la biomasa y la calidad de los pastos, centrandó el estudio en *Calluna vulgaris* y en *Festuca ovina*. Para ello, se aplicaron tres tratamientos distintos simulando diferentes grados en la intensidad de la herbivoría: pasto libre (zonas pastoreadas libremente), herbivoría muy intensiva (zonas sometidas a un corte periódico de la vegetación a uno o dos centímetros del suelo) y herbivoría nula (zonas de exclusión total de herbívoros).

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño experimental

El muestreo de pastos se llevó a cabo desde julio de 2013 hasta septiembre 2014 en seis puntos en la zona de Fontalba, al este de los Pirineos (42° 22' N, 2° 08' E) entre 1660 y 2250 m.s.n.m. Los muestreos se efectuaron cada mes o cada dos meses, para que la vegetación pudiera recuperarse. No se muestreó durante los meses de invierno a causa de la nieve. En cada punto se colocaron tres cajas metálicas (1m x 1m x 30 cm) para mantener la vegetación excluida del pastoreo (Imagen 1). En cada muestreo se recolectó una muestra de la vegetación de la mitad del interior de las cajas (0,5 m²) con un corte periódico simulando un **pastoreo muy intensivo** y una muestra de la vegetación del exterior (0,5 m²) sometida a un **pastoreo libre**. En el penúltimo muestreo se recolectó la vegetación del interior de las cajas que no había sido recolectada en ningún otro muestreo (0,5 m²).

Ese pasto había sido sometido a una **exclusión total**. Las muestras recolectadas fueron almacenadas en bolsas de plástico y congeladas a -20°C .



Imagen 1. Caja metálica para mantener la vegetación excluida del pastoreo. Medidas: 1m x 1m x 30 cm.

Análisis de pastos

Para el análisis de los pastos, las muestras fueron descongeladas sin aplicar calor artificial. Se clasificó una submuestra de cada muestra en cinco grupos: *Festuca ovina*, otras gramíneas (no *Festuca ovina*), *Calluna vulgaris*, *Trifolium* sp., leguminosas y otras especies. Se determinó el peso fresco y el peso seco después del secado de cada muestra en una estufa de 60°C , por un periodo de entre 24-48 horas. Las muestras fueron molidas (malla 1 mm) y valoradas utilizando la técnica de espectrofotometría en el infrarrojo cercano (NIRS Near Infrared Analysis Spectroscopy) para determinar el porcentaje de contenido en proteína bruta (como indicador de calidad).

Análisis de datos

Para estudiar el efecto de la herbivoría sobre la biomasa y la calidad de *Festuca ovina* y de *C. vulgaris*, utilizamos modelos generalizados mixtos (GLMM) en los cuales los valores de biomasa acumulada o calidad (% proteína bruta) fueron las variables dependientes y la intensidad de la herbivoría (pasto libre, pasto intensivo, exclusión total) el tratamiento. En ambos casos el punto de muestreo fue considerado como factor aleatorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Biomasa

En la Figura 1 se muestran los valores de biomasa acumulada de *Festuca ovina* y de *Calluna vulgaris*. En las zonas pastoreadas libremente, la producción acumulada de *Festuca ovina* fue 2,8 veces superior a la producción de las zonas de exclusión total y 1,7 veces superior a la producción de las zonas de corte periódico ($133,9 \text{ g/m}^2$ en zonas de pasto libre, $48,5 \text{ g/m}^2$ en zonas de exclusión

total y 79,4 g/m² en zonas de corte periódico). Estas diferencias en biomasa fueron estadísticamente significativas ($F_{2, 39} = 8, P = 0,001$). Los resultados indican que el 34,6% de la variabilidad en la biomasa acumulada se debe a diferencias entre puntos de muestreo y el 29,4% se debe a la intensidad del herbivoría.

En el caso de *C. vulgaris*, la producción acumulada en las zonas de corte periódico y de exclusión total fue 1,2 veces superior a las zonas pastoreadas libremente (13,7 g/m² en zonas de corte periódico, 12,7 g/m² en zonas de pasto libre y 11,6 g/m² en zonas de exclusión total). Sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ($F_{2, 39} = 0,03, P = 0,96$).

Así, la biomasa de *C. vulgaris* acumulada durante un año no se vió afectada por la intensidad del pastoreo ya que las mayores diferencias fueron debidas a la variabilidad entre puntos de muestreo (55,9%). El efecto de la herbivoría sólo explicó el 5% de la variabilidad observada en la producción de *C. vulgaris*. En el caso de *Festuca ovina* la biomasa acumulada si se vió afectada por la intensidad del pastoreo, siendo 2,8 veces más productivas las zonas con pasto libre respecto las zonas de exclusión total. Las zonas de pasto libre produjeron casi el doble (1,8 veces más) que las zonas donde se simuló una herbivoría intensiva (corte periódico). Casi una tercera parte (29,4%) de las diferencias entre los valores de biomasa acumulada se debieron a la intensidad de la herbivoría.

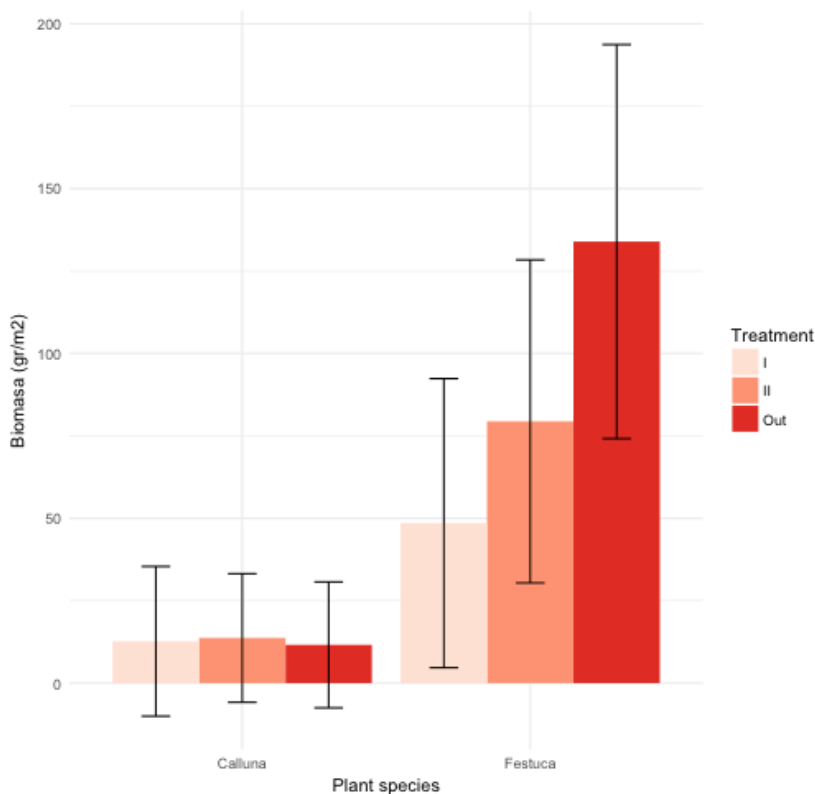


Figura 1. Biomasa acumulada de *Festuca ovina* y de *Calluna vulgaris* (gr/m²) en la Reserva Nacional de Caza de Freser Setcases, Pirineo Catalán en función de diferentes intensidades de herbivoría (I: exclusión total, II: herbivoría intensiva y Out: pasto libre). Las barras indican el promedio de biomasa mientras que los intervalos su desviación estándar.

Calidad

En la Figura 2 se muestra el porcentaje del contenido proteico (directamente relacionado con la calidad del pasto) para *Festuca ovina* y *Calluna vulgaris*, según la intensidad de la herbivoría. En *Festuca ovina*, el porcentaje proteico de las zonas con herbivoría intensiva presentaron un punto porcentual superior respecto a los pastos de las zonas excluidas y zonas de pasto libre (13,3%, 12,2%

y 12,3% respectivamente). La diferencia en contenido proteico entre pastos de zonas pastoreadas libremente y zonas de corte periódico fué estadísticamente significativas ($P < 0.0001$).

En el caso de *C. vulgaris* el porcentaje de contenido proteico fue de 8,8% para pastos con herbivoría intensiva, 8,7% para pastos con exclusión total y 8,2% para las zonas de libre pastoreo. Aunque el contenido proteico es ligeramente superior en las zonas con herbivoría intensiva, las diferencias en el contenido proteico en *C. vulgaris* no fueron estadísticamente significativas ($P = 0.158$).

Analizando los resultados de la calidad de los pastos, valorada a través de su contenido proteico, se puede afirmar que la calidad de *Festuca ovina* aumenta con un pastoreo intensivo frente un pastoreo libre o una exclusión total del pasto. Por lo tanto, la intensidad del pastoreo parece afectar a la calidad del pasto en esta especie y el efecto de la herbivoría favorece la calidad. A más herbivoría (corte periódico), más contenido proteico. No se observa el mismo comportamiento en *C. vulgaris*, para la cual el contenido proteico no varió con la intensidad de la herbivoría (corte periódico, pasto libre y exclusión total).

Así pues, *Festuca ovina*, es la especie más sensible a la intensidad de pastoreo de las dos analizadas, tanto en producción de biomasa como en calidad del pasto. A esa misma conclusión llegaron Van der Graaf *et al.* (2005) para *Festuca rubra* en un ecosistema de salina en una isla en el norte de Alemania.

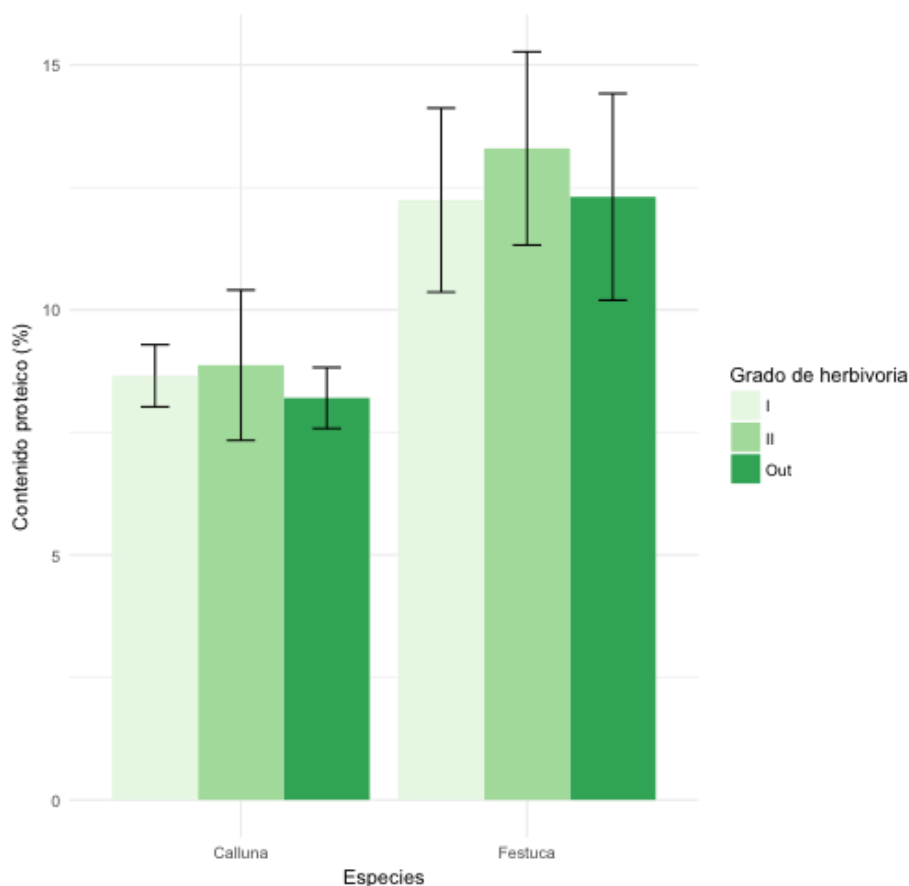


Figura 2. Contenido en proteína bruta (% sobre materia seca) de *Festuca ovina* y *Calluna vulgaris*, en la Reserva Nacional de Caza de Freser Setcases (Pirineo Catalán), en función de diferentes intensidades de herbivoría (I: exclusión total, II: herbivoría intensiva y Out: pasto libre). Las barras indican el promedio de proteína bruta mientras que los intervalos su desviación estándar.

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados, se podría concluir que en el caso de *Festuca ovina* una herbivoría libre aumenta la producción del pasto y una herbivoría intensiva incrementa la calidad del mismo. En tanto que *Calluna vulgaris* no modifica ni su producción ni su calidad por la acción de la herbivoría.

Así pues, nuestro estudio sugiere que el pastoreo mixto entre herbívoros domésticos (ovinos, bovinos, equinos) y salvajes (rebeco), no influiría negativamente a la disponibilidad de los recursos pascícolas. De hecho las especies más consumidas, como *Festuca ovina*, o aumentan su producción y calidad con el efecto de la herbivoría o no se ven afectadas (como *Calluna vulgaris*).

AGRADECIMIENTOS

A la Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) del gobierno de Portugal por la beca posdoctoral (SFRH/BPD/96637/2013) otorgada a E. Serrano. Al equipo del Servei d'Ecopatologia de Fauna Salvatge (SEFaS) de la UAB y del laboratorio del Departament de Ciència Animal i dels Aliments de la Facultat de Veterinaria de la UAB por su apoyo logístico. Pequeño recuerdo para Míriam, amiga y compañera, que colaboró de forma activa en este y otros tantos proyectos SEFaS.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gálvez, A. L., Gassó, D., Serrano, E., Mentaberre, G., Fernández-Aguilar, X., Fernández-Sirera, L., Navarro González, N., López-Olvera, J. R., Lavín, S., Marco, I., Bartolomé Filella, J. (2013) *¿Qué sabemos sobre el solapamiento de dietas entre herbívoros salvajes y domésticos?* En: Los Pastos: Nuevos Retos, Nuevas Oportunidades. Suárez-Bárcena, M. J., Rodrigo, S., Santamaría, Ó. (Eds.). Actas de la 52ª Reunión Científica de la SEEP. 20: 375-382.

Gálvez, A.L. (2016) *Dieta del rebeco en el pirineo oriental: efectos del ganado doméstico y de los parásitos*. (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Bellaterra, España.

Montserrat, P. (2008) *Ecología del pasto pirenaico. Una panorámica general*. En: Pastos del Pirineo. Fillat F., García-González R., Reiné R. (Eds.) Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Premios Félix de Araza. Diputación de Huesca. Madrid (España). p. 1-4.

Parker K.L., Barboza, P.S. y Gillingham, M.P. (2009) Nutrition integrates environmental responses of ungulates. *Functional Ecology*, 23, 57-69

Van der Graaf A. J., Stahl, J. y Bakkers, J.P. (2005) Compensatory growth of *Festuca rubra* after grazing: can migratory herbívoros increase their own harvest during staging? *Functional Ecology*, 19, 961-969

ÍNDICE DE AUTORES

- Abad, M.....323
- Aguirre De Juana, A.J.....147
- Albanell, E.....173, 342
- Albarrán, A.....46
- Álvarez, A.....323
- Andicoberry, S.....330
- Andueza, D.....14, 20
- Argamentería, A.....8, 32
- Arias, L.....312
- Arriaga Jordán, C.M.....210, 222, 246
- Báez Bernal, M.D.....122
- Báez, D.....8, 32
- Baizán, S.....77
- Bande, M.J.....115
- Baraza Ruiz, E.....143, 337
- Barrantes, O.....300
- Bartolomé Filella, J.....143, 173, 259, 275, 318, 337, 342
- Becerril-Gil, M.M.N.....210
- Betrán, C.....300
- Borrueal Gárate, B.....147
- Botana, A.....52, 84, 90, 96, 102, 234
- Broncano Atencia, M.J.....280
- Bueno, C.G.....130
- Burbano Muñoz, V.A.....222
- Burgos-Paz, W.....240, 312
- Busqué, J.....8, 32
- Butler Sierra, I.....154
- Cabeza Arcas, F.M.....161
- Calleja Alarcón, J.A.....275
- Canals Tresserras, R.M.....306
- Carbonero, M.D.....253, 330
- Carneiro, J.P.....26
- Casas Arcarons, C.....167
- Castro Insua, J.F.....122
- Chaves, S.....173
- Chocarro, C.....65
- Claramunt, B.....318
- Colom-Cadena, A.....342
- Dagnac, T.....234
- De La Roza Delgado, B.....58
- Delgado, I.....14, 20
- Delgado-Pertíñez, M.....137, 216, 228, 287
- Doltra, J.....8, 32, 192
- Echeverría Echavarren, L.....306
- Encina García, P.....275
- Espunyes, J.....173, 318, 342
- Estrada Flores, J.G.....210, 222
- Farrés Cid, M.....259
- Fernández-Rebollo, P.....253, 330
- Fernández-Aguilar, X.....342
- Fernández-Cabanás, V.M.....228
- Fernández-Habas, J.....330
- Fernández-Lorenzo, B.....234
- Fillat Estaqué, F.....147
- Flores-Calvete, G.....32, 52, 84, 90, 96, 102, 234
- Foulche, K.....173
- Gallejones, P.....8
- Gálvez-Cerón, A.....318, 342
- García Pomar, M.I.....122
- García Souto, V.....122
- García, A.I.....198
- García, E.....198
- Garel, M.....173
- Garrido Varo, A.....180
- Gassó, D.....342

Gilsanz Rey, C.....122
 Gómez Cabrera, A.....180
 Gómez García, D.....130, 147
 González López, F.....39
 González Rebollar, J.L.....108, 161
 González, C.....77
 González, L.....234
 González-León, B.....312
 Gragera Facundo, J.....39
 Grande Cano, D.....137, 263, 287
 Guerrero Ginel, J.E.....180
 Gutiérrez-Peña, R.....216, 228
 Guzmán, E.....263
 Guzmán-Guerrero, J.L.....216
 Hidalgo, M.T.....253, 330
 Horacada, A.....216
 Huidobro Ruiz, A.....269
 Inclán Cuartas, R.M.269
 Jarque-Bascuñana, L.....342
 Jiménez, J.M.....330
 Jiménez, S.....32
 Joffre, R.....253
 Lavín, S.....173
 Leal, J.R.....253, 330
 Lema, I.....234
 Limousin, J.M.....253
 Lizaso, J.I.....2
 Lloveras, J.....65
 López Benavides, K.....337
 López González, F.....210, 222
 López-Carrasco, C.....293
 López-Mosquera, M.E.....115
 Lorenzana, R.....234
 Louro López, A.....122
 Lozano, A.....312
 Lurgi, M.....318
 Mancilla-Leytón, J.M.....137, 287
 Mangano, J.....8, 32
 Manrique Perez, D.....269
 Marco, I.....173
 Maroto Molina, F.....180
 Martí, R.....275
 Martín Vicente, A.....137, 287
 Martínez Martínez, T.....269, 323
 Martínez Ujaldón, L.....280
 Martínez-Fernández, A.....8, 32, 58, 77
 Martínez-García, C.G.....246
 Maya Blanco, V.....39
 Mena, Y.....228
 Mendoza Méndez, L.....204
 Modroño Lozano, S.....58
 Monteagudo Sánchez De Movellán,
 F.J.....154
 Moreno, G.....46
 Múgica Azpilicueta, L.....306
 Muñoz, F.....14, 20
 Nahed-Toral, J.....263
 Oleia, L.....26
 Oliveira-Prendes, J.A.....2, 71
 Ortiz-González, R.....8
 Ourcival, J.M.....253
 Pacheco, J.M.....330
 Palencia, P.....8
 Palma Guillén, A.A.....143
 Pareja Loayza, J.C.....275
 Pauné Fabrè, F.167, 275
 Pedraza Betran, J.T.....246
 Pereira-Crespo, S.....52, 84, 90, 96, 102, 234
 Pérez Marín, D.C.....180

Plaixats Boixadera, J.....280
 Poblaciones, M.J.....26, 46
 Ramos Font, M.E.....108, 161
 Rayas-Amor, A.A.....246
 Reiné, R.....300
 Resch, C.....52, 84, 90, 96, 102, 234
 Rivera Sánchez, L.....204, 240, 312
 Robles Cruz, A.B.....108, 161
 Rocha Molina, L.R.....337
 Rodrigo, S.....26, 39
 Rodríguez Majano, A.....293
 Rodríguez- Rojo, M.P.....293
 Roig Gómez, S.....293
 Ruiz-Mirazo, J.....108
 Sáez Istilart, J.L.....306
 Sainz, M.J.....115
 Sainz-Ramírez, A.....90, 96, 102
 Salcedo Díaz, G.....8, 32, 186, 192
 Salvat Saladrigas, A.....167
 San Emeterio Garciandía, L.....306
 Sánchez-Muñoz, J.B.....263
 Santamaría, O.....46
 Serrano Ferron, E.....173, 275, 318, 337, 342
 Simões, N.....26
 Soldado, A.....58
 Soriano Robles, R.....204
 Soto-Barajas, M.C.....71
 Tavares-De-Sousa, M.M.....26
 Teruel Coll, M.....275
 Tognetti Barbieri, M.T.....161
 Urquía García, J.J.....269
 Valladares, J.....52, 84, 90, 96, 102
 Vázquez De Aldana, B.R.....71
 Vázquez, I.....198
 Veiga, M.....90, 96, 102, 234
 Vergara Hernández, I.....306
 Vicente, F.....77
 Villamuelas, M.....342
 Villar, A.....192
 Villarreal Espino Barros, O.A.....204
 Yagüe Anguis, C.....269
 Zabalgozeazcoa, I.....71
 Zabalza Izco, A.....306

