



S.E.E.P.

Pastos y Forrajes en el siglo XXI

Josep Cifre Llompart
Isaac Janer March
Javier Gulías León
Jaime Jaume Sureda
Hipólito Medrano Gil



S.E.E.P.

54^a Reunión Científica de la S.E.E.P.

Palma (Mallorca) del 14 al 17 de abril de 2015



Universitat
de les Illes Balears



Govern de les Illes Balears
Serveis Millora Agrària i Pesquera



Organització de Congressos
Fundació Universitat-Empresa
de les Illes Balears

© Los autores

© De la presente edición

1ª edición 2015

Edita: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos

Edición coordinada:

Josep Cifre Llompart

Isaac Janer March

Javier Gulías León

Jaime Jaume Sureda

Hipólito Medrano Gil

Maquetación: Isaac Janer, Sofía Garrido, Josep Cifre

Imágenes portada: Los Autores

ISBN: 978-84-606-7295-1

ÍNDICE

COMITÉ ORGANIZADOR	3
COMITÉ CIENTÍFICO	5
PRESENTACIÓN	7

Primera parte

PONENCIAS INVITADAS

TURISMO Y PAISAJE: EN BÚSQUEDA DEL VALOR RECÍPROCO A. RIERA FONT	11
LA PRODUCTIVIDAD DE LOS PASTOS MEDITERRÁNEOS EN LA PERSPECTIVA DEL CAMBIO CLIMÁTICO H. MEDRANO	13
LA NUEVA PAC 2014-2020: ESPECIFICIDADES EN GANADERÍA Y PASTOS EN LAS ILLES BALEARS J.C. CABALLERO RUBIATO	15
EL MUNDO Y LA GANADERÍA: SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS AL 2050 C. BUXADÉ	17
ABANDONO, GESTIÓN Y PERSPECTIVAS DE APROVECHAMIENTO EN LAS SUPERFICIES FORESTALES L. BERBIELA MINGOT	19

Segunda Parte

BOTÁNICA Y ECOLOGÍA DE PASTOS

EFFECTO DE LA DIVERSIDAD TAXONÓMICA DE HONGOS ENDÓFITOS <i>Epichloë</i> EN LA PRODUCCIÓN DE ALCALOIDES EN <i>Lolium perenne</i> M.C. SOTO-BARAJAS, I. ZABALGOGEAZCOA, A. ÁLVAREZ PASCUA Y B.R. VÁZQUEZ DE ALDANA	23
HÁBITATS INDICADORES DE ESTRATOS AMBIENTALES DE CANTABRIA J. BUSQUÉ, M.G. MAESTRO, S. JIMÉNEZ Y J.R. RODRÍGUEZ	31

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GERMINACIÓN DE DIFERENTES POBLACIONES DE TRES ESPECIES DE HERBÁCEAS MEDITERRÁNEAS: <i>Ampelodesmos mauritanica</i>, <i>Oryzopsis miliacea</i> Y <i>Dactylis glomerata</i>	
M. NIETO, E. BARAZA, J. CIFRE Y J. GULÍAS	39
EVOLUCIÓN DE NUTRIENTES DE <i>Brachypodium pinnatum</i> EN CUBIERTAS MULTIESPECÍFICAS Y EN CUBIERTAS DEGRADADAS	
R.M. CANALS, M. DURÁN, L. MÚGICA Y L. SAN EMETERIO	47
COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y DIVERSIDAD DE PASTOS EN RÉGIMEN DE PASTOREO EN LA SIERRA DE MADRID	
T. MARTÍNEZ Y E. MARTÍNEZ	55
EFFECTOS DE LA RETIRADA DEL PASTOREO EN PASTOS DE ALTA MONTAÑA: EL CASO DE PASTOS DE <i>Festuca eskia</i>, Ram. EN EL PN DE AIGÜESTORTES (LLEIDA)	
R. FANLO Y M. BOU	63
RECUPERACIÓN POST-INCENDIO DEL PINAR Y MATORRAL MEDITERRÁNEO MALLORQUÍN CON PRESENCIA DE CABRAS	
A. CAPÓ RODRIGUEZ, E. BARAZA RUIZ Y J. BARTOLOMÉ FILELLA	71
EFFECTO DE LA SIMULACIÓN DE RAMONEO EN PARÁMETROS ESTRUCTURALES DE TRES ESPECIES DEL MATORRAL MALLORQUÍN	
M.J. BRONCANO, L. RIVERA-SÁNCHEZ, E. BARAZA, C. ESPUNYA Y J. BARTOLOMÉ FILELLA	79
EFFECTO DEL ABANDONO DEL PASTOREO SOBRE LA SALUD DE LOS AGROECOSISTEMAS EN EL PARQUE NATURAL DE GORBEIA	
I. MIJANGOS, L. EPELDE, I. ALBIZU, M. ANZA HORTALÁ, I. MARTÍN SÁNCHEZ, S. MENDARTE AZKUE, A. LANZÉN Y C. GARBISU CRESPO	87
Tercera Parte	
PRODUCCIÓN VEGETAL	
INFLUENCIA DE LA CALIDAD DEL TERRENO EN LA RESPUESTA AL FÓSFORO DE LOS PASTOS EN LA SERENA (EXTREMADURA)	
C. GARCÍA-LATORRE, S. RODRIGO, O. SANTAMARÍA, M.J. POBLACIONES, T. GARCÍA-WHITE, F.J. VIGUERA Y L. OLEA	97
USO DE AGUAS REGENERADAS PARA EL RIEGO DE CULTIVOS FORRAJEROS EN LAS ISLAS BALEARES	
J. VADELL, M. ADROVER, J. SOLIVELLAS, G. MOYÀ, E. NICOLAS, S. MULET, E. FERNÁNDEZ Y R. CALERO	105
PRODUCCIÓN, COMPOSICIÓN BOTÁNICA Y FERTILIDAD DEL SUELO EN PRADOS MESÓFILOS COLINOS DEL CENTRO DE ASTURIAS	
J.A. OLIVEIRA-PRENDES, E. AFIF-KHOURI Y P. PALENCIA	113
VALOR PROTEICO DE ESPECIES DE PRADOS DE SIEGA DE MONTAÑA DEL PIRINEO CENTRAL	
R. REINÉ, J. ASCASO, A. BROCA, A. MILLÁN, O. BARRANTES Y C. FERRER	121

LEGUMINOSAS HERBÁCEAS EN LA RESTAURACIÓN FORESTAL DE ZONAS INCENDIADAS DEL MACIZO DE SIERRA NEVADA: PRODUCCIÓN Y CALIDAD	
A.B. ROBLES, M.E. RAMOS, F.M. CABEZA, F. DELGADO Y J.L. GONZÁLEZ-REBOLLAR	129
ESTUDIO DE LA COMPETENCIA ENTRE <i>Poa x hybrida</i> 'THERMAL BLUE' Y <i>Poa annua</i> EN EL CAMPO DE FÚTBOL IBEROSTAR ESTADI (PALMA DE MALLORCA)	
I. JANER, X. MOLARES, J. CIFRE Y J. GULÍAS	137
INTRODUCCIÓN DE GERMOPLASMA ÉLITE EN HÍBRIDOS FORRAJEROS DE MAÍZ	
L. CAMPO Y J. MORENO-GONZÁLEZ	145
SELECCIÓN FENOTÍPICA Y MOLECULAR PARA OBTENER HÍBRIDOS DE MAÍZ DE ALTO RENDIMIENTO FORRAJERO	
L. CAMPO RAMÍREZ Y J. MORENO-GONZÁLEZ	153
PREDICCIÓN DE LA CALIDAD FERMENTATIVA DE ENSILADOS DE HIERBA MEDIANTE NIRS SOBRE MUESTRAS SECAS Y MOLIDAS	
S. PEREIRA-CRESPO, B. FERNÁNDEZ-LORENZO, C. RESCH, J. VALLADARES-ALONSO, L. GONZÁLEZ, T. DAGNAC, A. BOTANA Y G. FLORES-CALVETE	161
EFFECTO DEL PRESECADO Y EL USO DE INOCULANTE SOBRE LA CALIDAD FERMENTATIVA DE ENSILADOS DE LEGUMINOSAS ANUALES	
S. PEREIRA-CRESPO, J. VALLADARES-ALONSO, B. FERNÁNDEZ-LORENZO, A. GONZÁLEZ-ARRÁEZ, N. DÍAZ, C. RESCH, A. BOTANA Y G. FLORES-CALVETE	169
PLOIDÍA Y CONTENIDO EN ADN NUCLEAR EN GERMOPLASMA DE <i>Agrostis</i> MEDIANTE CITOMETRÍA DE FLUJO	
J.A. OLIVEIRA-PRENDES Y A. SALAS-BUSTAMANTE	177
PRODUCCIÓN Y CALIDAD PROTEICA EN ROTACIONES DE MAÍZ FORRAJERO CON CULTIVOS DE INVIERNO CON LEGUMINOSAS	
M.I. GARCÍA POMAR, D. BÁEZ BERNAL, C. GILSANZ REY Y J. CASTRO INSUA	185
PRODUCCIÓN, CONCENTRACION Y PERFIL DE GLUCOSINOLATOS DE <i>Brassica carinata</i> Y <i>Brassica juncea</i> CULTIVADAS EN LA DEHESA	
P. FERNÁNDEZ REBOLLO, M.D. CARBONERO MUÑOZ, J.R. LEAL MURILLO, A.M. GARCÍA MORENO, P. RIOS CASTAÑO, M.E. SÁNCHEZ, S. OBREGÓN Y A. DE HARO BAILÓN	193
INFLUENCIA DEL GENOTIPO Y LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DEL SORGO FORRAJERO EN LA ZONA COSTERA DE GALICIA	
M.J. BANDE-CASTRO, C. RESCH Y M. QUINTELA	201
LA INOCULACIÓN AÉREA CON HONGOS ENDOFÍTICOS AFECTA LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE <i>Lolium rigidum</i> Y <i>Trifolium subterraneum</i> EN CONDICIONES DE CAMPO	
O. SANTAMARÍA, S. LLEDÓ, S. RODRIGO Y M.J. POBLACIONES	209
DIAGNÓSTICO COMPARATIVO DE LA SALUD AGROECOSISTÉMICA BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE ABONADO PARA EL CULTIVO DE MAÍZ	
I. MIJANGOS, F. VICENTE, S. MODROÑO, M. ANZA, C. GARBISU Y A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ	217

LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN MONOCULTIVO O EN ASOCIACIÓN CON OTRAS ESPECIES COMO ALTERNATIVA VIABLE AL CULTIVO INVERNAL DE RAIGRÁS ITALIANO PARA ROTAR CON MAÍZ

S. BAIZÁN, F. VICENTE, M.A. GONZÁLEZ, C. GONZÁLEZ, B. DE LA ROZA DELGADO, A. SOLDADO Y A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ

225

Cuarta Parte

PRODUCCIÓN ANIMAL

INFLUENCIA DEL PASTOREO DE ALFALFA O ESPARCERTA SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS DE OVEJAS Y CORDEROS

S. LOBÓN, A. SANZ, M. BLANCO Y M. JOY

235

EFFECTO DEL FORRAJE Y DE LA INCLUSIÓN DE CONCENTRADO EN LA DIETA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE GAS Y METANO EN OVINO

S. LOBÓN, F. MOLINO, M. A. LEGUA, P. ESEVERRI, M. A. CESPEDES Y M. JOY

243

ESTUDIO DE CASO SOBRE EL USO DE PASTIZAL NATIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE MÉXICO

P.A. SAINZ-SÁNCHEZ, D. HEREDIA-NAVA, C.G. MARTÍNEZ-GARCÍA, L.R. GARCÍA-WINDER, F. VICENTE, A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ Y C.M. ARRIAGA-JORDÁN

251

IMPLANTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA NIRS EN EL CONTROL DE CALIDAD DE ENSILADOS A NIVEL DE EXPLOTACIÓN

A. SOLDADO, S. MODROÑO, C. CASAL, A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ Y B. DE LA ROZA-DELGADO

259

FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y MINERAL DE MAIZ FORRAJERO CON INCORPORACIÓN DEL INHIBIDOR 3,4 DIMETIL PIRAZOL FOSFATO

M.D. BÁEZ BERNAL, C. GILSANZ REY, M.I. GARCÍA POMAR Y J. CASTRO INSUA

267

INCIDENCIA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES DE *FUSARIUM* EN GRANOS, TALLOS Y HOJAS DE HÍBRIDOS DE MAIZ FORRAJERO EN GALICIA

M.J. SAINZ, O. AGUÍN, V. FERREIROA, M.J. BANDE Y J.P. MANSILLA

275

Quinta Parte

SISTEMAS Y RECURSOS SILVOPASTORALES

TELEDETECCIÓN PARA LA CARTOGRAFÍA Y CARACTERIZACIÓN DE LOS PASTOS DE PUERTO EN EL PIRINEO OCCIDENTAL ARAGONÉS

M. GASTÓN ROMEO Y J. DE LA RIVA FERNÁNDEZ

285

USO DE RECURSOS PASCÍCOLAS EN UNA RUTA DE OVINO TRASHUMANTE CON SEGUIMIENTO MEDIANTE GPS, ENTRE EL VALLE DEL EBRO Y EL PIRINEO DE HUESCA O. BARRANTES, R. REINÉ, R. BETRÁN, I. BLASCO, A. OLAIZOLA, J.L. MORA, A. BROCA, E. MANRIQUE Y C. FERRER	293
RELACIONES ENTRE CARACTERÍSTICAS DE LAS FAMILIAS Y ESTRUCTURAS PRODUCTIVAS EN EXPLOTACIONES OVINAS QUE UTILIZAN UN ESPACIO NATURAL PROTEGIDO A. ZAMUDIO, E. MANRIQUE Y A. M. OLAIZOLA	301
ANÁLISIS INDUCTIVO DE LAS PERCEPCIONES SOCIALES ACERCA DE LOS SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS DE LA GANADERÍA DE MONTAÑA E. TELLO, T. RODRÍGUEZ-ORTEGA, R. RIPOLL-BOSCH, I. CASASÚS Y A. BERNUÉS	309
ESTUDIO PRELIMINAR DE LA APLICACIÓN DE QUEMA PRESCRITA PARA LA RECUPERACIÓN DE PASTOS EN EL PARQUE NATURAL DEL MONTSENY LL. MARTINEZ UJALDÓN, C. CASAS ARCARONS Y J. PLAIXATS BOIXADERA	317
COMPOSICIÓN ANTIOXIDANTE DE BELLOTAS Y PASTOS DE DEHESA DURANTE EL PERIODO DE MONTANERA EN EXTREMADURA M. CABEZA DE VACA, D. TEJERINA, S. GARCÍA-TORRES, E. PRIOR, A. GORDILLO Y E. MARTÍN-TORNERO	325
EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BELLOTA EN ENCINAS JÓVENES PROCEDENTES DE REPOBLACIÓN M. FÉRRIZ NÚÑEZ, M.D. CARBONERO MUÑOZ, J.R. LEAL MURILLO, M.T. HIDALGO FERNÁNDEZ, A. GARCÍA MORENO Y P. FERNÁNDEZ REBOLLO	333
ALGARROBO (<i>Ceratonia siliqua</i>, L.) EN DEHESAS DE SIERRA MORENA: ABUNDANCIA POBLACIONAL Y DISPERSIÓN ENDOZOÓCORA J. GARCÍA MILLÁN, Á.R. QUINTANA BERLANGA, M. AVILÉS ARRIAGA, B. ACOSTA GALLO, C. GALÁN SOLDEVILLA, R. BLÁZQUEZ MADRID Y J. MONTALVO RODRÍGUEZ	341
EFEECTO DEL TIPO DE PASTOREO SOBRE PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN DE HIERBA Y LECHE EN UN SISTEMA DE OVINO LECHERO N. MANDALUNIZ, J. ARRANZ Y R. RUIZ	349
FACTORES QUE INFLUYEN EN EL USO DE PRADERAS CULTIVADAS POR PRODUCTORES DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA DEL ALTIPLANO CENTRAL MEXICANO M. JUÁREZ-MORALES, J.D. GARCÍA-VILLEGAS, E. SÁNCHEZ-VERA, C.M. ARRIAGA-JORDAN, A.A. RAYAS-AMORP Y C.G. MARTINEZ-GARCIA	357
ÍNDICE DE AUTORES	365

COMITÉ ORGANIZADOR

Josep Cifre Llompart (UIB)

Isaac Janer March (UIB)

Javier Gulías León (UIB)

Jaime Jaume Sureda (SEMILLA)

Hipólito Medrano Gil (UIB)

COMITÉ CIENTÍFICO

Albizu Isabel (NEIKER)

Baraza Elena (UIB)

Barrantes Olivia (UNIZAR)

Bartolomé Jordi (UAB)

Bota Josefina (UIB)

Broca Alfonso (UNIZAR)

Busqué Juan (CIFA CANTABRIA)

Campo Laura (CIAM INGACAL)

Canals Rosa M^a (UPNA)

China Eduardo (ULL)

Chocarro Cristina (UDL)

Cifre Josep (UIB)

Conesa Miquel Angel (UIB)

Delgado Ignacio (CITA ARAGÓN)

Fanlo Rosario (UDL)

Fernández Pilar (UCO)

Gómez Augusto (UCO)

Gulías Javier (UIB)

Gutiérrez M^a del Rosario (IRFAB GBALEAR)

Hernández Carlos (UPM)

Janer Isaac (UIB)

Jaume Jaime (SEMILLA)

Joy Margarita (CITA ARAGÓN)

Llera Fernando (VALDESEQUERA GOBEX)

Mangado Jesús Mª (INTIA NAVARRA)

Manrique Emilio (UNIZAR)

Martínez Adela (SERIDA)

Pereira-Crespo Sonia (CIAM INGACAL)

Reiné Ramón (UNIZAR HUESCA)

Robles Ana Belén (CSIC ZAIDIN)

Roig Sonia (UPM)

Salcedo Gregorio (LA GRANJA HERAS)

Santamaría Oscar (UNEX)

Vadell Jaume (UIB)

PRESENTACIÓN

La 54ª Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (S.E.E.P) se celebró del 14 al 17 de abril de 2015, en la Escola d'Hoteleria del Campus Universitario de la Universitat de les Illes Balears (UIB).

La S.E.E.P. es una Asociación Científica de ámbito nacional que tiene como objetivo el fomento del conocimiento y mejora de los pastos españoles, incluyendo una amplia y diversa gama de disciplinas, entre las que destacan: Tipología, Ecología y Funcionamiento de los sistemas pastorales, Edafología, Fitosociología, Fisiología Vegetal, Botánica Sistemática, Producción Vegetal, Nutrición y Alimentación Animal, Producción Animal, Economía, Sociología y Política Agrarias.

La alimentación de calidad es un objetivo fundamental de la sociedad actual. Pero el concepto de calidad va más allá de lo que había supuesto hasta ahora. En estos momentos de profundos cambios, engloba términos no sólo relativos a la calidad organoléptica de los alimentos, sino también tan importantes como trazabilidad, respeto por el medio ambiente, responsabilidad social, bienestar animal, gestión del territorio o producción extensiva en base a pastos.

Por ello, desde sus inicios y, posiblemente de mayor manera en los últimos años, la S.E.E.P se ha ocupado también de nuevos aspectos relacionados con los pastos. En ese sentido, el lema de la 54ª Reunión, *Pastos y forrajes en el siglo XXI*, pretende ser un punto de reflexión sobre esos temas, una ventana hacia el exterior, con la mirada puesta en el presente pero también en el futuro, y posibilitar el debate en torno a las actividades turísticas en suelo rústico, a la valoración del paisaje y a sus gestores, a la ganadería extensiva y sus productos agroalimentarios de alto valor añadido, a la gestión racional de nuestros bosques, al papel del sector en la prevención de incendios o a los efectos del cambio climático, entre otros temas. Para lograrlo, se planteó, además de las sesiones habituales, la visita a la Serra de Tramuntana, declarada Patrimonio Mundial en la categoría de Paisaje cultural, donde sin duda confluyen todos estos temas, constituyendo un entorno privilegiado en el que plantear los retos del futuro inmediato.

Esperamos que la Reunión haya sido fructuosa para todos en estos inicios de siglo XXI, especialmente en un país como el nuestro, con un medio ambiente y un sector agroalimentario tan importantes para nuestro presente y nuestro futuro.

El Comité Organizador

Primera parte
PONENCIAS INVITADAS

TURISMO Y PAISAJE: EN BÚSQUEDA DEL VALOR RECÍPROCO

A. RIERA FONT

Catedrático de Economía Aplicada. Universitat de les Illes Balears

RESUMEN

La consolidación de España como tercer destino turístico a nivel mundial en número de llegadas de turistas extranjeros (52,2 millones) y segundo en ingresos por turismo (53,2 millones de dólares) es el resultado de la capacidad de las distintas regiones españolas de satisfacer una demanda creciente de servicios recreativos propia de países desarrollados. Esta favorable evolución se ha basado, más allá de factores de índole socioeconómica, en la gran diversidad de paisajes y privilegiada dotación de recursos naturales de la península Ibérica y de los dos archipiélagos, lo que ha permitido satisfacer una demanda turística de carácter masivo.

De este modo, aunque la valorización turística del paisaje se ha llevado a cabo, principalmente, sobre la base del binomio sol y playa y, por ende, sobre **los valores de uso** de los paisajes de litoral, aguas marinas próximas a la costa y aguas continentales. Sin embargo, otros ecosistemas como los bosques e incluso los espacios abiertos con poca vegetación, así como ciertas zonas agrícolas heterogéneas, mayormente prados y praderas, proporcionan también escenarios de interés recreativo y atractivo turístico tanto por su singularidad como por la posición geográfica específica, lo que confiere la posibilidad de disfrutar de vistas privilegiadas y practicar actividades de ocio y recreo al aire libre.

No obstante, el vínculo existente entre turismo y paisaje no deriva únicamente de la condición de atractivo turístico de éste último, sino también de la creciente rivalidad existente entre las funciones ecológicas y ambientales que sustentan los ecosistemas y la demanda de suelo y espacio inherente al desarrollo urbanístico de la actividad turística. Emergen entonces **valores de opción** que pueden disparar el valor paisajístico de una parcela. No en vano, cada vez más se reconocen los efectos ambientales negativos alimentados por criterios desarrollistas (basados en los flujos de llegada de turistas, los niveles de ocupación, etc.), que a menudo han soslayado los criterios de planificación y ordenación a largo plazo de uso y usufructo del entorno y han contribuido a la ocupación de espacios de alto valor ecológico y ambiental, la erosión del suelo y la degradación de la cobertura vegetal, con su consiguiente

impacto en la provisión de paisaje y otros servicios de regulación y mantenimiento de la diversidad biológica global.

Todo ello ha derivado en un modelo de interacción turismo-paisaje en el que, lejos de la simbiosis, se han producido tensiones importantes a raíz de las características que presentan, por una parte, las funciones de producción y recreación del sistema turístico y, por otra, las funciones de aprovisionamiento, regulación y sustento de los ecosistemas, dando lugar a un incremento de la tendencia a la entropía o pérdida de la productividad estructural y biológica de los mismos que afecta a la diversidad y fragmentación del paisaje y que, en última instancia, pone en peligro la propia continuidad del turismo.

Así, las decisiones sobre cómo utilizar el suelo (agrícola, recreativo, industrial y urbano), unidas al factor agroclimático – calor y humedad - y al relieve (mata, 1997), definen una amplia tipología de paisajes y atributos ambientales que han sido objeto de valoración en diversos trabajos, como contribución a la optimización de los procesos de toma de decisión colectiva, que son de gran utilidad para otros estudios de detalle sobre recursos naturales susceptibles de usos. El examen de esta literatura, evidencia que confirma el valor económico del paisaje, permite ver de qué forma el valor del paisaje depende de ciertas variables geográficas (como lo distancia a los núcleos urbanos y su tamaño) y esencialmente del tipo de paisaje y calidad ambiental del mismo.

Así, aunque en ocasiones los resultados de este tipo de ejercicios simplifican en gran medida la variabilidad geográfica del espacio estudiado, la valoración económica de los cambios en la calidad paisajística siguiendo la lógica de los sistemas de información geográfica tratan de generar mapas capaces de recoger la diversidad en las condiciones biofísicas y de coberturas y usos del suelo de un determinado territorio y expresarla en términos de flujo de valor económico (por ejemplo, €/año). Los métodos de coste de viaje y de precios hedónicos son claros ejemplos de ello.

LA PRODUCTIVIDAD DE LOS PASTOS MEDITERRÁNEOS EN LA PERSPECTIVA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

H. MEDRANO

Catedrático de Fisiología Vegetal. Grupo de Investigación en Biología de las Plantas en condiciones Mediterráneas. Departamento de Biología. Universitat de les Illes Balears. Palma de Mallorca (España). hipolito.medrano@uib.es

RESUMEN

La productividad de pastos naturales y cultivos forrajeros es altamente dependiente de las condiciones ambientales, principalmente de las limitaciones impuestas por el clima y reflejan en muchos aspectos la producción potencial de una comunidad herbácea natural o implantada por el hombre. En este sentido, el cambio climático muestra en la actualidad y en las previsiones futuras importantes variaciones en el régimen térmico y en el hídrico que están cambiando la productividad de estas comunidades.

El calentamiento progresivo y la mayor frecuencia de episodios de sequías y lluvias torrenciales no son una predicción sino una realidad que provoca una mayor variabilidad interanual en la productividad vegetal. En las zonas de clima mediterráneo, en gran parte bajo condiciones semiáridas, la disponibilidad de agua en el suelo es el mayor factor limitante de la producción y este problema parece acrecentarse con el cambio climático, lo que provoca una mayor vulnerabilidad de la producción de pastos frente al cambio climático.

En la perspectiva de atenuar esta vulnerabilidad, se presentan diferentes vías que permitan mejorar la eficiencia en el uso del agua de las plantas como respuesta global a la reducción de su disponibilidad en el suelo. Se discuten las posibles estrategias agronómicas para incrementar el agua disponible para la planta así como el papel de la selección genética en base a criterios de capacidad de obtención de recursos hídricos y de eficiencia en su uso.

LA NUEVA PAC 2014-2020: ESPECIFICIDADES EN GANADERÍA Y PASTOS EN LAS ILLES BALEARS

J.C. CABALLERO RUBIATO

Ingeniero Agrónomo. Presidente de la Comissió de Medi Ambient de les Illes Balears. Govern de les Illes Balears

RESUMEN

En 2013, la UE inició un cambio en el escenario agrario europeo, con todas las trascendencias económicas, sociales y ambientales que ello supone, mediante la aplicación de un nuevo diseño en la Política Agraria Común (PAC) para el periodo 2015-2020. Así se dio por finalizado el Régimen de Pago Único el 31 de diciembre de 2014 y se pasó en 2015 a nuevos conceptos como agricultor activo, regionalización, régimen de pago básico, prácticas agrícolas beneficiosas para el clima y el medio ambiente, zonas con limitaciones naturales, ayuda asociada, costes de transacción, implantación de sistemas agroforestales, etc.

En 2015 comienza por tanto un nuevo periodo del Programa de Desarrollo Rural con la finalidad de modernizar las explotaciones agrarias, mejorar la transferencia de conocimientos y la innovación, ganar en competitividad, incidir positivamente en la protección del medio ambiente, así como promover la diversificación de las actividades agrarias y no agrarias en el mundo rural.

La aplicación de la nueva PAC prevé pagos asociados a la ganadería, la vinculación de los pagos a superficies destinadas a pastos para la actividad ganadera de la explotación, se reconoce el efecto beneficioso del pastoreo sobre el clima y el medio ambiente, aunque también limitan y condicionan las actuaciones en pastos permanentes considerados medioambientalmente sensibles.

Se reconocen ayudas en el marco del programa de desarrollo rural a los ejemplares de razas autóctonas ganaderas, al establecimiento de sistemas agroforestales, a la ganadería ecológica y a la ganadería que se desarrolla en zonas con dificultades naturales y específicas.

EL MUNDO Y LA GANADERÍA: SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS AL 2050

C. BUXADÉ

Catedrático de Producción Animal. Universidad Politécnica de Madrid

RESUMEN

Cara al año 2050 el Mundo, la humanidad, se enfrenta, en nuestra opinión, desde la doble vertiente: agrícola y pecuaria, con una serie de retos enormemente importantes, trascendentes, y que, en muchas ocasiones, no son valorados de la forma adecuada por la sociedad (ni, en la actualidad, por la mayoría de nuestros dirigentes).

Las actuales previsiones nos indican que, por aquellas fechas, año 2050, la población mundial puede estar situada alrededor de los 9.000 millones de personas. Pero no sólo es ésta una cifra de referencia, que, por si misma, nos debe hacer reflexionar en profundidad, sino que además habrá que ver cuál va a ser, por aquel entonces, la estructura de la pirámide de población; es decir qué porcentaje de la población mundial estará en la cuarta edad (e incluso, en la quinta edad, es decir con más de 100 años).

Todo ello, unido al hecho de que la humanidad, desde una perspectiva global, quiere comer, cada vez más, buena proteína de origen animal (los últimos ejemplos de Vietnam, China o la India, son clarificadores), plantea una serie de importantes cuestiones (retos), que no van a ser sencillas de asumir y responder.

El primer reto va a fundamentarse en una realidad claramente multifactorial y, en ella, estarán involucrados: el agua, la S.A.U. (atención a los efectos del calentamiento global), la propia producción animal, la adecuada gestión de los subproductos agrícolas, ganaderos y humanos, etc. Ello va a generar, sin ninguna duda, la necesidad de entrar de lleno en la aplicación de las que hoy son nuevas tecnologías (el aprovechamiento óptimo, desde la doble perspectiva agrícola y pecuaria, de una S.A.U. cada vez más limitada; la gestión integral de nuevas especies a explotar, la introducción masiva de la producción de insectos, la utilización general de O.G.M., la aplicación de las clonaciones, la generación de proteína sintéticas, etc.).

A todo ello habrá que unir, nos guste o no, la adecuada gestión e ingesta de los alimentos por parte de los humanos (para optimizar los insumos y la gestión de los subproductos).

ABANDONO, GESTIÓN Y PERSPECTIVAS DE APROVECHAMIENTO EN LAS SUPERFICIES FORESTALES

L. BERBIELA MINGOT

Ingeniero de Montes. Servicio de Gestión Forestal y Conservación del Suelo. Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente y Territorio. Comunidad Autónoma de las Islas Baleares.

lberbiela@gmail.com.

“Nunca os saciareis de leer en este gran libro de la naturaleza: siempre se tendrán delante nuevos objetos para la admiración y para la investigación.”

*(Archiduque Luis Salvador de Austria,
Sueños de verano al borde del mar.
Mallorca, 1912)*

RESUMEN

Se presenta un conjunto de características que contribuyen a definir la actual situación de los espacios forestales en las Islas Baleares y que permiten plantear una posible evolución semejante en otros ámbitos mediterráneos.

De este análisis surgen factores de preocupación respecto a la percepción social, contribución económica y regulación ambiental que presentan actualmente las superficies dedicadas a pastos. Se consideran, entre otros, los relativos a su indeterminación, complejidad, subsidiariedad, variabilidad, rentabilidad, abandono o ausencia de visibilidad tanto ecológica como productiva.

Se evalúa la relevancia otorgada al pastoreo extensivo en las islas, mediante inventarios y referencias históricas respecto al secular empleo para alimentación del ganado de las superficies agrarias insulares. Igualmente, se emplean distintas aproximaciones cartográficas que permiten localizar y valorar la evolución de las superficies destinadas a la ganadería extensiva o a la producción de forrajes interpretando el tratamiento que se otorga a cada tipología de uso asignado a las consideradas áreas naturales o a las distintas zonas de cultivo.

Por último, se consideran los elementos que, cara al futuro y de manera más significativa, parecen enmarcar la recuperación del uso y gestión de los terrenos forestales y como pueden incidir en la recuperación, mantenimiento y empleo de los pastizales ligados al

aprovechamiento de bosques, garrigas, páramos, herbazales y cultivos arbolados propios del entorno mediterráneo.

Palabras clave: pastizales mediterráneos, forestal, Islas Baleares, ganadería extensiva.

Segunda Parte
BOTÁNICA Y ECOLOGÍA DE PASTOS

EFFECTO DE LA DIVERSIDAD TAXONÓMICA DE HONGOS ENDÓFITOS *Epichloë* EN LA PRODUCCIÓN DE ALCALOIDES EN *Lolium perenne*

TAXONOMIC DIVERSITY OF *Epichloë* ENDOPHYTES AFFECTS THE ALKALOID PROFILE OF *Lolium perenne* IN NATURAL PASTURES

M.C. SOTO-BARAJAS, I. ZABALGOGEAZCOA, A. ÁLVAREZ PASCUA Y B.R.
VÁZQUEZ DE ALDANA

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca (IRNASA-CSIC). Cordel de Merinas 40-52. 37008 Salamanca (España). carlos.soto@imasa.csic.es.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de tres grupos taxonómicos (M1, M2, y M3) de hongos endófitos del género *Epichloë* en la producción de los alcaloides lolitrem B (tóxico para mamíferos) y peramina (insecticida) en plantas de *Lolium perenne* procedentes de poblaciones naturales. El contenido de los alcaloides lolitrem B y peramina se analizó por HPLC en 91 plantas infectadas de seis localidades. El lolitrem B se detectó en un 63,7% de las plantas con concentraciones medias entre 0,31 y 1,16 $\mu\text{g g}^{-1}$ según localidades. En un 80% de las plantas se detectó peramina con concentraciones medias entre 2,62 y 11,43 $\mu\text{g g}^{-1}$. Se observó un efecto significativo ($P < 0,0001$) del grupo taxonómico *Epichloë* sobre la concentración de ambos alcaloides. Las plantas con endófitos M3 tuvieron la mayor concentración de lolitrem B (hasta 2,61 $\mu\text{g g}^{-1}$). La máxima producción de peramina se detectó en *Lolium* con hongos M2 (máximo de 24,0 $\mu\text{g g}^{-1}$). En plantas infectadas por cepas M1, las concentraciones de ambos alcaloides fueron muy variables. Independientemente del lugar de origen de las plantas el grupo taxonómico al que pertenece el endófito es un factor determinante en la producción y concentración de los alcaloides analizados.

Palabras clave: raigrás, lolitrem, peramina.

SUMMARY

We evaluated the effect of three taxonomic groups of *Epichloë* endophytes (M1, M2 and M3) in the production of the alkaloid lolitrem B (toxic to mammals) and peramine (insecticide) in *Lolium perenne*. The content of lolitrem B and peramine was analyzed by HPLC in 91 infected plants. Lolitrem B was detected in 63.7% of the samples with mean concentrations of 0.31 to 1.16 $\mu\text{g g}^{-1}$. Peramine was found in the 80% of plants (ranging from 2.62 to 11.43 $\mu\text{g g}^{-1}$). There was a significant effect ($P < 0.0001$) of the taxonomic group of *Epichloë* on the alkaloid production in *L. perenne* plants. The samples with M3 endophytes had the highest content of lolitrem B (up to 2.61 $\mu\text{g g}^{-1}$). The maximum production of peramine was detected in plants infected by M2 strains (maximum of 24.0 $\mu\text{g g}^{-1}$). In plants infected with M1 strains, the concentrations of both alkaloids were widely variable. Regardless of the origin of the plants, the endophyte taxonomical group is a key factor for the production and concentration of the alkaloid analyzed.

Key words: ryegrass, lolitrem B, peramine.

INTRODUCCIÓN

El raigrás inglés (*Lolium perenne* L.) es una de las gramíneas forrajeras más cultivadas a nivel mundial debido a su amplia adaptabilidad. En Europa es la segunda especie con mayor superficie sembrada solamente después de los cereales (Sampoux *et al.*, 2012). Es común encontrar plantas de *L. perenne* en simbiosis con hongos endófitos del género *Epichloë*. La planta hospedadora provee al hongo nutrientes y un medio de dispersión a través de las semillas; y el endófito promueve la síntesis de metabolitos secundarios que confieren protección a la planta contra el herbivorismo (Schardl *et al.*, 2013). Los principales alcaloides producidos en las gramíneas hospedadoras de endófitos *Epichloë* son cuatro: (1) lolitrenos, neurotoxinas que pueden ocasionar modorra del raigrás (*ryegrass staggers*); (2) ergovalina, vasoconstrictor causante de la festucosis del ganado; (3) peramina y (4) lolinas, con propiedades insecticidas (Clay y Schardl, 2002). El perfil de alcaloides en la planta depende de la especie del hongo como de la planta hospedadora y la concentración puede variar dependiendo de factores de la planta y ambientales (Schardl *et al.*, 2013). Actualmente existen hongos endófitos que se utilizan en la mejora de diversas especies de gramíneas (Easton *et al.*, 2001). En especies forrajeras se seleccionan estirpes con capacidad para producir alcaloides que actúen como insecticidas y se evitan aquellas que produzcan metabolitos dañinos para el ganado.

En estudios anteriores (Soto-Barajas *et al.*, 2014) se presentó la diversidad taxonómica de *Epichloë* detectada en poblaciones naturales de raigrás. En este trabajo se determina el efecto de la variabilidad taxonómica de estos endófitos *Epichloë* sobre el contenido de los alcaloides lolitrem B y peramina en plantas de *L. perenne* procedentes de poblaciones naturales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Muestreo de plantas e identificación de endófitos

En la primavera de 2012 se recogieron plantas silvestres de *L. perenne* en seis localidades ubicados al noroeste de España. Se determinó la incidencia de endófitos y se clasificaron en tres grupos taxonómicos M1, M2, M3 según se indicó en un trabajo previo (Soto-Barajas *et al.*, 2014) (Tabla 1). Un total de 91 plantas infectadas (E+) y 91 plantas no infectadas (E-) se trasplantaron a la finca experimental Muñovela del IRNASA-CSIC (Salamanca), donde se mantuvieron sin aporte alguno de fertilizante, ni riegos adicionales.

Tabla 1. Localidades de origen de *Lolium perenne*, incidencia de endófitos *Epichloë* y de morfotipos.

Localidad	Provincia	Hábitat	Altitud (msnm)	Incidencia	Morfología		
					M1	M2	M3
Ciudad Rodrigo (CR)	Salamanca	Ribera	625	60.0	20.0	40.0	40.0
La Vecilla (LVA)	León	Tierra de cultivo	879	42.9	94.7	5.3	0.0
Los Valles (LVE)	Salamanca	Dehesa	813	56.0	41.4	41.4	17.2
Porqueriza (POR)	Salamanca	Dehesa	807	32.0	40.0	26.7	33.3
Tábara (TAB)	Zamora	Monte de roble	766	49.0	46.2	3.8	50.0
Valle Fuentes (VAF)	León	Monte bajo	1133	32.1	81.3	0.0	18.8

Análisis de alcaloides

Para el análisis de alcaloides se utilizaron 91 plantas E+ y 20 plantas E-. De cada una de estas plantas infectadas se conocía exactamente el morfotipo del hongo (Soto-Barajas *et al.*, 2014). El muestreo se realizó en mayo de 2014 recogiendo la parte aérea de las plantas en fase de espigado. Cada alcaloide (lolitrem B o peramina) se determinó por separado en muestras liofilizadas y molidas.

El alcaloide lolitrem B se determinó siguiendo el método de Gallagher *et al.* (1985) con ligeras modificaciones. Se realizó una extracción con una disolución cloroformo:metanol (2:1, v/v) durante una hora en un agitador orbital. Después de una centrifugación, el sobrenadante se evaporó en corriente de nitrógeno. El residuo seco se redisolvió en 1,5 ml de diclorometano y se pasó a través de un cartucho de sílice (100 mg, Waters Sep-Pac). La cuantificación se realizó por HPLC utilizando un módulo Waters 2596, con una columna de Silica 250 mm x 4,6 mm; 5 μ m (Waters Spherisorb) y un detector de fluorescencia (Waters 4570) λ_{exc} = 268 nm; λ_{em} = 440nm. Como fase móvil se usó una disolución de diclorometano: acetronitrilo (80:20, v/v) con un flujo de 1,0 ml min⁻¹.

Para el análisis de peramina se utilizaron las condiciones descritas por Barker *et al.* (1993). Se realizó una extracción con 3,0 ml de isopropanol al 30% a 90 °C durante 30 minutos. El extracto se pasó a través de un cartucho CBA (ácido carboxílico 100 mg, Varian Bond Elut), eluyéndose con 1.0 ml de ácido fórmico al 5%. La cuantificación se realizó por HPLC con una columna C18 3,9 mm x 150 mm; 4 μ m (Nova Pack) con un detector PDA (matriz de fotodiodos) Waters 2996 a 280 nm. La fase móvil fue isocrática compuesta de acetronitrilo al 18% en tampón de ácido fórmico en carbonato de guanidina (10 mM) con un flujo de inyección 0,7 ml min⁻¹.

Análisis estadístico

La concentración media de cada alcaloide por población se determinó incluyendo la concentración cero de las plantas infectadas que no lo producen. Dado que no en todas las poblaciones se encontraron los tres morfotipos de hongo, los factores ‘población’ y ‘morfotipo’ se analizaron separadamente mediante ANOVA. En aquellos casos en que se detectaron diferencias significativas dentro de los factores analizados se utilizó el test de Duncan para la comparación entre las medias de los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Alguno de los dos alcaloides analizados (lolitrem B o peramina) se detectó en el 90% de las plantas E+; y en las plantas E- no se detectó ninguno de los alcaloides estudiados.

El alcaloide neurotóxico lolitrem B se detectó en un 63,7% de las plantas de raigrás con endófitos *Epichloë* (Tabla 2). Valle Fuentes tuvo la mayor proporción de plantas con lolitrem B (86,6%) y entre las plantas de Porqueriza la producción de este alcaloide fue menos frecuente (40,0%). La concentración de lolitrem B fue significativamente diferente ($<0,011$) entre poblaciones, con variaciones entre $0,31\pm 0,13 \mu\text{g g}^{-1}$ en Porqueriza, y $1,16\pm 0,15 \mu\text{g g}^{-1}$ en Valle Fuentes.

Tabla 2. Concentración de lolitrem B en *Lolium perenne* por población de origen de la planta y grupo morfológico del endófito.

Población	Morfología hongo									Media por población		
	M1			M2			M3			Plantas con Lolitrem	Lolitrem $\mu\text{g g}^{-1}$	
	Plantas con Lolitrem	Lolitrem $\mu\text{g g}^{-1}$		Plantas con Lolitrem	Lolitrem $\mu\text{g g}^{-1}$		Plantas con Lolitrem	Lolitrem $\mu\text{g g}^{-1}$				
CR	0/2	0	-	2/5	40,0	0,42 \pm 0,29	6/6	100	1,17 \pm 0,15	8/13	61,5	0,70 \pm 0,18 ^{abc}
LVA	4/8	50,0	0,41 \pm 0,21	6/10	60,0	0,32 \pm 0,10	1/1	100	1,43 \pm 0,00	11/19	57,9	0,43 \pm 0,11 ^{ab}
LVE	10/12	83,3	0,89 \pm 0,15	0	0,0	-	0	0,0	-	10/12	83,3	0,89 \pm 0,15 ^{bc}
POR	3/4	75,0	0,48 \pm 0,16	0/4	0,0	0,00	1/2	50,0	0,58 \pm 0,57	4/10	40,0	0,31 \pm 0,13 ^a
TAB	3/11	27,3	0,24 \pm 0,14	0	0,0	-	9/11	81,8	1,43 \pm 0,25	12/22	54,5	0,83 \pm 0,19 ^{abc}
VAF	10/11	90,9	1,19 \pm 0,17	0	0,0	-	3/4	75,0	1,08 \pm 0,40	13/15	86,6	1,16 \pm 0,15 ^c
Media	30/48	62,5	0,66 \pm 0,08 ^a	8/19	42,1	0,30 \pm 0,09 ^b	20/24	83,3	1,24 \pm 0,15 ^y	58/91	63,7	

Entre las poblaciones o entre los grupos morfológicos que tienen la misma letra como superíndice en la concentración media no hay diferencias significativas ($P<0,05$, test de Duncan).

En Tábara y Valle Fuentes se encontraron plantas con concentraciones por encima de $1,80 \mu\text{g g}^{-1}$, nivel a partir del cual el ganado empieza a presentar síntomas de intoxicación (Reed *et al.*, 2004). Aunque la concentración media por población en ningún caso superó

dicho nivel crítico, es conveniente la vigilancia de los sitios en que los porcentajes de plantas en que se produce lolitrem B son altos debido a la variación estacional en su concentración (Reed *et al.*, 2004).

Al analizar conjuntamente los datos de todas las localidades, el grupo morfológico de *Epichloë* afectó de forma significativa ($P < 0,0001$) la concentración de lolitrem B en *L. perenne*. Las concentraciones más elevadas se detectaron en las muestras con hongos del grupo taxonómico M3, con un valor promedio de $1,24 \pm 0,15 \mu\text{g g}^{-1}$ (Tabla 2). En plantas con *Epichloë* M2, las concentraciones de lolitrem B fueron las más bajas ($= 0,30 \pm 0,09 \mu\text{g g}^{-1}$) y en aquellas con endófitos M1 se cuantificaron niveles intermedios ($= 0,66 \pm 0,09 \mu\text{g g}^{-1}$).

El alcaloide peramina se detectó en el 80,2% de las plantas E+ analizadas. Este alcaloide se produjo en la totalidad de las plantas provenientes de Ciudad Rodrigo; en más del 80% de las originarias de Los Valles, La Vecilla y Tábara, y en el 60% de las plantas de Porqueriza y Valle Fuentes (Tabla 3). La concentración de peramina fue significativamente diferente ($P < 0,0001$) entre localidades, distinguiéndose tres grupos: las plantas de Valle Fuentes y la Vecilla con la concentración más baja ($< 3,0 \mu\text{g g}^{-1}$), seguidas por Porqueriza y Tábara ($4,79$ y $5,35 \mu\text{g g}^{-1}$) y con la concentración más elevada ($> 7.5 \mu\text{g g}^{-1}$) las plantas de Los Valles y de Ciudad Rodrigo (Tabla 3).

Tabla 3. Concentración de peramina en *Lolium perenne* por población de origen de la planta y grupo morfológico del endófito.

Población	Morfología del hongo									Media por población		
	M1			M2			M3			Plantas con Peramina	Peramina	
	Plantas con Peramina	Peramina		Plantas con Peramina	Peramina		Plantas con Peramina	Peramina				
Nº	%	$\mu\text{g g}^{-1}$	Nº	%	$\mu\text{g g}^{-1}$	Nº	%	$\mu\text{g g}^{-1}$	Nº	%	$\mu\text{g g}^{-1}$	
CR	2/2	100	$3,44 \pm 0,44$	5/5	100	$18,60 \pm 3,21$	6/6	100	$8,13 \pm 1,98$	13/13	100	$11,43 \pm 2,22^c$
LVA	8/8	100	$3,87 \pm 0,33$	7/10	70,0	$10,79 \pm 2,91$	1/1	100	$7,00 \pm 0,00$	16/19	84,2	$7,68 \pm 1,69^{bc}$
LVE	10/12	83,3	$2,79 \pm 0,46$	0	0	-	0	-	-	10/12	83,3	$2,78 \pm 0,45^a$
POR	2/4	50,0	$1,95 \pm 1,14$	2/4	50,0	$8,98 \pm 5,21$	2/2	100	$4,89 \pm 1,86$	6/10	60,0	$5,35 \pm 2,23^{ab}$
TAB	9/11	81,8	$2,86 \pm 0,48$	0	0	-	10/11	90,9	$6,73 \pm 1,16$	19/22	86,3	$4,79 \pm 0,74^{ab}$
VAF	6/11	54,5	$2,08 \pm 0,65$	0	0	-	3/4	75,0	$4,11 \pm 1,56$	9/15	60,0	$2,62 \pm 0,64^a$
Media	37/48	77,1	$2,78 \pm 0,25^a$	14/19	73,7	$12,46 \pm 2,14^b$	22/24	91,6	$6,50 \pm 0,79^c$	73/91	80,2	

Entre las poblaciones o entre los grupos morfológicos que tienen la misma letra como subíndice en la concentración media no hay diferencias significativas ($P < 0,05$, test de Duncan).

Al considerar de forma conjunta los datos de todas las localidades, el morfotipo del endófito tuvo un efecto significativo ($P < 0,0001$) sobre la producción de peramina en raigrás (Tabla 3). En plantas con hongos M2 se detectó la mayor concentración ($= 12,46 \pm 2,14 \mu\text{g g}^{-1}$)

g^{-1}); los endófitos M1 producen niveles bajos ($= 2,78 \pm 0,25 \mu\text{g g}^{-1}$); y las plantas con *Epichloë* M3, concentraciones intermedias ($= 6,50 \pm 0,79 \mu\text{g g}^{-1}$).

Teniendo en cuenta los datos de las Tablas 2 y 3 conjuntamente, se observa que a mayor proporción de plantas con endófitos M2, la concentración promedio de peramina por localidad es más alta (CR>LVA>POR) y así los niveles de lolitrem B serán mayores donde predominan endófitos M1 (LVE y VAF). En la Figura 1 se representa la relación entre la concentración de ambos alcaloides para todas las plantas. Esto resultados muestran que un elevado porcentaje de las plantas producen ambos alcaloides, pero es posible identificar endófitos con capacidad para promover la síntesis de niveles altos de peramina (alcaloide con efecto repelente a insectos) sin producción de lolitrem B (responsable del temblor de las bellicas “raygrass stager”). Curiosamente estos endófitos que no producen lolitrem B proceden de plantas de Los Valles y Ciudad Rodrigo, las dos localidades situadas en zonas de dehesas.

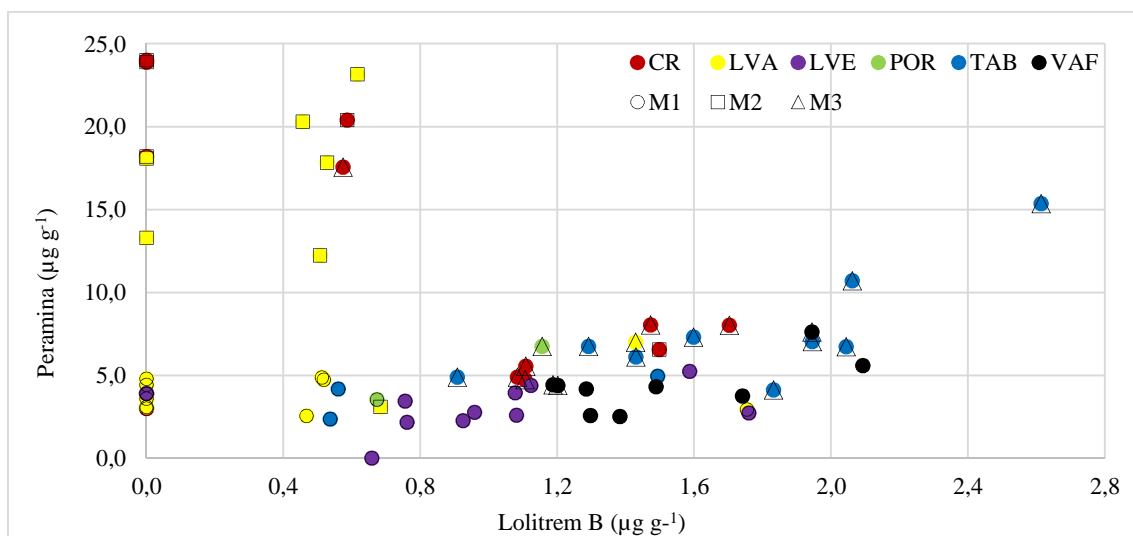


Figura 1. Relación entre la producción de lolitrem B y peramina en plantas de *Lolium perenne*, según población de origen de la planta y grupo morfológico del endófito *Epichloë*.

CONCLUSIONES

Los alcaloides lolitrem B y peramina son frecuentes en plantas de *L. perenne* infectadas por *Epichloë*. La producción de ambos alcaloides está influenciada por el grupo taxonómico del endófito *Epichloë* que albergan; siendo el grupo morfológico M2 el principal productor de peramina y el grupo M3 el que produce las concentraciones más altas de lolitrem B.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación es parte del proyecto AGL2011-22783 financiado por el 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.J., DAVIES E., LANE G.A., LATCH G.C.M., NOTT H.M. Y TAPPER B.A. (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.
- CLAY K. Y SCHARDL C.L. (2002) Evolutionary origin and ecological consequences of endophyte symbiosis with grasses. *The American Naturalist*, **160**(S4), 99-127.
- EASTON H.S., CHRISTENSEN M.J., EERENS J.P.J., FLETCHER L.R., HUME D.E., KEOGH R.G., LANE G.A., LATCH G.C.M., PENNELL C.G.L., POPAY A.J., ROLSTON M.P., SUTHERLAND B.L. Y TAPPER B.A. (2001) Ryegrass endophyte: A New Zealand grassland success story. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, **63**, 67-73.
- 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**(1), 217-226.
- REED K.F.M., WALSH J.R., CROSS P.A., MCFARLANE N.M. Y SPRAGUE M.A. (2005) Ryegrass endophyte (*Neotyphodium lolii*) alkaloids and mineral concentrations in perennial ryegrass (*Lolium perenne*) from southwest Victorian pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **44**, 1185-1194.
- SAMPOUX J.P., BAUDOUIN P., BAYLE B., BÉGUIER V., BOURDON P., CHOSSON, J.F., DE BRUIJN K., DENEUFBOURG F., GALBRUN C., GHESQUIÈRE M., NOËL D., THAREL B. Y VIGUIÉ A. (2012) Breeding perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) for turf usage: an assessment of genetic improvements in cultivars released in Europe, 1974-2004. *Grass and Forage Science*, **68**(1), 33-48.
- SCHARDL C.L., FLOREA S., PAN J., NAGABHYRU P., BEC S. Y CALIE P.J. (2013) The epichloae: alkaloid diversity and roles in symbiosis with grasses. *Current Opinion in Plant Biology*, **16**(4), 480-488.
- SOTO-BARAJAS M.C., VÁZQUEZ DE ALDANA B.R. Y ZABALGOGEAZCOA 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.

HÁBITATS INDICADORES DE ESTRATOS AMBIENTALES DE CANTABRIA

HABITATS AS ENVIRONMENTAL STRATA INDICATORS OF CANTABRIA

J. BUSQUÉ, M.G. MAESTRO, S. JIMÉNEZ Y J.R. RODRÍGUEZ

Centro de Investigación y Formación Agrarias. Gobierno de Cantabria. c/ Héroes del 2 de Mayo, 27. E-39600 Muriedas

(España). juanbusque@cifacantabria.org.

RESUMEN

Caracterizar los patrones que rigen la distribución de hábitats y vegetación a escala regional es un objetivo de gran importancia para la gestión del territorio. En una región como Cantabria esta gestión está fuertemente ligada a la actividad ganadera y los pastos. Sobre una estratificación ambiental que clasifica el territorio de Cantabria en siete tipos de ambiente, se realizaron inventarios y cartografía detallados de hábitats y vegetación sobre 104 cuadrados de 500x500m distribuidos de forma estratificada y aleatoria. Con la estimación de la cobertura de 47 tipos de hábitats diferentes sobre toda la superficie de los cuadrados, se aplicó un análisis de especies indicadoras para establecer las relaciones existentes entre hábitats y estratos ambientales. No se encontraron indicadores perfectos de hábitats-estratos, con especificidad y fidelidad iguales a la unidad, pero sí valores de indicador altos para bastantes relaciones hábitats-estratos, bien individuales o combinando hábitats o estratos separadamente. Todos los estratos, excepto uno, tuvieron al menos algún indicador de hábitat robusto. Por otra parte, más de la mitad de los hábitats fueron más o menos especialistas, al mostrar relaciones significativas con unos tipos de ambiente y no con otros.

Palabras clave: vegetación, valor indicador, especificidad, fidelidad.

SUMMARY

The regional characterization of the patterns of vegetation and habitats distribution is a very important objective for land management. In a region as Cantabria this management is tightly linked to livestock and pastures. Using an environmental stratification of Cantabria with seven types of contrasted environments, habitat and vegetation inventories and mapping was performed on 104 500x500m quadrats distributed according to the strata and posterior randomization. After estimating the cover of the 47 habitat types in all the area of the quadrats, a species indicator analysis was performed to establish the existing relations between habitats and environmental strata. We did not find any perfect habitats-strata indicators where specificity and fidelity both equalled one. However many relations of the types one habitat-one strata or one-combined showed high indicator values. All the strata except one had at least one robust habitat indicator. On the other side, more than half of the habitats were more or less specialists, as they showed significant relations with some environmental types and not with others.

Key-words: vegetation, indicator value, specificity, fidelity.

INTRODUCCIÓN

Las especies indicadoras son aquellas que, por sus preferencias ecológicas, señalan tipos de comunidades, condiciones de hábitat o cambios ambientales. Normalmente se determinan analizando las relaciones entre las *especies* observadas en inventarios y la pertenencia de dichos inventarios a un *grupo* resultado de una clasificación previa (Dufrene y Legendre, 1997). Como el análisis de especies indicadoras relaciona dos elementos, *especies* y *grupos*, su uso es útil para obtener información de los dos. Así, si los grupos tienen sentido ambiental, el análisis permite caracterizar las preferencias ambientales de las especies que se quiera estudiar, y por otro lado identificar las peculiaridades taxonómicas que diferencian unos grupos de otros. Las aplicaciones del análisis de especies indicadoras son múltiples en conservación, gestión territorial, cartografía de paisajes o diseño de reservas naturales (de Cáceres et al, 2010). En piscicultura su uso puede tener aplicaciones a distintas escalas espaciales para definir la productividad y valor de conservación de distintos hábitats naturales de uso ganadero.

Recientemente presentamos una estratificación de Cantabria basada en la ordenación y clasificación de una batería de variables ambientales de clima, suelo y topografía (Busqué et al, 2014; y figura 1). De cara a profundizar en la caracterización de estos estratos, en este trabajo aplicamos el análisis de especies indicadoras para estudiar las relaciones entre los estratos ambientales definidos y los tipos de vegetación-hábitats (a partir de aquí hábitats) encontrados en un muestreo riguroso realizado recientemente. El uso que hacemos del análisis de especies indicadoras se basa simplemente en sustituir las *especies* por *hábitats* y los *grupos* por *estratos* ambientales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño del muestreo

La metodología y resultados de la construcción de los estratos ambientales de Cantabria se detalla en Busqué et al (2014). En cada uno de los siete estratos obtenidos (Tabla 1 de Busqué et al, 2014 y figura 1) se eligió una muestra de 14-16 cuadrados de 500x500m con el objetivo de inventariar y cartografiar sus hábitats. La localización de estos cuadrados fue estratificada-aleatoria, buscando cubrir proporcionalmente al área ocupada por el estrato en una retícula de cuadrados de 25x25km de la superficie regional (figura 1, imagen menor).

Cartografía de la vegetación

Los 104 cuadrados fueron visitados entre junio y octubre de 2013 por los autores del trabajo. El nivel de detalle máximo a cartografiar fue una celda de 5x5m, (10.000 por cada cuadrado). Se utilizó una leyenda de hábitats (tabla 1) cuyo objetivo era recoger las especies vegetales, tipos de vegetación o hábitats que pueden mostrarse dominantes en el tamaño de definición mínimo (25m²), presentando además una estructura, forma o fenología bien contrastada. Para ello, se adaptó la metodología utilizada en Bunce et al (2011). A cada celda de 25m² se le asignó uno o dos tipos de la leyenda, según que estuvieran dominando o co-existieran en mosaico. Para cada tipo, se detalló también la especie o especies vegetales predominantes. La identificación y digitalización se realizaron en campo y en gabinete, apoyándose en ortofotos del PNOA de 2010.

Análisis estadístico

El análisis de especies indicadoras se ha basado en calcular el índice *IndVal* (valor indicador), desarrollado por Dufrene y Legendre (1997), y ampliado por Cáceres et al (2010). Este último autor es además el autor del paquete de R *indicspecies*, utilizado en este trabajo. $IndVal_{ij}$ para una hábitat i y un estrato j es el producto de dos componentes independientes, A_{ij} y B_{ij} . A_{ij} (especificidad o valor predictivo positivo) es la probabilidad de que un cuadrado muestreado pertenezca al estrato j si en él se encuentra el hábitat i . B_{ij} (fidelidad o sensibilidad) es la probabilidad de encontrar el hábitat i , si el cuadrado muestreado pertenece al estrato j . $A_{ij} = 1$ significa que el hábitat i sólo se encuentra en cuadrados del estrato j , aunque no tiene porqué estar en todos los cuadrados de ese estrato. $B_{ij} = 1$ significa que el hábitat i se encuentra en todos los cuadrados del estrato j , lo que no quita que se pueda también encontrar en cuadrados de otro estrato. $IndVal_{ij} = 1$ señala un hábitat indicador perfecto: se encuentra en todos los cuadrados del estrato j y en ninguno de los cuadrados de los demás estratos. La significación estadística de $IndVal_{ij}$ se calcula comparando su valor con el de una distribución obtenida de realizar 1000 permutaciones aleatorias de los valores de la muestra. Los intervalos de confianza al 95% para los valores de $IndVal_{ij}$, A_{ij} y B_{ij} se obtienen mediante "bootstrapping" (200 muestras) utilizando el método del percentil simple.

Se han realizado tres tipos diferentes de análisis de especies indicadoras: (i) análisis de hábitats individuales respecto a estratos individuales; (ii) análisis de hábitats individuales respecto a combinación de estratos ambientales; y (iii) análisis de combinación de hábitats respecto a estratos ambientales individuales.

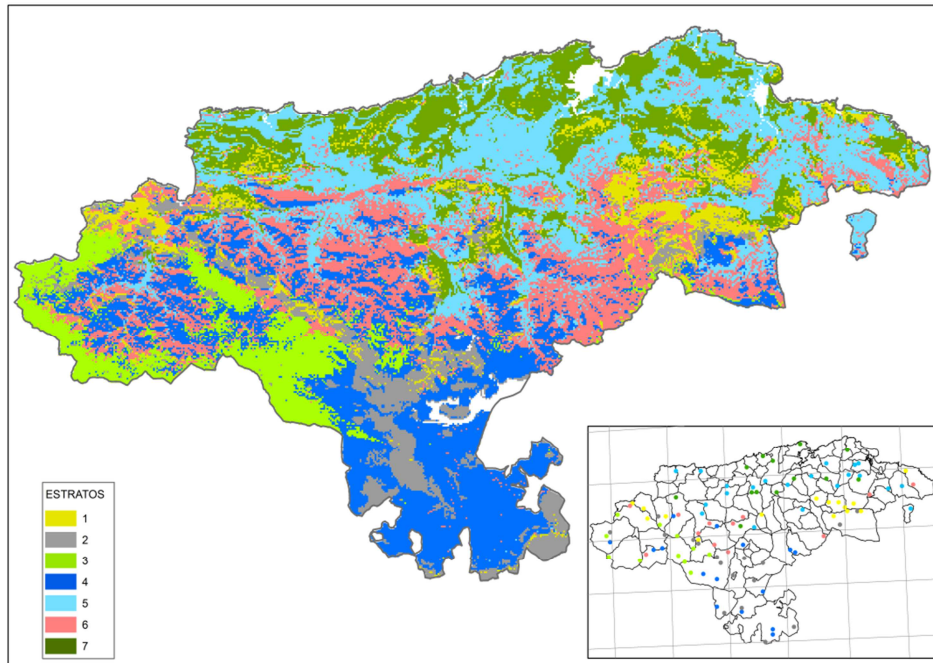


Figura1. Mapa de la distribución de los siete estratos ambientales en Cantabria. En pequeño, distribución de los cuadrados de muestreo de vegetación-habitats.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hábitats individuales - Estratos ambientales individuales

De los 47 hábitats estudiados 16 tienen valores indicadores significativos y altos respecto a estratos ambientales concretos (tabla 2). Sólo uno de los estratos (e6) no tiene ningún hábitat indicador robusto. Los estratos e1 y e2 muestran indicadores vegetales característicos de sustratos calizos, pero mientras que en el estrato e1 estos señalan baja presión de pastoreo (*Genista occidentalis*, *Brachypodium pinnatum*, *Helictotrichum cantabricum*), en el estrato e2 los indicadores son típicos de ecosistemas pastorales más intensos (*Carex humilis*, *Thymus praecox* y *Crataegus monogyna*). El estrato e3 es el que posee los indicadores con las especificidades (valor A) más altas, correspondiendo a especies de matorral muy abundantes en la alta montaña (*Vaccinium myrtillus* y *V. uliginosum* y *Erica arborea* y *E. australis* principalmente), también asociables a condiciones medias de pastoreo y uso del fuego (Calvo et al, 2005; Hegland, 2010). Las distintas especies de roble están presentes en todos los cuadrados del estrato e4 (fidelidad B=1), aunque su presencia también en muchos cuadrados de otros estratos hace que su especificidad sea baja.

Tabla 1. Leyenda de vegetación-hábitats empleada en la cartografía realizada y número de cuadrados de cada estrato ambiental con presencia de cada tipo. Los cuadros en gris señalan los tipos de vegetación-hábitats que resultaron indicadores significativos para un estrato o una combinación de estratos.

	Leyenda	Nombre	Especies más frecuentes	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	Total	IndVal
Cultivo	1urb	Urbano		3	8	0	7	15	7	16	56	0,90
	2cullab	Labrado		0	0	0	0	3	3	3	9	
	2culher	Herbáceo	huerta, maíz	0	3	0	2	10	2	8	25	0,63
Vegetación c. mulla	2culleñ	Leñoso	frutales, vid	0	1	0	1	2	1	2	7	
	3agua	Agua		0	2	0	3	2	1	4	12	
	3roca	Roca		15	12	11	11	4	9	11	73	0,88
	3bloq	Bloques		2	6	3	3	1	2	2	19	
	3ped	Piedra		4	2	2	1	1	1	4	15	
	3grav	Grava		1	3	3	1	4	2	7	21	
	3aren	Arena		1	1	2	1	5	0	2	12	
	3tier	Tierra		4	10	9	11	15	11	14	74	0,89
3rest	Restos		1	0	1	2	4	1	3	12		
Leñoso <0,3m	41cad	Caducifolios	Vaccinium, Euph. polygalif.	0	0	8	1	0	1	0	10	0,75
	41herb	Caméfitos	C. humilis, Thymus	4	9	2	4	0	2	1	22	0,75
	41per	Perennifolios	Arctostaphylos, Halimium	0	1	2	1	0	0	0	4	
Leñoso 0,3-0,6m	42brebaj	Brezos bajos	E.vagans, Calluna, E.cinerea	10	10	13	11	0	7	1	52	0,85
	42genesp	Genistas espinosas	G.occidentalis, G.legion.	11	11	3	3	0	4	0	32	0,78
	42junip	Juniperus bajos	J. alpinus	0	2	1	0	0	0	0	3	
Leñoso 0,6-2m	43brealt	Brezos altos	E.arborea, E.australis	0	1	8	4	0	1	1	15	0,74
	43escob	Escobas	G.florida, C.cantabricus	0	1	8	8	0	1	1	19	0,75
	43rosa	Caducifolios	Rubus, Rosa	7	8	1	6	15	9	15	61	0,91
	43ulex	Ulex	U.gallii, U.europaeus	8	7	4	10	7	10	12	58	
Leñoso 2-5m	44cad	Caducifolios	C.avellana, S.nigra	12	9	3	5	13	11	16	69	0,88
	44junip	Juniperus altos	Cupressus, J. oxycedrus	0	1	0	0	1	1	2	5	
	44maris	Marisma	Baccharis	1	2	0	2	11	4	7	27	0,66
	44per	Perennifolios	Ilex, Ligustrum, Laurus	5	6	3	2	11	5	11	43	0,72
	44rosa	Rosaceas	Crataegus, P.spinosa	8	12	4	8	5	7	7	51	0,75
	44sauce	Sauces	S.atrocinerea, S.alba	4	4	3	6	15	9	16	57	0,89
Leñoso >5m	45roble	Robles	Q.robur, Q.pyren., Q.petraea	6	6	4	14	14	12	13	69	0,88
	45haya	Haya	Fagus	10	3	8	4	1	6	3	35	0,70
	45abed	Abedul	Betula	1	1	7	5	2	4	2	22	0,65
	45cad	Otras caducifolias	Fraxinus, Castanea, Juglans	11	12	7	8	15	12	15	80	
	45encina	Encina-Alcornoque	Q.ilex	6	1	1	1	7	3	9	28	
	45eucal	Eucalipto	Eucaliptus	0	0	0	1	12	5	13	31	0,80
	45pino	Pinos	P.radiata, P.pinea	1	2	0	2	8	5	7	25	0,62
	45conif	Otras coníferas	Chamaecypar, Taxus	0	2	1	0	8	2	8	21	0,71
	45per	Otras perennifolias	Acacia dealbata, Phoenix	0	0	0	0	7	0	4	11	
46epif	Epífitas	Hedera, Smilax, Clematis	3	1	0	0	3	0	3	10		
Herbáceo	6forb	Forbias	Urtica, Equisetum	6	5	6	5	11	5	12	50	
	6forraj	Buenas forrajeras	A.capillaris, D.glomerata	9	14	14	14	15	13	16	95	0,98
	6graanc	Otr gramín anchas	B.pinnatum, H.cantabricum	13	9	7	7	1	7	5	49	0,74
	6grafin	Otr gramín finas	A.curtisii	1	2	4	5	0	3	1	16	
	6hele	Geofitas	Pteridium, Asphodelus	14	8	7	11	13	13	14	80	
	6humed	Humedales	Phragmites	0	1	0	0	0	0	1	2	
	6junco	Juncos	J.bufo, J.effusus	1	1	4	7	5	3	4	25	
	6macol	Gram- macollantes	Cortaderia	0	0	0	0	5	0	8	13	0,65
6turb	Turberas	Carex, Narthecium	0	1	5	4	0	2	0	12		
Total de cuadrados				16	14	14	14	15	15	16	104	

Esto mismo ocurre con los sauces en el estrato e7 y con los pastos de buena calidad en el estrato e5. Los estratos e5 y e7, de mejor clima y suelos, tienen indicadores relacionados con una pascicultura más intensiva y con la abundancia de especies alóctonas invasoras asociadas a perturbaciones por el uso intenso del territorio (Bedia, 2005).

Hábitats individuales - Combinación de estratos ambientales

En la tabla 1 se señalan en fondo gris las relaciones significativas más robustas de cada hábitat con uno o más de un estrato ambiental. De las 16 relaciones significativas de un hábitat con un estrato (tabla 2), en el nuevo análisis sólo se mantienen las cinco más robustas (44rosa-e2, 41herb-e2, 41cad-e3, 43brealt-e3 y 45abed-e3). El resto de 11 relaciones uno-uno mejoran si el hábitat se asocia a más de un estrato. Cinco de estas experimentan una mejora de más de 20 puntos en la robustez de las relaciones (3roca, 3tier, 42brebaj, 43rosa y 44 sauce). Adicionalmente, 14 hábitats que no tuvieron relaciones robustas uno-uno sí muestran relaciones significativas con varios estratos a la vez. De estos, cuatro tipos muestran relaciones muy robustas (con $IndVal \geq 0,80$: 1urb, 44cad, 45eucal y 6forraj). Entre los pastos herbáceos, destaca la relación de los de buena calidad (6forraj) con todos los estratos menos con e1, representativo de las zonas más agrestes de la región. En cuanto a los pastos arbustivos, el análisis señala una distribución de las escobas (43escob) limitada principalmente a los estratos más montañosos (e3) y de transición con la bioregión mediterránea (e4), mientras que las genistas espinosas (42genesp) se circunscriben principalmente a los estratos marcadamente calizos (e1 y e2). Estos patrones son también característicos de la distribución general de estas especies a nivel nacional (Bonet et al, 2009). Por su parte, los brezales bajos (42brebaj) son indicadores de los estratos más montañosos y meridionales (e1, e2 e3 y e4), que también albergan la mayor parte de los suelos podsolizados que caracterizan su ecología (Loidi et al, 1997). Por último, hay 22 hábitats sin valores de *IndVal* significativos o suficientemente altos con respecto a ningún estrato. Se trata de hábitats relativamente infrecuentes (18), lo que hace que sus valores de fidelidad sean siempre muy bajos, o de tipos de vegetación muy generalistas (4: 6hele, 45cad, 43ulex y 6forb) para el rango de condiciones ambientales existentes en Cantabria.

Tabla 2. Valor como indicador, especificidad y fidelidad de hábitats individuales sobre estratos ambientales individuales y, en gris, combinación de hábitats sobre estratos individuales. Solo se han considerado las relaciones significativas con $p < 0,05$ y con $IndVal \geq 0,60$ (y sólo la relación más robusta para combinación de tipos de vegetación). Entre paréntesis: intervalo de confianza al 95%.

Estrato	Tipo	<i>IndVal</i>	A (especificidad)	B (fidelidad)
e1	6graanc	0,69 (0,54-0,82)	0,59 (0,42-0,76)	0,81 (0,58-1,00)
	3roca	0,64 (0,53-0,76)	0,43 (0,30-0,59)	0,94 (0,80-1,00)
	3roca + 6graan	0,76 (0,53-0,89)	0,70 (0,44-0,83)	0,81 (0,54-1,00)
e2	44rosa	0,75 (0,50-0,88)	0,65 (0,33-0,85)	0,86 (0,64-1,00)
	41herb	0,75 (0,50-0,91)	0,87 (0,64-0,96)	0,64 (0,40-0,90)
	41herb + 6forraj	0,74 (0,36-0,89)	0,86 (0,44-0,96)	0,64 (0,33-0,90)
e3	41cad	0,75 (0,54-0,94)	1,00 (0,97-1,00)	0,57 (0,31-0,85)
	43brealt	0,74 (0,52-0,92)	0,95 (0,84-0,99)	0,57 (0,33-0,80)
	45abed	0,65 (0,39-0,85)	0,84 (0,54-0,98)	0,50 (0,24-0,77)
	42brebaj	0,63 (0,44-0,74)	0,43 (0,20-0,57)	0,93 (0,77-1,00)
	43escob	0,63 (0,35-0,84)	0,69 (0,27-0,94)	0,57 (0,24-0,80)
	41cad + 3roca	0,76 (0,50-0,89)	1,00 (1,00-1,00)	0,57 (0,25-0,80)
e4	45roble	0,70 (0,56-0,79)	0,49 (0,29-0,62)	1,00 (1,00-1,00)
	45roble + 42brebaj + 6forraj	0,75 (0,53-0,89)	0,72 (0,45-0,88)	0,79 (0,57-1,00)
e5	45conif	0,66 (0,39-0,84)	0,82 (0,63-0,93)	0,53 (0,25-0,80)
	44maris	0,66 (0,39-0,84)	0,59 (0,33-0,79)	0,73 (0,45-0,93)
	3tier	0,65 (0,46-0,76)	0,42 (0,17-0,57)	1,00 (1,00-1,00)
	1urb + 3tier + 45cad	0,80 (0,59-0,90)	0,64 (0,34-0,81)	1,00 (1,00-1,00)
e6				
e7	43rosa	0,65 (0,54-0,76)	0,45 (0,32-0,60)	0,94 (0,80-1,00)
	44sauce	0,65 (0,42-0,78)	0,42 (0,20-0,58)	1,00 (1,00-1,00)
	6macol	0,61 (0,33-0,81)	0,75 (0,26-0,97)	0,5 (0,20-0,74)
	3tier + 43rosa + 45eucal	0,76 (0,49-0,91)	0,71 (0,37-0,92)	0,81 (0,55-1,00)

Combinación de hábitats - Estratos ambientales individuales

La combinación de hábitats mejora apreciablemente su valor como indicadores de varios de los estratos individuales: e1, e4, e5 y e7 (tabla 2, filas en gris). Sin embargo, en los estratos e2 y e3 los valores de *IndVal* son mejores o similares en los hábitats individuales. En todos los casos las combinaciones de hábitats incluyen los hábitats que ya muestran buenas relaciones de forma individual. Es interesante señalar también la diferencia entre unos estratos y otros en el número de combinaciones de hábitats con alto valores de *IndVal* ($>0,7$). Mientras los estratos e1, e2, e3 y e4 no muestran demasiadas combinaciones diferentes (3, 7, 13 y 6 respectivamente), los estratos e5 y e7 sí lo hacen (49 y 44 respectivamente). Esto puede indicar un mayor número de hábitats característicos en los estratos de la comarca litoral, la mayoría de ellos fruto de usos antrópicos intensos. Por el contrario, en la montaña la diversidad de hábitats característicos es posiblemente menor, pero también estos tienen un mayor grado de naturalidad (Paracchini y Capitani, 2011). El estrato e6 no tiene ningún

indicador robusto individual o combinación de distintos hábitats, lo que podría indicar que es un estrato muy heterogéneo respecto a la leyenda de hábitats utilizada.

CONCLUSIONES

El análisis de especies indicadoras sirve para caracterizar los hábitats de los estratos ambientales de Cantabria, permitiendo conocer mejor la ecología de los tipos de vegetación y las características bióticas y de usos del territorio de estos estratos. No se han encontrado indicadores perfectos (IndVal=1), pero sí relaciones hábitats-estratos robustas que ayudan a entender mejor el territorio y, por consiguiente, suponen un apoyo importante para su gestión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEDIA J. (2005) Expansión en la franja litoral cantábrica de las planta exóticas invasoras. *Locustella* **2**, 85-89.
- BONET F.J., ZAMORA R., GASTÓN A., MOLINA C. Y BARRIEGO P. (2009) 4090. *Matorrales pulvinulares orófilos europeos meridionales*. MMAMRM. 122 p.
- BUNCE R.G.H., BOGERS M.M.B., ROCHE P., WALCZAK M., GEIJZENDORFFER I.R. Y JONGMAN R.H.G. (2011) *Manual for habitat and vegetation surveillance and monitoring*. Alterra Report 2154.
- BUSQUÉ J., MAESTRO M.G. Y JIMÉNEZ S. (2014) Estratificación ambiental de Cantabria: metodología, resultados y aplicaciones de interés pascícola. En Busqué, J. *et al.* (Eds) *Pastos y PAC 2014-2020*. pp 113-120. Potes: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- CALVO L., TÁRREGA R., LUIS E., VALBUENA L. Y MARCOS E. (2005) Recovery after experimental cutting and burning in three shrub communities with different dominant species. *Plant Ecology*, **180**, 175-185.
- DE CÁCERES M., LEGENDRE P. Y MORETTI M. (2010) Improving indicator species analysis by combining groups of sites. *Oikos*, **119**, 1674-1684.
- DUFRENE M. Y LEGENDRE P. (1997) Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, **67**, 345-366.
- HEGLAND S.J., JONGEJANS E. Y RYDGREN K. (2010) Investigating the interaction between ungulate grazing and resource effects on *Vaccinium myrtillus* populations with integral projection models. *Oecologia*, **163**, 695-706.
- LOIDI J., GARCÍA-MIJANGOS I., HERRERA M., BERASTEGI A. Y DARQUISTADE A. (1997) Heathland vegetation of the northern-central part of the Iberian Peninsula. *Folia Geobotanica*, **32**, 259-281.
- PARACCHINI M.L. Y CAPITANI C. (2011) *Implementation of a EU wide indicator for the rural-agrarian landscape*. JRC Scientific and Technical Reports. 90p.

**DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GERMINACIÓN DE
DIFERENTES POBLACIONES DE TRES ESPECIES DE HERBÁCEAS
MEDITERRÁNEAS: *Ampelodesmos mauritanica*, *Oryzopsis miliacea* Y
*Dactylis glomerata***

DETERMINATION OF GERMINATION PATTERNS OF DIFFERENT POPULATIONS OF THREE
MEDITERRANEAN PERENNIAL GRASSES: *Ampelodesmos mauritanica*, *Oryzopsis miliacea* AND *Dactylis
glomerata*

M. NIETO, E. BARAZA, J. CIFRE Y J. GULÍAS

Departamento de Biología. Universidad de las Islas Baleares. Crta Valldemossa Km7.5. Palma de Mallorca. Islas Baleares
(España). elena.baraza@uib.es.

RESUMEN

En este estudio se evaluó la germinación de tres poblaciones de tres especies de gramíneas perennes propias del mediterráneo, con múltiples aplicaciones y con potencialidad de ser usadas como fuente de biomasa: *Dactylis glomerata*, *Oryzopsis miliacea* y *Ampelodesmos mauritanica*. Para cada población de semillas se determinó el tamaño de las semillas y se realizó un ensayo de germinación cuantificando su germinación final y la velocidad medida como R'_{50} y *Peak Value*. La capacidad de germinación fue de casi el 100% en *A. mauritanica* ligeramente superior al 80% para *O. miliacea*, y superó el 70% en el caso de *D. glomerata*. El porcentaje de germinación final no varió entre las poblaciones de *A. mauritanica*, pero sí en el caso de *D. glomerata* y *O. miliacea*. Sin embargo, en las tres especies hubo al menos una población que presentó una velocidad de germinación distinta. El tamaño de las semillas no estuvo relacionado con la germinación en todos los casos. Se concluye así que existen diferencias en la dinámica germinativa de las poblaciones de estas especies, por lo que es necesario considerar su efecto la hora de seleccionar la población original para la producción de semillas para cultivo.

Palabras clave: tamaño de semilla, porcentaje de germinación R'_{50} , Peak Value, Poaceae.

SUMMARY

In this study we evaluated the germination of three populations of three species of Mediterranean perennial grasses, with multiple applications and potential to be used as a source of biomass: *Dactylis glomerata*, *Oryzopsis miliacea* and *Ampelodesmos mauritanica*. For each population the seed size, the final germination and the germination speed (measured as R'_{50} and *Peak Value*) were determined. The final germination was nearly 100 % in *A. mauritanica* slightly above 80% for *O. miliacea*, and exceeded 70 % in the case of *D. glomerata*. The final germination percentage did not vary among populations of *A. mauritanica*, but dit it in the case of *D. glomerata* and *O. miliacea*. In the three species at least one population had different germination speed. The seed size was not related to germination in all cases. It is concluded that there are differences in the germination dynamics of populations of these species, which indicates that it is necessary to consider their effect when selecting original populations to produce seeds for cultivation.

Key words: seed size, percentage of germination, R'_{50} , Peak Value, Poaceae.

INTRODUCCIÓN

El interés por la generación de energía a partir de fuentes renovables ha crecido exponencialmente durante los últimos años debido a la necesidad de recurrir a nuevas fuentes de energía, reduciendo así la excesiva dependencia de los combustibles fósiles. La obtención de biocombustibles ligno-celulósicos se lleva a cabo a partir de biomasa celulósica (tallos, hierbas, maderas...) en lugar de utilizar productos agrícolas que puedan ser destinados a la alimentación. De esta forma, se consigue una producción de biomasa más sostenible, barata y abundante que no compromete el cultivo de especies de plantas para la alimentación humana.

Se han producido muchos avances en las especies herbáceas perennes *Panicum virgatum* y *Miscanthus spp.* durante la última década, siendo destacable su potencial en muchas zonas de clima templado y subtropical (Smeets et al., 2009). Sin embargo, las zonas de clima mediterráneo, tradicionalmente menos productivas en seco, no han recibido suficiente atención en lo que respecta al estudio de especies herbáceas perennes potencialmente útiles en la producción de biomasa.

La siembra directa es actualmente el sistema de cultivo de gramíneas perennes para la generación de biomasa más barato (Clifton-Brown et al., 2011). Por ese motivo, es fundamental evaluar las dinámicas germinativas y sus requerimientos, pudiendo así determinar la viabilidad de su cultivo. En este contexto, en el presente trabajo se evalúa la capacidad y rapidez germinativa de tres poblaciones de tres especies de gramíneas perennes propias del mediterráneo, actualmente utilizadas con múltiples propósitos y susceptibles de ser utilizadas como fuente de biomasa. Las especies seleccionadas fueron *Dactylis glomerata* (L.), *Oryzopsis miliacea* (L.) y *Ampelodesmos mauritanica* (Poiret) T. Durand et Schinz.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la obtención de semillas, se recogieron durante los meses de finales de verano semillas de al menos cinco individuos distintos de tres poblaciones de Mallorca (Tabla 1).

Tabla 1: Localización y características pluviométricas de las poblaciones muestreadas.

Especies	Población	Localización	Pp (mm/año)
<i>D. glomerata</i>	Manacor	39° 34'N 3° 11'E	540
	El Toro	39° 29'N 2° 28' E	362
	Son Ferrer	39° 29'N 2° 29'E	343
<i>A. mauritanica</i>	Deià	39° 45'N 2° 29'E	880
	Esporles	39° 29'N 2° 28'E	760
	Es Canonge	39° 40'N 2° 34'E	760
<i>O. miliacea</i>	Esporles	39° 29'N 2° 28'E	680
	Alcudia	39° 50'N 3° 6'E	640
	El Toro	39° 29'N 2° 28'E	362

Se seleccionaron al azar 200 semillas de cada población, midiendo 30 de ellas en anchura y longitud con un pie de rey digital. Tras la caracterización de semillas, se inició el estudio comparativo de la capacidad de germinación de las poblaciones. Se distribuyeron 200 semillas de cada población sobre papel de filtro estéril a razón de 25 semillas por placa de Petri de plástico (8 réplicas por población, siendo el total 72 placas). Las semillas se dejaron incubar en una cámara de incubación alternando 12 horas a 20° C y 12 horas a 10° C, simulando las condiciones de temperatura diurnas y nocturnas en el mediterráneo en las épocas de mayor pluviometría (primavera y otoño). La germinación se dio por terminada cuando, durante varios recuentos, el total de semillas germinadas no variaba. Esto ocurrió a las 21 días para *D. glomerata* y *A. mauritanica* y a los 45 días para *O. miliacea*.

Cada placa se regó cada dos-cuatro días con 0,5-1 ml de agua destilada, de modo que el papel permaneciera permanentemente húmedo. Se llevó a cabo al mismo tiempo un seguimiento del número de semillas germinadas por placa. La visibilidad bajo lupa estereoscópica de la emergencia de la radícula fue seleccionada como criterio de germinación.

Análisis estadístico

Los resultados de cada especie se analizaron por separado para todas las variables consideradas. El tamaño de las semillas se analizó como anchura por longitud. El efecto de la población sobre el tamaño se analizó mediante ANOVA. Las variables respuesta consideradas fueron: germinación final (número total de semillas germinadas el último día de recuento), R'_{50} (número de días en que el 50% de las semillas germinaron) (Ching, 1959) y *Peak Value* o PV (máximo cociente resultante de dividir el número de semillas germinadas en un determinado día por el correspondiente número de días transcurridos) (Czabator, 1962).

La germinación final, R'_{50} y PV se analizaron con modelos lineales generalizados, ajustando la distribución en cada caso según fuese binomial (germinación) Poisson (R'_{50}) o normal (PV). Si se detectó sobredispersión, se ajustaron distribuciones de quasipoisson o quasibinomial según el caso. Todos los análisis estadísticos se realizaron con R y JMP ® 7, SAS Institute, Cary, NC. En todos los casos, tras aplicar el modelo estadístico, se revisó la distribución de residuales para asegurar que se cumplieran los requisitos de homocedasticidad.

RESULTADOS

Para la especie *D. glomerata*, las semillas procedentes de Manacor resultaron significativamente mayores que las de las otras poblaciones (Tabla 2), las cuales no presentaron entre ellas diferencias significativas en su tamaño. Para la especie *A. mauritanica*, los tamaños de las semillas de las tres poblaciones fueron significativamente distintos, siendo las semillas de Deià las mayores y las de Es Canonge las menores (Tabla 2). En cuanto a *O. miliacea*, las semillas oriundas de la playa de El Toro resultaron significativamente menores que las del resto de poblaciones. Los tamaños de las semillas de las poblaciones de Esporles y Alcudia no fueron significativamente diferentes (Tabla 2).

Tabla 2. Valores medios y error estándar para la longitud, la anchura y el tamaño de las semillas de cada población de las tres especies.

Especie	Población	Longitud (mm)	Anchura(mm)	Lon.-x An. (mm ²)
<i>Dactylis glomerata</i>	Manacor	2,100±0,051	0,625±0,021	1,320±0,061a
	Toro Playa	1,875±0,044	0,610±0,017	1,146±0,045b
	Son Ferrer	1,854±0,036	0,606±0,017	1,129±0,044b
<i>Ampelodesmos mauritanica</i>	Deià	6,598±0,072	1,128±0,018	7,466±0,178a
	Esporles	6,212±0,067	1,051±0,014	6,532±0,118b
	Es Canonge	5,691±0,105	1,026±0,013	5,853±0,149c
<i>Oryzopsis miliacea</i>	Esporles	2,056±0,030	0,872±0,018	1,794±0,047a
	Alcudia	1,879±0,022	0,882±0,014	1,659±0,036a
	Toro Playa	1,955±0,036	0,736±0,012	1,443±0,040b

Letras diferentes implican diferencias estadísticas para un test *a posteriori* de Tukey HSD.

Las poblaciones de *D. glomerata* resultaron ser diferentes estadísticamente en su germinación final ($\chi^2= 6,246$, $P= 0,044$; GLM-binomial). Las semillas procedentes de Son Ferrer germinaron en menor proporción que las de las otras dos poblaciones (Fig. 1). Se

encontraron además diferencias significativas para la velocidad medida como R'_{50} ($F= 4,717$, $P= 0,020$; GML-quasipoisson), pero no para PV ($F= 3,285$, $P= 0,574$; GLM-gaussiana). De nuevo, fueron las semillas procedentes de Son Ferrer las más lentas en germinar (Fig. 1).

En el caso de *A. mauritanica*, no se encontraron diferencias significativas en la germinación final entre poblaciones ($\chi^2= 0,887$, $P= 0,642$; GLM-binomial), llegando a germinar un porcentaje cercano a 100% de las semillas de las tres poblaciones (Fig. 1). Sin embargo, sí hubo diferencias para la velocidad de germinación cuantificada como R'_{50} ($F= 93,973$, $P= 3.334e-11$; GLM-quasipoisson) y como PV ($F= 68,125$, $P= 6,593e-10$; GLM-gaussiana). A pesar de presentar una germinación final igual, la población de Deia fue la más lenta en germinar, mientras que la velocidad de germinación inicial fue máxima en la población de Esporles (Fig. 1).

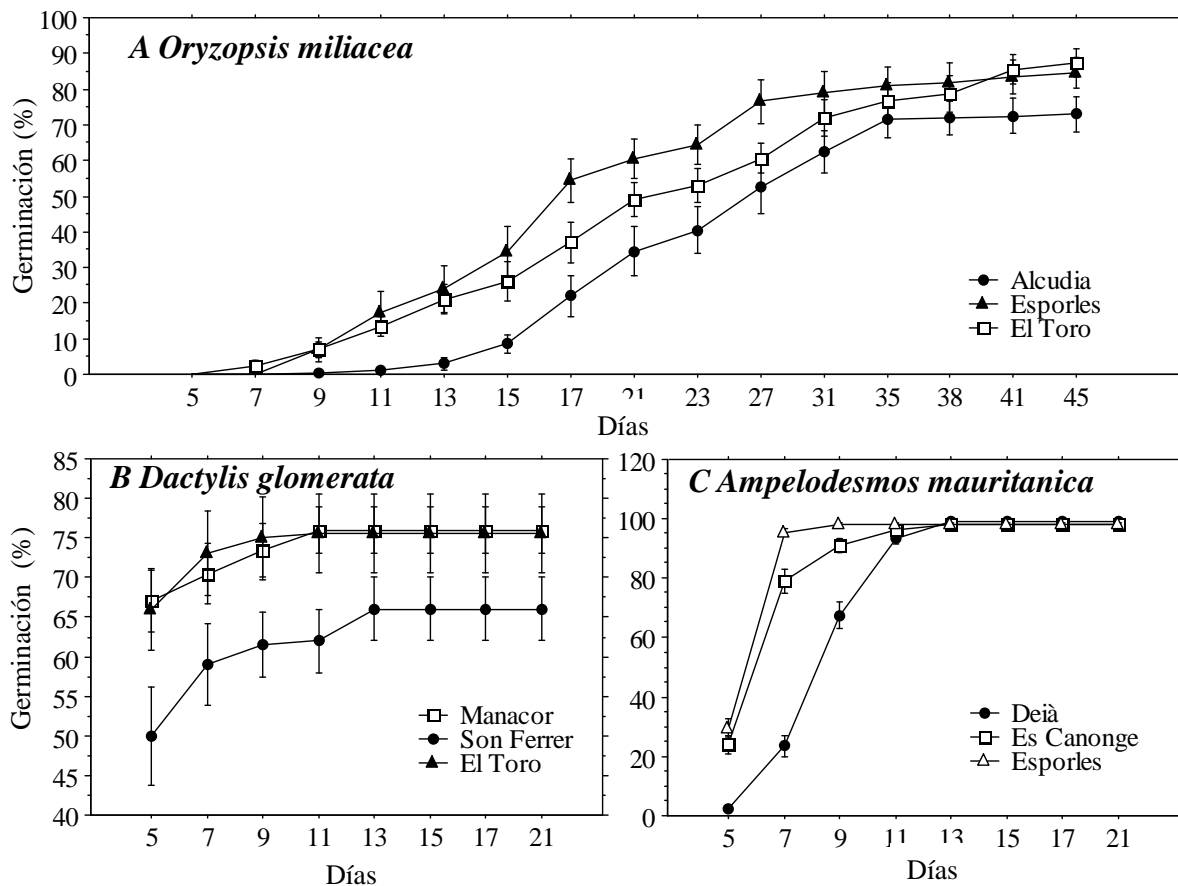


Figura 1: Valores medios de las 8 réplicas del porcentaje de semillas germinadas respecto al total de semillas para cada uno de los días de muestreo.

En cuanto a *O. miliacea*, las poblaciones muestreadas fueron estadísticamente diferentes en su germinación final ($\chi^2= 15,167$, $P= 0,0005$; GLM-binomial). La proporción de germinación fue menor en la población de Alcudia que en las otras dos poblaciones (Fig 1). La velocidad de germinación cuantificada como R'_{50} no fue diferente significativamente entre poblaciones ($F= 3,091$, $P= 0,067$; GLM-quasipoisson), pero sí lo fue medida como PV ($F= 5,308$, $P= 0,014$; GLM-gaussiana). Las semillas de Alcudia fueron también las más lentas en germinar, seguidas de las semillas de la playa de El Toro y de Esporles (Fig. 1).

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio muestran que las tres especies estudiadas manifiestan diferentes dinámicas de germinación, presentando así mismo diferencias intraespecíficas según la población de origen. Semillas más grandes pueden presentar mayores porcentajes de germinación (van Mólken et al., 2004) pero menor velocidad (Nelson et al., 1970). Para las especies consideradas esa relación no se da ni al comparar entre especies ni dentro de una misma especie ya que *O. miliacea*, aun presentando un tamaño de semilla mucho menor que *A. mauritanica*, fue claramente la especie con mayor dificultades para germinar, probablemente debido a la dormancia impuesta por el ácido abscísico contenido en las semillas y por el retraso en la absorción de agua inducido por el tegumento (McDonald y Khan, 1977).

De las poblaciones de *A. mauritanica*, la población de Deià fue la que más se demoró en germinar y la que presentó semillas más grandes. Estos resultados apoyan los obtenidos por Nelson et al. (1970), los cuales demostraron que individuos de la poácea *Taeniatherum caput-medusae* (L.) Nevski en un lugar más húmedo produjeron semillas más pesadas, que germinaron más lentamente que las procedentes de un lugar más seco y cálido. Sin embargo, en el caso de *D. glomerata*, las semillas de la población del El Toro, a pesar de presentar semillas menores que las de Manacor (localización más húmeda que el anterior), germinaron a igual velocidad y en igual proporción. Por tanto, el tamaño no parece ser determinante en esta especie.

La germinación de las poblaciones de *O. miliacea* fue muy irregular durante todo el periodo de incubación. El tamaño no pareció ser relevante para esta especie, pues la población de El Toro, que presentó las semillas significativamente más pequeñas, germinó en igual

proporción que las provenientes de Esporles, e incluso en mayor proporción y velocidad que las semillas procedentes de Alcudia.

En conclusión, bajo condiciones de temperatura propias del mediterráneo en primavera y otoño y humedad constante, *A. mauritanica* es capaz de germinar casi al 100% en oscuridad y las tasas de germinación de *D. glomerata* superan el 70%, mientras que, aun presentando porcentajes de germinación elevados, las semillas de *O. miliacea* germinan muy lentamente en comparación con las otras dos especies estudiadas. Por tanto, el éxito de la germinación en campo dependerá de la posibilidad de proporcionar las condiciones de germinación adecuadas para *D. glomerata* y *O. miliacea* que permitan alcanzar mayores tasas de germinación en menos tiempo, lo cual puede dificultar su cultivo.

Los resultados obtenidos evidencian diferencias en tamaño y en las capacidades germinativas entre las poblaciones de las tres especies estudiadas. Así pues, deberían considerarse las diferencias germinativas entre poblaciones a la hora de seleccionar la población original para la producción de semillas para su cultivo. El tamaño de la semilla puede ser un indicador de la velocidad de germinación en el caso de *A. mauritanica* pero no para *D. glomerata* y *O. miliacea*.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Antonia Romero y María Emilia Reina por su ayuda en el laboratorio. Este trabajo ha sido financiado por el proyecto “European project Optimization of Perennial Grasses for Biomass Production” (FP7; 289642) y una Beca de Colaboración del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte a M.N.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHING, T. (1959) Activation of germination in Douglas-fir seed by hydrogen peroxide *Plant Physiology*, **34(5)**: 557-563.
- CLIFTON-BROWN J., ROBSON P., SANDERSON R., HASTINGS A., VALENTINE J. Y DONNISON I. (2011) Thermal requirements for seed germination in *Miscanthus* compared with Switchgrass (*Panicum virgatum*), Reed canary grass (*Phalaris arundinaceae*), Maize (*Zea mays*) and perennial ryegrass (*Lolium perenne*). *Global Change Biology (Bioenergy)*, **3**: 375-378.
- CZABATOR F. (1962) Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science*, **8(2)**: 386-396.
- MCDONALD M. Y KHAN A. (1977) Factors determining germination of Indian ricegrass seeds. *Agronomy Journal*, **69(4)**: 558-563.

- NELSON J., HARRIS G. Y GOEBEL C. (1970) Genetic vs. environmentally induced variation in medusahead (*Taeniatherum asperum* [Simonkai] Nevski). *Ecology*, **51**: 526–529.
- SMEETS E., LEWANDOWSKI I. Y FAAIJ A. (2009). The economical and environmental performance of miscanthus and switchgrass production and supply chains in a European setting. *Renewal and Sustainable Energy Review*, **13**: 1230-1245.
- VAN MÖLKEN T., JORRITSAMA-WIENK L., VAN HOEKAND P. Y DE KROON H. (2004) Only seed size matters for germination in different populations of the dimorphic *Tragopogon pratensis* subsp. *pratensis* (Asteraceae). *American Journal of Botany*. **92**(3): 432-437.

EVOLUCIÓN DE NUTRIENTES DE *Brachypodium pinnatum* EN CUBIERTAS MULTIESPECÍFICAS Y EN CUBIERTAS DEGRADADAS

NUTRIENTS DYNAMIC OF *Brachypodium pinnatum* UNDER DEGRADED AND DIVERSE GRASSLAND COVERS

R.M. CANALS, M. DURÁN, L. MÚGICA Y L. SAN EMETERIO

Dpto. Producción Agraria. Universidad Pública de Navarra. Campus Arrosadia s/n. 31006 Pamplona (España).

rmcanals@unavarra.es.

RESUMEN

En algunos sectores del Pirineo Occidental la expansión del lastón, *Brachypodium pinnatum* (L.) P. Beauv, constituye un grave problema ambiental. Aunque la especie es un componente habitual de los pastos de montaña de la zona templada, ante determinadas circunstancias se expande agresivamente constituyendo cubiertas empobrecidas en especies, estables en el tiempo, que son rechazadas por el ganado. El trabajo presentado en esta comunicación se enmarca dentro de una serie de estudios cuyo objetivo es determinar si existen procesos de retroalimentación que favorecen el mantenimiento de esta especie y la estabilidad temporal de las comunidades degradadas. En concreto, comparamos la dinámica del carbono, el nitrógeno y el valor nutritivo de plantas de *B. pinnatum* desarrolladas en cubiertas degradadas (lastonares) y en pastos multiespecíficos a lo largo de una estación de crecimiento (primavera verano y otoño). El estudio concluye que en los pastos multiespecíficos los tejidos aéreos de *B. pinnatum* mantienen mayores valores de N y de proteína y embastecen más tardíamente que los desarrollados en los lastonares. Las áreas monopolizadas por *B. pinnatum* tienen tejidos con mayores contenidos de C y son menos digestibles para el ganado (mayores FND), lo que promueve una elevada acumulación de materia vegetal sobre el suelo.

Palabras clave: lastón, retroalimentación, C, N, calidad nutritiva.

SUMMARY

Brachypodium pinnatum(L.) P. Beauv is a native grass experiencing a rapid expansion in western Pyrenees, which causes a severe loss of diversity of the original grassland community. The areas affected remain temporally steady, without shrubland encroachment despite the low grazing activity. This work is part of a research aimed to detect the occurrence of feedback mechanisms explaining the expansion and stability of degraded covers. We compare nutrient dynamics of individuals of *B. pinnatum* developing in degraded and in diverse grasslands along a growing season and conclude that significant differences emerge between covers. In diverse grasslands, visited by livestock, aerial tissues of *B. pinnatum* display large contents of N and protein and delay the loss of digestibility. On the opposite, where *B. pinnatum* dominates, biomass has high C/N ratios and is less digestible to livestock due to high FND contents.

Keywords: tor grass, feedback mechanisms, C, N, nutritional quality.

INTRODUCCIÓN

Brachypodium pinnatum (L.) P. Beauv. es una gramínea ampliamente distribuida en pastos templados europeos. Aunque en medios pastados de media y alta montaña es un constituyente habitual de cubiertas multiespecíficas, ante determinadas circunstancias se expande agresivamente, degradando y ocasionando una pérdida de diversidad de los pastos originarios (Bobbink y Willems, 1993). En nuestro país, el proceso se ha observado y estudiado en los Pirineos Occidentales. Recientes investigaciones han demostrado que el uso del fuego controlado puede favorecer competitivamente a esta gramínea frente a otras, y favorecer su expansión (Canals *et al.*, 2014). Una vez establecida la especie, otros factores pueden promover su dominancia y estabilidad temporal. Las áreas invadidas por esta especie forman cubiertas prácticamente monófitas, que se perpetúan en el tiempo, temporada tras temporada, sin observarse apreciables cambios ni dinámicas de sucesión como debería esperarse ante la inexistencia de presión pastante en ellas.

Investigaciones previas proponen distintas características biológicas que explicarían la alta competitividad de *B.pinnatum*: capacidad de adaptación a distintos ambientes, potente sistema rizomatoso (Bobbink *et al.* 1988), desarrollo temprano de biomasa, gran capacidad de reproducción sexual y asexual (Schlapfer y Fischer, 1998), alta relación C/N (Hurst y John 1999) y escasa palatabilidad para el ganado (Buckland *et al.* 2001). Este trabajo se enmarca dentro de un amplio estudio que pretende identificar los procesos de retroalimentación que mantienen la estabilidad temporal de las cubiertas degradadas de *B. pinnatum*. En este trabajo estudiamos la dinámica temporal de nutrientes (C y N) y de parámetros nutritivos (proteína y fibra) de los tejidos aéreos y subterráneos de individuos de *B.pinnatum* desarrollados en pastos invadidos (lastonares) y en pastos multiespecíficos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el comunal del Valle de Aezkoa, en el Pirineo Navarro. Las comunidades de pasto del comunal ocupan una superficie de 2.340 ha y en primavera del 2013 se seleccionaron 8 zonas de muestreo, 4 de ellas en áreas donde *B.pinnatum* superaba el 80% de recubrimiento (lastonares) y otras 4 en zonas donde el recubrimiento oscilaba entre un 30-50% (pastos multiespecíficos) (Figura 1). Se realizaron tres muestreos temporales, en primavera (24 Abril y 7 Mayo), verano (2-3 Julio) y otoño (25 y 26 Septiembre). En cada una de las zonas, se eligieron cinco puntos de muestreo con una distancia entre ellos de 100-150

m y en cada punto se procedió a extraer un tepe de suelo y vegetación (15cm x 15cm x 15cm). Los 40 tepes/muestreo fueron conservados en fresco y trasladados al laboratorio donde se separó la parte aérea (verde y muerta) y la parte subterránea (rizomas con raíces) de los individuos de *B. pinnatum*, para su posterior pesaje y molienda. Las analíticas de C y N (análisis elemental por combustión) fueron realizadas por el servicio de Ionómica del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CSIC). Asimismo, se recogieron muestras de vegetación aérea en dos de los 5 puntos de cada zona (16 muestras/fecha) y se realizaron analíticas clásicas de Fibra Neutro Detergente (FND) y Proteína Bruta (PB) en el laboratorio agrario Nasertic.

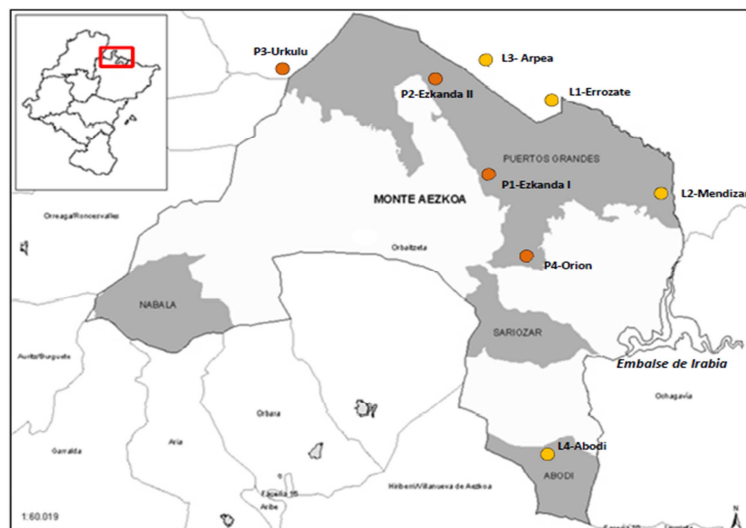


Figura 1. Localización del valle de Aezkoa y común del valle. En gris se indican las áreas de pasto. Los puntos indican las áreas muestreadas, tres de ellas en territorio francés.

El análisis estadístico se realizó con el programa R (R Core Team, 2012) mediante modelos lineales mixtos para cada tipo de tejido con el tipo de cobertura (lastonar y multiespecífico) y fecha de muestreo (abril, julio y septiembre) como efectos fijos y la localidad (8 zonas de muestreo) como efecto aleatorio. Los datos se transformaron mediante raíz cuadrática o logaritmo cuando fue necesario normalizarlos y mejorar la homogeneidad de la varianza. Se realizaron análisis posthoc mediante el test de Tuckey cuando $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dinámica del N y del C

Las poblaciones de *B. pinnatum* de los pastos multiespecíficos presentaron tejidos aéreos verdes más enriquecidos en N que las poblaciones de los lastonares a lo largo de toda la estación de crecimiento ($F=24,182$, g.l.= 1, $p<0,0001$) (Figura 2). El patrón de traslocación del N fue consistente en las dos tipos de cubiertas (no se produjo interacción entre cubierta y tiempo). Los porcentajes de N fueron máximos al principio de la temporada, tanto en la parte aérea verde ($>2,5\%$) como en la subterránea (1%), decrecieron en pleno verano y se invirtieron en otoño, aumentando en la parte subterránea y disminuyendo en la aérea ($F=35,796$, g.l.= 2, $p>0,0001$ parte subterránea; $F= 174,471$, g.l.= 2, $p<0,0001$ parte aérea). Las menores concentraciones de N en los tejidos aéreos verdes ocurrieron en otoño (52-62% del N presente en primavera) mientras que los mínimos en la parte subterránea se produjeron en pleno verano (72-81% del N presente en primavera). Los contenidos de N en los tejidos de nueva creación triplican los encontrados en las hojas muertas de la temporada pasada (materia muerta muestreo de abril). En estas últimas, los valores cercanos al 1% (Figura 3). sugieren que la traslocación de N de las partes aéreas a las subterráneas sigue produciéndose a lo largo de otoño, invierno y comienzos de primavera.

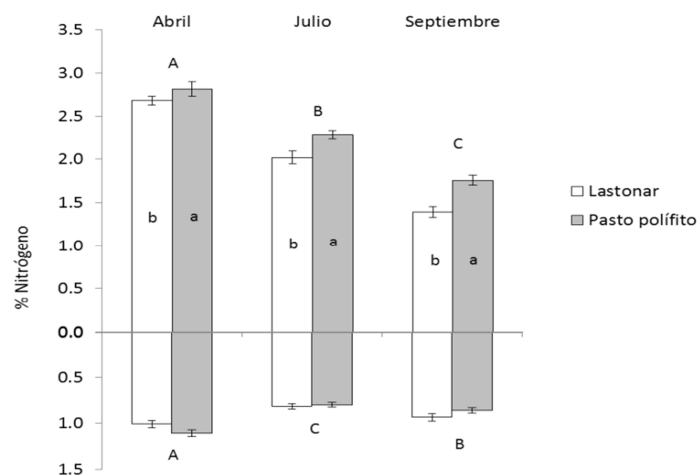


Figura 2. Concentraciones de Nitrógeno (en %) en los tejidos aéreos verdes (eje positivo) y subterráneos (eje negativo) de *B. pinnatum*. Distintas letras mayúsculas señalan diferencias significativas entre fechas de muestreo. Distintas letras minúsculas señalan diferencias significativas entre cubiertas. $P < 0,05$. Barras de error representan el error estándar.

Las diferencias observadas en los contenidos de N entre las dos cubiertas podrían relacionarse con los niveles de N edáfico. Este nutriente y la actividad funcional del suelo han sido estudiados por Durán (2013) y San Emeterio *et al.* (2014), que han comprobado que los suelos de los lastonares presentan una menor diversidad funcional microbiana y una mayor actividad de la enzima ureasa, aunque no se detectan diferencias significativas en los contenidos de N total y N inorgánico. Una mayor actividad ureasa parece indicar un ciclo del N más acelerado y podría suponer una mayor disponibilidad de N inorgánico en los lastonares. Sin embargo, el potente sistema radical desarrollado bajo los mismos (resultados no presentados) podría permitir unas mayores extracciones de este nutriente en el suelo. En consecuencia, los resultados de estas analíticas edáficas no ofrecen una fácil explicación al mayor contenido de N observado en los individuos de *B. pinnatum* desarrollados en pastos multiespecíficos. Otro aspecto que podría justificar las diferencias observadas es el estado fenológico de las poblaciones estudiadas. En las áreas invadidas, donde el pastoreo es muy escaso, la acumulación de necromasa al final de la estación, en otoño, es muy elevada y la fenología de la vegetación muestra un retraso importante en primavera (*obs. pers.*). Contrariamente, las cubiertas multiespecíficas en primavera reciben luz en sus estratos inferiores lo que favorece una mayor actividad fotosintética y un crecimiento más temprano, que explicaría los mayores contenidos de N observados a principios de temporada. En el resto de la estación, la actividad pastoral y la defoliación que sufren las cubiertas multiespecíficas asegurarían un mayor rebrote de *B. pinnatum* y, por lo tanto, la presencia de tejidos más tiernos y más ricos en N.

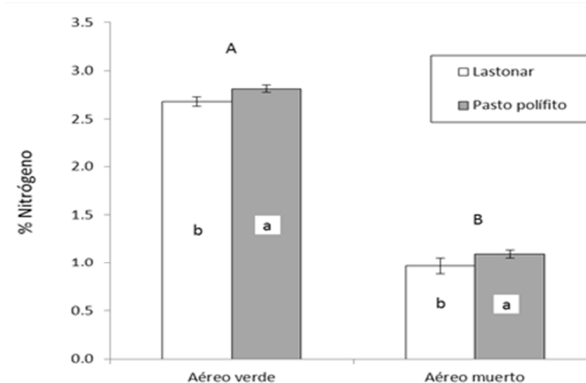


Figura 3. Contenidos de Nitrógeno (en %) en las hojas muertas del año anterior y en las hojas verdes del muestreo de primavera. Distintas letras mayúsculas señalan diferencias significativas entre tejido muerto y vivo. Distintas letras minúsculas señalan diferencias significativas entre cubiertas. $P < 0,05$. Barras de error representan el error estándar.

En los tejidos aéreos verdes, las concentraciones de C son siempre superiores en los lastonares ($F=7,1$; g.l. = 1, $p>0,01$) (Figura 4). Las mayores concentraciones de C en los tejidos aéreos se producen en el muestreo de inicio de primavera y van descendiendo en verano, al mismo tiempo que incrementan en la parte subterránea, lo que indica una temprana acumulación de fotoasimilados al rizoma ($F= 12,5$, g.l. = 2, $p>0,001$ parte aérea; $F= 5,17$; g.l. = 2, $p<0,001$ parte subterránea). Aunque los porcentajes estimados de traslocación de C son moderados (al final de la temporada los tejidos aéreos contienen el 98% del C contenido al inicio y no se constatan diferencias significativas entre hojas vivas y las hojas muertas de la temporada anterior), se observa un patrón a nivel subterráneo significativamente distinto entre poblaciones en primavera ($F= 1,2$; g.l. = 2, $p>0,06$). En este momento, la mayor concentración de C en la parte subterránea de los lastonares puede sugerir órganos subterráneos más viejos y más lignificados o una traslocación de C a la parte aérea retardada respecto a los pastos multiespecíficos, en concordancia al retraso en el desarrollo que se observa en campo, y que se ha comentado con anterioridad.

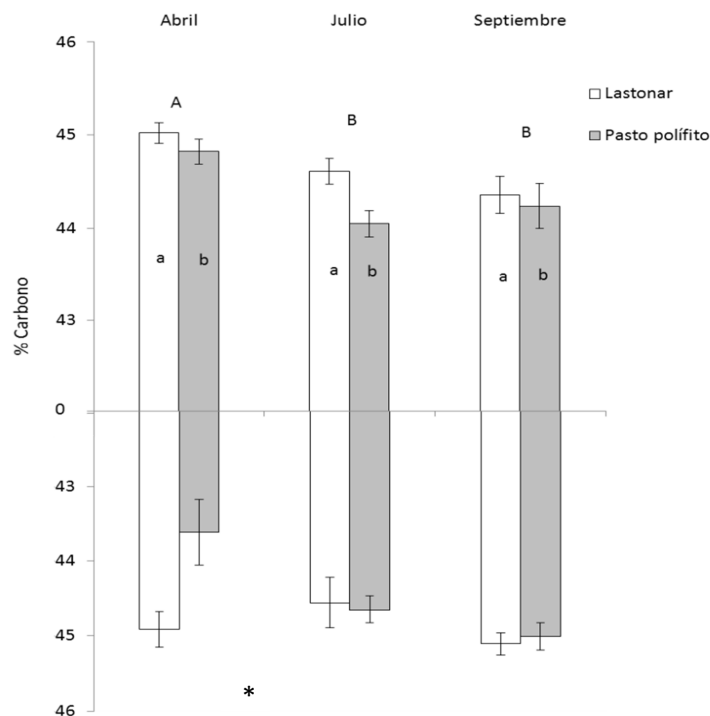


Figura 4. Concentraciones de Carbono (en %) en los tejidos aéreos verdes (eje positivo) y subterráneos (eje negativo) de *B. pinnatum*. Distintas letras mayúsculas señalan diferencias significativas entre fechas de muestreo. Distintas letras minúsculas señalan diferencias significativas entre cubiertas. $P < 0,05$.

Barras de error representan el error estándar.

Evolución del valor nutritivo

Los contenidos de proteína difirieron entre cubiertas y temporalmente (Tabla 1) y su dinámica siguió un patrón similar al observado para las concentraciones de N total en los tejidos aéreos. Dado que se empleó la misma metodología para determinar ambas formas de N (método Kjeldalh) los resultados eran esperables, aunque las analíticas de N total y N proteico fueron realizadas en distintos laboratorios por lo que la consistencia de los resultados confirma los patrones observados. Respecto a los contenidos de FND se observó un incremento temporal, más acusado a partir del mes de julio, que se tradujo en una interacción significativa entre fecha y tipo de cubierta (Tabla 1). Las plantas de pastos multiespecíficos presentaron menores FND que las plantas de los lastonares, corroborando la idea de un mayor rebrote y rejuvenecimiento de los tejidos en los individuos muestreados en pastos diversos, sometidos a herbivorismo.

Tabla 1. Datos promediados y resultados estadísticos de la Proteína Bruta y de la Fibra Neutro Detergente de individuos de *B. pinnatum* provenientes de lastonares y de pastos multiespecíficos.

Componente	Fecha	Promedio (% ms)		Análisis estadístico		
		Lastonar	Pasto multiespecífico	Cubierta	Fecha	Interacción
Proteína	Abril	18,35	20,04	F=18,54	F=145,59	F=0,968
	Julio	13,88	15,05	p<0,005	p<0,0001	p<0,392
	Septiembre	9,07	11,66			
FND	Abril	64,13	64,68	F=24,71	F=83,71	F=4.39
	Julio	67,25	65,21	p<0,002	p<0,0001	p<0,022
	Septiembre	72,76	70,87			

CONCLUSIONES

Las concentraciones de C y N de *B. pinnatum* difieren en función de la cubierta vegetal en que se desarrollan. En pastos multiespecíficos, frecuentados por ganado, los tejidos aéreos de *B. pinnatum* mantienen mayores valores de N y PB y embastecen más tardíamente que los desarrollados en lastonares escasamente pastados. Las áreas monopolizadas por *B. pinnatum* desarrollan una biomasa con mayores ratios C/N y menos digestible para el ganado (mayores FND), lo que promueve una elevada acumulación de materia vegetal sobre el suelo que podría dificultar el establecimiento de otras especies y la dinámica sucesional de la vegetación a pesar de la ausencia de presión pasante. Aunque las características del suelo

donde se asientan las poblaciones pueden jugar un rol que precisa más estudio, los resultados sugieren que el herbivorismo y el renuevo vegetal que implica son clave para explicar el patrón observado.

AGRADECIMIENTOS

El estudio fue financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación CGL2011-29746. Agradecemos la colaboración de Vicente Ferrer y Javier Pedro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOBBINK R., BIK L. Y WILLEMS JH. (1988) Effects of Nitrogen-Fertilization on Vegetation Structure and Dominance of *B. pinnatum* (L) Beauv in Chalk Grassland. *Acta Botanica Neerlandica*, **37**, 231-242.
- BOBBINK R. Y WILLEMS JH. (1993) Restoration Management of Abandoned Chalk Grassland in the Netherlands. *Biodiversity and Conservation*, **2** (6), 616-626.
- BUCKLAND SM., THOMPSON K., HODGSON JG. Y GRIME JP. (2001) Grassland invasions: effects of manipulations of climate and management. *Journal of Applied Ecology*, **38** (2), 301-309.
- CANALS R.M., PEDRO J., RUPEREZ E. Y SAN EMETERIO L. (2014) Nutrient pulses after prescribed winter fires and preferential patterns of N uptake may contribute to the expansion of *Brachypodium pinnatum* in highland grasslands. *Applied Vegetation Science*, **17**, 419-428.
- DURÁN M. (2013) *Análisis de nutrientes en B.pinnatum, producción, calidad y características de los suelos en los que se desarrolla: primeros muestreos*. Tesis Máster. Universidad Pública de Navarra.
- HURST A. Y JOHN E. (1999) The biotic and abiotic changes associated with *B. pinnatum* dominance in chalk grassland in southeast England. *Biological Conservation*, **88**, 75-84.
- R CORE TEAM (2012) R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- SCHLAPFER F. Y FISCHER M. (1998) An isoenzyme study of clone diversity and relative importance of sexual and vegetative recruitment in the grass *B. pinnatum*. *Ecography*, **21**(4), 351-360.
- SAN EMETERIO L., MÚGICA L, GUTIÉRREZ R., JUARISTI A., PEDRO J. Y CANALS RM (2013) Cambios en el nitrógeno edáfico tras la realización de quemadas controladas para mejora de pastos pirenaicos. *Pastos* **43** (2), 44-53.

COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y DIVERSIDAD DE PASTOS EN RÉGIMEN DE PASTOREO EN LA SIERRA DE MADRID

FLORISTIC COMPOSITION AND DIVERSITY IN GRAZED PASTURES IN THE MOUNTAINS OF MADRID

T. MARTÍNEZ Y E. MARTÍNEZ

Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural Agrario (IMIDRA). El Encín, Apdo 127. Alcalá de Henares, Madrid,
España: teodora.martinez@madrid.org.

RESUMEN

Se analiza la composición florística y diversidad de la vegetación herbácea durante la primavera en un sistema silvopastoral de la sierra de Guadarrama. Los tipos de pastos que se evalúan son xero-mesofíticos y mesofíticos pastados por vacas avileñas. Se evaluó cobertura, riqueza específica e índice de diversidad de Shannon del total de la vegetación y de los distintos grupos funcionales; gramínoles (gramíneas y ciperáceas-juncáceas), leguminosas y otras familias. No se observó diferencia significativa entre zonas respecto a la cobertura del grupo de las gramínoles; sin embargo, sí que mostraron diferencia el grupo de las leguminosas y el de otras familias. La riqueza de especies del grupo de las gramínoles y las leguminosas no mostraron diferencia entre las zonas, pero sí se observó diferencia del grupo de otras familias. La menor diversidad de Shannon, riqueza de especies y cobertura del grupo de otras familias se observó en la zona con un manejo más intensivo, lo que implicaría que el corte para la henificación y el continuado pastoreo de estos enclaves disminuye la biodiversidad.

Palabras clave: biodiversidad, grupos de herbáceas, otras familias, sistema extensivo.

SUMMARY

Floristic composition, diversity and species richness of herbaceous vegetation were analyzed in spring in a silvopastoral system in the Guadarrama Range (Madrid, Spain). The studied grasslands, primarily xero-mesophytic and mesophytic, were grazed by a herd of Avileña cattle. Floristic composition was analysed on the basis of the cover of the different species, also evaluating functional groups (graminoids, legumes and other families). No significant difference between zones was found in the cover of the graminoids group, while the legumes and other families groups did show differences. Species richness in the graminoids and legumes groups showed no differences between zones, while the other families group did so. The lowest diversity and species richness, and cover of the group "other families" was found in the zone more intensively managed, implying that hay mowing and continuous grazing in these areas reduces biodiversity.

Key words: biodiversity, plant groups, other families, grazing.

INTRODUCCIÓN

En un sistema silvopastoral se diferencian distintos tipos de pastos dependiendo de múltiples factores. Consiguientemente, la composición y estructura de las comunidades vegetales dependerá de la interacción con características climáticas, geofísicas, y de uso y gestión, ligadas éstas últimas a las actividades antrópicas. Entre estas actividades está el pastoreo y la utilización de los recursos pascícolas por el ganado en forma de heno. Por otra parte, la diversidad es una característica estructural relacionada con el nivel de organización de las comunidades, por lo que en general se admite que tiende a incrementarse en el curso de la sucesión (Tárrega *et al.*, 1991). Sin embargo, en zonas de pastoreo, la acción del ganado y el tipo de manejo afectará a la composición y diversidad de los pastos. Así pues, el objetivo de este trabajo ha sido analizar la composición florística, riqueza específica e índice de Shannon de las comunidades pascícolas en primavera, en 4 zonas o tipos de pasto utilizados por ganado vacuno en un sistema silvopastoral adhesado en la Sierra de Madrid y, a la vez, identificar factores del manejo del ganado en relación con los resultados obtenidos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica en la zona media de la sierra de Guadarrama, en la finca de Riosequillo (Buitrago de Lozoya). Es una finca adhesada de 147,7 ha, propiedad de la comunidad de Madrid que se aprovecha en régimen de pastoreo por ganado vacuno de raza Avileña pura (50 vacas y sus crías correspondientes). Se ha analizado la cobertura, índice de diversidad de Shannon y riqueza de especies de las comunidades herbáceas en 4 zonas de la finca (zonas 1, 2, 3 y 4), las mismas donde se evaluó su producción y calidad en trabajos anteriores (Martínez *et al.*, 2014). Siguiendo a San Miguel *et al.* (2009), los pastos estudiados de las zonas 1 y 2 serían pastos xero-mesofíticos, encuadrados en la serie *Junipero oxicedri-Quercus rotundifoliae*, e incluirían majadales, vallicares y pastos terofíticos de suelos ácidos. La zona 1 está ubicada en las áreas más altas de la finca, mientras que la zona 2 se encuentra en áreas algo más bajas. Las zonas 3 y 4 representan pastos mesofíticos que corresponderían a la serie de las fresnedas supramediterráneas y mayoritariamente silicícolas *Fraxino angustifoliae-Quercus pyrenaicae*. La zona 3 la componen principalmente prados de diente formados por pastoreo continuo, vallicares y prados de siega. La zona 4 la forman prados de siega que se riegan en mayo y junio, se siegan para heno en julio y posteriormente se pastan en otoño e invierno. En cada zona se diferenciaron 5 parcelas en función de distintas

características geomorfológicas y del grado de cobertura de la vegetación leñosa y herbácea. El muestreo de la vegetación se realizó en los días previos a entrar las vacas a pastar (10, 19 y 26 de mayo y 2 de junio de 2010 para las zonas 1, 2, 3 y 4, respectivamente). La superficie de cada parcela fue la determinada por un círculo de 30 metros de radio. En cada una de ellas se distribuyeron al azar 5 cuadrados de 50 cm de lado donde se estimó la cobertura de cada una de las especies herbáceas existentes, obteniéndose así en cada zona 25 muestras. La cobertura de cada una de las especies herbáceas se evaluó a partir de la estima visual del porcentaje del suelo cubierto por cada una de ellas en cada marco de muestreo (0,25m²). Se calculó la diversidad biológica a partir de la Riqueza (S) = número total de especies registradas y de la Diversidad de Shannon (H') = $-\sum p_i \ln p_i$, donde p_i = la cobertura relativa de la especie. Los datos de cobertura y número de especies de cada grupo funcional, así como los de diversidad de Shannon y riqueza de especies de las 4 zonas estudiadas se trataron mediante análisis de varianza (ANOVA) considerando como efecto fijo la zona. La unidad de análisis fue la parcela, utilizando 5 muestras por zona, obtenidas de la media de las 5 pseudo-replicas muestreadas en cada parcela. Las variables analizadas cumplieron las asunciones de distribución normal y homocedasticidad. Las variables expresadas en porcentajes fueron transformadas mediante arcoseno de la raíz cuadrada del valor representado en proporción. Las diferencias entre medias se probaron mediante el test LSD, utilizando el programa STATISTICA 8.0. A partir de la correlación de Pearson se relacionaron los valores de cobertura de la composición florística de las cuatro zonas. Igualmente, se relacionó la riqueza de especies con la diversidad de Shannon.

RESULTADOS Y DISCUSION

Composición florística

La Tabla 1 muestra la composición florística de las 4 zonas o tipos de pasto estudiados. El grupo funcional más abundante en las 4 zonas fue el de las “gramínoides”, que no mostraron diferencias significativas entre ellas (Tabla 2). El porcentaje de cobertura fluctuó entre el 70,3 % en la zona 4 y el 54,7 % de la zona 1. Sin embargo, la cobertura representada por las distintas especies varió cuantitativa y cualitativamente. Así, en la zona 1 destacaron *Poa bulbosa*, *Festuca ampla*, *Agrostis castellana*, *Vulpia ssp.*, que presentaron cantidades que fluctuaron entre el 12,8 % de *Poa bulbosa* y el 12,3 % de *Vulpia ssp.* Las tres primeras especies fueron las más consumidas por las vacas en el área de estudio (Martínez y

Abad, 2013). En la zona 2, *Poa bulbosa* presentó una gran relevancia con un 34,5 %, especie que tiene un gran interés para el ganado en primavera y en el otoño debido a su persistencia y capacidad de rebrote; le siguieron con cantidades bastante inferiores, en torno al 4 %, *Agrostis castellana*, *Dactylis glomerata*, *Vulpia* ssp. Los pastos mesofíticos de las zonas 3 y 4 variaron en composición con respecto a los xeromesofíticos, especialmente los de la zona 4. En la zona 3, área de fresnedas, las especies más abundantes fueron *Agrostis castellana*, *Bromus hordeaceus*, con coberturas en torno al 13 %, y *Festuca ampla*, *Vulpia* ssp y *Antoxanthum odoratum*-*A. aristatum* con cantidades cercanas al 7 %. En la zona 4 las especies más abundantes fueron *Bromus hordeaceus* (16,1 %), *Hordeum murinum* (12,3 %), *Poa annua* (9 %). En ésta zona la abundancia de plantas nitrófilas sugiere un exceso de carga ganadera que no sería por número de animales, si no porque el ganado permanece bastante tiempo por cuestiones de manejo, querencia, proximidad a las zonas de suplementación durante otoño e invierno, lo que produce un aumento de plantas de mala calidad, competitivas y que consiguen eliminar otras especies de mayor calidad.

La cobertura representada por el grupo de las “leguminosas” fluctuó entre el 21,3 % de la zona 4 y el 8 % de la zona 1, siendo en las otras dos zonas en torno al 15 %. Son cantidades relativamente importantes para ser utilizadas por el ganado dado que contienen un alto valor proteico (Martínez *et al.*, 2014). El grupo mostró diferencias significativas entre zonas ($F_{3,16}=6,29$, $P=0,01$) y en la comparación de medias se observó diferencias de la zona 1 con respecto a las zonas 3 y 4, generalmente más húmedas. En la zona 4 es donde más abundaron las leguminosas y especialmente especies del género *Trifolium*, como *T. repens* (6 %), *T. pratense* (2,8 %), *T. cernuum* (2 %). Muchas de estas especies estarían bien adaptadas al corte y pastoreo; sin embargo, observaciones recientes de la zona muestran disminución de leguminosas e invasión de especies poco deseables, como *Hordeum murinum*. En la zona 3 destacaron especies de los géneros *Trifolium*, *Vicia*, *Ornithopus*, especialmente *T. subterraneum*, con un porcentaje cercano al 4 %, fundamentando en parte la calidad que generalmente presentan los pastos de zonas de fresnedas. El segundo grupo funcional de importancia en casi todas las zonas estudiadas, menos en la zona 4, fue el de “otras familias”; la comparación de medias mostró diferencias entre la zona 1, 2 y 3 respecto a la 4 (Tabla 2). Este grupo fue especialmente importante en la zona 1 (37,3 %), siendo las especies más abundantes *Ranunculus paludosus*, *Bellis perennis*, *Alyssum granatense*, *Chamaemelum mixtum*, *Cerastium semidecandrum* y *Plantago lanceolata*, con rangos entre el 3% y 1,9%.

Tabla 1. Composición florística: Cobertura en % de las especies herbáceas identificadas en las cuatro zonas o tipos de pasto estudiados en la Finca de Riosequillo.

Graminoides	Z. 1	Z. 2	Z. 3	Z. 4	Otras familias (Cont.)	Z. 1	Z. 2	Z. 3	Z. 4
<i>Agrostis castellana</i>	10,9	3,9	13,1	0,7	<i>Bellis annua</i>	–	–	2,3	–
<i>Aira caryophylla</i>	0,4	2,1	1	–	<i>Bellis perennis</i>	2,6	2,1	–	–
<i>Airopsis tenella</i>	–	1,3	–	–	<i>Brassica barrelieri</i>	0,1	–	–	–
<i>Anthoxantum aristatum</i>	0,3	0,2	3,6	3	<i>Bupleurum gerardi</i>	0,1	–	–	–
<i>Anthoxantum odoratum</i>	–	–	3	6,6	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	0,6	0,4	–	0,5
<i>Arrhenatherum album</i>	–	2	0,9	–	<i>Cardamine hirsuta</i>	0,1	–	–	–
<i>Avena barbata</i>	–	–	0,1	–	<i>Carduus tenuiflorus</i>	–	0,1	–	–
<i>Avenula bromoides</i>	–	–	0,1	–	<i>Centarurea alba</i>	–	0,7	–	–
<i>Bromus hordeaceus</i>	–	–	12,9	16,1	<i>Cerastium brachypetalum</i>	1	0,4	0,7	–
<i>Bromus sterilis</i>	–	1,1	0,9	–	<i>Cerastium glomeratum</i>	0,3	–	0,1	–
<i>Bromus tectorum</i>	0,2	0,3	–	–	<i>Cerastium semidecandrum</i>	2,1	–	0,1	0,2
<i>Cynodon dactylon</i>	–	–	–	0,1	<i>Chamaemelum mixtum</i>	2,4	–	–	–
<i>Cynosurus cristatus</i>	–	–	2	0,3	<i>Chamaemelum nobile</i>	–	–	–	0,6
<i>Dactylis glomerata</i>	0,5	3,9	0,3	0,3	<i>Convolvulus arvensis</i>	0,4	–	–	0,5
<i>Festuca arundinacea</i>	0,1	–	–	–	<i>Crepis vesicaria</i>	–	0,1	–	–
<i>Festuca ampla</i>	11,4	3,4	6,5	4,6	<i>Daucus carota</i>	0,1	–	–	–
<i>Holcus mollis</i>	–	–	0,9	–	<i>Echium plantagineum</i>	–	–	–	0,1
<i>Hordeum murinum</i>	–	–	–	12,3	<i>Erodium cicutarium</i>	0,6	0,4	0,4	–
<i>Lolium perenne</i>	–	–	–	2,1	<i>Erophyla verna</i>	0,3	0,3	–	–
<i>Mibora minima</i>	0,3	0,1	–	–	<i>Eryngium campestre</i>	–	0,3	–	0,1
<i>Molineriella laevis</i>	2,8	–	–	–	<i>Filago pyramidata</i>	–	0,2	–	–
<i>Nardus stricta</i>	1,1	–	–	–	<i>Filipendula vulgaris</i>	–	–	3,1	–
<i>Phleum pratense</i>	–	–	2,2	–	<i>Galium aparine</i>	–	0,2	0,1	–
<i>Poa annua</i>	–	–	–	9	<i>Galium parisiense</i>	0	0,9	0,5	–
<i>Poa bulbosa</i>	12,8	34,5	1,6	0,1	<i>Geranium lucidum</i>	1,5	–	–	–
<i>Vulpia ciliata</i>	2,8	0,3	–	–	<i>Geranium molle</i>	0,3	2,7	0,1	–
<i>Vulpia bromoides</i>	3,5	3	4	6,7	<i>Geranium robertianum</i>	–	–	2,9	–
<i>Vulpia myuros</i>	3	0,6	–	–	<i>Geranium rotundifolium</i>	0,9	0,1	0,2	–
<i>Vulpia muralis</i>	3	–	2,2	3	<i>Herniaria glabra</i>	0,1	0	–	–
<i>Carex divisa</i>	–	–	1,9	0,8	<i>Hydracium pilosella</i>	0,8	0,6	0,8	–
<i>Carex divulsa</i>	1,4	0,1	2	–	<i>Hypochoeris glabra</i>	1,4	0,3	–	0,2
<i>Juncus articulatus</i>	–	–	–	0,1	<i>Hypochoeris radicata</i>	0,9	–	1,1	1,1
<i>Juncus bufonius</i>	–	–	0,1	0,5	<i>Lamium amplexicaule</i>	–	0,2	–	–
<i>Juncus squarrosus</i>	–	–	–	4,1	<i>Leontodon taraxacoides</i>	0,1	0,5	0,1	0,4
<i>Luzula campestris</i>	0,3	–	0,4	–	<i>Lepidium heterophyllum</i>	–	–	0,1	–
Leguminosas					<i>Logfia gallica</i>	–	0,1	–	–
<i>Lathyrus angulatus</i>	–	0,1	–	–	<i>Merendera bulbocodium</i>	0,3	–	0,9	–
<i>Lotus corniculatus</i>	–	0,2	0,7	0,7	<i>Moenchia erecta</i>	0,4	0,5	0,1	–
<i>Medicago polymorpha</i>	–	–	0,2	–	<i>Myosotis discolor</i>	0,5	2,6	–	–
<i>Ornithopus compressus</i>	1,3	1,3	1,9	0,7	<i>Myosotis sp.</i>	–	–	1,3	–
<i>Ornithopus perpusillus</i>	–	–	0,1	–	<i>Parentucelia viscosa</i>	1,6	0,1	–	–
<i>Trifolium angustifolium</i>	–	0,1	–	–	<i>Petrorhagia prolifera</i>	–	1,3	–	–
<i>Trifolium campestre</i>	0,3	1,1	0,8	–	<i>Plantago holostium</i>	–	1,9	–	–
<i>Trifolium cernuum</i>	0,5	–	–	4,8	<i>Plantago lanceolata</i>	1,9	0,8	–	1,1
<i>Trifolium dubium</i>	1	1,6	1,8	1,6	<i>Ranunculus bulbosum</i>	0,2	0,4	2,9	0,3
<i>Trifolium glomeratum</i>	0,1	0,2	0,4	2,1	<i>Ranunculus paludosus</i>	3	–	1,9	–
<i>Trifolium hirtum</i>	2,7	–	–	–	<i>Romulea bulbocodium</i>	0,2	0,1	0,6	0,2
<i>Trifolium repens</i>	1	0,3	1,0	5,9	<i>Rumex acetosella</i>	0,7	0,7	0,8	0,1
<i>Trifolium striatum</i>	–	0,1	0,1	2,7	<i>Rumex papillaris</i>	–	–	0,1	–
<i>Trifolium strictum</i>	0,2	–	2,5	2,4	<i>Saxifraga granulata</i>	0,6	–	0,3	–
<i>Trifolium subterraneum</i>	–	3,5	4	0,5	<i>Senecio vulgaris</i>	1,5	–	–	–
<i>Vicia bengalensis</i>	–	–	0,1	–	<i>Sherardia arvensis</i>	0,1	0,2	0,1	–
<i>Vicia sativa</i>	0,9	3	2	0,1	<i>Sisymbrium runcinatum</i>	0	0,1	–	–
<i>Vicia spp.</i>	–	2	–	–	<i>Stellaria media</i>	0,7	0,5	–	–
Otras familias					<i>Taraxacum sp.</i>	0,2	0,4	–	–
<i>Alyssum granatense</i>	2,4	1	0,1	0,6	<i>Teesdalia coronopifolia</i>	0,7	0,1	0,5	–
<i>Anaciclus clavatus</i>	–	–	–	0,1	<i>Thapsia villosa</i>	0,2	–	–	–
<i>Anthemis arvensis</i>	0,1	0,3	0,4	1,6	<i>Tuberaria guttata</i>	–	0,1	–	–
<i>Anthriscus caucalis</i>	–	0,5	–	–	<i>Valerianella coronata</i>	0,6	–	0,1	–
<i>Aphanes arvensis</i>	–	0,2	–	–	<i>Veronica arvensis</i>	1,2	2,2	0,5	–
<i>Aphanes microcarpa</i>	1,3	1,5	1,1	–	<i>Viola kitaibeliana</i>	0,3	1,2	–	–
<i>Asphodelus spp.</i>	0,1	1,2	–	0,3	Otras < 0,1 +Indeterminadas	1,6	1,2	0,4	0,4

En la zona 2, destacaron *Geranium molle*, *Myosotis discolor*, *Veronica arvensis*, *Bellis perennis*, con coberturas en torno al 2 %. En la zona 3 las especies más relevantes fueron *Filipendula vulgaris*, *Geranium robertianum*, *Ranunculus bulbosum*, *Bellis annua*, *Ranunculus paludosus*, con rangos entre 3,1% y 1,9 %. En la zona 4 es donde menos representado ha estado el grupo de otras familias (8,4 %), suponiendo *Anthemis arvensis*, *Hypochoeris radicata* y *Plantago lanceolata* en torno al 1,5 %. El grupo de otras familias ha sido abundante en los pastos de majadales, vallicares y enclaves con fresnedas, zonas que aprovecha el ganado principalmente en primavera y verano. Este grupo de plantas, aparte de presentar cierto interés en la alimentación del ganado por su relativamente alto contenido en proteína y menor contenido en fibras y ligninas que las gramíneas (Martínez *et al.*, 2014; Reine *et al.*, 2010), cumple funciones ecológicas como aumentar la biodiversidad, diversificar y diferenciar enclaves y paisajes, valores que son importantes con vistas a la conservación de hábitats y de los ecosistemas rurales.

Se identificaron relaciones entre los valores de cobertura de las distintas especies de las zonas estudiadas, así se observó correlación significativa entre las zonas de los pastos xeromesofíticos (r Pearson = 0,63; $p < 0,01$; $n = 128$); entre las zonas 1 y 3 (r Pearson = 0,49; $p < 0,05$; $n = 128$) y entre los pastos mesofíticos (r Pearson = 0,52; $p < 0,05$; $n = 128$). Pero no se observaron relaciones entre la cobertura de especies de los pastos xeromesofíticos con la cobertura de los pastos de la zona 4, ni tampoco de la cobertura de especies de la zona 2 con la de la zona 3. La abundancia de *Poa bulbosa* en la zona 2 podría haber contribuido a no existir relación entre ambas zonas, ya que en la zona 3 la especie fue muy escasa.

Tabla 2. Medias de cobertura (%), del nº de especies de los grupos funcionales, de la riqueza específica (S) y del índice de diversidad de Shannon (H'). En cada columna, medias con letras distintas difieren significativamente entre zonas (test LSD, $p < 0,05$).

Zonas	Cobertura			Nº de especies			S	H'
	%Gram	%Leg	%Otras	Gram	Leg	Otras		
Zona 1	54,7	8,0a	37,3a	7	5	22ab	35a	2,6
Zona 2	56,8	13,6ab	29,6a	8	6	25a	39a	2,5
Zona 3	59,6	15,7b	24,7a	10	7	17b	38a	2,7
Zona 4	70,3	21,3b	8,4b	9	7	8c	24b	2,1

Riqueza de especies y diversidad de Shannon

En el conjunto de los pastos estudiados se detectaron 128 especies herbáceas, fluctuando entre 83 en la zona 1 y 48 en la zona 4, observándose 72 y 75 especies en las zonas 2 y 3 respectivamente. El índice de Shannon fluctuó entre 3,4 de las zonas 1 y 3, y 2,6 de la zona 4, siendo el de la zona 2, de 3,1. Los pastos xeromesofíticos con un pastoreo menos intensivo fueron los más diversos, pero también habían presentado la mayor calidad y menor producción (Martínez *et al.*, 2014). Por el contrario, los pastos de la zona 4, con un manejo más intensificado por riego y mayor presión del pastoreo, mostraron una diversidad y riqueza de especies mucho menor y una mayor producción y menor calidad que los xeromesofíticos (Martínez *et al.*, 2014). Resultados similares encontraron Reiné *et al.*, (2010) en pastos del Pirineo con distinto grado de intensificación. En general, una mayor producción implica menor riqueza específica, aunque condiciones climáticas y otros factores podrían afectar este criterio (López-Carrasco *et al.*, 2013).

Se observó diferencia significativa de la riqueza de especies entre las zonas ($F_{3,16}=3,61$, $P<0,05$) y la comparación de medias mostró diferencias de las zonas 1, 2 y 3 con respecto a la zona 4 (Tabla 2). Sin embargo, no se observó diferencia significativa entre zonas del índice de diversidad de Shannon (Tabla 2). Entre ambos parámetros, diversidad de Shannon y riqueza de especies se identificó una estrecha relación (r Pearson = 0,74; $p<0,01$; $n=20$).

Por grupos funcionales, la riqueza de especies del grupo de las gramíneas no mostró diferencia significativa entre zonas, al igual que la riqueza de especies de las leguminosas. Por el contrario, respecto a la riqueza de especies del grupo de otras familias sí se observaron diferencias entre los pastos estudiados, con el menor número de especies en la zona 4 (Tabla 2). Técnicas de gestión como un pastoreo rotacional de acuerdo con la fenología de los pastos, continuado posteriormente y no demasiado intensivo ha favorecido la biodiversidad, y la riqueza de especies especialmente en el grupo de otras familias, en contraposición al pastoreo más intensivo y siega para la henoificación.

CONCLUSIONES

En los 4 tipos de pastos el grupo de gramíneas fue el que ocupó la mayor cobertura.

La mayor riqueza de especies se obtuvo en los pastos xeromesofíticos y la mayor diversidad de Shannon se obtuvo en la zona 1 y 3 de los pastos xeromesofíticos y mesofíticos.

La menor diversidad, y el menor número de especies y cobertura del grupo de otras familias se observó en la zona 4, lo que implicaría que el corte para henificación y el continuado pastoreo de estos enclaves disminuyen la biodiversidad.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo forma parte de un proyecto de investigación financiado por el IMIDRA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- LOPEZ-CARRASCO C., GOMEZ M.G., CARPINTERO J.M., BRAÑAS J. Y ROIG S. (2013) Efecto de la aplicación de fertilizantes de nueva generación en la dehesa toledana: producción, diversidad y composición florística de los pastos herbáceos. En: Olea L. *et al.* (Eds) *Los pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades*, pp 545-552. Badajoz. España: SEEP.
- MARTÍNEZ T. Y ABAD M. (2013) Implicaciones del manejo del ganado y los recursos en la dieta de la vaca avileña en una zona de la Sierra de Guadarrama. En: Olea L. *et al.* (Eds) *Los pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades*, pp 457-464. Badajoz. España: SEEP.
- MARTÍNEZ, T., URQUIA J.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 2014-2020*, pp 421-428. Potes (Cantabria).España: SEEP.
- REINÉ R., CHOCARRO C., JUÁREZ A., BARRANTES O., MAESTRO M., BROCA A Y FERRER C. (2010) Riqueza específica de prados pirenaicos y su incidencia en el valor nutritivo. En: Calleja *et al.* (Eds) *Pastos: fuente natural de energía*, pp 189-194. Zamora. España: SEEP.
- TÁRREGA R., CALVO L. Y LUIS CALABUIG E. (1991) La diversidad como indicador del grado de recuperación en comunidades con predominio de especies que se regeneran vegetativamente tras perturbaciones. En: Pineda *et al.* (Eds) *Diversidad biológica*, pp 231-233. Madrid. España: F. Arecos-Adena/WWF-SCOPE.
- SAN MIGUEL A. (coord.) (2009) *Los Pastos de la Comunidad de Madrid. Tipología, cartografía y evaluación*. Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio. Madrid.

EFFECTOS DE LA RETIRADA DEL PASTOREO EN PASTOS DE ALTA MONTAÑA: EL CASO DE PASTOS DE *Festuca eskia*, Ram. EN EL PN DE AIGÜESTORTES (LLEIDA)

EFFECTS OF GRAZING CESSATION IN HIGH MOUNTAIN GRASSLANDS: THE CASE OF *Festuca eskia*, Ram. IN SPANISH PYRENEES

R. FANLO Y M. BOU

Departamento de Producción Vegetal y Ciencia Forestal. Universidad de Lleida. Rovira Roure 191. 25198 Lleida. (España).

fanlo@pvcf.udl.es.

RESUMEN

En Europa y también en España muchos pastos de alta montaña vieron reducida su carga ganadera, e incluso fueron abandonados, durante el siglo pasado, al darse un conjunto de circunstancias basadas en cambios sociales, como el despoblamiento de las zonas montañosas o menor dedicación a la actividad agrícola-ganadera. La desaparición de los rebaños del ecosistema pastoral ha generado una nueva reorganización de éstos que ha supuesto cambios en su composición florística y en la abundancia de las especies y, consecuentemente, en su calidad forrajera. Este trabajo ratifica este proceso en los pastos situados por encima de los 2000 m s.n.m. del piso subalpino pirenaico y constituidos por *Festuca eskia* Ram., (*Poaceae* endémica Pirenaico-Cantábrica), que ocupan considerable extensión en el PN de Aigüestortes, lugar en donde se han realizado las medidas. Se comprueba que, después de más de diez años de cese del pastoreo, se han producido cambios en la comunidad vegetal reflejados en su composición florística (especies y abundancia, índice de Shannon, porcentaje de grupos funcionales, etc) que representan pérdidas de diversidad. También la calidad forrajera (Valor Pastoral y contenido en proteína bruta de la hierba) ha disminuido, mientras que la producción en MS y la cobertura de la vegetación ha aumentado.

Palabras clave: pastos ácidos, supraforestales, biodiversidad, calidad forrajera, abandono.

SUMMARY

In Europe, and during the last century, many high mountain grasslands have been abandoned due to the demographic gap produced in these zones and the related decrease of the herds in extensive grazing management. The disappearance of livestock from the pastoral ecosystems, produces a new reorganization of his species in the begins, and the vegetation diversity down and forage quality is minor. This work comes to ratify this process for upper timber grasslands in high mountains (over 2000 m a.s.l. subalpine belt) and formed principally by *Festuca eskia* Ram., (Pyreneo-Cantabric endemic *Poaceae*), on acid substratum that occupy a big extension in Aigüestortes National Park Lleida, Spanish Pyrenees). The floristic diversity and the forage quality (by means of the Pastoral Value and the content in crude protein) was compared in two zones of similar edapho-climatic conditions, one of which had been left was doing more than 10 years, with other one that still keeps on being used by the herds. The results show a significant decrease in the specific richness and in the forage quality, as well as a different composition in the functional groups of the plants when the grassland is abandoned. However, the production (Dry Matter), by death biomass accumulation, and the vegetal coverage increases in abandoned site.

Keywords: acid grasslands, high mountains, biodiversity, forage quality, abandonment.

INTRODUCCIÓN

Los pastos de alta montaña como ecosistemas semi-naturales mantienen, mediante la intervención humana, altos valores de diversidad gracias a su utilización (Tappeiner y Cernusca, 1993). Este es el caso de los pastos silíceos pirenaicos de *Festuca eskia* (uno de los 24 tipos de pastos europeos bajo amenaza de abandono; Ostermann, 1998) y que de acuerdo con la directiva europea de hábitats deberían ser preservados por su alto valor ecológico y patrimonial (Council Directive, 1992; IUCN, 2000). En condiciones de montaña, varios autores ya han constatado el hecho de una disminución de la diversidad cuando en los pastos disminuye la carga ganadera drásticamente (Rawes, 1981; Koukoura y Karmiris, 2004; Lindborg y Eriksson, 2005). Esto es debido a la denominada paradoja pastoral que dice que “el pastoreo (*bien realizado*) mejora el pasto”; afirmación obtenida de la práctica pastoral, pero que se basa en la relación entre carga soportada y admisible. De esta forma, tanto un pasto sobrepastoreado como subpastoreado perderá sus buenas características. Si las cargas ganaderas soportadas son iguales a las admisibles, se logra mantener una perturbación óptima que favorece la diversidad y el mantenimiento de la comunidad; impidiendo la proliferación de especies oportunistas (Bakker, 1987; Bullock et al., 1994; 1995). También Dupré y Diekmann (2001) verificaron en diferentes tipos de pastos del sur de Suecia, que los sitios pastados tenían mayor riqueza específica que los abandonados, pero utilizan términos ambiguos como “fuerte o ligero” pastoreo, sin indicar el valor de las cargas ganaderas soportadas o de las admisibles.

El objetivo de este trabajo fue averiguar si la desaparición del pastoreo, en zonas con una larga historia de uso, como los pastos supraforestales de *F. eskia* en el PN de Aigüestortes, había generado un cambio, y de qué tipo, en su diversidad y calidad forrajera.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo de campo fue llevado a cabo en el PN de Aigüestortes (Lleida), (42° 35' N, 01° 00' E) durante los veranos de 2008 y 2009. Los pastos de *Festucion eskiae* (E4.3 EUNIS; Davies y Moss, 2002) ocupan un 20 % del total de los pastos supraforestales del parque, en donde aquellas zonas más alejadas de los caminos y de difícil acceso, han sido progresivamente abandonadas. Dos exclusiones fueron situadas a 2450 m s.n.m en dos zonas de similares condiciones edafoclimáticas (litosuelos ácidos y clima criotemplado; 3,1°C de temperatura media y pluviosidad total de 1200 mm) y exposición; una de las cuales había sido

abandonada hace más de 10 años (comunicación personal de los ganaderos). La zona en uso (zona pastoreada) soportaba una carga ganadera de $0,8 \text{ UGM}\cdot\text{ha}^{-1}$ durante cuatro meses (mediados de junio a mediados de octubre), valores próximos a la carga admisible. Cada una de las cuatro exclusiones tenían unas dimensiones de $10 \times 12 \text{ m}$ y en su interior se realizaban, cada quince días, cortes de biomasa en pie (simulando el aprovechamiento por el ganado) para el cálculo de la producción y del porcentaje de proteína bruta (16 muestras de $0,5 \times 1 \text{ m}$ por exclusión y año) y transectos lineares (*single-scale sampling*, 8 por exclusión y año) para el estudio florístico y el cálculo del valor pastoral mediante la metodología de Daget y Poissonet (1971).

La biomasa, una vez cortada, se llevaba al laboratorio para secarla en estufa de aire forzado a 70°C hasta peso constante, calculando la producción en MS. Las exclusiones, que evitaban la entrada de ganado o fauna, se movieron el segundo año unos metros, para evitar el efecto del muestreo del año anterior. El análisis del contenido en proteína bruta (PB) se realizó en el laboratorio Agroalimentario de Cabrils mediante el sistema NIRS y de acuerdo al criterio UNE-EN ISO/IEC 17025. Los datos obtenidos, una vez normalizados, fueron tratados mediante un análisis de la varianza (ANOVA), el test de Sheffe fue usado para comparar el efecto del abandono a la significancia ($P < 0.05$) con el programa Statistica 6.0..

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número total de especies encontradas fue de 24 (20 en la zona pastada y 10 en la abandonada), siendo seis las especies comunes: cinco hemicriptófitos y un caméfito (Tabla 1). Hemicriptófitos es el grupo más representado ya que son especies características de la vegetación centroeuropea de pastos (Elleberg *et al.*, 1992). En la zona abandonada se observa un cambio en la proporción de los diferentes grupos funcionales (Tabla 2) con la desaparición de la única leguminosa (*Trifolium alpinum*) y un aumento del porcentaje del grupo de otras especies. En el caso de la producción de biomasa, los cambios en la proporción de gramíneas+graminoides y otras especies se ven más afectados por la falta de uso e influyen directamente en las características del pasto, mientras que las leguminosas parece ser que juegan un papel menos importante en la producción de biomasa (McLaren y Turkington, 2010).

Todos los valores de diversidad son mayores en la zona en la que se ha mantenido el pastoreo (Tabla 2); incluso el índice Berger-Parker indica claramente una dominancia de *F.*

eskia en el sitio abandonado, debido a su crecimiento incontrolado que se traduce en una abundancia de un 60% en la zona abandonada, frente al 48% en la pastoreada; ya que las grandes macollas de *F. eskia* no dejan sitio para la entrada o persistencia de otras especies. Estos valores están en rangos similares a otros enclaves de los Pirineos con el mismo tipo de pastos (Domènech *et al.*, 2005; Komac *et al.*, 2014).

Tabla 1. Composición florísticas de los pastos de *F. eskia*.

especies	Forma de vida*	Is **	Zona pastoreada	Zona abandonada
gramíneas y graminoides				
<i>Agrostis capillaris</i>	H	3	X	-
<i>Anthoxantum odoratum</i>	H	2	X	-
<i>Carex caryophylla</i>	H	0	X	X
<i>Festuca eskia</i>	H	0	X	X
<i>Luzula nutans</i>	H	0	X	-
<i>Nardus stricta</i>	H	0	X	X
<i>Poa chaixii</i>	H	4	X	-
leguminosas				
<i>Trifolium alpinum</i>	H	3	X	-
otras especies				
<i>Achillea millefolium</i>	H	2	X	-
<i>Ajuga pyramidalis</i>	H	0	-	X
<i>Arenaria biflora</i>	Ch	0	X	-
<i>Campanula scheuchzeri</i>	H	0	X	X
<i>Cruciata glabra</i>	T	1	X	-
<i>Crocus nudiflorus</i>	G	0	X	-
<i>Galium pumilum</i>	H	0	X	-
<i>Galium verum</i>	H	0	X	-
<i>Gentianella campestris</i>	T	0	-	X
<i>Hieracium lactucella</i>	H	0	X	X
<i>Jasione laevis</i>	Ch	0	X	X
<i>Polygala alpestris</i>	H	0	X	-
<i>Polygonum aviculare</i>	T	0	-	X
<i>Potentilla neumanniana</i>	H	0	X	-
<i>Thymus praecox</i>	Ch	0	X	-
<i>Veronica bellidioides</i>	H	0	-	X
Total especies	24		20	10

* formas de vida según Raunkiaer: Ch, caméfito herbáceo; G, geófito; H, hemicriptófito; T, terofito.. ** Is: índice específico de calidad del Valor Pastoral: 5 máximo, 0 nulo. X. presencia de la especie.

El aumento de la producción de la MS y la consecuente reducción de suelo desnudo en la zona abandonada se debe al crecimiento desmesurado de *F. eskia*, especie controlada por el pastoreo del ganado vacuno y algo por el equino (el existente en la zona) y que mantiene su vigor en condiciones tan adversas gracias, probablemente, a su simbiosis con el endófito *Epichloë festucae* (Gibert y Hazard; 2011).

Tabla 2. Valores medios (\pm SD) de one-way ANOVA con el pastoreo como factor fijo, de diferentes índices de biodiversidad, porcentaje de los grupos funcionales, producción de MS, calidad forrajera (Valor Pastoral y proteína bruta) y porcentaje de suelo desnudo, como variables dependientes.

		Media \pm SD	
		pastoreado	abandonado
Índices de biodiversidad	S (riqueza específica)	13,31 \pm 2,16 a	5,33 \pm 1,09 b
	H' (Shannon)	1,83 \pm 0,14 a	0,92 \pm 0,36 b
	E (Pielou)	0,71 \pm 0,06 a	0,56 \pm 0,08 b
	d (dominancia de Berger-Parker)	0,49 \pm 0,04 b	0,65 \pm 0,12 a
Composición de grupos funcionales en transectos (%)	Gramíneas + graminóides	35 \pm 1,21 a	30 \pm 1,85 b
	Leguminosas	5 \pm 0,51 a	0 b
	Otras especies	60 \pm 4,2 b	70 \pm 5,62 a
Producción en MS	kg·ha ⁻¹	1817,16 \pm 246,25 a	2473,10 \pm 385,71b
Calidad forrajera del pasto	Valor Pastoral (de 0 a 100)	17,19 \pm 3,45 a	0 b
	Proteína bruta (% en MS)	8,27 \pm 0,01 a	7,24 \pm 0,87 b
Suelo desnudo	(%) en transectos	8,97 \pm 4,97 a	1,76 \pm 1,58 b

Los resultados corresponden a la media de los dos años de muestreo. Valores de la misma fila con diferente letra indican diferencia significativa a ($P < 0.001$) entre zonas. N=128 para producción en MS y contenido de PB; para otras variables N=64.

Los dos valores de calidad forrajera citados en este trabajo (contenido de proteína bruta en la MS y Valor Pastoral) son mayores en la zona que mantiene el pastoreo. No

obstante, estos pastos están constituidos por especies con bajos índices de calidad pastoral (Is), sólo tres especies tienen buena calidad (*Poa chaixii*, *Agrostis capillaris* y *Trifolium alpinum*), otras tres son mediocres (*Anthoxanthum odoratum*, *Achillea millefolium* y *Cruciata glabra*) y el resto valor pastoral nulo. El contenido de proteína bruta en la MS presenta el mismo patrón de valores que el VP, con un 8,27% en la zona pastada vs 7,24% en la abandonada.

Los resultados obtenidos en este trabajo demuestran que el pastoreo es una importante herramienta para el mantenimiento de algunas características (diversidad y calidad forrajera) propias de los pastos con larga historia de utilización, ya que contribuyen a mantener una heterogeneidad (Collins et al., 1998) en la composición y estructura de los mismos.

AGRADECIMIENTOS

A los ganaderos que utilizan estos pastos, así como a los responsables del PN de Aigüestortes por su colaboración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKKER J. P. (1987) Grazing as a management tool in the restoration of species-rich grasslands. *Proceedings of the Koninklijke Akademie Van Wetenschappen. Series C*, **90**, 403-429.
- BULLOCK J. M., CLEAR-HILL B., DALE M.P. Y SILVERTOWN J. (1994) An experimental study of the effects of sheep grazing on vegetation change in a species-poor grassland and the role of seedling recruitment in gaps. *Journal of Applied Ecology*, **31**, 493-507.
- BULLOCK J.M., CLEAR-HILL B., SILVERTOWN J. Y SUTTON M. (1995) Gap colonization as a source of grassland community change: effects of gap size and grazing on the rate and mode of colonization by different species. *Oikos*, **7**, 273- 282.
- COLLINS SL, KNAPP AK, BRIGGS JM, BLAIR JM. Y STEINAUER E.M. (1998) Modulation of diversity by grazing and mowing in native tallgrass prairie. *Science* **280**:745–747.
- COUNCIL DIRECTIVE 92/43/EEC (1992) Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and wild fauna and flora. URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31992L0043:EN:NOT>
- DAGET PH. Y POISSONET J. (1971) Une methode d'analyse des prairies. *Ann. Agron.* **22** (I), 5-41.
- DAVIES C.E. Y MOSS D. (2002) EUNIS Habitat Classification. Final Report to the European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity, *European Environment Agency*. February 2002. 125pp.
- DOMENECH M., PEREZ-BUTRON C. Y FANLO R. (2005) Diversidad vegetal y calidad forrajera de los pastos supraforestales del Valle del Madriu-Perafita-Claror (Principado de Andorra). *Pastos*, **35** (2): 27-36.

- DUPRÉ C. Y DIEKMANN M. (2001) Differences in species richness and life-history traits between grazed and abandoned grasslands in southern Sweden. *Ecography* **24**: 275–286.
- ELLENBERG H., WEBER H. E., DÜLL R., WIRTH V., WERNER W. Y PAULIBEN D. (1992) Indicator values of plants in Central Europe. *Scripta geobotanica*, **18**.Ed. Erich Golrze, Göttingen. 258 pp.
- GIBERT A. Y HAZARD L. (2011) Endophyte infection of *Festuca eskia* enhances seedling survival to drought and cutting at the expense of clonal expansion. *Journal Plant Ecology*., doi: 10.1093/jpe/rtr009.
- IUCN (2000) URL: <http://iucn.org/amnan/content/resolutions/res45.pdf>. [acceso marzo 2013].
- KOMAC B., DOMÈNECH M. Y FANLO R. (2014) Effects of grazing on plant species diversity and pasture quality in subalpine grasslands in the eastern Pyrenees (Andorra): Implications for conservation. *Journal for Nature Conservation*, **22(3)**, 247-255.
- KOUKOURA Z. Y KARMIRIS I. (2004) Effects of livestock grazing on plant diversity in alpine grasslands. In: Land Use Systems in Grassland Dominated Regions. *Grassland Science in Europe*, **9**: 308-310.
- LINDBORG R. Y ERIKSSON O. (2005) Functional response to land use change in grasslands: comparing species and trait data. *Ecoscience* **12(2)**: 183-191.
- MCLAREN J. R. Y TURKINGTON R. (2010) Ecosystem properties determined by plant functional group identity. *Journal of Ecology*, **98**: 459–469.
- OSTERMAN O. P. (1998) The need for management of nature conservation sites designated under Natura 2000. *Journal of Applied Ecology*, **35**, 968-973.
- RAWES M. (1981) Further results of excluding sheep from high-level grasslands in the North Pennines. *Journal of Ecology*, **69**, 651 -669.
- TAPPEINER U. Y CERNUSCA A. (1993) Alpine meadows and pastures after abandonment. *Pirineos* **141-142**, 97-118.

RECUPERACIÓN POST-INCENDIO DEL PINAR Y MATORRAL MEDITERRÁNEO MALLORQUÍN CON PRESENCIA DE CABRAS

WILD GOAT GRAZING EFFECT ON AFTER-FIRE RECOVERY OF MEDITERRANEAN PINE WOODLAND
AND SHURBLAND IN MALLORCA

A. CAPÓ RODRIGUEZ^{1*}, E. BARAZA RUIZ¹ Y J. BARTOLOMÉ FILELLA²

¹ Departamento de Biología, Universitat de les Illes Balears, 07122 Palma (España). * aubacapo@gmail.com. ² Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos. Grup de Recerca en Remugants. Universitat Autònoma de Barcelona. 08193 Bellaterra (España).

RESUMEN

Se ha realizado un seguimiento del efecto de la herbivoría por cabra doméstica asilvestrada en la regeneración de la vegetación en tres áreas de la Sierra de Tramuntana afectadas por el incendio de 2013 y con diferente densidad de población de cabras. Tras el incendio, independientemente de la densidad de cabras, la vegetación se ha regenerado de forma gradual siendo las especies rebrotadoras *Ampelodesmos mauritanica*, *Arisarum vulgare*, *Chamaerops humilis* y *Pistacia lentiscus* las dominantes gracias a su mayor grado de regeneración y cobertura vegetal. El grado de afectación por herbivoría ha sido superior en los primeros estadios de regeneración y ha disminuido con el tiempo, alcanzando valores mínimos en la primavera siguiente. Las especies más ramoneadas han sido *Ampelodesmos mauritanica*, *Pistacia lentiscus* y *Olea europea*.

Palabras clave: insularidad, herbivoría, Sierra de Tramuntana, *Ampelodesmos mauritanica*, *Pistacia lentiscus*.

SUMMARY

The effect of herbivory wild goat has been monitored in the regeneration of the vegetation in three areas of the Tramuntana mountains, affected by the fire that happened in July 2013, and with different population density of goats. After the fire, regardless of the goat population density in the area, the vegetation has regenerated gradually, being the resprouting species *Ampelodesmos mauritanica*, *Arisarum vulgare*, *Chamaerops humilis* and *Pistacia lentiscus* the dominants because of their greater degree of regeneration and vegetation cover. The degree of damage by herbivory is higher in the earliest stages of regeneration, when plants are in form of regrowth or seedlings, decreasing with the advance of the season and reaching minimum values in spring. Species with greater involvement by browsing are *Ampelodesmos mauritanica*, *Pistacia lentiscus*, and *Olea europaea*.

Key words: insularity, herbivory, Tramuntana mountains, *Ampelodesmos mauritanica*, *Pistacia lentiscus*.

INTRODUCCIÓN

Los incendios y la herbivoría no controlada son factores que determinan la transformación de la vegetación y del paisaje mediterráneo (Naveh, 1994; Lloret *et al.*, 2003).

En Julio de 2013 un incendio afectó la zona sur-oeste de la Sierra de Tramuntana de la isla de Mallorca. Según el *Servei de Gestió Forestal i Protecció del Sòl* (2013), el área incendiada tiene una superficie de 2.407ha, de la cual el 34% corresponde a hábitats de pinar y el 58% de matorral (2013). Como parte del plan de regeneración de la cubierta vegetal elaborado por esta entidad, se planteó un programa de eliminación de las poblaciones de cabra asilvestrada (*Capra hircus* L.) en ciertos puntos de la zona afectada, durante el primer año tras el incendio. El objetivo de este plan fue reducir la población a un nivel mínimo tal que no dañara significativamente la regeneración, planteando controles y mantenimiento de la población restante durante los años posteriores al nivel conseguido durante el primer año. De esta forma, se han realizando partidas de caza intensiva en determinados puntos de la zona afectada desde Septiembre de 2013, y programadas hasta Marzo de 2016.

Estas circunstancias permiten comparar zonas con distintos tratamientos y abordar el papel del herbivorismo en la sucesión secundaria post-incendio. El objetivo del presente trabajo ha sido identificar las especies que aparecen en los primeros meses del proceso de regeneración, así como las diferencias de cobertura en función del grado de afectación por ramoneo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se ha realizado en tres áreas de la zona incendiada, concretamente en el sitio conocido como Sa Coma Calenta. Dos de ellas estaban cubiertas por matorral mediterráneo y la otra por pinar. El clima de la zona es típicamente mediterráneo, con inviernos suaves y veranos secos y calurosos, con un irregular régimen de lluvias que tienden a concentrarse a finales de verano y principios de otoño, y primavera. La temperatura media anual es de 16,5°C, y la precipitación de unos 500 mm de media anuales.

Cada una de las áreas estudiadas ha sido tipificada en función del hábitat y el grado de afectación de los dos factores de perturbación en estudio. Las áreas en que la totalidad de la vegetación resultó quemada se han considerado como de alta intensidad de fuego. Las áreas en que la vegetación resultó en un mosaico de parches sin apenas afectación y parches completamente quemados se han considerado como de baja intensidad de fuego. De la misma

forma, las áreas en que se ha reducido la densidad de cabras se han considerado como de baja intensidad de ramoneo, mientras que las que han mantenido la densidad de cabras (estimada en 0,7 cabras/ha) se han considerado como de alta presión de ramoneo. Siguiendo estos criterios se han considerado tres tipos de vegetación: MT, matorral con alta intensidad de fuego y baja presión de ramoneo (39°36'02"N 002°21'34"E); MB, matorral con baja intensidad de fuego, y alta presión de ramoneo (39°36'20"N 002°23'46"E) y PB, pinar con alta intensidad de fuego y alta presión de ramoneo (39°35'56"N 002°24'45"E).

La cobertura vegetal de porte accesible a las cabras se ha determinado mediante el método de intercepción lineal de Cummings y Smith (2000). Para ello se han realizado 5 transectos lineales no fijos de 20 metros de longitud en cada área de estudio, dispuestos de forma aleatoria. Para evaluar el grado de ramoneo se ha seguido el método de Étienne y Rigolot (2001), realizando una estimación categórica identificando los cortes recientes no cicatrizados o eliminación de hojas del tallo por los herbívoros en una escala de 0 (sin ramoneo) a 6 (sólo el tallo o cortada a ras del suelo). Se ha determinado el nivel de ramoneo en 20 individuos de las especies más abundantes elegidos al azar. En algunos casos se ha determinado el grado de ramoneo en especies de gran interés pero escasa abundancia, en un mínimo de 4 individuos, como es *Olea europaea*.

Se han realizado tres muestreos en cada zona de estudio: otoño (Octubre) de 2013, invierno (Enero) y primavera (Mayo) de 2014.

La estadística descriptiva, como porcentajes de cobertura total y grado de afectación por ramoneo, se ha realizado con el programa informático Microsoft Excel 2008 versión 12.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se han identificado 16 especies como componentes mayoritarios de la vegetación durante el periodo de estudio, entre las que se distinguen 13 especies perennes y 3 anuales, principalmente arbustivas y herbáceas. De forma puntual aparecieron algunas especies en estadio juvenil no identificables, probablemente del estrato herbáceo.

El mayor grado de regeneración y aumento en cuanto a cobertura se da en las áreas MT y PB (Tabla 1) donde se considera que la totalidad de la vegetación anterior al fuego se eliminó con el incendio, encontrándose todas las especies posteriores a la perturbación en proceso de regeneración. En el área MB, con menor grado de afectación por fuego, el aumento de cobertura ha sido menor (Tabla 1), ya que la competencia entre las plantas no

quemadas impide un mayor crecimiento de la vegetación, siendo el incremento de cobertura vegetal durante el periodo de estudio de un 8,44%. Las especies presentes desde el primer muestreo en todas las áreas de estudio afectadas por el fuego, y con mayor abundancia y porcentaje de cobertura vegetal han sido las especies rebrotadoras obligadas. Este es un fenómeno habitual en la regeneración del bosque mediterráneo (López-Soria y Castell, 1992). Algunas de estas especies, como *A. vulgare*, *A. mauritanica*, *P. lentiscos* y *C. humilis* han llegado a alcanzar coberturas superiores al 20% (Tabla 1). Las especies germinadoras obligadas han aparecido a partir del invierno, con muy baja cobertura pero gran abundancia (Tabla 1). La especie con mayor cobertura en todas las áreas durante los muestreos de otoño e invierno, ha sido la geófito anual *A. vulgare*, cuya presencia se ve drásticamente reducida en primavera e inicio de la época seca, al carecer de hojas y pasar a una fase de dormancia (Herrera, 1988), a lo que se deben las reducciones de cobertura total en el muestreo de primavera respecto al de invierno (Tabla 1).

En el área MT se han identificado un total de 11 especies, de las cuales únicamente *Cistus albidus*, con muy baja cobertura (Tabla 1), es considerada germinadora, siendo el resto de especies rebrotadoras. Se ha alcanzado una cobertura vegetal alta en otoño, en tan solo tres meses tras la perturbación, siendo *A. mauritanica* y *A. vulgare* las especies inmediatamente más favorecidas por la eliminación de la vegetación tras el fuego (Tabla 1). El aumento de cobertura en la zona se ve favorecido por la reducción de presión por herbivoría, llegando a ser nulos los signos de herbivoría reciente en primavera para casi todas las especies.

En el área MB se han identificado 8 especies germinadoras en proceso de regeneración. Sin embargo, la especie dominante ha sido *A. vulgare* (Tabla 1), siendo la cobertura vegetal inferior al 4% para el resto de especies. A partir del invierno, la cobertura aumenta para las especies *A. mauritanica*, *P. lentiscus* y *C. humilis*, alcanzando valores máximos en primavera (Tabla 1). Las especies herbáceas *Asphodelus aestivus* y *Brachypodium retusum* alcanzan altos valores de cobertura, por lo que se trata de una zona dominada por especies herbáceas.

En PB se han identificado 14 especies, de las cuales cuatro son germinadoras: *C. albidus*, *Pinus halepensis*, *Rubia peregrina* y *Galium aparine*, con muy baja cobertura excepto para *P. halepensis*, que alcanza una cobertura de un 3,97% en primavera, tratándose de una especie muy adaptada a germinar en grandes cantidades después de los incendios (Broncano *et al.*, 2005). En el primer muestreo las especies dominantes, son *A. vulgare*, *A.*

mauritania, *C. humilis* y *P. lentiscus*, que presentan un grado de cobertura muy bajo, de entre el 2 y 4% (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentaje de cobertura por especie en cada área y época de estudio. Se indica entre paréntesis la estrategia de regeneración seguida por cada especie.

ESPECIES	ÁREA	% de cobertura		
		OCTUBRE	ENERO	MAYO
<i>Ampelodesmos mauritanica</i> (R)	MB	2,33	2,38	8,36
	MT	10,42	11,38	21,97
	PB	3,44	8,28	9,67
<i>Anthyllis cytisoides</i> (RG)	MT	0		0,09
	PB	0,02	<0,01	<0,01
<i>Arisarum vulgare</i> (R)	MB	32,52	38,81	<0,01
	MT	13,69	18,03	1,79
	PB	3,46	27,51	4,55
<i>Asparagus acutifolius</i> (R)	MB	0,09	<0,01	<0,01
	PB	0,03	<0,01	0,24
<i>Asphodelus aestivus</i> (R)	MB	3,91	11,99	10,84
	MT	<0,01	<0,01	0,18
	PB	0,17	7,4	2,68
<i>Brachypodium retusum</i> (R)	MB	0,93	<0,01	9,78
	MT	<0,01	2,91	15,94
	PB	0,43	<0,01	7,08
<i>Cistus albidus</i> (G)	MB	3,24	<0,01	2,31
	MT	0	0	0,05
	PB	0	0	0,24
<i>Chamaerops humilis</i> (R)	MB	3,82	9,06	11,3
	MT	3,77	1,87	1,33
	PB	2,41	8,38	5,94
<i>Erica multiflora</i> (RG)	MT	0	0	0,09
	PB	0,02	<0,01	0,1
<i>Euphorbia dendroides</i> (R)	MB	<0,01	<0,01	0,18
<i>Galium aparine</i> (G)	PB	0	0	0,18
<i>Olea europaea</i> (R)	MB	<0,01	<0,01	1,11
	MT	0	0	<0,01
	PB	0	0	1,44
<i>Pinus halepensis</i> (G)	PB	0	<0,01	3,97
<i>Pistacia lentiscus</i> (R)	MB	2,93	6,13	6,46
	MT	6,55	5,02	4,72
	PB	2,51	2,47	4,64
<i>Rubia peregrina</i> (R)	PB	0	0	0,14
<i>Urginea maritima</i> (R)	MB	0	0,37	<0,01
	MT	0	0,25	0,09
Otras herbáceas anuales	MB	0	<0,01	7,89
	MT	0	0,99	8,66
	PB	0	<0,01	3,64
Vegetación total	MB	49,77	68,74	58,21
	MT	34,42	40,44	55,05
	PB	12,49	54,04	44,38

MT=matorral con alta intensidad de fuego y baja presión de ramoneo, MB=matorral con baja intensidad de fuego, y alta presión de ramoneo, PB=pinar con alta intensidad de fuego y alta presión de ramoneo, R=rebotadora obligada, RG=rebotadora facultativa, G=germinadora obligada. <0,01 especies que se observan en la zona pero no aparecen en los transectos.

En invierno, la cobertura de las especies anteriores aumenta considerablemente, siendo *A. vulgare* la especie dominante (Tabla1); mientras que para el resto de especies el aumento de cobertura en primavera fue muy leve excepto *B. retusum*.

En todas las áreas y especialmente en MT, es de esperar un aumento de cobertura para la especie perenne *A. mauritanica*, puesto que se trata de una especie altamente favorecida por la recurrencia de incendios (Lloret *et al.*, 2003).

En las medidas de ramoneo se han considerado un total de 13 especies perennes, de las cuales 5 han presentado signos de herbivoría en más de la mitad de individuos evaluados durante las temporadas de otoño e invierno. No se ha determinado el grado de ramoneo en especies herbáceas debido a la dificultad de distinguir en ellas signos de herbivoría y al rechazo de las cabras de consumir dichas especies al presentar muy baja palatabilidad (Barroso *et al.*, 1995; Aldezabal y Garin, 2000).

El grado de ramoneo en general es mayor en el primer muestreo, ya que al rejuvenecerse el sistema, se incrementa la oferta de alimento tierno y palatable (Miller & Watson, 1974). Sin embargo, el nivel de afectación se reduce con el avance de la temporada siendo mínimo en el muestreo de primavera, a pesar de tratarse de la época con mayor cobertura y abundancia vegetal en todas las áreas (Tabla 1). Como era de esperar, esta disminución se acentúa en el área donde se han eliminado la mayoría de cabras.

La zona con mayor grado de afectación por ramoneo es MB, donde las especies *A. mauritanica*, *C. humilis*, *O. europaea* y *P. lentiscus* llegan a presentar valores de entre 4 y 6, para las temporadas de otoño e invierno. Por contra, en el área MT el ramoneo llega a ser nulo para casi todas las especies en primavera. Las especies que en estado de regeneración han sido más ramoneadas son *A. mauritanica* y *P. lentiscus*, ambas con una alta abundancia y alto porcentaje de cobertura, junto con *O. europaea*, altamente ramoneada a pesar de su baja cobertura. Esto contrasta con los datos previos al incendio (Rivera *et al.*, 2014), en los que *A. mauritanica* y *P. lentiscus*, aparecieron como mayoritarias y debido a su baja palatabilidad resultaron las menos ramoneadas. Este mayor ramoneo post-incendio se debería a la falta de otros recursos disponibles. En el caso de *O. europaea*, los resultados coinciden con los previos mostrando una especie con baja cobertura pero con un alto grado de ramoneo, es decir, se trataría de una especie preferida (Rivera *et al.*, 2014). En cambio, en primavera, cuando presentan una mayor cobertura y frondosidad el ramoneo es prácticamente nulo, excepto en PB, donde el grado de afectación se mantiene respecto a las temporadas anteriores.

Esto podría deberse a que en este periodo, el crecimiento primaveral de muchas especies representa un recurso de calidad en las zonas no quemadas.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en este trabajo se puede concluir que las especies dominantes en el matorral mediterráneo mallorquín, *A. mauritanica* y *P. lentiscus*, se verían favorecidas por el fuego, al ser capaces de rebrotar con rapidez y alcanzar coberturas considerables. Sin embargo, al pasar a constituir el principal recurso alimentario, el ramoneo tendría una mayor incidencia sobre ellas que antes del incendio. En este sentido, el ramoneo representaría un factor de regulación de las poblaciones de estas especies durante los primeros estadios de la sucesión secundaria. Alguna especie, como *A. vulgare*, también se vería favorecida por el fuego, a la vez que resultaría poco afectada por el herbivorismo, por ser muy poco palatable. En el otro extremo se situarían las especies muy palatables, como *O. europea*, con gran capacidad rebrotadora pero ramoneada intensamente antes y después de los incendios, lo que probablemente explicaría su escasez en una vegetación sometida a ambas perturbaciones de manera recurrente.

AGRADECIMIENTOS

Grupo gestor de la finca de la Trapa por su colaboración. Trabajo financiado por Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales en el marco del Plan Nacional de I+D (proyecto CGL 2011-30307).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDEZABAL A. Y GARIN I. (2000) Browsing preference of feral goats (*Capra hircus* L.) in a Mediterranean mountain scrubland. *Journal of Arid Environments*, **44**(1), 133-142.
- BARROSO F.G., ALADOS C.L. Y BOZA J. (1995) Food selection by domestic goats in Mediterranean arid shrublands. *Journal of Arid Environments*, **31**(2): 205-217.
- BRONCANO M.J., RETANA J. Y RODRIGO A. (2005) Predicting the recovery of *Pinus halepensis* and *Quercus ilex* forests after a large wildfire in northeastern Spain. *Plant Ecology*, **180**(1), 47-56.
- CUMMINGS J. Y SMITH D. (2000) The line-intercept method: A tool for introductory plant ecology laboratories. En: *Tested studies for laboratory teaching*. KARCHER, S. J. (Ed). Workshop/Conference of the Association for Biology Laboratory Education (ABLE). 234-246.
- ÉTIENNE M. Y RIGOLOTTÉ. (2001) Méthodes de suivi des coupures de combustible. *Réseau Coupures de combustible*. Éd. de la Cardère, 64 pp. Morières (Francia).

- HERRERA J. (1988) Reproducción sexual y multiplicación vegetativa en *Arisarum simorrhinum durieu* (Araceae). *Lagascalia* **15(1)**, 25-41.
- LÓPEZ-SORIA, L. Y CASTELL, C. (1992) Comparative genet survival after fire in woody Mediterranean species. *Oecologia* **91(4)**, 493-499.
- LLORET F., PAUSAS J.G. Y VILÀ M. (2003) Vegetation response to different Fire regimes in Garraf (Catalonia, Spain): field observations and modelling predictions. *Plant Ecology*, **167(1)**, 223-235.
- NAVEH Z. (1994) The role of Fire and its management in the conservation of Mediterranean Ecosystems and Landscapes. En: *The Role of Fire in Mediterranean-Type Ecosystems*, J. M. Moreno and W. C. Oechel. Springer -Verlag. New York (United States of America), 163-185.
- RIVERA L., BARAZA E., CAPÓ A. Y BARTOLOMÉ J. (2014) Ramoneo y selección de dieta de la cabra salvaje mallorquina (*Capra hircus*). *53ª Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP)*. Potes (España). 571-578.

EFFECTO DE LA SIMULACIÓN DE RAMONEO EN PARÁMETROS ESTRUCTURALES DE TRES ESPECIES DEL MATORRAL MALLORQUÍN

EFFECT OF SIMULATED BROWSING ON STRUCTURAL PARAMETERS IN THREE SPECIES OF THE MALLORCAN SHRUBLAND

M.J. BRONCANO¹, L. RIVERA-SÁNCHEZ¹, E. BARAZA², C. ESPUNYA³ Y J. BARTOLOMÉ FILELLA¹

¹Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos. Grupo de Investigación en Rumiantes. Universitat Autònoma de Barcelona. 08193 Bellaterra (España). ²Departamento de Biología. Universitat de les Illes Balears. 07122 Palma de Mallorca (España). ³Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra (España). MaríaJose.Broncano@uab.cat.

RESUMEN

La herbivoría por la cabra salvaje mallorquina y la cabra doméstica asilvestrada puede ser uno de los factores que determinen la regresión en que se encuentran las poblaciones de tres especies anteriormente abundantes y actualmente raras del matorral mallorquín: boj balear (*Buxus balearica*), canadillo (*Ephedra fragilis*) y enebro rojo (*Juniperus oxycedrus*). Para determinar esta afectación analizamos la respuesta de estas especies en condiciones de invernadero, a las que se les realizó una simulación de ramoneo cortando el 80% de sus brotes terminales y se les midió la variación en los parámetros estructurales de crecimiento y capacidad de generar brotes nuevos. La simulación de ramoneo produjo respuestas morfológicas diferentes en las tres especies estudiadas. Mientras en las tres especies aumenta la producción de brotes, el crecimiento en diámetro no aumenta de manera significativa en *B. balearica* ni en *E. fragilis*, y en *J. oxycedrus* se ve afectado negativamente. Por lo que respecta al crecimiento en altura, el ramoneo tiene un efecto positivo en *B. balearica* y *J. oxycedrus* y es indiferente en *E. fragilis*. El hecho de que *B. balearica* sea actualmente una especie poco ramoneada contribuiría a explicar su regresión.

Palabras clave: *Buxus balearica*, *Juniperus oxycedrus*, *Ephedra fragilis*, herbivorismo, resistencia al pastoreo.

SUMMARY

Herbivory by Wild Goat Mallorcan and feral domestic goat can be one of the factors determining the regression found in populations of three species present in the Majorcan scrubland: *Buxus balearica*, *Ephedra fragilis* and *Juniperus oxycedrus*. To determine the involvement, we analyze the response of these three species under greenhouse conditions, which are subject to a simulation browsing cutting 80% of its terminal buds. For this we measure the variation occurring in the structural parameters of growth (maximum diameter and height) and the ability to generate new growth in each of the plants. Pruning or browsing simulation produces different morphological responses in the three species. Thus, in the case of *B. balearica* pruning treatment does not stimulate diameter growth significantly but if it does in height growth and production of new shoots. In *J. oxycedrus*, diameter growth is adversely affected by pruning but in turn is positive on growth in height and shoot production. And in the case of *E. fragilis*, pruning does not significantly affect growth in diameter and height, but in the production of new shoots. Pruning or browse provoke further growth in *B. balearica* and *J. oxycedrus* height, as well as a greater number of sprouts in all three species. The fact that *B. balearica* is currently little browsed could explain his regression.

Keywords: *Buxus balearica*, *Juniperus oxycedrus*, *Ephedra fragilis*, herbivorism, tolerance to herbivory.

INTRODUCCIÓN

Factores como el cambio climático, la agricultura y la ganadería han contribuido al enrarecimiento de muchas especies vegetales en ecosistemas insulares (p.e. Bates, 1956, Fernández-Palacios y Morici, 2005). Este podría ser caso de *Buxus balearica* Lam., *Ephedra fragilis* Desf. y *Juniperus oxycedrus* L. en la isla de Mallorca, cuyos registros polínicos muestran como a mediados del Holoceno dejan de ser abundantes en la isla (Yll et al., 1997). Poco se sabe del papel del herbivorismo en este proceso de enrarecimiento. Las tres especies son ricas en compuestos secundarios que disminuirían su palatabilidad (Khuong-Huu *et al*, 1996; Adams *et al*, 1999; Caveney *et al.*, 2001). Hasta mediados del Holoceno, la isla estuvo habitada por *Myotragus balearicus*, un artiodáctilo de pequeño tamaño capaz de consumir grandes cantidades de *B.balearica* (Bartolomé *et al.*, 2011). Esta especie animal se extinguió coincidiendo con la introducción por el hombre de la cabra doméstica. Las características como ramoneador de *Myotragus* hacen pensar un posible solapamiento del nicho trófico de ambas especies. Sin embargo, el consumo de estas leñosas por parte de la cabra actual es muy escaso, excepto para el caso de *E.fragilis* (Rivera, 2014). Ante estas evidencias cabe plantearse la hipótesis de que la falta de presión de herbivoría haya contribuido al enrarecimiento de algunas de estas especies.

La respuesta de las plantas al herbivorismo es variada e incluye cambios en la planta a nivel bioquímico, fisiológico y en sus características morfológicas. Estos cambios se agrupan en dos tipos de respuestas: la tolerancia por compensación del daño causado por la herbivoría a los tejidos (Strauss y Agrawal, 1999) y la reducción de la probabilidad de futuros daños, induciendo la defensa bioquímica (Karban y Baldwin, 1997). La respuesta de la tolerancia incluye mecanismos de rebrote de los tejidos dañados, reasignación de la biomasa e incremento de la tasa fotosintética (Rosenthal y Kotanen, 1994; Strauss y Agrawal, 1999). En el presente estudio se analiza experimentalmente la respuesta a la simulación de herbivoría (mediante poda) en el crecimiento de las plantas y en su capacidad de generar nuevos brotes. Con ello podremos valorar la tolerancia de estas tres especies en regresión en las Islas Baleares.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el invernadero situado en los campos experimentales de la Universidad Autónoma de Barcelona durante los meses de noviembre de 2013 a mayo de

2014. El riego era automático (35 ml/min) e iba variando de semana en semana en función del grado de humedad detectado en las plantas pero manteniendo un estado hídrico óptimo (durante el periodo más frío y húmedo solo se regaba durante 2 minutos diarios mientras que en los meses cálidos se regaba hasta 15 minutos). Las tres especies estudiadas fueron: el boj balear, *Buxus balearica* (Buxacea), el enebro rojo, *Juniperus oxycedrus* (Cupresacea) y el canadillo, *Ephedra fragilis* (Efedracea). *B.balearica* es una especie relictica del Terciario que tiene la capacidad de reproducirse asexualmente por rebrotes y esquejes. *J. oxycedrus* y *E.fragilis* son especies cuyas poblaciones se encuentran en proceso de regresión desde el Holoceno. Las plantas utilizadas en el experimento fueron proporcionadas por un vivero forestal. Las plantas de *B.balearica* provenían de esquejes de plantas adultas de las Baleares y tenían una edad de 3 años. Las plantas de *J.oxycedrus* y *E.fragilis* procedían de semilla y presentaban una edad de 2 años. Todas ellas fueron trasplantadas a contenedores de 2,5 litros con sustrato compuesto por un 50% de fibra de coco y un 50% de turba rubia fertilizada.

El diseño experimental consistió en la aplicación del factor “poda” con dos niveles de actuación: 1) tratamiento de poda (P), donde se cortaron el 80% de los brotes terminales (respetando el brote apical) de cada planta simulando una presión alta de herbivoría, y 2) tratamiento control (C), a los que no se aplicó tratamiento. En total se utilizaron 240 plantas, 80 de cada especie. De esas, la mitad recibieron el tratamiento de poda y la otra mitad se mantuvieron como control. El tratamiento de poda se aplicó en noviembre de 2013 y la respuesta se monitorizó en mayo de 2014 después de que rebrotaran las plantas. Las variables consideradas fueron el diámetro del tallo en la base y la altura de la planta. Para permitir la comparación entre especies se obtuvieron los valores de las tasas de crecimiento relativo (*Relative Growth Rate*), RGR diámetro y RGR altura, y el número de rebrotes nuevos. Para el análisis de los datos se utilizaron ANOVAs previa transformación logarítmica de los datos cuando fue necesario.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto a la tasa de crecimiento relativo en diámetro basal, al analizar las tres especies conjuntamente resultó significativo el factor especie ($p < 0,0001$) y la interacción especie-tratamiento ($p = 0,0030$). Las tres especies crecieron en diámetro de manera diferente en función del tratamiento. Así, *B.balearica* y *E.fragilis* crecieron al aplicar el tratamiento de poda mientras que en *J.oxycedrus* se observaron mayores crecimientos en los tratamientos de

control (Figura 1A). Al analizar cada especie por separado se obtuvo que el efecto del tratamiento de poda sólo fue significativo en *J.oxycedrus* ($p=0,0005$) indicando un menor crecimiento en diámetro con el tratamiento de poda.

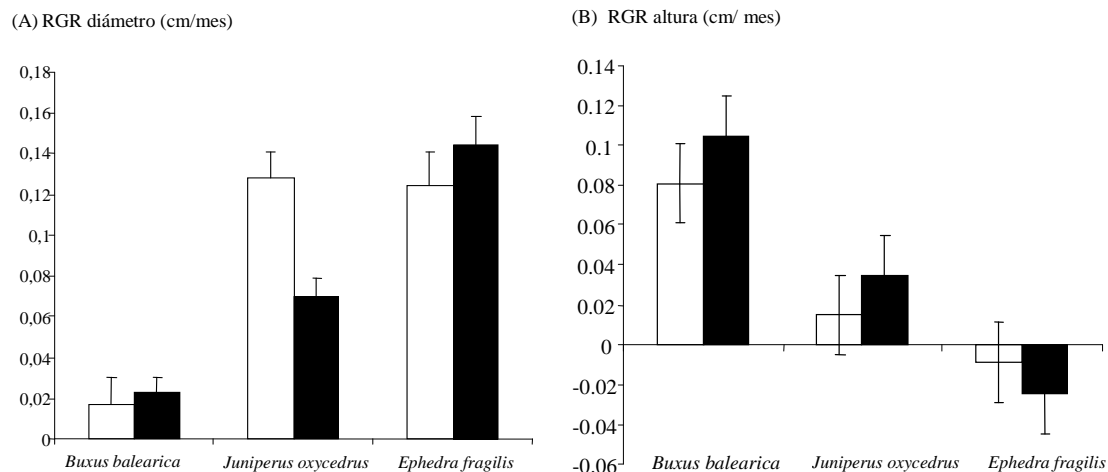


Figura 1. (A) Tasa de crecimiento relativo en diámetro de *B. balearica*, *J. oxycedrus* y *E.fragilis* en los tratamientos de poda (negro) y control (blanco). (B) Tasa de crecimiento relativo en altura o de *B. balearica*, *J. oxycedrus* y *E.fragilis* en los tratamientos de poda (negro) y control (blanco).

En relación a la RGR en altura, si consideramos las tres especies conjuntamente resultó también significativo el factor especie ($p<0,0001$) y la interacción especie-tratamiento ($p=0,0442$). *B.balearica* y *J.oxycedrus* presentaron un crecimiento superior en altura en los tratamientos de poda respecto al control, mientras que en *E.fragilis* el crecimiento en altura fue negativo en los dos tratamientos (Figura 1B). Al analizar el efecto del tratamiento en cada especie por separado, el efecto de la poda en el crecimiento en altura fue significativamente mayor en los tratamientos de poda tanto para *B.balearica* ($p=0,0314$) como para *J.oxycedrus* ($p=0,0003$) mientras que para *E.fragilis* la altura disminuyó durante el periodo de observación pero no varió entre tratamientos ($p=0,3649$).

Las tres especies consideradas incrementaron significativamente la producción de brotes nuevos con el tratamiento de poda ($p<0,0001$ en las tres especies) pero *E.fragilis* mucho menos respecto a las otras dos especies (Figura 2). Las plantas control de *E.fragilis* perdieron gran parte de sus brotes iniciales pero el tratamiento de poda favoreció su producción. Esta podría considerarse una clara adaptación al herbivorismo, pues los tallos de esta especie son apreciados por los caprinos (Le Houreou, 1980).

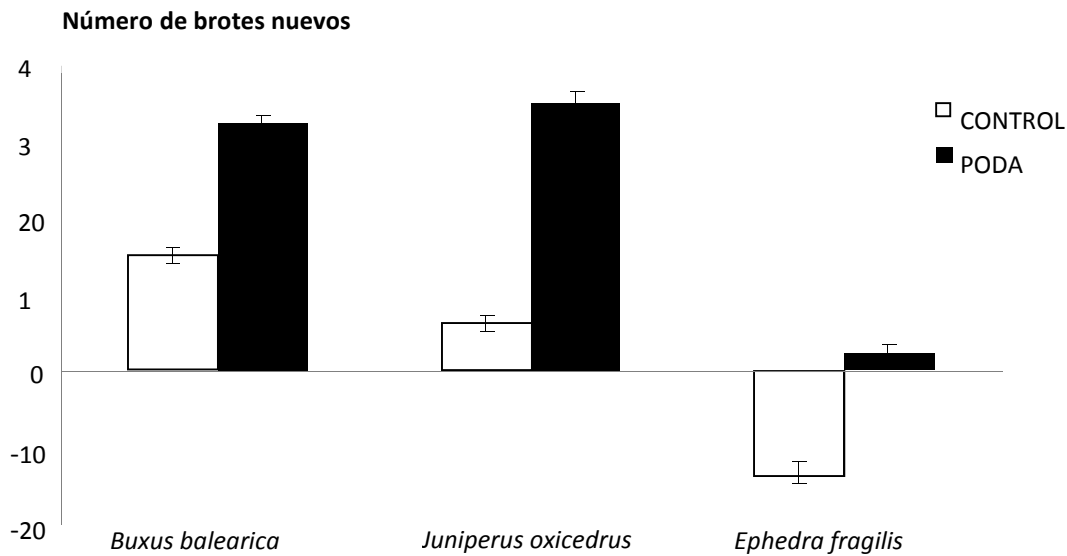


Figura 2. Número de brotes nuevos de *B. balearica*, *J. oxycedrus* y *E. fragilis* en los tratamientos de poda (negro) y control (blanco).

La poda, o simulación de ramoneo, produce respuestas morfológicas diferentes en las tres especies estudiadas. Así, en el caso de *B. balearica*, el tratamiento de poda no estimula el crecimiento en diámetro de manera significativa pero si lo hace en el crecimiento en altura y en la producción de brotes nuevos. Esto indicaría que el herbivorismo podría contribuir al mantenimiento de las poblaciones adultas de *B. balearica*, en concordancia con el trabajo de Lázaro (2005), quien sostiene que la regresión de la especie se debe fundamentalmente a cambios climáticos pero que las poblaciones actuales se mantienen gracias a la longevidad y resistencia de los individuos adultos. En el caso de *J. oxycedrus* el crecimiento en diámetro se ve afectado negativamente por la poda pero a su vez el crecimiento en altura y en producción de brotes son mayores que en los controles. El efecto negativo del ramoneo sobre el crecimiento de especies próximas, como *Juniperus communis* ha sido puesto de manifiesto por Clifton *et al.* (1997). Por otro lado, *J. oxycedrus* posee una buena capacidad de respuesta ante perturbaciones como puede ser el fuego (López-Soria y Castell, 1992). En el caso de *E. fragilis*, la poda no afecta significativamente al crecimiento en diámetro y altura pero si en la producción de brotes nuevos. El hecho de que *E. fragilis* disminuyera en altura a lo largo del experimento en ambos tratamientos resulta difícil de explicar, aunque quizás este comportamiento esté relacionado con las condiciones de invernadero o por un desarrollo en anchura en lugar de altura. También resulta difícil de explicar que esta especie disminuya el

número de brotes nuevos en el tratamiento control, mientras que los aumente con la poda. En los tres casos parece evidente que el efecto del herbivorismo actuaría como estimulante de la producción de brotes.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se puede concluir que las tres especies consideradas presentan respuestas claras a la poda o herbivorismo. En general pueden considerarse tolerantes ya que todas ellas aumentan el número de brotes nuevos. Además, *B.balearica* y *J. oxycedrus* también aumentan en altura. Sin embargo, *J. oxycedrus* podría considerarse la menos tolerante ya que la poda provoca una disminución en el crecimiento en diámetro basal.

Esta tolerancia al herbivorismo podría estar relacionada con el largo periodo de coexistencia en la isla con un ramoneador como *Myotragus balearicus*. El hecho de que los herbívoros actuales apenas incluyan en su dieta a *B.balearica* podría contribuir a su recesión, en el sentido de que habrían disminuido los estímulos de rebrote y crecimiento compensatorio. En el caso de *J.oxycedrus* y *E.fragilis*, a pesar de que algunos parámetros responden de forma positiva o negativa a la poda, serían necesarios más estudios para determinar el control que pueda tener el herbivorismo sobre ambas especies.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido posible gracias a la financiación obtenida del Ministerio de Ciencia e Innovación para los proyectos CGL2010-22116 y CGL2010-17889.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS R., ALTAREJOS J., FERNÁNDEZ C. Y CAMACHO, A. (1999) The leaf essential oils and taxonomy of *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus*, subsp. *badia* (H.Gay) Debeaux and subsp. *macrocarpa*, (Sibth. & Sm.) Ball. *Journal of Essential Oils Research*, 11:167-172.
- BARTOLOMÉ J., RETUERTO C., MARTÍNEZ X., ALCOVER A., BOVER P., CASSINELLO J. Y BARAZA E. (2011) Sobre la dieta de *Myotragus balearicus* un bóvido sumamente modificado del Pleistoceno-Holoceno de las Baleares. *Naturaleza Aragonesa*, 27: 4-7.
- BATES M. (1956) Man as an agent in the spread of organisms. In: William L. Thomas Jr., Editor, *Man's role in changing the face of the earth*, University of Chicago Press, Chicago (1956), pp. 788-804.
- CAVENEY S., CHARLET D.A., FREITAG H., MAIER-STOLTE M. Y STARRATT A.N. (2001) New observations on the secondary chemistry of world Ephedra (Ephedraceae). *American Journal of Botany*, 88:1199-1208.

- CLIFTON S.J., WARD L.K. Y RANNER D.S. (1997) The status of juniper *Juniperus communis* L. in North East England. *Biological Conservation*, 79:67-77.
- FERNÁNDEZ-PALACIOS J.M. Y MORICI C. (2005) *Ecología Insular*. Asociación Española de Ecología Terrestre - Cabildo Insular de La Palma. Ed: Sarah Brunel pp. 251–276.
- KARBAN R. Y BALDWIN I.T. (1997) *Induced Responses to Herbivory*. University Chicago Press, Chicago, Illinois.
- KHHUONG-HUU F., HERLEM-GAULIER D.S., KHHUONG-HUU M.Q., STALISNAS E. Y GOUTAREL R. (1996) Alcaloides de *Buxus balearica* Willd.; Cycloprotobuxine-D, Buxamine-E, Buxaminol-E, N-Isobutryl - Baleabuxidine-F, N-Benzoyl - Baleabuxidine-F, Baleabuxoxazine-C, N-Isobutryl - Baleabuxidienine-F, N-Benzoyl - Baleabuxodienine-F, N-Isobutyryl - Baleabuxaline-F. *Tetrahedron*, 22:3321-3327.
- LÁZARO A. (2005) Aspectos ecológicos y filogeográficos del relicto mediterráneo *Buxus balearica* en poblaciones insulares y continentales. Tesis doctoral. Departament de Recursos Naturals. Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (IMEDEA).
- LE HOUEROU H.N. (1980) *Browse in Africa*. International Livestock Centre for Africa Addis Ababa, Ethiopia.
- LÓPEZ-SORIA L. Y CASTELL C. (1992) Comparative genet survival after fire in woody Mediterranean species. *Oecologia*, 91(4): 493-499.
- RIVERA L. (2014) *Ecología trófica de ungulados en condiciones de insularidad*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. Bellaterra.
- ROSENTHAL J.P. Y KOTANEN P.M. (1994) Terrestrial plant tolerance to herbivory. *Trends in Ecology and Evolution*, 9: 145–148.
- STRAUSS S.Y. Y AGRAWAL A.A. (1999) The ecology and evolution of plant tolerance to herbivory. *Trends in Ecology and Evolution*, 5: 179–185.
- YLL E., PÉREZ-OBÍOL R., PANTALEON-CANO J. Y ROURE J.M. (1997) Palynological Evidence for Climatic Change y Human Activity during the Holocene on Minorca (Balearic Islands). *Quaternary Research*, 48:339-347.

EFFECTO DEL ABANDONO DEL PASTOREO SOBRE LA SALUD DE LOS AGROECOSISTEMAS EN EL PARQUE NATURAL DE GORBEIA

EFFECT OF GRAZING ABANDONMENT ON AGROECOSYSTEM HEALTH IN GORBEIA NATURAL PARK

I. MIJANGOS, L. EPELDE, I. ALBIZU, M. ANZA HORTALÁ, I. MARTÍN SÁNCHEZ, S. MENDARTE AZKUE, A. LANZÉN Y C. GARBISU CRESPO

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

RESUMEN

Los pastos de montaña en el País Vasco son resultado de una práctica ganadera de tipo extensivo que data desde el Neolítico. Considerados actualmente agroecosistemas protegidos, el abandono del pastoreo puede provocar en ellos cambios significativos, tanto a nivel superficial como a nivel edáfico. Nuestro objetivo principal ha sido evaluar el efecto del abandono del pastoreo sobre la salud de los agroecosistemas, mediante el estudio de dieciséis áreas pastoreadas *versus* no-pastoreadas (simuladas mediante exclusiones) en el Parque Natural de Gorbeia. En estos lugares, se llevó a cabo un diagnóstico completo de salud siguiendo la metodología descrita en las Tarjetas de Salud de los Agroecosistemas Pascícolas-TSAP. Tras dos años de exclusión, se observó una disminución de la compactación producida por el pastoreo. Aunque las mayores emisiones de CO₂ bajo exclusión indican una pérdida de materia orgánica a corto plazo, el aumento de la riqueza fúngica indicaría el incipiente desarrollo de un ecosistema más estable, por lo que esta pérdida podría disminuir a largo plazo. Finalmente, si bien el diagnóstico básico de salud supone una herramienta interesante para estudios con bajo presupuesto, el avanzado permite un análisis e interpretación más profundos del funcionamiento del agroecosistema.

Palabras clave: biodiversidad edáfica, compactación del suelo, exclusión, tarjetas de salud.

SUMMARY

Mountainous grasslands in the Basque Country are a consequence of a permanent extensive grazing practice since at least the Neolithic. These agroecosystems, nowadays protected, are considered to be affected by grazing abandonment both at above-ground and below-ground level. Our main objective was to evaluate the effect of the abandonment of grazing on agroecosystem health through the study of sixteen grazed versus non-grazed areas in the Gorbeia Natural Park. In these areas, we carried out a thorough health diagnosis following the methodology described in the Agroecosystem Health Cards. After only two years of exclusion, a decrease of the grazing produced by compaction was observed. Although the increased emissions of CO₂ under exclusion indicate greater loss of organic matter in the short term, the higher richness of fungi might indicate the incipient development of a more stable ecosystem, so that the loss of organic matter may decrease over time. Finally, although the basic health diagnosis is an interesting tool for studies with low budget, the advanced analysis allows a more in-depth interpretation of the health status of an agroecosystem.

Keywords: soil biodiversity, compaction, grazing exclusion, health cards.

INTRODUCCIÓN

En la Comunidad Autónoma del País Vasco, las áreas de montaña cubren el 85% del territorio, del cual aproximadamente el 25% son pastos donde el pastoreo ha sido la actividad económica más importante desde el Neolítico (Barandiaran y Manterola, 2000). Sin embargo, siguiendo la tendencia generalizada en la UE de las últimas décadas, la reducción en el rendimiento económico está llevando al abandono de la actividad pastoril (Amezaga *et al.*, 2003). El área del Parque Natural (PN) de Gorbeia y su entorno es una de las pocas áreas dentro de esa Comunidad que aún presenta un aprovechamiento ganadero muy activo, especialmente en los municipios de Zeanuri y Orozko, con sus respectivas asociaciones ganaderas. Un hipotético abandono de la actividad en estas zonas podría tener un impacto notable no sólo a nivel socioeconómico sino también medioambiental, ya que es sabido que los agroecosistemas pastorales son sistemas frágiles cuya conservación dependen de una combinación de factores abióticos y bióticos, entre los que destaca el propio pastoreo. De hecho, el abandono de la actividad en áreas con una larga tradición pastoril puede ser considerado una amenaza, ya que se ha comprobado que puede dar lugar a la expansión de formaciones arbustivas con la consiguiente pérdida de diversidad vegetal y calidad nutritiva del pasto (Watkinson y Ormerod, 2001). Su impacto sobre el suelo, en cambio, ha sido menos estudiado, especialmente en lo que se refiere a su calidad biológica.

Por esta razón, el objetivo del presente trabajo es analizar el impacto del abandono del pastoreo, tanto a nivel superficial (vegetación) como de suelo (especialmente), tras dos años de cese simulado de la actividad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se ubica en el entorno del PN de Gorbeia, el parque natural más grande de la Comunidad Autónoma del País Vasco (21.016 ha). Ubicado en la divisoria de aguas cántabro-mediterránea, este parque está dividido entre los Territorios Históricos de Álava y Bizkaia. En 2012 se instalaron 16 exclusiones permanentes al ganado de 10 x 10 m, cuatro (réplicas) en tres tipos de pastos de montaña representativos en Gorbeia (Directiva Hábitat, Códigos 6230a, 6230c, y 6170) y otras cuatro en pastos de valle. El material parental de estas 16 exclusiones es silíceo o calizo.

Mediciones de campo y análisis de laboratorio

Los muestreos de campo se llevaron a cabo en la primavera de 2014 (tras dos años de exclusión del ganado), tanto fuera como dentro de las exclusiones. En cada zona de muestreo, se llevó a cabo un diagnóstico de salud completo siguiendo la metodología descrita en las Tarjetas de Salud de los Agroecosistemas Pascícolas-TSAP (Mijangos *et al.*, 2012). Esta metodología se divide en un diagnóstico de salud básico (que incluye indicadores que en principio se pueden medir e interpretar sin necesidad de una formación específica previa) y otro más avanzado (con indicadores que requieren de un mayor equipamiento y formación previa).

Básicamente, se tomaron medidas *in situ* tanto de vegetación (biomasa aérea consumible y abundancia de raíces, pasto rechazado, cobertura y diversidad florística) como de suelo (compactación, capacidad de infiltración, coloración, diversidad de macrofauna, abundancia de lombrices y emisiones de CO₂). Al mismo tiempo se tomaron muestras compuestas de suelo (15 submuestras de 0-10 cm de profundidad) para realizar los análisis avanzados de laboratorio (diversidad de meso- y microfauna, a nivel funcional y genético, actividad y abundancia microbiana, pH, % de saturación de Al, N total, P Olsen, K extraíble y materia orgánica). Todos los protocolos de análisis están descritos en las TSAP, disponibles gratuitamente en la web de NEIKER-Tecnalia: www.soilmontana.com.

Tratamiento de datos

Los resultados obtenidos fueron estandarizados y normalizados siguiendo el procedimiento recomendado por Ramette (2007). A partir de estos valores (SIN transformarlos en notas mediante el sistema TSA), se exploraron las relaciones multivariantes entre los indicadores medidos (tanto básicos como avanzados) y diversas variables ambientales (el tratamiento de exclusión, tipo de hábitat y material parental) mediante un análisis parcial de redundancia (con el momento de muestreo como covariable) tras una selección hacia delante con Canoco 5 (ter Braak y Šmilauer, 2012).

RESULTADOS

El análisis de redundancia realizado con los indicadores básicos como variables respuesta permite explicar el 25.6% de la variación de dichos valores de forma significativa (pseudo-F = 6.3, P = 0.002). Tal y como se indica en la Tabla 1, el tratamiento de exclusión y el tipo de hábitat explican el 12.5% y 11.6% de dicha variación, respectivamente. Sin

embargo, el material parental no explica de forma significativa la variación de los valores de indicadores básicos.

Tal y como se puede observar en el biplot (Figura 1), a lo largo del RDA-1 se separan las muestras tomadas fuera y dentro de las exclusiones. Las muestras de exclusión se caracterizan por tener una mayor penetrabilidad, mientras que las de ganado muestran valores más elevados de rechazo animal, suelo desnudo, producción vegetal anual y tiempo de infiltración. Por otro lado, a lo largo del RDA-2, se separan las muestras de valle (con valores más elevados de tipos de macrofauna y abundancia de lombrices) y de montaña (con valores más elevados de abundancia y profundidad de raíces y coloración del suelo).

Tabla 1. Resultados de la selección hacia adelante realizado sobre el tratamiento de exclusión, el tipo de hábitat y el material parental con los indicadores de salud básicos y avanzados.

		Tratamiento de exclusión	Hábitat	Material parental
Diagnóstico BÁSICO	% de explicación	12.5	11.6	no
	% de contribución	49.1	45.5	significativo
	pseudo-F	8.2	8.6	
	P	0.002	0.002	
Diagnóstico AVANZADO	% de explicación	9.8	13.2	4.6
	% de contribución	35.6	47.7	16.7
	pseudo-F	7.2	8.7	3.5
	P	0.002	0.002	0.002

Respecto al diagnóstico avanzado, el análisis de redundancia permite explicar el 27.7% de la variación de los valores de forma significativa (pseudo-F = 7.0, P = 0.002). En este caso, el tratamiento de exclusión, el tipo de hábitat y el material parental explican significativamente el 9.8%, 13.2% y 4.6% de la variación explicada (Tabla 1).

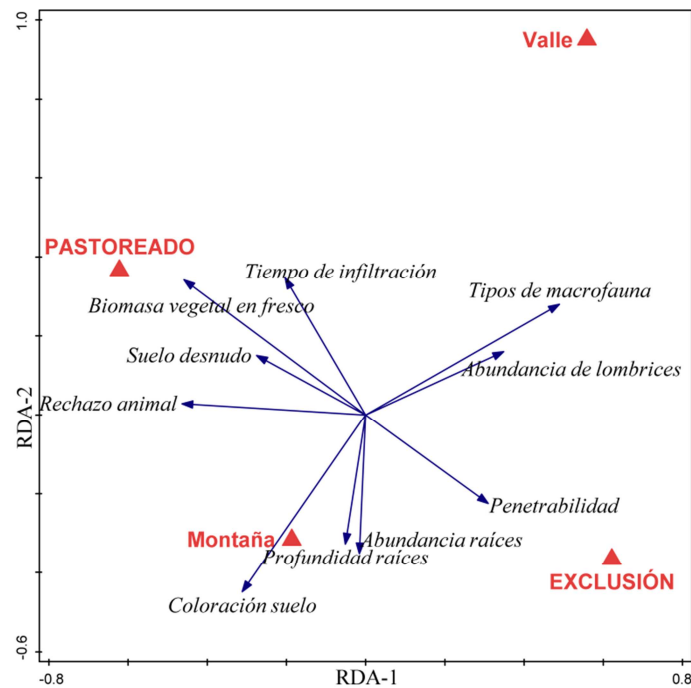


Figura 1. Biplot del RDA realizado con los indicadores de salud *básicos* como variables respuesta (flechas; tan sólo se muestran los diez con mejor ajuste), el tratamiento de exclusión, el tipo de hábitat y el material parental como variables explicatorias (triángulos) y el momento de muestreo como covariable.

El biplot de la Figura 2 muestra, a lo largo del RDA-1, que las muestras de valle, y en menor medida las de material parental calizo, muestran valores más elevados de pH y de diversidad funcional bacteriana, estimada mediante el cálculo del índice de Shannon en placas Biolog EcoPlates™. Mientras tanto, las muestras de montaña, y en menor medida, las de material parental silíceo, muestran valores más elevados de materia orgánica, nitrógeno total y respiración basal. Finalmente, a lo largo del RDA-2, las muestras del tratamiento pastoreado vuelven a mostrar valores más elevados de compactación y producción vegetal, mientras que las muestras de exclusión emiten más CO₂ y tienen una mayor riqueza de hongos medida mediante PCR-DGGE.

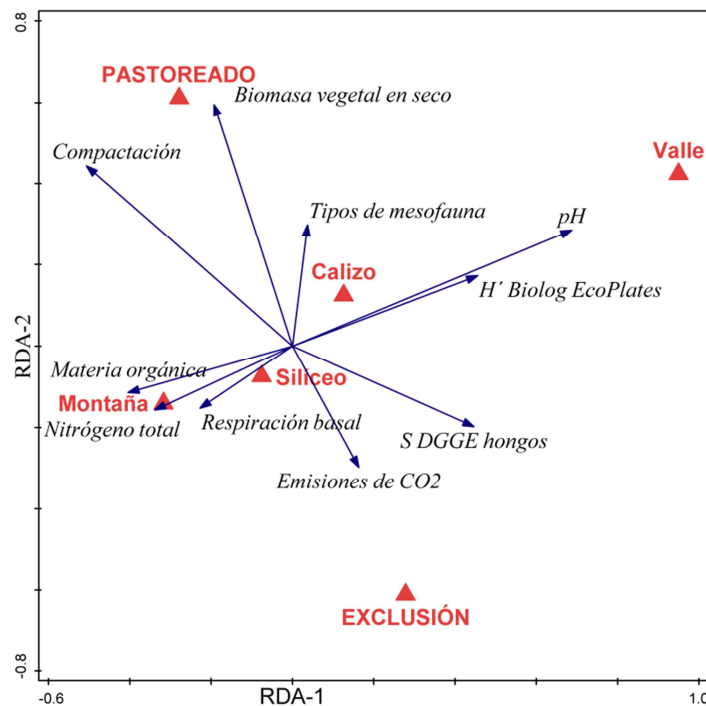


Figura 2. Biplot del RDA realizado con los indicadores de salud *avanzados* como variables respuesta (flechas; tan sólo se muestran los diez con mejor ajuste), el tratamiento de exclusión, el tipo de hábitat y el material parental como variables explicatorias (triángulos) y el momento de muestreo como covariable.

H': índice de diversidad Shannon; S: riqueza en forma de número de bandas.

DISCUSIÓN

El cese del pastoreo conlleva cambios significativos sobre la salud de los agroecosistemas. A pesar de haber transcurrido tan sólo dos años desde el establecimiento de las exclusiones, se ve un claro efecto de disminución de la compactación producida por el pastoreo. Dentro de las áreas pastoreadas, la compactación llega a ser severa en las zonas de mayor querencia, habiéndose registrado valores superiores a los 3Mpa (datos no mostrados). Ello reduce la porosidad del suelo y explica su menor capacidad de infiltración del agua de lluvia.

Por otra parte, se observó una tasa mayor de emisiones de CO₂ dentro de las exclusiones. Jensen *et al.* (1996) también detectó un descenso de las emisiones de CO₂ al compactar tanto un suelo dedicado al pastoreo como otro dedicado a la producción de maíz. En nuestro caso, este aumento dentro de las exclusiones podría ser debido tanto a una mayor circulación de agua y gases a través del suelo como a la acumulación de necromasa vegetal, que estaría favoreciendo un metabolismo principalmente oxidativo de esa biomasa,

aumentando la pérdida de materia orgánica a la atmósfera en un contexto de abandono del pastoreo.

No obstante, es posible que este efecto negativo del abandono del pastoreo se atenúe con el paso del tiempo, ya que las comunidades edáficas son cada vez más eficientes a nivel de reciclaje de nutrientes según la sucesión avanza, aumentando con el tiempo la retención de nutrientes en el sistema (Bardgett *et al.*, 2005). Interesantemente, el aumento de la riqueza de hongos dentro de las exclusiones podría ser un indicador de este avance de la sucesión. En general, los hongos tienen vidas más prolongadas que las bacterias, y son propios de ecosistemas más maduros y estables con mayor proporción de sustratos no lábiles.

Otro de los factores con un efecto de dimensiones similares al del tratamiento de exclusión aplicado ha sido el tipo de hábitat (de valle o de montaña). Los suelos de montaña han mostrado tener un pH ácido, que ralentiza la mineralización microbiana de los nutrientes, los cuales se acumulan en el suelo en forma orgánica. Por otro lado, los suelos de valle parecen tener una diversidad y riqueza biológica mayor. Una mayor diversidad funcional microbiana (medida mediante las placas Biolog EcoPlatesTM) conlleva una mayor liberación de nutrientes inorgánicos para las plantas y, con ello, una mayor producción de pasto.

Finalmente, si bien se observa una gran coherencia entre los resultados obtenidos con los indicadores básicos y avanzados, los avanzados son los únicos en detectar el efecto del tipo de material parental. Por lo tanto, se podría decir que permiten un análisis e interpretación más profundo del funcionamiento del agroecosistema.

CONCLUSIONES

Las tarjetas de salud de los agroecosistemas (tanto en su vertiente básica como avanzada) han demostrado su utilidad para evaluar el efecto de abandono del pastoreo en pastos de montaña y de valle. Dicho efecto ya es significativo tras dos años de exclusión, observándose una disminución de la compactación producida por el pastoreo. Aunque las mayores emisiones de CO₂ indican una mayor pérdida de materia orgánica a la atmósfera a corto plazo, el aumento de la riqueza de hongos indicaría el incipiente desarrollo de un ecosistema más estable, por lo que esta pérdida podría disminuir a largo plazo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto BIOPASTO (AGL2013-48361-C2-2-R; proyecto coordinado) con financiación del Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMEZAGA I., ALBIZU I., DURO I. Y MENDARTE S. (2003) Identificación de factores determinantes en el valor pastoral y estructura de los pastos del parque natural de Gorbeia (Bizkaia). En: Robles A.B. *et al.* (Eds) *Pastos, desarrollo y conservación*, pp. 729-734. Granada, España: Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca.
- BARANDIARAN J.M. Y MANTEROLA A. (2000) *Ganadería y Pastoreo en Vasconia*. Eusko Jaurlaritzia, Bilbao, 1020 pp.
- BARDGETT R.D., BOWMAN W.D., KAUFMAN R. Y SCHMIDT S.T. (2005) A temporal approach to linking aboveground and belowground ecology. *Trends in Ecology and Evolution* **20(11)**, 634-641.
- MIJANGOS I., ALBIZU I., MARTÍN I., ANZA M., MENDARTE S., EPELDE L. Y GARBISU C. (2012) Tarjetas de salud de los agroecosistemas-ecosistemas pastorales. Disponible en: <http://www.soilmontana.com>.
- JENSEN L.S., MCQUEEN D.J. Y SHEPHERD T.G. (1996) Effects of soil compaction on N mineralization and microbial-C and -N. 1. Field measurements. *Soil and Tillage Research*, **38**, 175-188.
- TER BRAAK C.J.F. Y ŠMILAUER P. (2012) *Canoco Reference Manual and User's Guide: Software for Ordination, version 5.0*. Microcomputer Power, Ithaca, USA.
- WATKINSON A.R. Y ORMEROD S.J. (2001) Grassland, grazing and biodiversity: editors' introduction. *Journal of Applied Ecology*, **38**, 233-237.

Tercera Parte
PRODUCCIÓN VEGETAL

INFLUENCIA DE LA CALIDAD DEL TERRENO EN LA RESPUESTA AL FÓSFORO DE LOS PASTOS EN LA SERENA (EXTREMADURA)

INFLUENCE OF MANAGEMENT ON PASTURE FERTILIZATION WITH SELENIUM IN LA SERENA (EXTREMADURA)

C. GARCÍA-LATORRE, S. RODRIGO, O. SANTAMARÍA, M.J. POBLACIONES, T. GARCÍA-WHITE, F.J. VIGUERA Y L. OLEA

Departamento de Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal. Escuela de Ingenierías Agrarias. Universidad de Extremadura. 06007 Badajoz (España). saramoro@unex.es.

RESUMEN

Tradicionalmente los ganaderos del suroeste extremeño, con pastos de producción muy irregular y escasa calidad nutritiva clasifican las zonas de su finca en “malas” y “buenas”, realizando fertilización fosfórica únicamente en parte de las “buenas”. Con el fin de evaluar la influencia de la calidad del terreno en la respuesta del pasto a la fertilización fosfórica, se diseñó un experimento consistente en la aplicación o no de 250 kg ha⁻¹ de superfosfato de cal al 18% en dos zonas de una misma finca, de acuerdo a la calidad del terreno valorada a través de la pendiente, la profundidad y la pedregosidad. En dos campañas agrícolas, se analizó la producción de biomasa herbácea, su proteína bruta y su digestibilidad de materia orgánica, tanto en invierno como en primavera. La proteína se vio positivamente afectada por la fertilización fosfórica en invierno, mientras que el incremento de biomasa invernal tras la fertilización fue mayor en la zona “mala” que en la “buena” (un 47% frente a un 10%). En conclusión, conviene realizar la aplicación de fósforo en todas las zonas debido al incremento de producción invernal y a la mejora de la calidad del pasto.

Palabras clave: biomasa, mejora, superfosfato de cal, digestibilidad.

SUMMARY

Traditionally farmers in SW of Extremadura, with pastures of irregular production and low quality, divide the farms in “bad” and “good” areas, fertilizing only the “good” areas. With the aim of evaluating the soil quality influence over the phosphoric fertilization (250 kg ha⁻¹ of superphosphate of lime 18%) in two areas of a farm, classified according to the slope, depth and stone presence. Two years were studied analyzing dry matter yield, crude protein and digestibility, both in winter and spring. Crude protein was positively affected by fertilization in winter, while winter biomass increased after fertilization was higher in “bad” area than in “good” (47% and 10% respectively). In conclusion, it is convenient to apply phosphorus in both areas due to the increase in winter production and pasture quality.

Key words: extensive pasture, improvement, phosphorus, digestibility.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas mediterráneos están determinados por una producción con una marcada estacionalidad, así como por la variabilidad interanual tanto en el ámbito de la producción como en el de la calidad, influido profundamente por la meteorología (Ferrer y Broca, 1999). En Extremadura, la superficie dedicada a pastos y pastizales se sitúa en torno a las 2.206.000 ha (INIA, 2005), siendo estos especialmente importantes en la zona de La Serena, donde el censo ovino, principalmente de la raza Merina, supera el millón de animales (datos facilitados por la Junta de Extremadura, Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Energía).

Los suelos extremeños utilizados para pastos presentan, en general, escaso contenido en materia orgánica, poca profundidad y pH ácido, mostrando bajo nivel de nutrientes esenciales para las plantas, especialmente nitrógeno y fósforo (Doak, 1952). Esto es especialmente marcado en la zona de La Serena, donde los suelos presentan afloraciones rocosas (dientes de perro) características de los suelos pizarrosos, siendo muy susceptibles a la erosión (Serrano et al., 2011). La edafología y climatología hacen que las producciones herbáceas de la zona sean bajas, tremendamente irregulares y de escasa calidad nutritiva, obligando al ganadero a realizar actuaciones encaminadas a mejorar sus producciones. Así, de manera habitual se recurre a la fertilización fosfórica, cuya aplicación puede suponer aumentos en la producción de más del 50% (Olea et al., 2005). Además, el aumento del nivel fosfórico en el suelo produce un pasto más rico en leguminosas, lo que refleja la importancia prioritaria de este nutriente (Santamaría et al., 2009), ya que aumenta el valor nutritivo de la biomasa. A pesar de ello, el ganadero no fertiliza de igual manera todas las zonas de las fincas de pastizal, sino que selecciona las zonas que *a priori* considera *buenas* para “abandonar” en cierto modo las que considera *malas*.

El trabajo que se presenta a continuación tiene por objetivo principal determinar si existe distinta respuesta a la fertilización fosfórica en función de la calidad del terreno en fincas de la zona de La Serena en Extremadura, valorando no sólo la producción de biomasa sino también la proteína bruta y la digestibilidad del pasto obtenido.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se planteó durante dos años agrícolas, 2012-2013 y 2013-2014, en una finca representativa de la comarca de La Serena (Badajoz), en el término municipal de La

Coronada. La dedicación de la finca es la de producción de pastos y su aprovechamiento por ganado ovino de raza Merina. Las características climáticas de los dos años de estudio se presentan en la Figura 1.

El estudio se realizó sobre pasto natural en dos zonas con calidad del terreno diferenciada. El criterio principal para designar cada zona fue la pendiente, la profundidad aparente del terreno (según la experiencia del propietario) y su pedregosidad. En cada zona se fertilizó la mitad de la superficie del ensayo (20 m × 20 m) con 250 kg ha⁻¹ de superfosfato de cal al 18% cada año a principio del otoño, con las primeras lluvias, dejando la otra mitad sin fertilizar. En cada zona de cada finca se colocaron aleatoriamente cuatro jaulas de exclusión de 1 × 1 m² en la parte fertilizada y otras cuatro jaulas en la parte no fertilizada. Cada año se cambiaban de localización para evitar efectos de la falta de presencia animal.

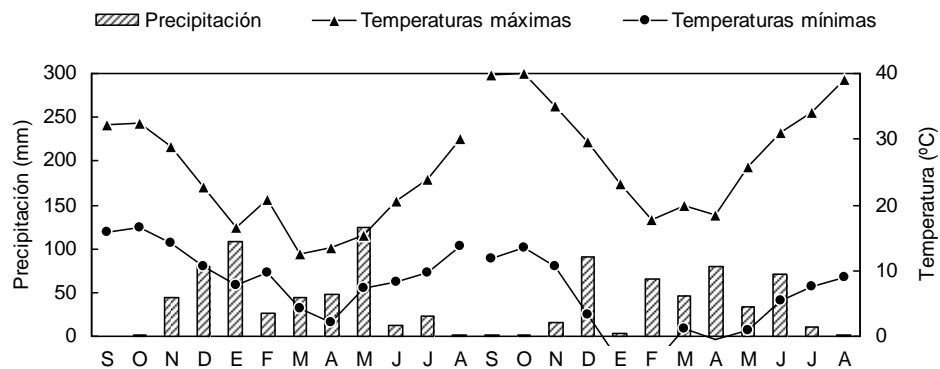


Figura 1. Precipitación anual y mensual y temperatura (media de máximas y mínimas mensuales) de las campañas agrícolas 2012-13 y 2013-2014 en la zona de estudio (Datos AEMET).

Las propiedades iniciales del suelo de ambas zonas fueron: textura de franca a franco-arcillo-arenoso, ácido (pH de 6,0±0,1 en ambas zonas, buena y mala), con un nivel de materia orgánica relativamente alto (2,6%±0,3 en la zona buena y 2,7%±0,2 en la zona mala) debido a la presencia del ganado. El nivel de P Olsen fue de 5,7±0,3 y 6,8±0,2 mg kg⁻¹ en las zonas mala y buena respectivamente. También se determinaron los niveles de Ca (5,8±0,9 y 5,6±0,3 cmolc kg⁻¹ en zonas buena y mala respectivamente), K (0,84±0,02 y 0,82±0,01 cmolc kg⁻¹ en zonas buena y mala respectivamente) y Na (0,16 ±0,01 y 0,15±0,01 cmolc kg⁻¹ en zonas buena y mala respectivamente). Por su parte, la cantidad de Mg fue tan baja, que ni siquiera fue detectable.

En el área experimental se realizó un pastoreo rotacional, realizando los controles de biomasa en febrero y abril-mayo. Para cada una de las jaulas de exclusión se determinó la producción de biomasa (MS en kg ha⁻¹), la proteína bruta (PB en %) por el método Kjeldahl y la digestibilidad de materia orgánica calculada con la fórmula %DMO = 92,15 – (%FAD x 0,7965) (Gómez de Barreda, 2005), gracias a la FAD (fibra ácido detergente) obtenida por el método oficial.

Los resultados tanto en invierno como en primavera fueron sometidos a un análisis de la varianza (ANOVA) de tres vías mediante el paquete estadístico STATISTIX 8.1 para determinar los efectos zona, año, aplicación de superfosfato y sus interacciones sobre los parámetros estudiados. El tratamiento de las medias se realizó utilizando el test de Fisher de mínima diferencia significativa (MDS) a $P \leq 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como cabía esperar la zona de estudio (buena o mala) influyó significativamente en el rendimiento en MS en ambos aprovechamientos (invierno y primavera), además de en la PB del pasto del aprovechamiento primaveral y en la DMO en ambos aprovechamientos (Tabla 1). Por su parte, la fertilización fosfórica mejoró la proteína del pasto invernal.

Tabla 1. Influencia del año agrícola (2012-2013 y 2013-2014), la zona de estudio (buena y mala) y la aplicación o no de fertilizante (250 kg ha⁻¹ de superfosfato de cal 18%) y las interacciones zona × fertilización y año × zona × fertilización en la MS en kg ha⁻¹, la PB (%) y la DMO (%) de la biomasa cosechada en invierno y primavera. *, ** y * Significación a un 0,001, 0,01 y 0,05 nivel de probabilidad. ns = no significativo. MS = materia seca, PB = proteína bruta, DMO = digestibilidad de materia orgánica.**

	INVIERNO			PRIMAVERA		
	MS (kg ha ⁻¹)	PB (%)	DMO (%)	MS (kg ha ⁻¹)	PB (%)	DMO (%)
Año	ns	ns	*	**	ns	**
Zona	**	ns	***	***	*	*
Fertilización	ns	**	ns	Ns	ns	ns
Zona × Fertilización	ns	ns	ns	Ns	ns	ns
Año × Zona × Fertilización	ns	**	**	Ns	ns	ns

Nota: la interacción año × fertilización sólo fue significativa cuando la triple interacción lo fue.

La Tabla 2 muestra que el pasto analizado el año 2013-2014 mostró una mejor DMO tanto en invierno como en primavera, siendo menor la cantidad de biomasa cosechada en la primavera de este año con respecto al año anterior. Esto puede ser debido a la mayor precipitación otoñal en 2012-2013, con aproximadamente un 40% del total anual, registrado en los meses de septiembre a noviembre. Respecto al efecto de la fertilización, sólo la PB se vio positivamente afectada por la aportación de fósforo en el pasto invernal, probablemente debido a que el aumento de este elemento en suelo ayuda a la proliferación de leguminosas (Guiller y Cadisch, 1995), más ricas en proteína. Si bien la interacción zona \times fertilización no fue significativa para ninguno de los parámetros (Tabla 1), este hecho tiene una lectura muy positiva, puesto que significa que existe respuesta a la fertilización fosfórica en las zonas “malas” y esta respuesta se observa especialmente en la producción de MS invernal, donde la media del aumento de biomasa que se registra entre la zona no fertilizada (383, 5 kg MS ha⁻¹) y la fertilizada (726,4 kg MS ha⁻¹) supone un incremento de cerca del 50%, mientras que en la zona “buena” esta diferencia apenas sobrepasa el 10% (de 1.122,7 a 1.260,1 kg MS ha⁻¹ en la zona no fertilizada y fertilizada respectivamente).

Tabla 2. Medias de MS, PB y DMO por año, zona y fertilización en el pasto analizado en invierno y en primavera. Letras diferentes muestran diferencias significativas para las medias de la triple interacción.

MS = materia seca, PB = proteína bruta, DMO = digestibilidad de materia orgánica.

	INVIERNO			PRIMAVERA		
	MS (kg ha ⁻¹)	PB (%)	DMO (%)	MS (kg ha ⁻¹)	PB (%)	DMO (%)
<i>Año</i>						
2012-2013	995,0	15,1	63,8b	2204,7a	8,7	64,0b
2013-2014	751,4	14,8	73,4a	836,4b	8,3	65,8a
<i>Zona</i>						
Buena	1191,4a	15,4	74,7a	2204,7a	8,2b	65,7a
Mala	555,0b	14,6	62,5b	836,4b	8,8a	64,5b
<i>Fertilización</i>						
250 kg ha⁻¹	993,3	15,7a	68,3	1555,8	8,8	65,2
0 kg ha⁻¹	753,1	14,3b	68,9	1485,2	8,3	65,0

La escasa influencia del P sobre la cantidad y calidad del pasto, podría considerarse contraria a la bibliografía (Olea et al., 1989; Santamaría et al., 2009), pero la alta carencia en P de los suelos del suroeste de la Península hace que, al ser un elemento de absorción lenta, se necesite de su aplicación repetida durante varios años para observar los resultados verdaderamente positivos (Erkovan et al., 2010). Las producciones obtenidas en todos los casos se encuentran dentro del rango señalado por Martín Bellido (1996), entre 600 a 3.500 kg MS ha⁻¹ año⁻¹. Viendo que las características edáficas analizadas entre zona buena y mala son muy similares en los principales parámetros y que las condiciones climáticas a las que estuvieron sometidas las zonas de estudio fue el mismo, una de las causas principales de la variación en cantidad de biomasa puede ser debida a la pendiente, ya sea porque provoca una menor profundidad del suelo por una mayor erosión (Manzanares Sierra, 1990), una menor infiltración de agua o por la diferente irradiación que recibe el pasto en las zonas con pendiente (malas) con respecto a las zonas más llanas o de vaguadas (buena) (Monteith y Unsworth, 1990). Esta diferente pendiente va a condicionar la composición botánica encontrada, apareciendo significativamente más especies de otras familias en las zonas “malas” y más gramíneas (generalmente más productivas y de mejor calidad según Olea et al. (1990)) en las zonas con menor pendiente (“buenas”) (*datos no mostrados*).

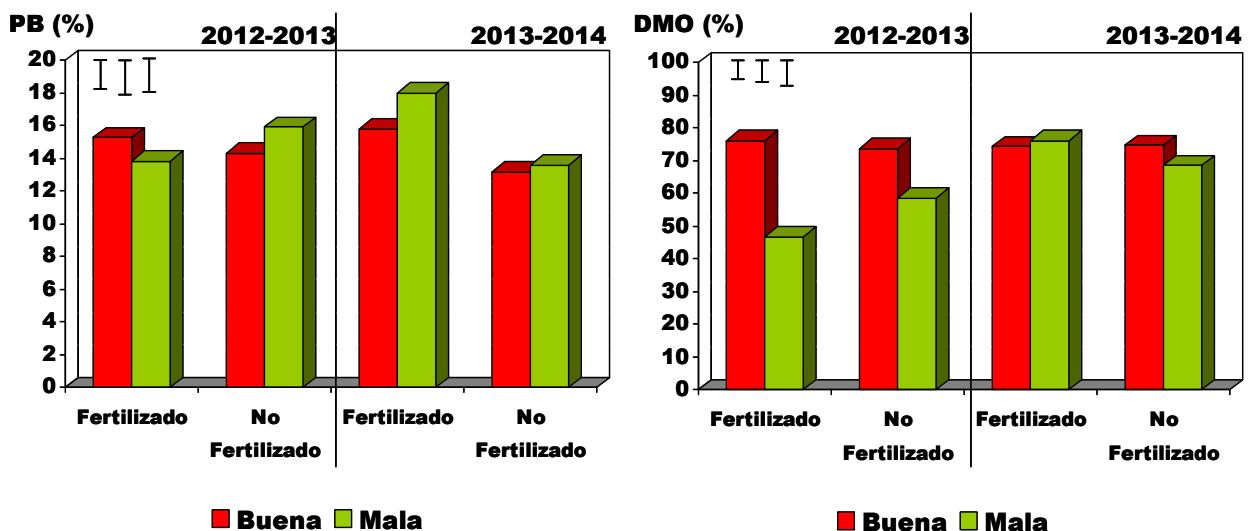


Figura 2. Interacción año × zona × fertilización para las variables PB (%) a la izquierda y DMO (%) a la derecha del pasto de invierno. Las barras verticales indican las MDS ($P < 0,05$) para: primera, al mismo nivel de año y zona; segunda a mismo nivel de año; tercera a diferente nivel de año.

Como se ve en la Figura 2, la PB del pasto invernal el primer año de estudio (2012-2013) no muestra diferencias significativas en la zona buena fertilizando y sin fertilizar, mientras que en la zona mala es superior a la encontrada en la zona buena. Esta diferencia desaparece en primavera y el año posterior, lo que hace indicar un aumento de leguminosas en ambas zonas tras la aplicación de fósforo. Respecto a la DMO, los pastos de las zonas no fertilizadas, ya sean “malas” o “buenas” se encuentran en su mayor parte entre los valores más bajos de DMO, al igual que el pasto de la zona mala fertilizado (Figura 2). Estos resultados se explican por la mejora en la calidad del pasto al cambiar la flora y aumentar, gracias a la fertilización fosfórica (Olea et al., 2005), gramíneas y leguminosas (ricas en proteína) frente a plantas de otras familias, generalmente más ricas en fibra y por tanto menos digestibles, debido a la correlación negativa entre fibra y DMO que ya describiera Rodrigo (2011).

CONCLUSIONES

El hecho de que no aparezca significación en la interacción zona \times fertilización, y que sí exista una respuesta positiva de la fertilización en la DMO, indica que si bien puede ser más lenta la mejora, las zonas consideradas por los ganaderos como *malas*, son también susceptibles de mejora a través de la fertilización fosfórica.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo y la asistencia de Sara Rodrigo a la reunión han sido cofinanciados por la Comunidad Autónoma de Extremadura y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del proyecto de investigación de referencia PCJ1009 del programa Generación del Conocimiento del IV Plan Regional de I+D+i.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DOAK B.W. (1952) Some chemical changes in the nitrogenous constituents of urine when voided on pasture. *The Journal of Agricultural Science*, **42**, 162-171.
- ERKOVAN H.I., GÜLLAP M.K., DASÇI M. Y KOÇ A. (2010) Effects of phosphorus fertilizer and phosphorus solubilising bacteria application on clover dominant meadow: I. Hay yield and botanical composition. *Turkish Journal of Field Crops*, **15(1)**, 12-17.
- FERRER C. Y BROCA A. (1999) El binomio agricultura-ganadería en los ecosistemas mediterráneos. *Pastoreo frente a “desierto verde”*. XXIX Reunión Científica de la SEEP. Pp. 309-334. Almería, España.

- GÓMEZ DE BARREDA D. (2005) *Practicultura*. Valencia, España: Editorial de la UPV.
- GUILLER K.E. Y CADISCH G. (1995) Future benefits from biological nitrogen fixation: an ecological approach to agriculture. *Plant and Soil*, **174**, 255-277.
- INIA (2005) Tipificación, cartografía y evaluación de los pastos de la Comunidad de Extremadura. Informe final proyecto OT00-037-C17-11.
- MANZANARES SIERRA M.C. (1990) Influencia de los factores geomorfológicos en la distribución y evolución de cultivos en el valle del Ebro riojano. *Berceo*, **118-119**, 43-51.
- MARTÍN BELLIDO M. (1996) La Dehesa. *Agricultura*, **762**, 44-49.
- MONTEITH J.L. Y UNSWORTH M.J. (1990) *Principles of Environmental Physics*, 2nd Edition. Edward Arnold, London, 291 pp.
- OLEA L., PAREDES J. Y VERDASCO M.P. (1989) Características productivas de los pastos de la dehesa del S.O. de la Península Ibérica. *II Reunión de pastos y forrajes. Pastos, forrajes y producción animal en condiciones extensivas*. Pp. 147-172. Badajoz-Elvas, España-Portugal.
- OLEA L., LÓPEZ-BELLIDO R.J. Y POBLACIONES M.J. (2005) Europe types of silvopastoral systems in the Mediterranean area: Dehesa. En: Mosquera-Losada M. (ed): *Silvopastoralism and Sustainable Land Management*. CABI Publishing, Wallingford, Oxfordshire, 30–35.
- RODRIGO S. (2011) *Dinámica productiva de forrajes de diferentes cultivares de triticales y avenas como suplemento de los pastos de dehesa y pastizales del S.O. de la Península Ibérica*. Tesis doctoral. Universidad de Extremadura.
- SANTAMARÍA O., POBLACIONES M.J., OLEA L., RODRIGO S., VIGUERA F.J. Y GARCÍA-WHITE T. (2009) Influencia de nuevos fertilizantes sobre la producción de biomasa y parámetros de calidad en pastos de dehesa del SO de España. En "La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas". Reiné, R.; Barrantes, O.; Broca, A. y Ferrer, C. (eds). Pp. 581-587. SEEP, Huesca, España.
- SERRANO J., PEÇA J., MARQUES J., SHAHIDIAN S. Y CARVALHO M. (2011) Phosphorus dynamics in permanent pastures: differential fertilizing and the animal effect. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **90**, 63–74.

USO DE AGUAS REGENERADAS PARA EL RIEGO DE CULTIVOS FORRAJEROS EN LAS ISLAS BALEARES

USING RECLAIMED WATER FOR IRRIGATION OF FORAGE CROPS IN THE BALEARIC ISLANDS

**J. VADELL¹, M. ADROVER¹, J. SOLIVELLAS¹, G. MOYÀ¹, E. NICOLAS², S. MULET³, E.
FERNÁNDEZ³ Y R. CALERO³**

¹Departament de Biologia de la Universitat de les Illes Balears (UIB). Carretera de Valldemossa km 7,5. 07122 Palma de Mallorca (España). jaume.vadell@uib.es. ²Departamento de Riego CEBAS-CSIC. Box 164. 30100 Espinardo. Murcia (España). ³Empresa de Transformación Agraria S.A. (TRAGSA). C/ Conde de Peñalver 84. 28006 Madrid (España).

RESUMEN

En las Islas Baleares hay una notable experiencia en el uso de aguas residuales regeneradas en la agricultura, que se inició hace más de 40 años. El primer uso fue el riego de cultivos forrajeros, sobretodo alfalfa y con menor extensión maíz y sorgo forrajeros. Después de estos años se pone de manifiesto que se ha mantenido o mejorado la fertilidad de los suelos sin que se hayan detectado contaminaciones relevantes de metales pesados. La salinidad asociada a esta agua constituye a nivel agronómico el principal problema, que se subsana a través de las lluvias pero puede afectar a la calidad del acuífero. Actualmente, en las Islas Baleares se dispone de una infraestructura considerable para el almacenaje y distribución de aguas regeneradas, lo que posibilita su aprovechamiento para numerosos usos agrarios y de jardinería, siendo los forrajes una alternativa apropiada.

Palabras clave: agua residual, agua depurada, alfalfa, salinidad, suelo.

SUMMARY

The Balearic Islands have a remarkable experience in the use of reclaimed wastewater in agriculture, which began over 40 years ago. The first use was irrigation of forage crops, especially alfalfa. Corn and sorghum forage are another crops with less extension. After these years, it is evident that soil fertility has been maintained or enhanced without significant contamination of heavy metals. The salinity of reclaimed wastewater is an agronomic problem, which is reduced by the autumn and winter rains; however, at medium term, may affect the quality of the aquifer. Currently, the Balearic Islands have an extensive infrastructure for storage and distribution of reclaimed water, allowing its use for many agricultural and garden uses, and forage crops are an interesting alternative.

Key words: wastewater, treated wastewater, alfalfa, salinity, soil.

INTRODUCCIÓN

En los ambientes mediterráneos, la necesidad y oportunidad del aprovechamiento de las aguas regeneradas en la agricultura es un hecho ampliamente argumentado (Qadir et al., 2007). El riego con aguas regeneradas permite aumentar la productividad agrícola en zonas que carecen de recursos hídricos o que se han deteriorado, como sucede en acuíferos sobreexplotados y afectados por la intrusión marina (Anderson, 2003).

En las islas Baleares, con un clima típicamente mediterráneo el grueso de las precipitaciones se localiza en otoño e invierno, generándose un déficit hídrico a partir de la primavera, siendo acentuado en verano. En estas circunstancias los cultivos herbáceos que se cultivan en invierno, en años normales, alcanzan un buen desarrollo. Es a partir de la primavera cuando la escasez de agua limita o impide el desarrollo de cultivos herbáceos que combinan requerimientos térmicos e hídricos. En estas circunstancias el riego es la vía para posibilitar estos cultivos y, en una región donde el agua es un recurso limitado, el uso de aguas regeneradas es una buena alternativa.

El riego con aguas depuradas se inició en la década de 1970. La construcción de la primera depuradora de Palma de Mallorca en 1971, gestionada por la empresa municipal de abastecimiento de agua (EMAYA) fue el arranque para el aprovechamiento del agua depurada en agricultura, empezándose a utilizar en 1973. A instancias del Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario (IRYDA) se calificó el polígono de regadío del Pla de Sant Jordi como “Zona Experimental de Regadío de Interés Nacional” para el riego de cultivos forrajeros. Posteriormente, a partir de 1998, se incorporó una planta de tratamiento terciario que ha permitido ampliar los usos del agua tratada. Actualmente, en esta zona, la superficie regada es de 1500 ha con un consumo de 14,3 hm³ en 2013 (<http://www.emaya.es/>).

La motivación inicial para el uso de aguas residuales depuradas en el Pla de Sant Jordi fue el deterioro progresivo de las aguas subterráneas por la salinización provocada por la sobreexplotación y consecuente intrusión marina. Estas circunstancias se iniciaron a partir de la mitad del siglo XX, siendo críticas a partir de la década de 1970, momento en que se introdujo el agua depurada como alternativa.

En la misma época se iniciaron otros regadíos de menor alcance con aguas tratadas, en los alrededores de otras depuradoras, como es el caso de Peguera (municipio de Calvia) e Inca. Posteriormente se han creado numerosas concesiones para el uso de estas aguas.

El objetivo de este trabajo es evaluar el uso de aguas regeneradas en cultivos forrajeros en las islas Baleares, valorando su impacto sobre el suelo y los cultivos.

EVOLUCIÓN AGROPECUARIA VINCULADA A LOS FORRAJES DE REGADÍO

En las Islas Baleares, la producción forrajera de regadío ha estado vinculada a la demanda de la ganadería vacuna destinada a la producción de leche. La cabaña vacuna ha tenido una evolución desigual en función de las islas, habiendo sufrido una fuerte reducción los últimos años (11143 vacas lecheras en el censo de 2013). Mientras que en Menorca se ha mantenido una actividad lechera notable (actualmente su censo supone el 71,5% de las Islas), Mallorca ha sufrido un fuerte retroceso (solo supone el 27% del censo) y en Ibiza es muy limitada (1,5%). La producción de carne de vacuno también es reducida, con 10423 animales sacrificados en 2013 (MAGRAMA, 2014). Aunque en menor grado, la cabaña equina también genera una demanda de forrajes nada despreciable.

Tradicionalmente, en la isla de Menorca se ha recurrido mayoritariamente a cultivos forrajeros de secano, destacando la zulla (*Hedisarum coronarium*), cultivo que en el pasado tuvo mucha relevancia, el raygrass (*Lolium multiflorum*) y otras gramíneas forrajeras. Los forrajes de regadío: alfalfa (*Medicago sativa*), maíz forrajero (*Zea mays*) y sorgo forrajero (*Sorghum bicolor*), están presentes pero no ocupan grandes extensiones.

En la isla de Mallorca los cultivos forrajeros de regadío vinculados a la ganadería vacuna han tenido mayor presencia. Destaca la alfalfa y en menor medida el maíz y sorgo forrajeros.

En la segunda mitad del siglo XX el cultivo de alfalfa tuvo una gran relevancia produciéndose un fuerte retroceso en los últimos 20 años. La superficie censada en las islas era de más de 6000 ha hasta el año 1992, sufriendo un descenso paulatino hasta las 779 ha registradas en el año 2012. Las superficies de maíz y sorgo forrajeros tampoco destacan, no alcanzando conjuntamente las 100 ha censadas en el año 2012 (MAGRAMA, 2014).

USO DE AGUAS REGENERADAS PARA EL RIEGO DE CULTIVOS FORRAJEROS

El Pla de Sant Jordi constituye la mayor zona regable con aguas regeneradas de las Islas Baleares, en la cual la alfalfa ha constituido el cultivo dominante. Su tolerancia a la salinidad permite su cultivo con aguas con una salinidad considerable. Prácticamente todas las parcelas se riegan a manta. El cultivo se mantiene entre 5 y 7 años, realizando entre 6 y 7

cortes anuales, mayoritariamente en primavera y verano. Durante esta última estación, el cultivo alcanza el crecimiento adecuado para el corte cada 21 a 25 días. En este periodo se aplican dos riegos a manta, el primero justo después de la recogida de la siega anterior y el segundo al cabo de 10 o 12 días. En la Tabla 1 se indican las producciones medias por corte y la composición mineral en parcelas regadas con aguas regeneradas frente a las regadas con agua subterránea. Estos resultados ponen de manifiesto la similitud entre los dos sistemas de riego lo cual, también se intuye a partir de las opiniones positivas de los agricultores de la zona que consideran el agua regenerada adecuada para el riego.

En la comunidad de regantes de Peguera el cultivo de alfalfa y, ocasionalmente, otros forrajes, es habitual pero la superficie destinada a estos cultivos es escasa. De forma similar ocurre con el agua regenerada de Inca, donde los cultivos forrajeros ocupan escasa extensión.

En la isla de Menorca, el uso de aguas regeneradas para la producción de forrajes constituye una alternativa que, en la depuradora de Es Mercadal, se aprovecha la totalidad del efluente generado (0,6 hm³/año). La alfalfa y el sorgo forrajero son los principales cultivos que se destinan íntegramente a la alimentación de vacas. En todos los casos se utiliza riego por aspersión mediante cañones móviles debido a la irregularidad de los terrenos.

ESTADO DE LOS SUELOS REGADOS CON AGUAS REGENERADAS

En suelos del Pla de Sant Jordi, Peguera e Inca se han estudiado los efectos del riego con aguas residuales durante un periodo largo de tiempo, de más de 20 años (Adrover et al., 2012). Comparando estos suelos con otros no regados con aguas residuales no se aprecian efectos negativos sobre los parámetros indicadores de la fertilidad, constatándose un incremento significativo en la actividad biológica reflejado a través de la biomasa microbiana y las actividades enzimáticas β -glucosidasa y la fosfatasa alcalina.

El impacto del riego con aguas residuales sobre el contenido de metales pesados se ha estudiado, también en las mismas zonas, incluyendo parcelas que se empezaron a regar a mediados de la década de 1970 (Adrover et al., 2007). Comparando estos suelos con otros representativos de Mallorca se aprecian niveles de plomo ligeramente superiores, sin que sean críticos en ningún caso. En una parcela, también se detectó un nivel alto de cromo, presuntamente vinculado a la industria peletera, muy arraigada en la zona. Exceptuando estos casos puntuales, la incidencia de metales pesados es poco apreciable.

Tabla 1. Comparación de cultivos de alfalfa (*Medicago sativa*) regados con aguas regeneradas y con agua subterránea en el Pla de Sant Jordi (Palma de Mallorca).

Riego	Agua regenerada	Agua subterránea	Sig
n	15	8	
Producción por corte (t ms/ha)	2,53 ± 0,61	2,56 ± 0,90	0,848
Hojas (%)	45,7 ± 4,7	51,1 ± 5,0	<0,001
Tallos (%)	54,3 ± 4,7	48,9 ± 5,0	<0,001
Contenido elemental hojas:			
N (g/kg)	46,3 ± 4,2	45,0 ± 4,1	0,302
Ca (g/kg)	22,3 ± 4,2	21,6 ± 3,4	0,570
Mg (g/kg)	4,6 ± 0,7	5,2 ± 0,9	0,030
Na (g/kg)	3,8 ± 1,6	1,9 ± 0,8	<0,001
K (g/kg)	18,2 ± 4,3	21,8 ± 3,3	0,005
P (g/kg)	3,1 ± 0,4	2,8 ± 0,6	0,069
Fe (mg/kg)	111,5 ± 25,8	94,3 ± 16,2	0,019
Contenido elemental tallos:			
N (g/kg)	16,3 ± 1,8	16,3 ± 1,6	0,908
Ca (g/kg)	6,8 ± 0,9	6,8 ± 1,0	0,933
Mg (g/kg)	2,2 ± 0,5	2,7 ± 0,6	0,002
Na (g/kg)	5,4 ± 1,8	2,9 ± 1,0	<0,001
K (g/kg)	20,2 ± 6,8	27,1 ± 5,7	<0,001
P (g/kg)	2,0 ± 0,4	1,8 ± 0,7	0,291
Fe (mg/kg)	44,2 ± 10,8	44,1 ± 15,8	0,987

Los muestreos corresponden a las campañas 2004, 2005 y 2006 durante los meses de verano.

Los resultados de producción se refieren a producciones medias de cada corte de verano después de 21-25 días, de acuerdo al manejo de cada agricultor, realizándose el muestreo justo antes de cada siega.

La estimación de la producción por corte de cada parcela se realizó a partir de 4 muestras al azar de 0,36 m² (cuadrado de 0,6 m de lado).

La estimación de la masa seca se realizó después de secar una muestra alícuota a 80 °C hasta peso constante.

La proporción de tallos y hojas a partir de la separación y posterior peso de ambas fracciones.

El contenido de nitrógeno por el método Kjeldahl y el contenido elemental de Ca, Mg, Fe, Na y K después de incinerar el material a 550 °C durante 3 h, posterior disolución de las cenizas con HNO₃ y lectura mediante ICP.

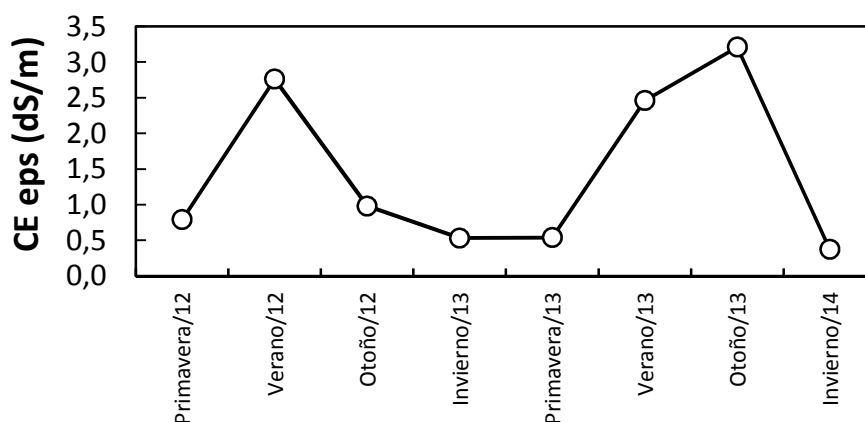
Valores medios ± desviación típica.

Significación estadística (Sig) realizada a partir de un test de *Student* para la comparación de medias.

En cuanto al contenido en metales pesados de los cultivos que se desarrollan sobre los suelos regados con agua depurada no se han detectado problemas. En muestras de alfalfa regada con aguas residuales recogidas en el Pla de Sant Jordi (Adrover y Vadell, 2007) se determinaron metales pesados (Cd, Cr, Cu, Ni y Pb) que presentaron concentraciones muy inferiores a las permitidas sin diferenciarse de los contenidos de la alfalfa regada con agua subterránea en la misma zona.

La salinidad del agua regenerada constituye uno de los puntos débiles de este recurso. En la Figura 1 se representa la evolución de la salinidad a lo largo del año en un suelo regado con agua de salinidad moderada. De forma similar se aprecia en la Tabla 2 dónde se presentan resultados de la salinidad de la capa arable durante el riego con aguas regeneradas en verano y después del lavado mediante el agua de lluvia en invierno. La recuperación a nivel edáfico no

garantiza la inocuidad del proceso. Las sales lavadas y arrastradas a través de la zona vadosa pueden provocar un aumento de la salinidad de las aguas subterráneas (Toze, 2006).



Conductividad eléctrica del agua de riego: 1,95 dS/m (25 °C).

El periodo de riego se extiende desde mediados de la primavera hasta el inicio del otoño.

A partir de mediados de otoño hasta el inicio de la primavera las lluvias provocan el lavado de las sales acumuladas con el riego estival.

Figura 1. Evolución de la salinidad del suelo (conductividad eléctrica del extracto de pasta saturada; CE eps, dS/m, 25 °C) a lo largo del año en la capa arable de un suelo regado con agua regenerada de Maria de la Salut (Mallorca).

Tabla 2. Conductividad eléctrica del extracto de pasta saturada (CE eps, dS/m, 25 °C) de suelos regados con aguas regeneradas en Es Mercadal (Menorca) destinados al cultivo de forrajes.

Parcela	Cultivo	CE eps (dS/m; 25 °C)	
		26/7/2013	18/02/2014
1	Sorgo / Trigo	5,07 ± 0,18	0,94 ± 0,09
2	Alfalfa	6,65 ± 2,06	1,05 ± 0,34
3	Sorgo / Avena	3,70 ± 1,21	2,26 ± 1,21

Valores medios ± desviación típica obtenidos a partir de 2-3 muestras compuestas correspondientes a la capa arable (0-20 cm).

El agua de riego presenta una CE de 3,2 dS/m.

Todos los cultivos están destinados a su uso como forraje.

DISPONIBILIDAD DE AGUAS REGENERADAS PARA EL RIEGO AGRÍCOLA

La capacidad nominal de depuración de las Estaciones Depuradoras en funcionamiento en las Islas Baleares es del orden de 100 hm³. Según datos recogidos en el Plan Hidrológico de las Islas Baleares (2013) en el año 2011 se utilizaban para riego 24,5 hm³ y estaba en proyecto el aprovechamiento de 11,5 hm³ adicionales. En la Tabla 3 se recogen las principales infraestructuras que disponen de balsa de almacenamiento y las superficies de riego previstas. A estas actuaciones hay que añadir pequeñas concesiones de aprovechamiento asociadas a otras depuradoras.

Tabla 3. Principales infraestructuras de almacenamiento de agua regenerada y superficies de riego asociadas en las Islas Baleares.

	Balsa de almacenamiento (m ³ x 10 ³)	Superficie regadío (ha)
Mallorca:		
Sant Jordi (Palma)	360	1500
Peguera (Calvia)	85	160
Santa Maria	43	119
Consell	60	145
Inca	201	236
Ariany	56	380
Artà	250	144
Cala Millor (Son Servera)	41	180
Capdepera	200	380
Menorca:		
Ciutadella	200	311
Es Mercadal	61	380
Ibiza:		
Santa Eulalia	170	314
Formentera:	88	114
TOTAL	1815	4363

CONCLUSIONES

Las aguas regeneradas constituyen un recurso de interés para el riego de cultivos forrajeros como la alfalfa. En suelos regados durante largos periodos de tiempo con aguas regeneradas en cultivos forrajeros se constata el mantenimiento o mejora de parámetros de fertilidad del suelo sin que se aprecien problemas destacables de contaminación con metales pesados. Las producciones son similares a las obtenidas con agua subterránea.

La salinización constituye un punto crítico ya que, aunque se produzca un lavado anual, existe un riesgo de incrementar la concentración de sales de las aguas freáticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ADROVER M. Y VADELL J. (2007) *El reg amb aigües regenerades*. Quaderns d'Investigació n. 8. Conselleria d'Agricultura i Pesca; Govern de les Illes Balears.
- ADROVER M., FARRÚS E., MOYÀ G. Y VADELL J. (2007) Presència de metalls pesants a terres agrícoles de Mallorca. Relació amb el reg amb aigües depurades. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 50, 45-57.

- ADROVER M., FARRÚS E., MOYÀ G. Y VADELL J. (2012) Chemical properties and biological activity in soils of Mallorca following twenty years of treated wastewater irrigation. *Journal of Environmental Management*, 95, S188-S192.
- ANDERSON J. (2003) The environmental benefits of water recycling and reuse. *Water Science and Technology: Water Supply*, 3: 1-10.
- MAGRAMA (2014). *Anuario de Estadística 2013*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.
- QADIR M., SHARMA B.R., BRUGGEMAN A., CHOUKR-ALLAH R. Y KARAJEH F. (2007) Non-conventional water resources and opportunities for water augmentation to achieve food security in water scarce countries. *Agricultural Water Management* 87: 2-22.
- TOZE S. (2006) Reuse of effluent water—benefits and risks. *Agricultural Water Management*, 80: 147-159.

PRODUCCIÓN, COMPOSICIÓN BOTÁNICA Y FERTILIDAD DEL SUELO EN PRADOS MESÓFILOS COLINOS DEL CENTRO DE ASTURIAS

PRODUCTION, BOTANICAL COMPOSITION AND SOIL FERTILITY IN LOWLAND MESOPHYTIC
MEADOWS IN THE CENTRE OF ASTURIAS

J.A. OLIVEIRA-PRENDES, E. AFIF-KHOURI Y P. PALENCIA

Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. Escuela Politécnica de Mieres. Universidad de Oviedo. C/ Gonzalo Gutiérrez Quirós s/n. 33600 Mieres (España). oliveira@uniovi.es.

RESUMEN

Se evaluó la producción de biomasa, composición botánica y fertilidad del suelo en tres prados de diente y siega mesófilos colinos en el centro de Asturias (Corvera, Siero y Oviedo). El manejo tradicional consiste en un corte para heno o silo en junio-julio y dos aprovechamientos (otoño y primavera) a diente con ganado vacuno de la raza Asturiana de los Valles. Se realizaron tres muestreos anuales (octubre 2007, marzo y junio 2008) consistentes en 10 muestras de 0,5 m x 0,5 m de biomasa en cada fecha de muestreo y prado. En el muestreo de junio se determinó también la composición botánica de los prados en Gramíneas, Leguminosas y Otras familias, así como el número de especies. La producción media de materia seca anual (7.852,3 kg/ha) fue similar a la de otros prados de diente y siega mesófilos del centro-oriente de Asturias. La producción media de materia seca en marzo-junio (5.917,4 kg/ha) fue superior a la citada para los prados mesófilos colinos del occidente de Asturias y a la de los prados de diente mesófilos montanos de Asturias. Se discuten posibles mejoras con el fin de mantener una composición botánica equilibrada y mejorar la fertilidad de los suelos.

Palabras clave: gramíneas, leguminosas, otras familias, pastoreo, siega.

SUMMARY

Dry matter yield, botanical composition and soil fertility were evaluated on three private lowland mesophytic meadows for cutting and grazing in the centre of Asturias (Corvera, Siero y Oviedo). Traditional management consist in a hay or silage cut on June-July and two grazing (October and March) with the 'Asturiana de los Valles' traditional cattle breed. Three annual samplings (October, March and June) composed of 10 biomass samples of 0.5 m 0.5 m in each sampling date and meadow. In the June sampling the botanical composition of the meadows in Grasses, Legumes and Other families as well as the number of species was determined. Average annual dry matter yield (7,852.3 kg/ha) was similar to other lowland mesophytic meadows for cutting and grazing. Average March-June dry matter yield (5,917.4 kg/ha) was higher to that cited for lowland mesophytic meadows western Asturias and upland mesophytic meadows for grazing in Asturias. Possible improvements in order to maintain a balanced botanical composition and improve soil fertility were discussed.

Key words: grasses, legumes, other families, grazing, cutting.

INTRODUCCIÓN

Los pastos herbáceos, que incluyen los prados (19,5%) y los pastizales (10,5%) representan el 30% (317.098 ha) de la superficie total asturiana (SADEI, 2013).

Los prados son comunidades vegetales espontáneas densas y húmedas, siempre verdes, aunque puede haber un cierto agostamiento en verano, producidas por el hombre o la acción del pastoreo. Se pueden aprovechar por siega o por pastoreo indistintamente. La humedad puede provenir del riego. Los pastizales son comunidades naturales dominadas, en general, por especies bastas que, por efecto del clima, se secan o agostan en verano. Su densidad es variable y frecuentemente están salpicados de especies leñosas. Se aprovechan mediante pastoreo extensivo (Ferrer *et al.*, 2001).

En este grupo, se incluyen tanto los prados mesófilos (necesidades moderadas en agua) como los higrófilos (necesidades altas en agua). En los prados mesófilos se reconocen los prados de siega y pastoreo colinos, los prados de pastoreo montanos (alianza *Cynosurion cristati*) y los prados de siega y escaso pastoreo principalmente montanos (alianza *Arrhenatherion*). Dentro de los prados de siega y pastoreo colinos (<700 m de altitud) se pueden diferenciar en Asturias dos tipos: uno florísticamente más variado y diverso de distribución centro-oriental perteneciente a la asociación *Lino angustifolii-Cynosuretum cristati* que representa los prados más productivos en Asturias (Díaz y Fernández, 1994), otro más pobre en especies, con distribución occidental y perteneciente a la asociación *Caro verticillati-Cynosuretum cristati* y que se riega habitualmente (Díaz y Fernández, 2005).

El manejo de los prados mesófilos colinos (asociación *Lino angustifolii-Cynosuretum cristati*) de este trabajo se realiza mediante un corte para heno o silo en junio y dos aprovechamientos a diente (octubre y marzo) mediante ganado vacuno de carne de la raza Asturiana de los Valles. Aparte del abonado orgánico debido a las deyecciones de los animales en pastoreo, no se aplicó abonado mineral ni estiércol en dichos prados.

Este trabajo se realizó con el fin de evaluar el estado productivo, composición botánica y fertilidad de los suelos de tres prados mesófilos colinos de uso privado en el centro de Asturias con el fin de recomendar posibles mejoras en los mismos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los datos corresponden a tres parcelas privadas, situadas en los concejos de Corvera, Siero y Oviedo (Asturias).

Las principales características topográficas de las zonas estudiadas se pueden observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Localización de las tres parcelas de estudio.

Localidad	Coordenadas	Pendiente (%)	Altitud (m)	Superficie (m ²)
La Sota (Corvera)	43° 29' 31,8'' N 5° 51' 1,5'' O	8	105	9.000
Viella (Siero)	43° 23' 41,9'' N 5° 46' 46,2'' O	5	176	10.500
San Lázaro (Oviedo)	43° 22' 31,4'' N 5° 53' 6,5'' O	11	340	9.113

Antes de la entrada del ganado en la finca en el mes de octubre de 2007, se cogió en todas las parcelas una muestra de suelo formada por la mezcla de 10 submuestras tomadas al azar a 0-20 cm de profundidad con una sonda holandesa. Sobre el suelo tamizado con un tamiz de 2 mm de luz de malla se determinó, por duplicado, la textura según el método de la pipeta Robinson. La materia orgánica se determinó por ignición; el pH potenciométricamente en una suspensión suelo: agua 1:2,5; las bases extraíbles con CINH_4 1 N y Al intercambiable con KCl 1M, ambos por absorción atómica y, a continuación, se calculó la capacidad de intercambio catiónico efectiva, CICE (bases + aluminio de cambio). El nitrógeno total se analizó por el método Kjeldahl y el fósforo disponible se determinó por el método de Mehlich 3 (Mehlich, 1985). Los análisis del suelo se realizaron en el laboratorio del Área de Ingeniería Agroforestal de la Universidad de Oviedo.

En cada parcela, se tomaron también diez muestras de pasto antes de la entrada del ganado vacuno en pastoreo en octubre 2007, marzo 2008 y antes del corte de heno o silo en junio 2008 mediante un marco cuadrado metálico de 0,25 m². Dentro de cada marco, se cortó toda la biomasa vegetal aérea a nivel del suelo y se determinó el peso verde de la misma. Una vez en el laboratorio del Área de Producción Vegetal, se realizó un submuestreo de 100 g de materia verde por muestra y una posterior separación en tres componentes: Gramíneas, Leguminosas y Otras familias. Se determinó también el nº de especies presentes. Se introdujeron las submuestras en estufa de aire forzado a 70 °C durante 48 horas y se determinó el peso seco de cada uno de los tres componentes, lo que permitió el cálculo de la producción de biomasa seca en kg/ha y el porcentaje en peso seco de cada uno de los tres componentes en la biomasa seca total. Con los datos de producción de biomasa seca en otoño, primavera, verano, total y porcentaje de los tres componentes se realizó un análisis de

varianza considerando el factor zona de estudio. En el caso de que el factor zona fuese significativo se compararon las medias entre las tres zonas mediante el test de Duncan al 5%. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS versión 22 (SPSS, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades de los suelos

En los prados de Corvera y Siero, según los niveles recomendados por la Junta de Extremadura (Junta de Extremadura, 1992), los análisis de suelo (Tabla 2) mostraron texturas con variaciones de arcillosa a franco arenosa, pH neutro, valores normales de materia orgánica y nitrógeno total, presentando valores bajos de P asimilable y K intercambiable, pero adecuados en el caso de Ca intercambiable y bajo en el Mg de cambio en el caso de Siero, aunque los valores de la CICE resultaron adecuados por el alto contenido en Ca cambiabile. La cantidad de aluminio (Al) intercambiable de los prados fue baja en estas dos zonas, por lo que no se recomienda la aplicación de ninguna enmienda caliza.

Tabla 2. Propiedades generales de los suelos en las tres parcelas de estudio. pH (agua 1:2,5), CE (Conductividad eléctrica en ds/m), MO (materia orgánica) y N total en %, P (ppm), Ca, Mg, K, Na, Al y CICE (capacidad de intercambio catiónico efectiva o suma de los cationes de cambio incluyendo el Al) en $\text{cmol}_{(+)}/\text{kg}$ y Da (densidad aparente en g/cm^3).

Parcelas	Corvera	Siero	Oviedo
pH	7,1	7,7	5,6
CE	0,105	0,212	0,059
Textura	Arcillosa	Franco arenosa	Franco arenosa
MO	2,98	3,89	1,57
N total	0,159	0,175	0,078
C/N	10,88	12,86	11,66
P	17,69	3,96	5,33
Ca	13,87	23,13	5,36
Mg	1,66	0,31	0,36
K	0,14	0,10	0,11
Na	0,26	0,25	0,28
Al	0,26	0,38	0,6
CICE	16,19	24,17	6,71
Da	1,35	1,51	1,53

En el prado de Oviedo los análisis de suelo mostraron una textura franco arenosa, pH ácido, valores bajos de materia orgánica y nitrógeno total, así como de P asimilable, K, Mg y Ca intercambiables, por lo que su CICE fue también baja. El Al intercambiable fue algo más alto que en los prados de Corvera y Siero por lo que sería recomendable la aplicación de una enmienda caliza magnesiana.

Producción de biomasa y composición botánica

Se encontraron diferencias significativas (Tabla 3) en la producción de materia seca del corte de octubre y en la producción de materia seca anual (suma de los tres aprovechamientos) entre los prados estudiados. En ambos casos, las mayores producciones se obtuvieron en las localidades de más baja altitud (Corvera y Siero) y con mayor fertilidad del suelo.

Nuño *et al.* (1990), Rodríguez y Argamenteoría (1995) y Martínez-Fernández *et al.* (2008) encontraron en prados mesófilos colinos asturianos producciones anuales medias similares a las obtenidas en este trabajo.

Oliveira-Prendes *et al.* (2014), obtuvieron en prados mesófilos colinos del occidente de Asturias producciones medias de materia seca en el corte de junio (4.751 kg/ha), inferiores a las obtenidas en este trabajo (5.917,4 kg/ha). De la misma manera, Oliveira Prendes y Afif Khouri (2010), encontraron en prados mesófilos montanos de diente de 12 puertos de montaña de Asturias, producciones medias de materia seca (4.020 kg/ha) a principios del mes de junio, inferiores a las de este trabajo.

La productividad de los prados naturales depende de factores tales como clima, suelo, composición botánica y condiciones de manejo (Sánchez Miyares, 1997), observándose una disminución de la producción con el aumento de la altitud (Rodríguez y Argamenteoría, 1995). El nº de especies (riqueza) medio (16,7) encontrado en estos prados es superior al obtenido en los prados del suroccidente de Asturias (14,2) según indican Oliveira-Prendes *et al.* (2014) y menor que el indicado (35) en otros prados de la alianza *Arrhenatherion* poco explotados y que presentan una alta diversidad florística según indican Díaz y Fernández (1994). Marquinez (1986) en un trabajo realizado sobre 49 prados de siega de la alianza *Arrhenatherion* del concejo de Somiedo obtuvo producciones medias en el corte de heno de 4.570 kg MS/ha, también inferiores a las obtenidas en nuestro trabajo.

Las especies más frecuentes en estos prados dentro de las Gramíneas fueron: *Cynosurus cristatus*, *Holcus lanatus*, *Festuca* grupo *rubra*, *Bromus hordeaceus*

Anthoxanthum odoratum y *Dactylis glomerata*, entre otras. Dentro de las Leguminosas: *Medicago lupulina*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium repens* y *Trifolium pratense* entre otras. Dentro de Otras familias: *Plantago lanceolata*, *Taraxacum officinale*, *Bellis perennis*, *Centaurea nigra* y *Crepis capillaris*, entre otras.

Según Dietl y Fernández (2009), una composición botánica equilibrada en los prados debería presentar porcentajes de Gramíneas (50-70%), Leguminosas (10-30%) y Otras Familias (10-30%). En el caso de los prados de este trabajo, el porcentaje medio de Gramíneas +Leguminosas es del 69% y el porcentaje del grupo de Otras familias es el 31%, lo que indica que sería necesario realizar un seguimiento del grupo de Otras familias en dichos prados, para evitar su aumento.

Si bien, el abonado fosfatado y potásico tiene un efecto menos marcado que el nitrógeno tanto sobre la producción como sobre la composición botánica de los prados, en cambio suele mejorar la utilización del N por parte de las plantas y evitar la degradación de la flora (gramíneas poco productivas, especies del grupo Otras familias) (Leconte *et al.*, 2000).

En el caso de los prados de este estudio, dado el nivel bajo de P y K en los análisis de suelos previos al estudio, sería recomendable aportar un abonado fosfatado y potásico de mantenimiento antes del aprovechamiento de marzo, teniendo en cuenta el modo de aprovechamiento de los mismos (siega y pastoreo) y siguiendo las recomendaciones de abonado de Piñeiro *et al.* (2011), con 100 kg P₂O₅/ha y 210 kg K₂O/ha respectivamente.

Tabla 3. Porcentaje (abundancia) de Gramíneas, Leguminosas, Otras familias, Riqueza (Número de especies) y producción de biomasa seca en los tres aprovechamientos anuales en kg MS/ha (desviaciones típicas entre paréntesis) en las tres parcelas estudiadas.

	Corvera	Siero	Oviedo	Media
Gramíneas	48,2 (8,7)	49,5 (19,6)	38,9 (2,4)	45,5 (12,9)
Leguminosas	21,6 (15,5)	19,4 (13,6)	28,9 (2,2)	23,3 (12,3)
Otras familias	30,2 (12,2)	31,1 (12,3)	32,1 (2,9)	31,1 (9,8)
Riqueza (Nº de especies)	17	19	14	16,7
Kg MS/ha octubre	2.179,6a (402,8)	1.826,2b (346,9)	1.799,9b (236,7)	1.935,2 (368,9)
Kg MS/ha marzo	1.472,4 (429,1)	1.392,6 (305,3)	1.257,7 (120,9)	1.374,2 (314,2)
Kg MS/ha junio	4.766,9 (340,9)	4.475,4 (916,2)	4.387,3 (492,5)	4.543,2 (631,7)
Kg MS/ha anual	8.418,9a (995,9)	7.694,2a (1134,9)	7.443,9b (387,1)	7.852,3 (964,7)

Dentro de una línea, medias seguidas de la misma letra no difieren significativamente al nivel de probabilidad del 5% según el test de Duncan.

CONCLUSIONES

En tres prados mesófilos colinos de siega y pastoreo del centro de Asturias, se encontraron diferencias significativas en la producción de materia seca del corte de octubre y en la producción de materia seca anual. En ambos casos, las mayores producciones se obtuvieron en la localidad de más baja altitud (Corvera) y con mayor fertilidad del suelo.

En el prado de Oviedo debido a su pH ácido y al contenido alto de Al intercambiable sería recomendable la aplicación de una enmienda caliza magnesiana.

En el caso de los prados de este estudio dado el nivel bajo de P y K en los análisis de suelos previos al estudio, sería recomendable aportar un abonado fosfatado y potásico de mantenimiento antes del aprovechamiento de marzo con 100 kg P₂O₅/ha y 210 kg K₂O/ha respectivamente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo quieren mostrar su profundo agradecimiento a las estudiantes A. Vegas (Corvera), L. Fernández (Siero) y L. Rancaño (Oviedo), por la ayuda prestada en la realización de este estudio, a los propietarios de los prados así como a la Universidad de Oviedo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DÍAZ T.E. Y FERNÁNDEZ J.A. (1994) La vegetación de Asturias. *Itinera Geobotánica*, **8**, 243-528.
- DÍAZ T.E. Y FERNÁNDEZ J.A. (2005) Prados y pastos cántabros: origen y diversidad. En: de la Roza B. *et al.* (Eds) *Producciones Agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural*, Volumen II, pp. 699-729. Gijón, España: Serida.
- DIETL W. Y FERNÁNDEZ F. (2009) *Manejo sostenible de praderas. Su flora y vegetación*. Boletín INIA N° 187. Cauquenes, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- FERRER C., SAN MIGUEL A. Y OLEA L. (2001) Nomenclátor básico de pastos en España. *Pastos*, **31(1)**, 7-44.
- JUNTA DE EXTREMADURA (1992) *Interpretación de análisis de suelos, foliar y agua de riego. Consejo de abonado. Normas básicas*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- LECONTE D., LEGALL A., PFLIMLIN A. Y STRAËBLER M. (2000) *Améliorer les prairies. Diagnostic et décision*. Paris, Francia: GNIS, INRA, Institut de l'Élevage, ITCF.
- MARQUINEZ J. (Coordinador) (1986) *Estudio ambiental del concejo de Somiedo*. Informe Inédito. Oviedo, España: Universidad de Oviedo.

- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A., DE LA ROZA-DELGADO B., MODROÑO-LOZANO S. Y ARGAMENTERÍA A. (2008) Producción y contenido en principios nutritivos de prados, praderas y de la rotación raigrás italiano-maíz en la rasa marítima centro-oriental de Asturias. *Pastos*, **38**, 187-224.
- MEHLICH A. (1985) Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Soil Science and Plant Analysis*, **15**, 1409-1416.
- NUÑO I., SÁNCHEZ MIYARES L., DE LA ROZA B., MARTÍNEZ A., ANTUÑA A., CORNEJO E.S. Y ARGAMENTERÍA A. (1990) Evolución de la producción y valor nutritivo de praderas naturales y sembradas aprovechadas en pastoreo rotacional en la zona costera de Asturias. *XXX Reunión Científica de la SEEP*, pp. 419-426. San Sebastián, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- OLIVEIRA PRENDES J.A. Y AFIF KHOURI E. (2010) Producción de biomasa y fertilidad del suelo en prados de diente de puertos de montaña en Asturias. *Progreso forestal*, **22**, 2-11.
- OLIVEIRA-PRENDES J.A., AFIF-KHOURI E. Y PALENCIA-GARCÍA P. (2014) Producción, composición botánica y fertilidad del suelo en prados de riego del suroccidente de Asturias. En: Busqué J. *et al.* (Eds) *Pastos y PAC 2014-2020*, pp. 247-254. Potes, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- PIÑEIRO ANDIÓN J., CASTRO INSUA J., BLÁZQUEZ RODRIGUEZ R. Y LLOVERAS VILAMANYÁ J. (2011) Abonado de los cultivos forrajeros. En: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (Eds) *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España*, pp.195-203. Madrid, España: Centro de Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- RODRÍGUEZ A.A. Y ARGAMENTERÍA A. (1995) Estimación del aprovechamiento forrajero de prados de montaña a partir de datos de manejo de explotaciones vacunas. *Pastos*, **XXV** (1), 115-123.
- SADEI (2013) *Datos básicos de Asturias 2013*. Oviedo, España: Servicio de Publicaciones del Principado de Asturias.
- SÁNCHEZ MIYARES L. (1997) Mejora de las praderas naturales. *Boletín Informativo Tecnología Agroalimentaria. CIATA*, **año II, N° 4**, Abril 1997.
- SPSS (2013) SPSS for Windows, *version 22*. Chicago, USA: SPSS Inc.

VALOR PROTEICO DE ESPECIES DE PRADOS DE SIEGA DE MONTAÑA DEL PIRINEO CENTRAL

CRUDE PROTEIN VALUES OF SOME FREQUENT SPECIES IN THE PYRENEAN MOUNTAIN MEADOWS

R. REINÉ¹, J. ASCASO¹, A. BROCA², A. MILLÁN¹, O. BARRANTES² Y C. FERRER²

¹Dpto. de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Universidad de Zaragoza. Escuela Politécnica Superior. Ctra. de Cuarte s/n. 22071 Huesca (España). ²Facultad de Veterinaria. C/ Miguel Servet 177. 50013 Zaragoza (España). reine@unizar.es.

RESUMEN

Se presentan datos analíticos de los contenidos de proteína bruta de 34 especies pratenses, la mayoría del grupo “otras”, que se contrastan con algunas gramíneas y leguminosas, todas abundantes y comunes en los cuatro prados muestreados. Las leguminosas alcanzaron valores medios de 15,63%, significativamente más altos que los del grupo “otras” (10,24%), y estos a su vez mayores que los de las gramíneas (7,87%). El intervalo de variación de la PB entre las especies muestreadas es muy amplio con mínimos de 5,66% y máximos de 21,02%. También se han observado diferencias intraespecíficas entre las parcelas muestreadas, que alcanzan en alguna especie hasta el 5,55% de PB. Se concluye que dentro del grupo “otras”, existen una serie de taxones relativamente abundantes en los prados pirenaicos, con altos contenidos proteicos, similares al de algunas leguminosas pratenses.

Palabras clave: proteína bruta, gramíneas, leguminosas, “otras” especies, forraje.

SUMMARY

Analytical data of crude protein (CP) of 34 species very frequent in the Pyrenean mountain meadows are provided. Most of them are included in the group “other species”, and their CP contents are compared with some abundant grasses and legumes of the sampled meadows. Legumes reached average values of 15.63 % CP, significantly higher than the group “other species” (10.24%), which were higher than those of grasses (7.87%). Crude Protein content varied between species (minimum of 5.66 % and a maximum of 21.02 %), and we also observed intra-specific differences between sample plots of up to 5.55 % CP. We emphasize that, within the group “other species”, there are a number of relatively abundant taxa in the Pyrenean mountain meadows with high protein content, similar to that of some pasture legumes.

Key words: crude protein, grasses, legumes, “other” species, forage.

INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento principal de los prados en el Pirineo central consiste en un corte de hierba para henificar o ensilar que se efectúa a finales de junio o comienzos de julio. Esta producción de materia seca es clave para la alimentación invernal del ganado, única estación en la que los animales no poseen suficiente oferta pastable (Reiné *et al.*, 2009). Diversos factores condicionan la calidad bromatológica de este forraje (Buxton, 1996). Entre otros, cuando se trata de heno o silo, dependerá la calidad de su composición florística en mayor grado que en los aprovechamientos a diente, puesto que en pesebre el animal no puede seleccionar el consumo de determinadas especies y por lo tanto todas forman parte de la ración.

De entre los componentes bromatológicos del forraje, su contenido en proteína bruta (PB) se considera un aspecto fundamental en la nutrición animal. El forraje de los prados seminaturales en ocasiones puede ser deficitario en estos contenidos proteicos (Baumont *et al.*, 2009; Julier y Huyghe, 2010) y estas carencias deben ser corregidas con complementos externos que incrementan los costes de las explotaciones. En el caso del Pirineo, los contenidos medios de proteína bruta de los prados están por debajo del 12% (Reiné *et al.*, 2010), por lo que teniendo en cuenta la ingestión y digestibilidad, pueden resultar insuficientes.

Para conocer esta situación y dar continuidad a anteriores trabajos de los mismos autores relacionados con el valor nutritivo de estos prados (Reiné *et al.*, 2010) y la calidad del grupo “otras” (Reiné *et al.*, 2014), se presenta en esta ocasión un análisis comparado de los valores proteicos de 34 especies pratenses, 22 del grupo “otras” que se contrastan con 7 especies de gramíneas y 5 de leguminosas, todas abundantes y comunes en los cuatro prados muestreados.

MATERIAL Y MÉTODOS

Entre el 25 de junio y el 3 de julio de 2014, inmediatamente antes del comienzo de la siega, se muestrearon cuatro prados del valle de Benasque, en el Pirineo de Huesca, localizados en la cuadrícula U.T.M. 31TBH9822 y a unas altitudes entre los 1173 y los 1245 m. Los prados se eligieron geográficamente próximos para reducir variabilidad ambiental y de gestión. En cada prado se recolectaron muestras de unos 500 g de peso verde de cada una de las 34 especies que se relacionan en la Tabla 1.

Tabla 1: Especies estudiadas y familias botánicas de pertenencia.

Familia	Especies
<i>Caryophyllaceae</i>	<i>Cerastium fontanum</i> , <i>Silene vulgaris</i>
<i>Compositae</i>	<i>Achillea millefolium</i> , <i>Centaurea nigra</i> , <i>Centaurea scabiosa</i> , <i>Crepis pyrenaica</i> , <i>Leucanthemum vulgare</i> , <i>Picris hieracioides</i> , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Tragopogon dubium</i>
<i>Dipsacaceae</i>	<i>Knautia arvensis</i> , <i>Scabiosa columbaria</i>
<i>Gramineae</i>	<i>Agrostis capillaris</i> , <i>Arrhenatherum elatius</i> , <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca pratensis</i> , <i>Lolium perenne</i> , <i>Phleum pratense</i> , <i>Trisetum flavescens</i>
<i>Labiatae</i>	<i>Salvia pratensis</i>
<i>Leguminosae</i>	<i>Anthyllis vulneraria</i> , <i>Lotus corniculatus</i> , <i>Onobrychis viciifolia</i> , <i>Trifolium pratense</i> , <i>Vicia cracca</i>
<i>Plantaginaceae</i>	<i>Plantago lanceolata</i>
<i>Polygonaceae</i>	<i>Rumex acetosa</i>
<i>Ranunculaceae</i>	<i>Ranunculus acris</i>
<i>Rosaceae</i>	<i>Sanguisorba minor</i>
<i>Rubiaceae</i>	<i>Galium verum</i>
<i>Scrophulariaceae</i>	<i>Rhinanthus pumilus</i>
<i>Umbelliferae</i>	<i>Chaerophyllum aureum</i> , <i>Heracleum sphondylium</i> , <i>Laserpitium latifolium</i>

Estas especies pertenecen a 13 familias y son comunes en los prados pirenaicos. Su presencia, abundancia y masa relativas dentro de ellos es variable como ponen en evidencia numerosos trabajos de carácter fitosociológico y pascícola realizados sobre estas comunidades y recopilados en Reiné *et al.* (2009).

En laboratorio, las muestras se secaron al aire durante 10 días y se molieron hasta partículas inferiores a 1 mm, analizándose la Proteína Bruta (PB) mediante el método Kjeldahl (N x 6,25). Los contenidos medios de PB entre prados y grupos botánicos se compararon mediante la prueba H de Kruskal-Wallis, cuando ésta fue significativa, las medias se separaron mediante el test no paramétrico de Tukey. La variación interespecífica y entre los grupos botánicos también se analizó mediante el test de Friedman. Por último, realizando la prueba U de Mann-Whitney por pares, se confeccionaron grupos de especies con contenidos de PB similares.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestran los contenidos de PB de las 34 especies objeto de estudio con sus resultados medios (mediana) y los valores extremos de las cuatro muestras tomadas en cada uno de los cuatro prados estudiados. Un primer análisis de estos resultados se muestra en la Tabla 2, donde se agruparon las especies en gramíneas, leguminosas y otras y se compararon sus contenidos medios de PB mediante el Test de Kruskal-Wallis, que resultó

significativa ($p < 0,001$). La posterior prueba de separación de medias permitió diferenciar los mayores contenidos proteicos de las leguminosas (15,63%), de los del grupo “otras” (10,24%) y estos a su vez de los bajos contenidos de las gramíneas (7,87%). Sin embargo la prueba de los rangos de Friedman entre estos grupos de especies no resultó significativa ($p = 0,072$) entre los cuatro prados. Es decir que entre los grupos de especies hay diferencias pero entre los prados no. El aporte medio proteico de las 34 especies muestreadas en cada prado tampoco presentó diferencias significativas (test de Kruskal-Wallis, $p = 0,21$) y alcanzó valores medios entre 9,76% y 11,13% de PB por especie (Tabla 2). Estos resultados confirman los ya obtenidos en anteriores trabajos por nuestro equipo de investigación en el sentido de que los contenidos medios de PB de la hierba en este tipo de prados están por debajo del 12% (Reiné *et al.*, 2010) y que el grupo “otras” presenta valores considerables de PB, aunque en esta ocasión no llegan a las medias de 11,7% reseñadas en Reiné *et al.* (2014).

Continuando con la información mostrada en la Figura 1, a nivel de especies, se puede observar valores extremos de 5,66% y 21,02% de PB (*Cerastium fontanum* y *Vicia cracca* respectivamente). Al comparar los valores de las 20 especies comunes aportados por Reiné *et al.* (2014) con los presentes, la mayor parte de ellos están dentro de nuestros intervalos. Destacan en el citado trabajo, con valores más altos *Achillea millefolium*, *Centaurea scabiosa*, *C. fontanum* y *Sanguisorba minor* y con valores más bajos sólo *Knautia arvernensis*. La comparación con datos de otros autores debe hacerse teniendo presente el tipo de prado, sistema de manejo, condiciones climáticas y, de forma especial, grado de fertilización y estado fenológico (Pontes *et al.*, 2007; Vázquez de Aldana *et al.* 2009; Peláez *et al.* 2011).

Dentro de cada especie hay también variaciones con amplitudes que oscilan entre 0,84% y 5,55% (*Trisetum flavescens* y *Heracleum sphondylium*). De hecho la prueba de Friedman para cada una de las 34 especies comparando los cuatro prados resultó significativa ($p = 0,003$). Estas diferencias que presentan las especies entre los prados, pese a su proximidad geográfica, permite pensar que el muestreo incluyó parte de la variabilidad existente entre los prados pirenaicos. Podría plantearse si las diferencias de sustrato y manejo afectan a la fenología pero las observaciones en el muestreo son contrarias a esta hipótesis. Por otra parte no se detectaron entre prados mayores o menores niveles de PB en sus especies de forma sistemática.

Tabla 2: Contenidos de PB (%): valores medios y desviaciones estándar para los grupos de gramíneas, leguminosas y otras. El test H de Kruskal-Wallis entre grupos de especies fue significativo ($p < 0,001$). Letras distintas indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,001$). La misma prueba H entre los contenidos medios de PB de todas las especies de cada prado fue no significativa (n.s.). La prueba de Friedman entre los grupos de especies no resultó significativa ($p = 0,072$).

Prueba Kruskal-Wallis	Prado 1		Prado 2		Prado 3		Prado 4		Total	
	Media	d.e.	Media	d.e.	Media	d.e.	Media	d.e.	Media	d.e.
Gramíneas (n=5)	7,41	0,34	7,22	0,74	8,57	1,69	8,29	1,13	7,87 a	1,18
Leguminosas (n=7)	14,59	2,26	16,14	2,93	16,29	3,36	15,48	1,53	15,63 c	2,50
Otras (n=22)	9,41	2,15	10,34	2,24	10,78	2,09	10,45	2,04	10,24 b	2,16
Total especies (n=34)	9,76	2,89	10,55	3,38	11,13	3,19	10,74	2,81	n.s.	
Prueba Friedman Rango promedio	1,33		2,00		4,00		2,67		n.s.	

Los valores de la mediana de cada especie muestran una gradación entre 6,64% y 18,24% (*Cerastium fontanum* y *V. cracca* respectivamente). Para realizar nuevas agrupaciones entre especies, tal y como se muestra en la Figura 1 se dividió este rango de variación de la mediana en cuatro intervalos iguales, diferenciando otros tantos grupos de especies: Grupo 1: 6,64-9,54%; Grupo 2: 9,54-12,44%; Grupo 3: 12,44-15,34%; Grupo 4: 15,34-18,24%. La mayoría de las especies se sitúan en los dos primeros grupos (14 en el Grupo 1 y 12 en el Grupo 2), 5 se ordenaron en el Grupo 3 y solo 3 especies se reúnen en el Grupo 4, el de mayor valor de PB. (Figura 1).

El análisis comparativo entre especies y familias muestra diferencias substanciales tanto por los valores de la mediana (Figura 1) como por la aplicación del test de Mann-Whitney por especies al conjunto de muestras. Se observa una gradación de valores en la que pueden diferenciarse una serie de grupos si se consideran las diferencias significativas del test o su ausencia. Los valores más altos los presentan las leguminosas (mediana entre 13,02% y 18,24%) y *Taraxacum officinale* (14,13%). Sin embargo, entre ellas hay diferencias importantes como evidencia el hecho de que sólo no presentan diferencias significativas por parejas (*Lotus corniculatus-V. cracca*, *L. corniculatus-Onobrychis viciifolia* y *Anthyllis vulneraria-Trifolium pratense*). *T. officinale* no presenta diferencias salvo con *T. pratense*. Este grupo tiene diferencias significativas con el resto de las especies salvo en el caso de *A. vulneraria* y *T. pratense*. Estas 2 leguminosas de menor valor proteico, aun teniendo valores

de mediana superiores, no presentan diferencias significativas con *Heracleum sphondylium*, *Chaerophyllum aureum*, *Salvia pratensis*, *Rhinanthus pumilus*, *Laserpitium latifolium* y *Galium verum*. Esto último pone en evidencia que esta segunda agrupación de especies tiene valores incluidos en la amplitud de *A. vulneraria* y *T. pratense*.

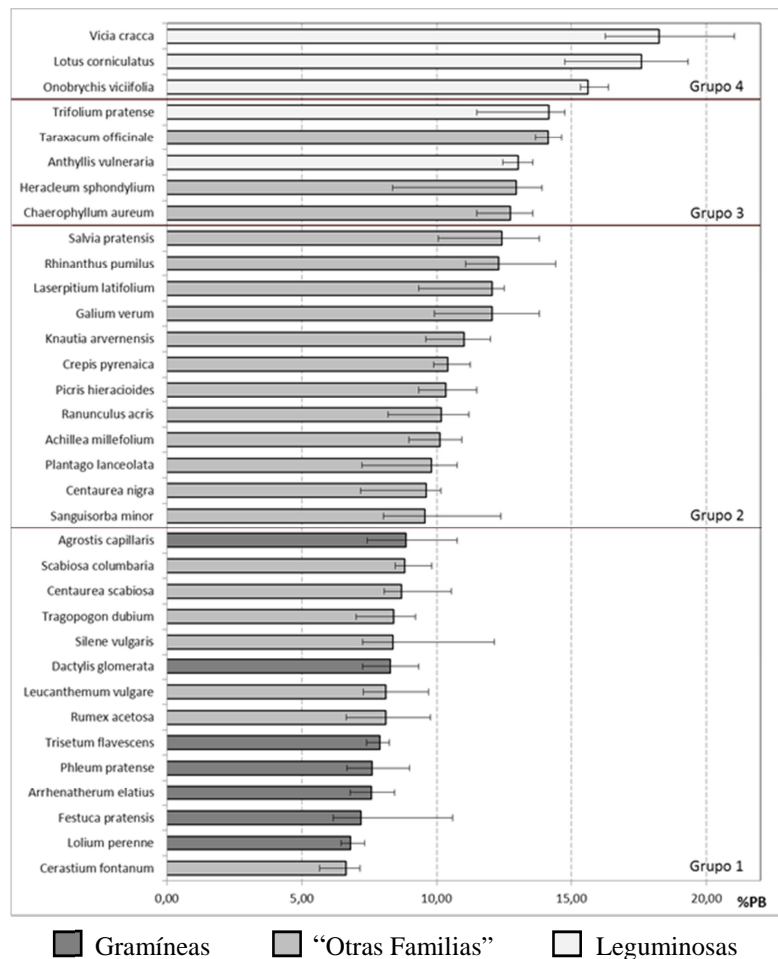


Figura 1: Contenidos de PB (%): valores medios (mediana) y valores extremos de las 34 especies estudiadas en los cuatro prados del Valle de Benasque (Huesca). El rango de variación de la mediana se dividió en cuatro intervalos iguales, diferenciando otros tantos grupos de especies: Grupo 1: 6,64-9,54; Grupo 2: 9,54-12,44; Grupo 3: 12,44-15,34; Grupo 4: 15,34-18,24. La prueba de Friedman entre 34 especies muestreadas resultó significativa ($p=0,003$).

El grupo de las gramíneas presenta un comportamiento bastante homogéneo. Los valores de mediana están entre los más bajos del conjunto (6,82-8,86%). Las de mayor valor proteico son *Agrostis capillaris* y *Dactylis glomerata* y las de menor *Festuca pratensis* y *Lolium perenne*. La comparación por Mann-Whitney muestra que no hay entre ellas diferencias significativas salvo en el caso de *A. capillaris* y *Phleum pratense* y de *L. perenne*

con *T. flavescens*. Estos resultados, y teniendo en cuenta la amplitud de cada especie, son del mismo orden que otros publicados en prados de montaña por Peláez *et al.* (2011).

Después de las leguminosas, el siguiente grupo con valores más altos incluye a las 3 umbelíferas y a *R. pumilus*, *G. verum* y *S. pratensis*. Tienen valores de medio-altos y medio-bajos y no presentan entre ellas diferencias significativas. Por tanto, dada su frecuencia y biomasa dentro de este tipo de prados, son un componente importante en la cantidad de proteína del heno. Sus efectos negativos atribuidos en algunos trabajos distan de ser bien conocidos. En este sentido, existen algunos datos de su consumo por el ganado, valor proteico y, también, de una reducción de la digestibilidad en algunos casos (Lukac *et al.*, 2012; Marinas *et al.*, 2003; Marinas y García-González, 2006; Scehovic, 1998, 2000).

El conjunto de las compuestas es diverso. Con la excepción de *T. officinale*, de elevado contenido en proteína (14,13), tienen valores bajos o medio-bajos (8,11% a 10,41%). Entre estas últimas no presentan diferencias significativas salvo *Crepis pyrenaica* con *C. nigra*, *Tragopogon dubium* y *Leucanthemum vulgare*, *Picris hieracioides* con *T. dubium* y *Leucanthemum vulgare* y, por último, *A. millefolium* con *T. dubium*. El resto de las especies tienen valores bajos salvo *Ranunculus acris* y *K. arvernensis* que son medio-bajos.

CONCLUSIONES

Los contenidos medios de PB por prado del total de las 34 especies analizadas se sitúan entre el 9,76% y el 11,13%, sin diferencias significativas entre los cuatro muestreados. Las leguminosas alcanzaron valores medios de 15,63%, significativamente más altos que los del grupo “otras” (10,24%), y estos a su vez mayores que los de las gramíneas (7,87%). El intervalo de variación de la PB entre las especies muestreadas es muy amplio y toma sus valores extremos de 5,66% en una muestra de *C. fontanum* y 21,02% en otra de *V. cracca*. Pese a que las parcelas se eligieron en el mismo ambiente productivo y sin diferencias fenológicas, la variación intraespecífica de la PB entre los cuatro prados muestreados es significativa y llegó en el caso del *H. spondylium* a un 5,55%. Tras un exhaustivo análisis entre las especies, concluimos que dentro del grupo “otras”, existen una serie de taxones relativamente abundantes en los prados pirenaicos como *T. officinale*, *H. spondylium*, *C. aureum*, *S. pratensis*, *R. pumilus*, *L. latifolium* y *G. verum* con contenidos proteicos similares al de algunas leguminosas pratenses y que hasta hace poco han sido consideradas como indiferentes, o incluso nocivas para la calidad bromatológica del forraje ofertado en pesebre.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a M^a Rosa Herrero su colaboración en los análisis de laboratorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAUMONT R., AUFRERE J. Y MESCHY F. (2009) La valeur alimentaire des fourrages: rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation. *Fourrages*, **198**: 153-173.
- BUXTON D.R. (1996) Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Science and Technology*, **59** (1-3): 37-49.
- JULIER B. Y HUYGHE C. (2010) Quelles légumineuses fourragères (espèces et variétés) et quelles conduites pour améliorer l'autonomie protéique des élevages herbivores? *Innovations Agronomiques*, **11**: 101-114.
- LUKAC B., KRAMBERGER B., MECLIC V. Y VERBIC J. (2012) Importance of non-leguminous forbs in animal nutrition and their ensiling properties: a review. *Žemdirbystė=Agriculture*, **99**: 3-8.
- MARINAS A., GARCÍA GONZÁLEZ R. Y FONDEVILA M. (2003) The nutritive value of five pasture species occurring in the summer grazing ranges of the Pyrenees. *Animal Science*, **76**: 461-469.
- MARINAS A. Y GARCÍA GONZÁLEZ R. (2006) Preliminary data on nutritional value of abundant species in supraforestral Pyrenean pastures. *Pirineos*, **161**: 85-109.
- PELÁEZ R., ANDRÉS S., GARCÍA R. Y CALLEJA A. (2011) Valor alimenticio de especies productivas en prados de montaña. En: López Carrasco *et al.* (Eds). *Pastos, paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI*, pp. 325-330. SEEP.
- PONTES L.S., CARRÈRE P., ANDUEZA D., LOUAULT F. Y SOUSSANA J.F. (2007) Seasonal productivity and nutritive value of temperate grasses found in semi-natural pastures in Europe: responses to cutting frequency and N supply. *Grass and Forage Science*, **62**, 485-496.
- REINÉ R., ASCASO J., FERRER C., YERA J. Y CHOCARRO C. (2009) 6510 Prados de siega de montaña (Arrhenatherion). En: (VV.AA, eds.) *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Madrid (Spain). 60 pp.
- REINÉ R., CHOCARRO C., JUÁREZ A., BARRANTES O., MAESTRO M., FERRER C. Y BROCA A. (2010) Riqueza específica de prados pirenaicos y su incidencia en el valor nutritivo. In Calleja *et al.*(Eds). *Pastos: fuente natural de energía*. 189-196. SEEP.
- REINÉ R., BROCA A., BARRANTES O. Y FERRER C. (2014) Una visión reivindicativa del grupo "otras familias" en los pastos. Datos analíticos y valor nutritivo de algunas especies abundantes en prados pirenaicos. En: Busqué *et al.* (Eds) *Pastos y PAC 2014-2020*. 53ª Reunión Científica de la SEEP (9-12 junio 2014): 397-404.
- SCEHOVIC J. (1998) Mesure in vitro de l'effet des plantes des prairies sur l'activité microbienne du rumen. *Fourrages*, **154**: 249-260.
- SCEHOVIC J. (2000) Effets de quelques plantes de prairies permanentes sur la qualité des associations végétales. *Revue suisse d'agriculture*, **32** (5): 195-200.
- VÁZQUEZ DE ALDANA B.R., GARCÍA-CIUDAD A. Y GARCÍA-CRIADO B. (2009) Relación entre compuestos fenólicos y calidad nutritiva en especies pratenses. En: Reiné R. *et al.* (Eds) *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp. 273-278. Huesca, España. SEEP.

LEGUMINOSAS HERBÁCEAS EN LA RESTAURACIÓN FORESTAL DE ZONAS INCENDIADAS DEL MACIZO DE SIERRA NEVADA: PRODUCCIÓN Y CALIDAD

HERBACEOUS LEGUMES FOR FOREST RESTORATION IN BURNT AREAS IN THE SIERRA NEVADA MASSIF: YIELD AND QUALITY

A.B. ROBLES¹, M.E. RAMOS¹, F.M. CABEZA¹, F. DELGADO² Y J.L. GONZÁLEZ-REBOLLAR¹

¹Grupo de pastos y Sistemas Silvopastorales Mediterráneos. Estación Experimental del Zaidín (CSIC). C/ Profesor Albareda

1. 18008 Granada (España). ²Agencia de Medio Ambiente y Aguas. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. C/ Joaquina Eguaras 10. 18013 Granada (España). anabelen.robles@eez.csic.es.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo ha sido estudiar el comportamiento productivo y valor nutritivo de seis especies leguminosas silvestres (*Lathyrus clymenum*, *L. sphaericus*, *Vicia amphicarpa*, *V. disperma*, *Trifolium cherleri* y *T. hirtum*) y tres comerciales (*Medicago sativa*, *Vicia ervilia*, *V. sativa*) con el fin de ser utilizadas en la restauración de pastos naturales. Mediante un diseño Split-plot (2 tipos de abonado y 9 especies) se compara la producción de materia seca de parcelas fertilizadas con estiércol y parcelas sin abonado). Se presentan datos de producción (kg MS ha⁻¹ año⁻¹): forraje, total, malas hierbas (%) y, la calidad de leguminosas (CEN, PB, FND, FAD, LAD, DMO *in vitro*). Los resultados indican que el estiércol favorece la producción de forraje y total, aunque el porcentaje de malas hierbas fue menor en el tratamiento con estiércol. *V. ervilia* fue la especie más productiva y con mejores características nutritivas, por el contrario, *T. cherleri* fue la peor. De las especies silvestres, *L. sphaericus* y *V. amphicarpa* son las más idóneas para llevar a cabo planes de restauración dada su mayor producción de forraje y calidad. Estimamos, necesario seguir investigando sobre la implantación en campo y calidad de estas especies.

Palabras clave: forraje, malas hierbas, *Lathyrus*, *Vicia*, *Trifolium*.

SUMMARY

The aim of this paper is to study the yield and nutritive value of six wild legume species (*Lathyrus clymenum*, *L. sphaericus*, *Vicia amphicarpa*, *V. disperma*, *Trifolium cherleri* y *T. hirtum*) and three cultivated legumes (*Medicago sativa*, *Vicia ervilia*, *V. sativa*); in order to utilize them for restoration plans of natural pastures. Dry matter yield is compared between organically fertilized (sheep manure) and control plots, which were laid out following a split-plot design (two types of fertilization and nine species). The following parameters are presented: forage and total yield (kg of DM ha⁻¹ year⁻¹), weeds (%) and nutritive value (Ash, CP, NDF, ADF, ADL and OMD *in vitro*). Our results indicate that manure increases forage and total yield, although weeds percentage is decreased. *V. ervilia* was the most productive and had the best nutritive quality, whereas *T. cherleri* behaved in the opposite way. Among the wild species, *L. sphaericus* and *V. amphicarpa* are the most suitable for restoration plans due to its forage yield and quality. We consider that it is necessary further research about field establishment and quality of these species.

Keywords: forage, weeds, *Lathyrus*, *Vicia*, *Trifolium*.

INTRODUCCIÓN

En septiembre de 2005 se originó uno de los mayores incendios forestales ocurridos en el Parque Natural y Nacional de Sierra Nevada, ardieron cerca de 3500 ha en el Barranco de Lanjarón (Granada). El grupo que presenta esta comunicación fue consultado para llevar a cabo la restauración de los pastos de la zona, planteándose los primeros ensayos de selección de especies herbáceas silvestres, acciones que se integraron en un proyecto de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y que, posteriormente, se han continuado en un proyecto nacional del Organismo Autónomo de Parques Nacionales (MAGRAMA).

A escala mundial, la restauración de los pastos es considerada clave en la mitigación de la amenaza del cambio global. Las leguminosas herbáceas juegan un importante papel en los ecosistemas perturbados debido a su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico (Bàrberi, 2002), y es frecuente encontrarlas entre los primeros colonizadores tras los incendios ya que muestran una larga permanencia en el banco de semillas del suelo debido a la gran dureza de las mismas ((Porqueddu y González, 2006). Por otra parte, esta familia destaca por su elevado valor nutritivo, así como por sus otros efectos beneficiosos sobre la nutrición asociados con la presencia de taninos y flavonoides condensados (Rocho *et al.*, 2004).

Dentro de este contexto, el presente trabajo intenta contribuir al conocimiento de las leguminosas para ser utilizadas en los planes de restauración de pastos naturales degradados. Se presentan los primeros resultados de un experimento llevado a cabo en el macizo de Sierra Nevada; cuyo objetivo ha sido estudiar el comportamiento productivo y valor nutritivo de seis especies leguminosas silvestres y tres comerciales. En relación a la producción se comparan parcelas fertilizadas con estiércol y sin abonado.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se ha llevado a cabo en la finca del Cortijo Quemado situada en la cuenca del río Lanjarón (1320 m s.n.m.) (Parque Natural de Sierra Nevada, Granada). La precipitación media anual (20 años) es de 470 mm (estación a 1450 m) y la temperatura media anual de 12,3 ° C (Hodar *et al.*, 2013). Sin embargo, el invierno del año del ensayo fue bastante húmedo, desde septiembre hasta la recolección de las leguminosas la lluvia fue de 859,45 mm (diciembre a marzo: 700,38 mm). El suelo se caracteriza por ser franco arenoso: con 6,7 de pH (en CIK), 2,7 % de materia orgánica, 0,162 % de N total, K asimilable 154 ppm y sin

trazas de P (ND) (análisis realizados laboratorio agroalimentario de Granada, Junta de Andalucía).

Al inicio del ensayo la parcela de estudio estaba ocupado por un matorral arbolado dominado por el *Ulex parviflora* y *Pinus halepensis*. Antes de la siembra, en septiembre se desbrozó y se realizó pase de subsolador y cultivador. Posteriormente se volvió a pasar el cultivador y se allanó el terreno con tabla. La siembra se realizó al voleo el 25 de noviembre.

El diseño experimental fue de bloques aleatorizados siguiendo un Split-plot con ocho parcelas principales (cuatro con abono orgánico y cuatro control sin abonar), y en cada una de ellas se diferenciaron nueve subparcelas (1 x 2 m/parcela) con distintas especies y separación entre subparcelas de 1 m. En las parcelas abonadas se utilizó estiércol (N: 2,90%, P: 0,57 %, K:3,34 %) de oveja “segureña” (30 000 kg ha⁻¹). Las especies de las nueve subparcelas fueron (entre paréntesis: dosis de siembra): i) seis especies silvestres: *Lathyrus clymenum* L. (120 kg ha⁻¹), *Lathyrus sphaericus* Retz. (90 kg ha⁻¹), *Vicia amphicarpa* L. (90 kg ha⁻¹), *Vicia disperma* DC. (100 kg ha⁻¹), *Trifolium cherleri* L. (125 kg ha⁻¹), y *Trifolium hirtum* All. (30 kg ha⁻¹), ii) tres comerciales: *Medicago sativa* L (alfalfa tierra de campos, 30 kg ha⁻¹), *Vicia ervilia* (L.) Willd. (yeros, 100 kg ha⁻¹) y *Vicia sativa* L. (veza, 100 kg ha⁻¹).

Durante la primera semana de junio (floración-inicio fructificación), en cada subparcela se evaluó la producción (kg MS ha⁻¹año⁻¹) mediante corte de 4 cuadrados al azar (50 x 50 cm) y posterior secado de las plantas en estufa de aire forzado a 60° C hasta peso seco constante. Por separación manual se diferenció en: forraje de leguminosas (Forraje), malas hierbas (MH) y la suma de ambas (Total: Forraje + MH), también se calculó el porcentaje de malas hierbas (MH %). Con el material recolectado, para cada especie (sin diferenciar tratamiento) se determinó la calidad, a partir de una muestra compuesta triturada mediante un molino refrigerado (tamiz: 1 mm Ø). Se analizaron: cenizas (CEN), proteína bruta (PB %), fibra neutro detergente (FND %), fibra ácido detergente (FAD %), lignina (LAD) y digestibilidad materia orgánica (DMO) (Digestibilidad enzimática FND-celulosa), según el procedimiento del Laboratorio Oficial del Principado de Asturias (SERIDA).

Los parámetro de producción (forraje, total, malas hierbas) y porcentaje de malas hierbas, se analizaron según un modelo factorial (GLM) acorde a un diseño Split-plot. En el análisis conjunto de las especies y tipo de abonado se consideraron dos factores fijos: tipo de abonado (dos niveles: estiércol y control) y la especie (9 niveles o especies) y, uno aleatorio: el bloque. También, se analizó cada especie considerando un solo factor fijo: el tipo de

abonado. Cuando fue necesario los datos se transformaron (LN) con el fin de cumplir las condiciones normalidad y homoscedasticidad. En la comparación de las medias se utilizó el test LSD de Tukey (95 %). No se realizó el análisis estadístico de los parámetros de valor nutritivo por falta de réplicas (se muestra el error estándar del análisis).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis conjunto (Tabla 1) ambos factores (tipo de abono y especie) mostraron diferencias significativas para las variables de producción de forraje y total ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) y el porcentaje de malas hierbas, aunque la respuesta de este último parámetro fue contrario al de las otras dos variables. Excepto para la producción total, hubo interacción entre factores y en ninguno de los casos tuvo efecto el bloque.

Tabla 1. Valores medios \pm error estándar de: producción ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) de Forraje y Total, y porcentaje de malas hierbas (MH %), según tipo de abonado (estiércol y control) y especie (9 especies), y sus interacciones. N.S.: sin diferencias significativas.

Factor	Forraje	Total	MH (%)
Tipo de abonado			
Estiércol	306,56 \pm 35,05 a	654,90 \pm 28,74 a	55,60 \pm 3,95 a
Control	121,75 \pm 22,63 b	443,48 \pm 23,21 b	76,02 \pm 2,96 b
<i>F</i> -valor (g.l. = 1)	57,49	33,30	55,86
<i>P</i> -valor	< 0,001	< 0,001	0,005
Especie			
<i>V. ervilia</i>	474,21 \pm 97,01 a	770,72 \pm 78,42 a	43,07 \pm 10,35 a
<i>L. sphaericus</i>	272,14 \pm 85,93 ab	577,96 \pm 62,62 ab	58,19 \pm 10,06 abc
<i>V. amphicarpa</i>	246,61 \pm 35,77 ab	521,42 \pm 72,92 ab	58,68 \pm 7,86 abc
<i>T. hirtum</i>	234,22 \pm 64,51 abc	520,73 \pm 33,59 ab	55,95 \pm 5,19 ab
<i>V. disperma</i>	207,85 \pm 71,32 abc	521,27 \pm 67,50 ab	65,75 \pm 7,91 abc
<i>V. sativa</i>	159,90 \pm 53,26 abc	551,91 \pm 70,07 ab	75,08 \pm 5,25 bc
<i>M. sativa</i>	134,79 \pm 51,40 bc	543,06 \pm 65,20 ab	77,21 \pm 6,27 bc
<i>L. clymenum</i>	127,70 \pm 37,03 bc	495,47 \pm 44,39 ab	76,26 \pm 5,60 bc
<i>T. cherleri</i>	70,09 \pm 16,34 c	440,19 \pm 57,30 b	82,10 \pm 6,07 c
<i>F</i> -valor (g.l. = 1)	5,12	2,42	5,97
<i>P</i> -valor	< 0,001	0,0441	< 0,001
Interacciones			
T. abono* Especie			
<i>F</i> -valor (g.l. = 1)	5,32		3,89
<i>P</i> -valor	< 0,001	N.S.	< 0,001

Para cada parámetro y factor: diferentes letras en una columna indican diferencias significativas.

Respecto al tipo de abonado, el estiércol incrementó la producción de forraje y total respecto al control (Tabla 1), así Harris (2002) indica que la adición de estiércol a los campos

mejora el suelo (pH, intercambio catiónico, estructura y retención de agua). Inversamente a la producción, el porcentaje de malas hierbas fue mayor en el tratamiento control. Aunque, la proporción de plantas adventicias para ambos tipos de abonado fue muy alta. Delgado *et al.* (2009) encontraron altos porcentajes de malas hierbas (46 %) en cultivos de alfalfa y esparceta para el primer año de implantación en campo. Sin embargo, si tenemos en cuenta el valor absoluto de la producción de las malas hierbas no se observan diferencias significativas entre los tipos de abonado (estiércol: $348 \pm 24,4$ vs control: $322 \pm 14,4$ kg MS ha⁻¹ año⁻¹).

En relación a las especies (Tabla 1), *V. ervilia* fue la más productiva y *T. cherleri*, *M. sativa*, *L. clymenum* las menos. De manera opuesta, estas últimas y *V. sativa* presentaron mayor proporción de malas hierbas que *V. ervilia*; para ambas producciones las diferencias fueron significativas. El menor forraje en *T. cherleri*, *M. sativa*, *L. clymenum* parece estar relacionado con la mayor porcentaje de malas hierbas. En general, las malas hierbas agotan los niveles de nutrientes en el suelo más rápidamente que los cultivos, lo que reduce el rendimiento de estos (García-Martín *et al.*, 2007). Respecto a la producción total, solo se detectaron diferencias significativas entre *V. ervilia* y *T. cherleri*, y no hubo diferencias significativas en la producción absoluta de malas hierbas ($275 \pm 33,5$ en *V. amphicarpa* a $408 \pm 50,2$ kg MS ha⁻¹ año⁻¹ en *M. sativa*), que fue bastante parecida a la del forraje (Tabla 1). El análisis individual de las especies (Tabla 2), nuevamente evidencia el efecto positivo del estiércol en la producción de forraje, salvo en *M. sativa*, y con diferencias significativas en todas las especies menos en *V.ervilia*, *T. hirtum* y *V. sativa*.

Tabla 2. Valores medios \pm error estándar de producción de Forraje (kg MS ha⁻¹ año⁻¹) y porcentaje de malas hierbas, según tipo de abonado (estiércol y control) y especie (9 especies).

Especies	Forraje (kg MS ha ⁻¹ año ⁻¹)				Malas Hierbas (%)			
	Estiercol	Control	F	p-valor	Estiercol	Control	F	p-valor
<i>V.ervilia</i>	637 \pm 83,05	312 \pm 139,42	2,76	0,184	31 \pm 9,53	55 \pm 17,84	1,38	0,325
<i>L.sphaericus</i>	457 \pm 05,16	88 \pm 26,22	16,94	0,026	35 \pm 9,18	82 \pm 4,03	19,33	0,022
<i>V.amphicarpa</i>	412 \pm 28,10	82 \pm 22,48	15,64	0,029	39 \pm 2,38	78 \pm 4,94	41,42	0,008
<i>V. disperma</i>	332 \pm 113,56	84 \pm 24,75	31,74	0,011	54 \pm 13,01	77 \pm 5,83	8,25	0,064
<i>T. hirtum</i>	301 \pm 34,54	167 \pm 42,30	4,44	0,126	47 \pm 5,17	65 \pm 6,93	2,91	0,187
<i>V. sativa</i>	261 \pm 79,20	59 \pm 12,90	8,56	0,061	64 \pm 6,41	86 \pm 2,59	10,71	0,047
<i>L. clymenum</i>	199 \pm 52,36	56 \pm 15,21	32,24	0,011	67 \pm 8,72	86 \pm 3,19	7,64	0,070
<i>T. cherleri</i>	111 \pm 10,35	29 \pm 4,44	101,1	0,002	72 \pm 10,15	92 \pm 0,93	3,70	0,150
<i>M. sativa</i>	50 \pm 12,32	219 \pm 86,11	11,28	0,044	91 \pm 1,76	63 \pm 7,08	25,03	0,015

Se marca en negrita cuando hubo diferencias significativas (estiércol vs control).

Desde el punto de vista forrajero *V. ervilia* produjo más materia seca, seguida de *L. sphaericus* y *V. amphicarpa*. La mayor producción de *V. ervilia* puede deberse a la baja dureza de sus semillas (Cardoso *et al.*, 2008) y a su mejor adaptación a los climas secos y fríos (Abd El Moneim, 1993) como es el de la zona de estudio. El porcentaje de malas hierbas fue mayor en el tratamiento menos productivo (control), excepto *M. sativa* fue más elevado con estiércol. Los bajos valores de producción de las leguminosas y el elevado porcentaje de malas hierbas nos señala la dificultad para implantarse en suelos forestales, posiblemente condicionado por varios factores. Entre ellos, la competencia con el banco de semillas del suelo, en su mayoría compuestos por especies anuales oportunistas que, en general, presentan semillas con una reducida latencia. Además, el laboreo escarifica sus semillas y las expone en horizontes superficiales favoreciendo la germinación de las mismas (Bàrberi, 2002). A esto se une que, a excepción de las especies comerciales, las leguminosas silvestres suelen presentar una alta dureza seminal (Cardoso *et al.*, 2008) lo que dificulta su germinación en campo. Por otra parte, el contenido de P en el suelo es esencial para el establecimiento de leguminosas anuales (Porqueddu y González, 2006), sin embargo la zona de estudio presentó nula concentración de P, lo que pudo incidir negativamente en la instalación de las especies.

Tabla 3. Valor nutritivo de nueve leguminosas: cenizas (CEN), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), lignina (LAD) y digestibilidad materia orgánica (DMO) (Digestibilidad enzimática FND-celulosa), (\pm error estándar).

Especies	CEN (%)	PB (%)	FND (%)	FAD (%)	LAD (%)	DEMO (%)
<i>L. clymenum</i>	8,3 \pm 0,00	16,67 \pm 0,09	31,17 \pm 0,04	19,46 \pm 0,37	3,81 \pm 0,34	77,07 \pm 0,38
<i>L. sphaericus</i>	8,34 \pm 0,13	17,14 \pm 0,10	38,54 \pm 0,64	26,10 \pm 0,05	5,01 \pm 0,09	72,05 \pm 0,64
<i>V. amphicarpa</i>	9,21 \pm 0,08	16,91 \pm 0,07	35,37 \pm 0,39	25,78 \pm 0,47	5,37 \pm 0,35	72,17 \pm 0,19
<i>V. disperma</i>	8,19 \pm 0,05	16,29 \pm 0,08	37,995 \pm 0,64	23,695 \pm 0,25	5,25 \pm 0,049	70,43 \pm 0,67
<i>T. cherleri</i>	11,74 \pm 0,09	7,79 \pm 0,18	47,165 \pm 0,39	36,14 \pm 0,33	5,19 \pm 0,10	56,73 \pm 0,70
<i>T. hirtum</i>	8,19 \pm 0,04	11,19 \pm 0,06	48,74 \pm 0,61	30,81 \pm 0,61	3,77 \pm 0,07	55,41 \pm 0,47
<i>M. sativa</i>	11,66 \pm 0,13	16,51 \pm 0,17	32,05 \pm 0,44	23,09 \pm 0,35	4,90 \pm 0,16	75,23 \pm 0,12
<i>V. ervilia</i>	7,33 \pm 0,02	16,24 \pm 0,46	22,41 \pm 0,38	11,2 \pm 0,24	2,56 \pm 0,09	88,79 \pm 0,37
<i>V. sativa</i>	9,49 \pm 0,04	18,3 \pm 0,06	34,73 \pm 0,31	23,28 \pm 0,50	4,98 \pm 0,11	72,42 \pm 0,06

La Tabla 3 muestra los valores nutritivos de las leguminosas sembradas. De las variables estudiadas, como es habitual en esta familia destaca el buen contenido en proteína bruta (PB) (Rocho *et al.*, 2004; Porqueddu y González, 2006) alrededor de 16 y 17 %, algo superior en *V. sativa*, y basta inferior en las dos especies de *Trifolium*. En relación al

contenido de paredes celulares (FND, FAD y LAD) *V. ervilia* presentó los valores más bajos para los tres parámetros; los más altos se observaron en *T. cherleri* y *T. hirtum* para FND y FAD y, en *V. disperma* y *T. cherleri* para LAD. Estos tres parámetros están inversamente relacionados con la digestibilidad, por lo que *V. ervilia* presentó la mayor digestibilidad y los dos *Trifolium* la menor; el resto de leguminosas mostraron valores elevados, alrededor del 70 %. Dado los resultados nutritivos, *V. ervilia* se muestra como la especie de mejor calidad, y *T. cherleri* y *T. hirtum* las peores. El resto de especies silvestres de los géneros *Lathyrus* y *Vicia* presentaron aceptables valores, muy próximos entre sí. Consideramos necesario continuar el estudio de estas especies con el fin de poder realizar comparaciones estadísticas.

CONCLUSIONES

En relación a la recuperación de pastos naturales en zonas forestales con leguminosas, nuestros resultados sugieren que:

- La fertilización con estiércol favorece la producción de leguminosas en terrenos forestales y parece reducir el porcentaje de malas hierbas, con la excepción de *M. sativa*.
- En general, destaca la baja producción de las leguminosas, lo que nos indican su dificultad para implantarse en suelos forestales, probablemente condicionado por varios factores.
- *V. ervilia* se mostró como la especie más productiva y de mejor calidad, por el contrario, *T. cherleri* presentó las peores características.
- De las especies silvestres, *L. sphaericus* y *V. amphicarpa* son los más idóneas para llevar a cabo planes de restauración dado su mayor producción de forraje y valor nutritivo.

Estimamos necesario continuar investigando sobre los parámetros productivos y nutritivos de las leguminosas silvestres en el área de estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD EL MONEIM A.M. (1993) Agronomic Potential of Three Vetches (*Vicia* spp.) Under Rainfed Conditions A. M. *Journal of Agronomy and Crop Science*, **170** (2), 113-120.
- BÀRBERI P. (2002) Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? *Weed Research*, **42** (3), 177- 193.
- CARDOSO J.A., ZAITEGUI M. Y ROBLES A.B. (2008) Relationship between seed survival and seed characteristics of nine Mediterranean legumes after ingestion by sheep. *Options Méditerranéennes, Série A*, **79**, 285-288.

- DELGADO I., CONGOST S. Y NUEZ T. (2009) Evaluación de praderas en tierras de secano del maestrazgo turolense. En: Reiné *et al.* (eds.) *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp 351-357. SEEP. Huesca.
- HARRIS F (2002) Management of manure in farming systems in semi-arid west Africa. *Experimental Agriculture*, **38**, 131-148.
- HODAR J.A., TORRES-MUROS L. Y SENHADJI K. (2013) Timing and intensity of bush cricket predation on egg batches of pine processionary moth: no evidence of population control. *Agricultural and Forest Entomology*, **15(2)**, 204–211.
- GARCÍA-MARTÍN A., LÓPEZ-BELLIDO R.J. Y COLETO J.M. (2007) Fertilization and weed control effects on yield and weeds in durum wheat grown under rain-fed conditions in a Mediterranean climate. *Weed Research*, **47**, 140–148.
- PORQUEDDU C. Y GONZÁLEZ F. (2006) Role and potential of annual pasture legumes in Mediterranean farming systems. *Pastos*, **36 (2)**, 125-142.
- ROCHO J.J., DOYLE C.J., GREEF J.M., HOPKINS A., MOLLE G., SITZIA M., SCHOLEFIELD D. Y SMITH C.J. (2004) Grazing legumes in Europe: a review of their status, management, benefits, research needs and future prospects. *Grass and Forage Science*, **59 (3)**, 197–214.

ESTUDIO DE LA COMPETENCIA ENTRE *Poa x hybrida* 'THERMAL BLUE' Y *Poa annua* EN EL CAMPO DE FÚTBOL IBEROSTAR ESTADI (PALMA DE MALLORCA)

COMPETITION BETWEEN *Poa x hybrida* 'THERMAL BLUE' AND *Poa annua* ON IBEROSTAR FOOTBALL STADIUM (PALMA DE MALLORCA)

I. JANER¹, X. MOLARES², J. CIFRE¹ Y J. GULÍAS¹

¹Grupo de Investigación en Biología de las Plantas en Condiciones Mediterráneas. Universitat de les Illes Balears. Carretera de Valldemossa km 7,5. 07122 Palma de Mallorca (España). isaacjanermarch@gmail.com. ²Real Club Deportivo Mallorca S.A.D.. Camí dels Reis s/n. 07011 Palma de Mallorca (España).

RESUMEN

El presente trabajo pretende evaluar el éxito en la implantación de la especie *Poa x hybrida* 'Thermal blue' en un campo de fútbol en condiciones mediterráneas y dominado por la presencia de *Poa annua* y *Lolium perenne*, así como evaluar el efecto de la intensidad del juego y de la exposición al sol sobre la presencia relativa de estas especies. El experimento se llevó a cabo en el Iberostar Estadi (Palma de Mallorca). Para ello se dividió el campo en diferentes zonas en función de la intensidad del juego y de la exposición al sol, y se cuantificó la presencia relativa de *Poa x hybrida* 'Thermal blue', *Poa annua* y *Lolium perenne*. La presencia relativa de *Poa x hybrida* fue muy inferior a las otras dos especies. La intensidad de uso del campo no afectó a la presencia relativa de *Poa x hybrida*, y sí a las otras dos especies: incrementó en las zonas de más uso en el caso de *Lolium perenne* y disminuyó en estas zonas en el caso de *Poa annua*. El efecto de la luz que incide sobre el terreno de juego no afectó la presencia relativa de ninguna de las tres especies.

Palabras Clave: clima mediterráneo, *Lolium perenne* 'Sun', intensidad de uso, exposición al sol.

SUMMARY

The aim of this work was to evaluate the success on the implementation of *Poa x hybrida* "Thermal blue" on a football field dominated by the presence of annual bluegrass and perennial ryegrass, under Mediterranean conditions. A second objective was to evaluate the effect of the intensity of game and sun exposure on to the relative abundance of these species. The experiment was conducted at Iberostar stadium (Palma de Mallorca). The field was divided into different zones according to the intensity of game and sun exposure. Then, the relative presence of *Poa x hybrida* 'Thermal blue', *Poa annua* and *Lolium perenne* was quantified. The results obtained show how the relative presence of *Poa x hybrida* was much lower than the one of the other two species. The intensity of field use did not affect the relative presence of *Poa x hybrida*, but for the other two species: ryegrass increases and *Poa annua* decreases under high intensity use. The effect of light incidence on the pitch did not affect the relative presence of any of the three species.

Key Words: mediterranean climate, *Lolium perenne* 'Sun', intensity of use, sun exposure.

INTRODUCCIÓN

En las zonas de clima mediterráneo, las especies cespitosas de estación fría (metabolismo C₃) se ven afectadas por las altas temperaturas de los meses de verano, presentando un desarrollo óptimo entre octubre y mayo, cuando las temperaturas son más suaves. Por contra, las especies de clima cálido (metabolismo C₄) presentan un crecimiento óptimo durante los meses de verano y parte de la primavera y otoño. El principal problema que presentan estas especies en zonas de clima mediterráneo es que a temperaturas inferiores a 15-17°C entran en letargo invernal (Departamento Técnico de Zulueta, 1994), coincidiendo con el transcurso de la mayoría de las competiciones deportivas.

Por otra parte, *Poa annua* es una especie invasora en céspedes ornamentales y deportivos de zonas mediterráneas y cuyas mayores deficiencias son su coloración (verde claro), la intolerancia a las altas temperaturas, la coloración de sus espigas (marrón) y, principalmente, su sistema radicular, denso pero muy superficial, que facilita su arrancamiento durante el juego, lo que la convierte en una especie inadecuada en el caso de la práctica del fútbol. Sin embargo a causa de su rápida instalación y colonización, dificulta el crecimiento de otras especies con propiedades más adecuadas para este deporte. La variedad Thermal Blue es un híbrido entre *Poa pratensis* y *Poa arachnifera* (www.scottspprofessional.com [consultado: 02/09/2012]), desarrollada para zonas de transición entre el clima templado y el cálido y presenta similitudes en color y textura con *Lolium perenne* 'Sun', especie de interés presente en el Iberostar Estadi. La combinación de estas dos especies teóricamente permitiría tener una mayor calidad visual y funcional de la cubierta vegetal a lo largo del año.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el éxito en la implantación de *Poa x hybrida* 'Thermal blue' en un campo de fútbol (Iberostar Estadi, Palma de Mallorca), en condiciones mediterráneas y dominado por la presencia de *Poa annua* y *Lolium perenne*. Los objetivos específicos fueron: i) determinar la presencia relativa de *Poa x hybrida* 'Thermal blue'; ii) evaluar el efecto de la intensidad de juego sobre la presencia relativa de estas especies y iii) evaluar el efecto de la exposición al sol sobre la presencia relativa de las mismas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Previo al inicio de la experiencia, en junio de 2011, se llevó a cabo una regeneración de la superficie de césped en el Iberostar Estadi, con la siembra de 150 Kg de semillas de *Poa*

x hybrida ‘Thermal blue’ (dosis de siembra recomendada por la casa comercial) y, en el mes de mayo de 2012, se realizó una resiembra con 125 Kg. En el mes de septiembre de 2011 se sembraron 400 Kg de semillas de *Lolium perenne* ‘Sun’ (dosis de siembra recomendada por la casa comercial). Finalmente, en el mes de octubre de 2011 se aplicó un herbicida contra *Poa annua*, a base de Etofumesato al 50%.

El experimento se llevó a cabo en el estadio de fútbol Iberostar Estadi (Palma de Mallorca, 39° 35' N y 2° 37' E, 57 m s.n.m.). El periodo de experimentación fueron los meses comprendidos entre enero y julio (ambos inclusive) de 2012. El terreno de juego se dividió en diferentes zonas, siendo cada una de ellas un tratamiento diferenciado (+Uso/Sol, -Uso/Sombra, +Uso/Sombra, -Uso/Sol) (Figura 1). De cada tratamiento se extrajeron 6 muestras por muestreo de 100 cm² de superficie de césped y 6 cm de profundidad (cubierta vegetal + capa de enraizamiento). A lo largo del estudio se realizaron un total de 5 muestreos, los meses de enero, febrero, marzo, mayo y julio.

Las muestras recogidas se introducían en bolsas de plástico debidamente etiquetadas con la fecha del muestreo, el número de muestra y tratamiento correspondiente. Las muestras se conservaron a una temperatura de 4°C en condiciones de oscuridad para su posterior análisis.

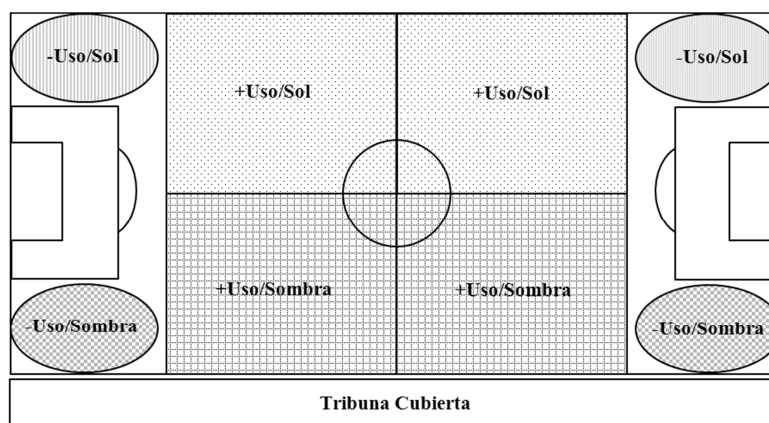


Figura 1. Distribución del terreno de juego en las diferentes zonas, siendo cada una de ellas un tratamiento diferenciado.

Para el tratamiento de las muestras, en primer lugar se realizaban diferentes fotografías de cada una de ellas, tanto de la parte aérea como del sistema radicular. A continuación se separaban las diferentes especies vegetales de cada muestra. Una vez separadas se eliminaba el sistema radicular y se guardaba la parte aérea en sobres debidamente etiquetados. La

biomasa se secó a una temperatura de 70°C durante un mínimo de 4 días hasta peso constante, momento en el que se determinó la biomasa seca de las muestras.

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el SPSS Statistics 15 (SPSS, Inc., Chicago, IL). Las diferencias entre las medias fueron evaluadas mediante test ANOVA seguido de comparaciones *post hoc* DMS y T de Student. El nivel de significancia fue definido a una $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presencia relativa de *Poa x hybrida* fue muy baja a lo largo de todo el ensayo (Figura 2), lo que muestra las dificultades de esta especie para implementarse en las condiciones experimentales. Su presencia disminuyó durante el final del invierno y toda la primavera, siendo significativamente mayor en el mes de enero que en los meses de febrero, marzo y mayo (Figura 2). Este descenso puede deberse a que tras la primera siembra de *Poa x hybrida*, en junio de 2011, se aplicó un inhibidor de crecimiento sobre las otras especies presentes para favorecer su instalación en el terreno de juego, pero posteriormente, no se realizó ningún control de *Poa annua* entre los meses de noviembre de 2011 y abril de 2012. La mayor presencia de *Poa x hybrida* se observó durante el mes de julio, probablemente como consecuencia de la resiembra realizada durante el mes de mayo de 2012 con 125 Kg de semillas.

Poa annua es una especie que presenta una capacidad de instalación muy elevada, desplazando la presencia de las otras especies. Para controlar esta especie se pueden adoptar diferentes medidas de tipo cultural. Es el caso de la realización de riegos profundos y menos frecuentes que promueven el enraizamiento del césped, pudiendo competir las especies deseadas contra *Poa annua* (McCullough, 2011). Otro factor muy importante es el adecuado manejo de la siega. Elevar la altura de siega durante los períodos de germinación de *Poa annua* puede reforzar la competitividad de las especies de interés frente a *Poa annua* (McCullough, 2011). Un factor que promueve la instalación de *Poa annua* es la compactación del terreno de juego, ya que reduce el crecimiento de las especies deseadas impidiendo la competencia con las poblaciones de *Poa annua* (McCullough, 2011). Estos métodos de control son prácticamente incompatibles con la actividad deportiva que se lleva a cabo en el estadio Iberostar. Es por eso que se optó por medidas de control químico, con la aplicación de herbicidas de preemergencia, la materia activa del cual es Etofumesato 50% p/v SC.

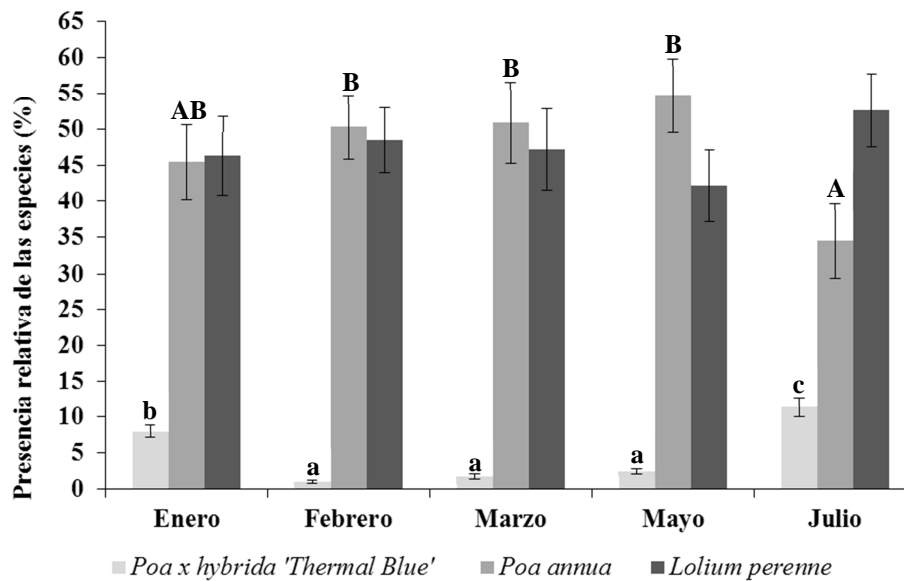


Figura 2. Presencia relativa de las especies en función del tiempo (muestreo), independientemente de la intensidad de uso y de la luz que incide sobre el terreno de juego. Letras minúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para la especie *Poa x hybrida* ($p < 0,05$) y mayúsculas para *Poa annua* ($p < 0,05$). No se observaron diferencias estadísticamente significativas para la especie *Lolium perenne*.

En referencia al efecto de la intensidad del juego sobre las diferentes especies vegetales, hay que destacar que no afecta por igual a cada una de ellas. En el caso de *Poa x hybrida* el uso de las diferentes zonas del terreno de juego no afectó a su presencia (Figura 3), siendo muy baja en ambas intensidades.

En relación a la especie *Poa annua* el uso de las diferentes zonas del campo afecta a su presencia, incrementándose en las zonas de menos uso. Este hecho puede ser debido a que en las zonas de menos uso el efecto causado por el juego es inferior que en las zonas de más uso, lo que sugiere que esta especie es sensible al pisoteo. De hecho, *Poa annua* es una especie que presenta un sistema radicular denso pero muy superficial (2-7 cm de profundidad). Esta particularidad comporta una mayor facilidad de arrancamiento a causa de las características del juego (número de jugadores sobre el césped, necesidad de correr, cambios constantes de velocidad por parte de los jugadores, etc.), el calzado de los jugadores (suelas con tacos) y las herramientas del juego (pelota), acentuándose en zonas donde hay una mayor intensidad del juego, es decir, en zonas de más uso. Además, las hojas de *Poa annua*, presentan una baja resistencia a la compresión, que está directamente relacionada con la resistencia al pisoteo (Cirera, 2010). Por el contrario, presenta una gran capacidad de reproducción (espiga a alturas

de hasta 3 mm), incluso durante los meses más desfavorables, lo que añadido a su gran capacidad de instalación (Semillas Fitó, 2012), hace que *Poa annua*, no tenga tantas dificultades en instalarse en zonas donde el efecto del juego es inferior, zonas de menos uso, pudiendo competir ahí en mejores condiciones frente a las otras especies.

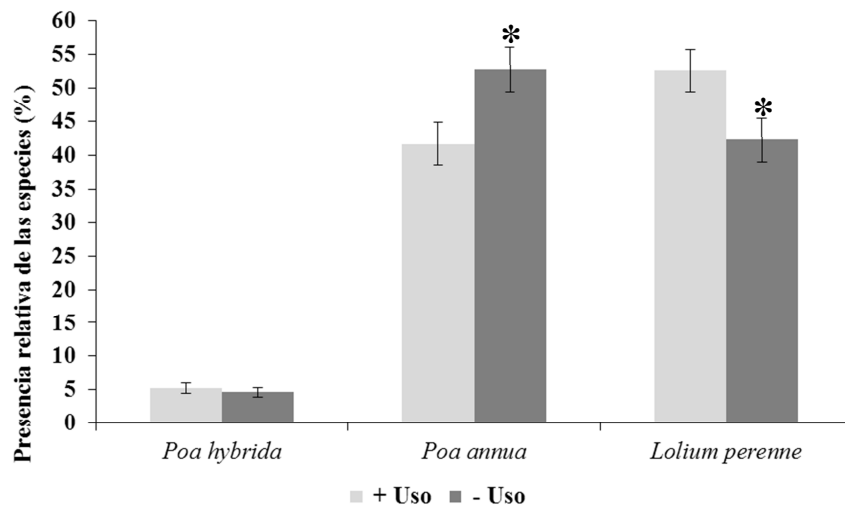


Figura 3. Presencia relativa de las especies en el terreno de juego en función de la intensidad de uso, independientemente del tiempo (muestreo) y de la luz. * indica diferencias estadísticamente significativas en el efecto del uso en cada especie (T de Student, $p < 0,05$).

Por el contrario, *Lolium perenne* ‘Sun’, incrementó significativamente su presencia relativa en las zonas de más uso (Figura 3). Este hecho puede ser debido a que la especie *Lolium perenne* presenta una mayor resiliencia, rigidez y resistencia a la tracción que *Poa annua* (Monje, 2002), además de poseer un sistema radicular fibroso y más profundo que *Poa annua* (Departamento Técnico de Zulueta, 1994), siendo más difícil su arrancamiento por el efecto del juego. En este sentido, hay que decir que la capa de enraizamiento del Iberostar Estadi presenta un espesor insuficiente (6 cm de profundidad) para el buen desarrollo del sistema radicular de las especies, por tanto, influye negativamente sobre la competencia de las especies deseadas, que presentan una mayor capacidad de enraizamiento, frente a la presencia de *Poa annua*. Por otra parte, es destacable que el espacio dejado por *Poa annua* en las zonas de mayor intensidad de juego fue ocupado por *Lolium perenne*, lo que reveló una mayor competitividad de esta especie que de *Poa x hybrida*. No obstante, es importante reseñar que en las zonas de uso intenso se realizan resiembras manuales durante el transcurso de la temporada deportiva, debido a que, en estas zonas hay un mayor desgaste de la cubierta

vegetal a causa del efecto del juego, con la consecuente pérdida de densidad del césped. Este hecho podría favorecer una mayor presencia de esta especie en las zonas de más uso frente a las otras especies.

En muchas ocasiones, la presencia de tribunas elevadas en los campos de fútbol proporciona zonas de sombra que afectan negativamente al desarrollo del césped. En estas zonas, las especies presentan un menor desarrollo radicular, ya que maximizan sus recursos en la producción de hojas para incrementar la fotosíntesis en detrimento del sistema radicular, favoreciendo así el arrancamiento a causa del efecto del juego (Merino i Ansorena, 1998). En el Iberostar Estadi la presencia relativa de las especies no se vio influenciada por la existencia de la tribuna cubierta (Figura 4), lo que sugiere que la presencia de la tribuna no afecta de forma significativa al desarrollo del césped y, por tanto, no sería necesario un mantenimiento especial en esta zona.

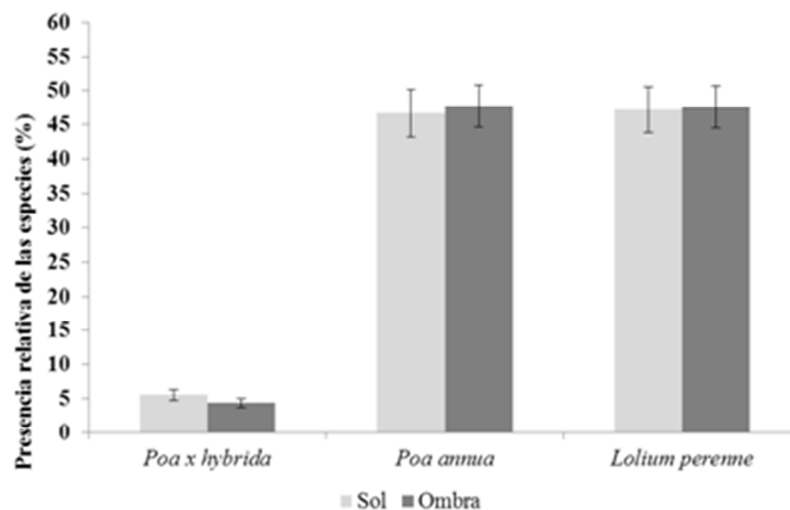


Figura 4. Presencia relativa de las especies en el terreno de juego en función de la luz, independientemente del tiempo (muestreo) y de la intensidad de uso.

CONCLUSIONES

La presencia relativa de *Poa x hybrida* 'Thermal blue' fue muy inferior a la de *Poa annua* y *Lolium perenne* 'Sun'. Por tanto, el uso de esta especie no parece una buena estrategia para minimizar los problemas ocasionados por el clima mediterráneo ni para hacer frente a *Poa annua*.

La presencia relativa de *Poa x hybrida* varió en función del tiempo, siendo mayor en enero que durante los meses de febrero a mayo.

La intensidad de uso del campo no afectó a la especie *Poa x hybrida* 'Thermal blue', y sí afectó diferencialmente a la presencia relativa de las otras dos especies: incrementa en las zonas de más uso en el caso de *Lolium perenne* 'Sun' y disminuye en estas zonas en el caso de *Poa annua*.

El efecto de la exposición al sol de las diferentes especies no afectó a su presencia relativa sobre el terreno de juego.

AGRADECIMIENTOS

A Margalida Muntaner Capó por su ayuda durante la parte experimental y al Real Club Deportivo Mallorca S.A.D. la oportunidad para utilizar sus instalaciones durante todo el experimento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CIRERA J. (2010) *El césped y su cultivo. Guía Técnica*. Barcelona, España: Semillas Fitó, S.A.U.
- DEPARTAMENTO TÉCNICO DE ZULUETA CORPORACIÓN (1994) *Céspedes y cubiertas vegetales*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- McCULLOUGH P. (2012) Control de *Poa annua* en césped deportivo. *Revista oficial de la Asociación Española de Greenkeepers*, (40), 50-57.
- MERINO D. Y ANSORENA J. (1998) *Césped deportivo: construcción y mantenimiento*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- MONJE JIMÉNEZ R.J. (2002) *Mantenimiento de campos de golf*. Coedición: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- SEMILLAS FITÓ (2012) *Áreas verdes. Césped profesional 2012-13*. Barcelona, España: Semillas Fitó, S.A.U.
- <<http://www.scottspprofessional.com>>

INTRODUCCIÓN DE GERMOPLASMA ÉLITE EN HÍBRIDOS FORRAJEROS DE MAÍZ

INTRODUCTION OF ELITE GERMOPLASM IN HYBRID OF MAIZE FORAGE

L. CAMPO Y J. MORENO-GONZÁLEZ

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Instituto Galego de Calidade Alimentaria (INGACAL).

Apartado 10. 15080 A Coruña (España). laura.campo.ramirez@xunta.es.

RESUMEN

En el programa de mejora de maíz del CIAM se han realizado introgresiones de germoplasma elite (GE), procedente de las líneas puras (LP) B73 y Mo17, en cinco LP lisas y cuatro dentadas desarrolladas en el CIAM a partir de material adaptado. Las introgresiones propuestas pretenden mejorar el híbrido elite de referencia mundial B73xMo17. Las LP segregantes con diferentes niveles de introgresión de GE (25, 50 y 75%), más las LP receptoras (0% GE) y las LP de referencia Mo17 y B73 (100% GE), fueron cruzadas por dos testers heteróticos y sus cruzamientos evaluados en cuatro ensayos que fueron repetidos en dos condiciones de cultivo. El objetivo de este trabajo fue realizar una evaluación fenotípica de los cruzamientos, obtenidos a partir de las LP segregantes, para la producción de la biomasa total de la planta entera, la precocidad en la floración y el encamado. Los resultados obtenidos nos han permitido seleccionar LP lisas y dentadas que en sus cruzamientos mostraron un comportamiento superior al híbrido elite de referencia B73xMo17.

Palabras clave: B73, Mo17, líneas puras, producción, precocidad.

SUMMARY

In the maize breeding program of CIAM several introgressions of elite germplasm from inbreds B73 and Mo17, onto five flint and four dent CIAM adapted inbreds were carried out. These introgressions intended to improve the reference elite hybrid B73 xMo17. Several segregating strains with different levels of introgression (25, 50 and 75 %), in addition to the receptors (0%) and the donors Mo17 and B73 (100%), were crossed by two heterotic testers. Their crosses were grown in four trials repeated in two conditions of cultivation and evaluated for biomass yield of the whole plant, days to silking, lodging resistance and plant height. The results allowed us to select those flint and dent inbreds whose crosses showed high performances, which were in some cases superior to the reference elite hybrid B73xMo17.

Key words: B73, Mo17, inbreds, biomass yield, days to silking.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del maíz forrajero ofrece actualmente dos usos relevantes, la alimentación del ganado vacuno, especialmente vacas de leche y la producción de biomasa para la generación de gas metano, que es ya una realidad en los países de Centro Europa, pero que puede ser una fuente potencial de energía en el medio rural de España en el futuro. Ambos usos comparten objetivos comunes de mejora, tales como el desarrollo de híbridos con alta producción de biomasa.

Una estrategia de mejora genética para la obtención de híbridos de maíz es desarrollar líneas puras (LP) de segundo ciclo a partir del cruzamiento de material adaptado por material élite. Las LP B73, Mo17 y sus derivadas, son los parentales más comúnmente utilizados para la producción de híbridos de maíz de ciclo FAO medio y tardío (Stojakovic *et al.*, 2007). El híbrido de maíz B73×Mo17 es ampliamente reconocido en el mundo entero por su alto rendimiento, características agronómicas favorables y adaptación a diferentes ambientes (Campo y Moreno-González, 2014). Las líneas puras lisas o semi-lisas EC18, EC49, EC214, EC218 y EC215A contienen germoplasma del Norte de España, europeo y/o germoplasma americano denominado “*Lancaster Sure Crop*” (LSC) y sus pedigrís están relacionados con el germoplasma de la variedad local “Aranga”. Las líneas puras dentadas EC133A, EC134, EC135 y EC136 están relacionadas con el germoplasma “*Reid Yellow Dent*”, pero también incluyen germoplasma americano y europeo dentado de otro origen que ha mostrado una buena aptitud combinatoria con el germoplasma LSC. En este trabajo se han realizado introgresiones entre LP lisas y dentadas del CIAM y las LP élite Mo17 y B73. Las introgresiones propuestas pretenden mejorar el híbrido B73×Mo17 para mayor precocidad, resistencia al encamado y aprovechamiento de la biomasa sin romper el patrón heterótico. El objetivo de este trabajo fue realizar una evaluación fenotípica de los cruzamientos obtenidos a partir de las LP segregantes, con diferentes niveles de introgresión de germoplasma élite, para la producción de la biomasa de la planta entera, la precocidad en la floración y el encamado.

MATERIAL Y MÉTODOS

Poblaciones segregantes

A fin de poder generar las poblaciones avanzadas de mejora se crearon dos grupos heteróticos denominados a partir de ahora A y B. El grupo heterótico A se creó de acuerdo al siguiente diseño. En el año 2007 se cruzaron las cinco LP lisas (EC214, EC18, EC49,

EC215A y EC218) por la donante Mo17 (F1). En el año 2008 se obtuvo la generación F2 de los cruces. En el año 2009 las plantas más tempranas de la F2 se autofecundaron y retrocruzaron a los dos parentales para crear tres niveles de introgresión 25, 50, y 75%, más los 0 y 100% de las líneas originales. En los años 2010, 2011, 2012 y 2013 se derivaron estirpes por autofecundación de las poblaciones.

De igual manera el grupo heterótico B se creó mediante cruzamiento (F1) de cuatro líneas dentadas (EC133A, EC134, EC135 y EC136) por la donante B73, a las que se aplicó el mismo diseño de cruces y retrocruces que al grupo A. Este sistema mantiene la heterosis de los cruzamientos híbridos entre estirpes derivadas de ambos grupos. El número total de líneas obtenidas en el grupo heterótico A para las 15 poblaciones lisas fue de 160. Igualmente, el número de líneas obtenidas en el grupo heterótico B para las 12 poblaciones dentadas fue de 120.

Obtención de híbridos

En el año 2013 las 160 líneas lisas se cruzaron con dos testers heteróticos, la LP B73 y con una línea emparentada precoz denominada B73_P. Las 120 líneas dentadas se cruzaron también con dos testers, la LP Mo17 y una línea emparentada precoz Mo17_P. El número total de cruzamientos (híbridos simples) obtenidos fue de 556.

Evaluación de los cruzamientos

En el año 2014 los 556 cruzamientos más los testigos comerciales (Anjou456, Eldora y LG3303) y el híbrido experimental WAMGAL, se distribuyeron en cuatro ensayos que fueron repetidos y se cosecharon con tres semanas de diferencia. El diseño estadístico fue un diseño de bloques incompletos alfa-látice parcialmente repetido. Cada híbrido se encontraba en 2 ensayos y repetido 1,5 veces en cada ensayo. El número de repeticiones por híbrido fue de 3, por lo tanto, el número de parcelas elementales fue de 1680, 7,2 m² por parcela elemental.

Los caracteres evaluados fueron rendimiento de materia seca total de la planta RMS (tMS/ha) y contenido de materia seca MS (%) en la recolección, altura de planta AP (cm), encamado o porcentaje de plantas caídas ENC y días a floración femenina (FFEM) en la fase vegetativa. El índice de producción (IP) fue calculado como porcentaje del RMS relativo a la media del ensayo, y ajustado con 0,75 y -0,5 por cada 1% de diferencia de los MS y ENC de cada cruce respecto a las medias del ensayo (Campo y Moreno-González, 2014). El

porcentaje de encamado se analizó con los valores transformados según la expresión $(ENC+0,5)^{1/2}$ para ajustarlo a una distribución normal. El análisis de varianza de los caracteres evaluados se realizó con el procedimiento PROC MIXED de SAS donde los cruzamientos fueron un factor aleatorio. Las medias ajustadas de los ensayos fueron estimadas por el método BLUE (Best Linear Unbiased Estimator).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan los resultados de evaluación del cruce de las mejores LP dentadas cruzadas por los testers Mo17 y Mo17_P. En la tabla sólo se presentan los datos de los mejores cruzamientos evaluados, los resultados del cruzamiento élite de referencia B73xMo17, los cruzamientos de las LP receptoras por los testers, la media de los testigos comerciales (Anjou456, Eldora y LG3303) y el híbrido experimental WAMGAL. El cruzamiento élite alcanzó una producción media de 23,27 tMS/ha, 0,16% de ENC y un IP de 123,1%. El cruzamiento precoz B73xMo17_P consiguió un valor más bajo de materia seca (30,2%) pero mayor producción e IP (24,24 tMS/ha y 125,7%).

Cincuenta y cinco de los híbridos evaluados más el híbrido experimental WAMGAL, alcanzaron índices de producción por encima de 100 y unas producciones entre 18 y 24,3 tMS/ha. La LP receptora EC133A (0% de introgresión de GE), fue la que alcanzó mayor producción de las LP receptoras (21,68 tMS/ha), superando incluso a sus estirpes derivadas. A pesar de ello la población segregante EC133A_B73-7-1-1 consiguió un mayor IP, 116%, aumentando su contenido en MS (35%) y disminuyendo el encamado (-0,1%), por lo tanto, tuvo muy buen comportamiento para la producción de biomasa. Las poblaciones EC133A(2)_B73-1-1 y EC133A(2)_B73-3-3 con un nivel de introgresión del 25%, también consiguieron altos IP (111,8 y 111,4% respectivamente). La LP EC133A ha sido relacionada con cruzamientos de alto potencial para la producción de forraje (Campo *et al.*, 2012) y destacó entre otras líneas dentadas al nivel de introgresión del 25% de GE (Campo y Moreno-González, 2014).

De las estirpes derivadas de la LP receptora EC134 se consiguieron LP con una alta aptitud combinatoria para la producción de biomasa, superando incluso al cruzamiento élite. Las poblaciones segregantes EC134_B73(2)-5-1 y EC134_B73(2)-7-1, con un nivel de introgresión del 75%, alcanzaron producciones de 23,93 y 23,31 tMS/ha e IP de 126,1 y 125,1% respectivamente. La población segregante EC134_B73(2)-5-1 fue ligeramente más

tardía que la población EC134_B73(2)-7-1, mientras que esta obtuvo mayor contenido de materia seca en la cosecha (34,34% vs 32,51%).

Tabla 1: Media ajustadas de los ensayos (BLUE) de las mejores líneas puras (LP) dentadas evaluadas, cruzadas por dos testers, (Mo17 y Mo17_P), en dos ambientes.

Líneas puras dentadas cruzadas Mo17 y Mo17_P	NI B7 3	RMS (tMS/ha)	Error RMS	MS (%)	Error MS	ENC (%)	Error ENC	AP (cm)	Error AP	FFE M (d)	Error FFE M	IP (%)
B73 x Mo17_P	50	24,24	1,43	30,2	2,16	0,61	1,24	270,8	8,05	94,65	1,56	125,7
EC133A	0	21,68	0,97	33,3	1,77	0,27	0,83	259,6	6,06	86,93	1,13	115,4
EC133A(2)_B73-1-1	25	20,83	1,02	34,3	1,81	-0,05	0,88	237,4	6,34	90,11	1,20	111,8
EC133A(2)_B73-3-3	25	20,99	1,02	33,3	1,81	0,79	0,88	260,1	6,33	89,21	1,19	111,4
EC133A_B73-7-1-1	50	21,48	1,03	35,0	1,81	-0,10	0,88	266,0	6,37	88,71	1,20	116,0
Media 33 estirpes EC133A		18,68	0,18	33,4	0,32	0,61	0,15	259,8	1,11	89,64	0,21	99,3
EC134	0	18,48	0,96	32,9	1,76	0,29	0,82	262,6	6,05	90,34	1,13	98,0
EC134_B73(2)-2-1	75	22,29	1,03	31,0	1,82	0,17	0,88	263,1	6,37	92,24	1,20	116,6
EC134_B73(2)-3-1	75	22,74	1,03	33,8	1,81	0,17	0,88	271,7	6,37	91,40	1,20	121,4
EC134_B73(2)-3-2	75	22,20	1,03	32,6	1,82	0,35	0,88	279,1	6,37	91,66	1,20	117,4
EC134_B73(2)-5-1	75	23,93	1,03	32,5	1,81	0,90	0,88	285,0	6,34	91,97	1,20	126,1
EC134_B73(2)-5-2	75	22,37	1,02	30,3	1,81	0,46	0,88	285,3	6,34	94,07	1,20	116,2
EC134_B73(2)-6-1	75	21,10	1,02	30,7	1,81	0,14	0,88	285,5	6,33	91,49	1,19	110,1
EC134_B73(2)-7-1	75	23,31	1,02	34,3	1,81	0,14	0,88	262,9	6,34	89,88	1,20	125,1
EC134_B73-2-1-1	50	21,87	1,02	34,1	1,81	0,26	0,88	264,2	6,33	88,68	1,19	117,1
EC134_B73-4-1-1	50	20,98	1,03	31,6	1,82	0,30	0,89	274,3	6,37	89,86	1,20	110,2
EC134_B73-7-1-1	50	20,18	1,03	37,6	1,82	0,27	0,88	254,0	6,38	87,84	1,20	110,9
Media 18 estirpes EC134		20,11	0,24	33,4	0,43	0,41	0,21	264,5	1,49	89,85	1,19	107,5
EC135	0	17,42	1,13	34,5	1,89	0,26	0,97	245,5	6,74	88,81	1,28	93,5
EC135(2)_B73-3-2	25	21,36	1,03	34,0	1,82	-0,14	0,88	259,9	6,37	88,79	1,20	114,5
EC135_B73(2)-7-1	75	20,28	1,42	33,5	2,16	1,04	1,24	261,7	8,08	84,80	1,57	107,6
EC135_B73-8-1-1	50	20,25	1,02	32,1	1,81	0,34	0,88	252,4	6,31	90,01	1,19	106,7
Media 24 estirpes EC135		17,97	0,21	34,7	0,37	0,19	0,18	252,7	1,31	89,02	0,25	96,6
EC136	0	16,90	1,12	38,5	1,89	-0,20	0,96	250,6	6,72	86,98	1,28	93,7
EC136(2)_B73-2-3	25	19,36	1,02	40,7	1,81	-0,07	0,88	257,1	6,33	85,81	1,19	109,0
EC136_B73(2)-1-1	75	23,69	1,03	33,3	1,81	0,08	0,88	271,7	6,34	87,56	1,19	126,1
EC136_B73-1-1-2	50	20,54	1,02	38,8	1,81	0,14	0,88	257,1	6,34	86,33	1,20	113,9
Media 38 estirpes EC136		17,77	0,17	37,4	0,29	0,31	0,14	246,2	1,04	86,60	0,20	97,4
Media 144 cruzamientos		18,50	0,09	35,0	0,15	0,39	0,07	254,6	0,53	88,57	0,10	99,5
Media 3 híbridos testigos		16,40	0,63	34,0	1,09	0,30	0,55	246,1	3,84	87,30	0,73	87,6
B73 x Mo17		23,27	0,75	32,4	1,62	0,16	0,63	270,0	5,22	92,16	0,95	123,1
WANGAL		22,39	0,75	33,9	1,62	0,05	0,63	260,5	5,25	85,15	0,95	119,8

NI: nivel de introgresión germoplasma élite (%); RMS: rendimiento de materia seca; MS: contenido de materia seca;

ENC: encamado; AP: altura de la planta; FFE: floración femenina; IP: índice de producción.

En un estudio precedente donde se evaluaron 17 cruzamientos derivados de la LP B73, sólo uno, con un introgresión de GE del 75%, fue superior significativamente al híbrido B73xMo17, para la producción de maíz grano (Stojakovic *et al.*, 2007).

Seis de las estirpes derivadas de la LP EC135 alcanzaron IP altos. Las mejores poblaciones evaluadas fueron EC135(2)_B73-3-2 y EC135_B73(2)-7-1, ambas con producciones por encima de las 20 tMS/ha y con unos IP de 114,5 y 107,6%. La primera destacó por su bajo ENC y la segunda por ser la más precoz de todo el ensayo.

Los cruzamientos generados de las poblaciones derivadas de la LP receptora EC136 fueron los más precoces, con un promedio de 86,6 días a FFEM y los que presentaron mayor MS (37,4%). Esta LP fue seleccionada por su buena aptitud combinatoria para la generación de híbridos precoces y con alto contenido en MS (Campo *et al.*, 2012). Diecisiete de las estirpes derivadas de la LP receptora EC136 alcanzaron altos IP destacando entre ellas las poblaciones segregantes EC136_B73(2)-1-1 con 23,69 tMS/ha y 126,1% de IP y EC136_B73-1-1-2 con una producción de 20,54 tMS/ha y 113,9% de IP. La primera de ellas destacó además por su bajo encamado (0,08%) y la segunda por su alto contenido MS (38,8%). Ambas poblaciones fueron más precoces que la media. La población EC136(2)_B73-2-3 obtuvo el mayor MS del ensayo (40,72%), fue la segunda más precoz (85,81 días a FFEM) y presentó bajo ENC.

En la Tabla 2 se presentan parte de los resultados de la evaluación en campo de los cruzamientos de las LP segregantes derivadas de las LP lisas receptoras cruzadas por los dos testers, más los tres híbridos testigos, el híbrido experimental y el híbrido élite de referencia. De los cruzamientos evaluados 19 procedentes de la LP EC18, 10 procedentes de la LP EC214, 12 de la LP EC215A, 17 de la LP receptora EC218 y 22 que proceden de la LP EC49, alcanzaron IP por encima de 100. A partir de la LP EC49 se obtuvieron el mayor número de poblaciones segregantes con alto valor forrajero, la mayoría ellas con un nivel de introgresión de GE del 25%. Cabe destacar entre ellas las LP EC49(2)_Mo17-10-2 que alcanzó un IP de 115,3% y además fue la más precoz de todas las LP lisas con introgresión de germoplasma evaluadas (86,47 días a FFEM), la LP EC49(2)_Mo17-8-1 con altos rendimientos e IP (22,26 tMS/ha y 115,7%) y la LP EC49_Mo17-4-1 que alcanzó el nivel más bajo de encamado de todo el ensayo (-1,29%). Tanto la LP EC18 como EC215A al 0% de introgresión de GE, alcanzaron altos IP, 101,1 y 108,1% respectivamente. Ambas LP ya han sido ligadas a cruzamientos de alto rendimiento o de alto contenido en MS (Campo *et al.*, 2012). En la Tabla 2 se presentan cinco de las LP segregantes derivadas de la LP EC18 más relevante, destacando entre ellas la LP EC18(2)_Mo17-3-1 que obtuvo la más alta concentración de MS de todo el ensayo (39,2%) y la LP EC18_Mo17(2)-7-1 que alcanzó un RMS de 22,02 tMS/ha

y un IP de 118,2%. Entre las doce LP segregantes derivadas de la LP receptora EC215A cabría destacar la LP EC215A(2)_Mo17_5-1-1 por su alta producción 22,99 tMS/ha y la LP EC215A_Mo17_10-1-1-1 por su contenido en MS (36%).

Tabla 2: Media ajustadas de los ensayos (BLUE) de las mejores líneas puras (LP) lisas evaluadas, cruzadas por dos testers, (B73 y B73_P), en dos ambientes.

Líneas puras lisas cruzadas B73 y B73_P	NI Mo 17	RMS (tMS /ha)	Error RMS	MS (%)	Error MS	ENC (%)	Error ENC	AP (cm)	Error AP	FFE M (d)	Error FFE M	IP (%)
Mo17	100	16,70	1,10	33,1	2,59	0,61	1,76	248,9	9,42	90,10	2,41	91,1
EC18	0	18,37	0,91	33,9	2,49	0,27	1,46	274,5	8,96	88,81	2,33	101,1
EC18(2)_Mo17-12-3	25	20,54	1,08	33,4	2,59	0,48	1,76	259,9	9,41	87,04	2,40	112,5
EC18(2)_Mo17-3-1	25	20,62	1,45	39,2	2,85	0,55	2,43	271,4	10,58	87,85	2,60	117,8
EC18_Mo17(2)-7-1	75	22,02	1,08	30,7	2,59	0,28	1,76	272,8	9,42	91,52	2,40	118,2
Media 38 estirpes EC18		18,40	0,19	34,1	0,43	0,85	0,31	262,8	1,56	89,47	0,40	101,1
EC214	0	16,36	0,92	36,9	2,49	0,14	1,46	252,3	8,98	87,05	2,33	92,1
EC214_Mo17_8-1-1-1	50	21,36	1,08	31,9	2,59	0,75	1,76	285,4	9,41	89,54	2,40	115,5
EC214_Mo17_8-1-2-1	50	20,11	1,08	33,7	2,59	-0,18	1,76	282,5	9,41	88,83	2,40	110,8
Media 35 estirp EC214		17,25	0,20	33,8	0,45	0,37	0,33	256,4	1,64	88,53	0,42	94,8
EC215A	0	20,63	1,08	31,9	2,59	6,76	1,76	287,9	9,41	92,91	2,40	108,1
EC215A(2)_Mo17_1-1-1	25	20,89	1,08	33,1	2,59	0,27	1,76	280,1	9,42	91,01	2,40	114,2
EC215A(2)_Mo17_5-1-1	25	22,99	1,08	30,7	2,59	11,87	1,76	276,2	9,42	94,08	2,40	116,2
EC215A_Mo17_10-1-1-1	50	20,19	1,08	36,0	2,59	0,63	1,76	269,4	9,41	88,66	2,40	112,6
Media 27 estirpes EC215A		18,27	0,21	33,4	0,50	1,86	0,34	268,5	1,82	90,70	0,46	99,2
EC218	0	16,96	0,91	34,1	2,49	0,68	1,46	257,3	8,95	89,36	2,32	93,3
EC218(2)_Mo17-9-2	25	23,12	1,08	33,5	2,59	4,51	1,76	283,2	9,41	91,57	2,40	124,2
EC218_Mo17(2)-3-2	75	21,15	1,07	32,6	2,59	-0,44	1,75	252,6	9,39	89,64	2,40	115,6
EC218_Mo17(2)-4-1	75	21,43	1,08	35,5	2,59	6,21	1,76	259,8	9,41	87,89	2,40	115,8
Media 39 estirp EC218		18,00	0,18	34,5	0,42	1,22	0,29	258,0	1,53	89,99	0,39	99,0
EC49	0	15,77	0,91	34,5	2,49	0,71	1,46	239,3	8,96	85,21	2,33	86,9
EC49(2)_Mo17-10-1	25	20,78	1,45	34,1	2,86	-0,21	2,44	270,3	10,62	89,57	2,61	114,8
EC49(2)_Mo17-10-2	25	20,58	1,07	35,9	2,59	-0,27	1,76	276,1	9,41	86,47	2,40	115,3
EC49(2)_Mo17-8-1	25	22,26	1,08	30,6	2,59	6,33	1,76	285,6	9,42	91,27	2,40	115,7
EC49_Mo17-4-1	50	20,05	1,46	33,6	2,85	-1,29	2,44	261,9	10,61	88,73	2,61	111,0
Media 29 estirpes EC49		19,16	0,23	33,5	0,50	1,42	0,38	264,9	1,84	89,29	0,46	104,4
Media 168 cruzamientos		18,17	0,09	33,9	0,20	1,10	1,01	261,6	5,43	89,57	1,39	99,5
Media 3 híbridos testigos B73 x Mo17		16,98	0,62	33,8	1,50	0,32	1,01	248,4	5,43	87,58	1,39	93,2
B73 x Mo17		22,50	0,92	30,5	2,49	1,58	1,46	282,2	8,97	94,37	2,33	119,8
WANGAL		20,72	0,92	31,2	2,49	0,19	1,46	278,6	8,97	86,57	2,33	111,8

NI: nivel de introgresión germoplasma élite (%); RMS: rendimiento de materia seca; MS: contenido de materia seca;

ENC: encamado; AP: altura de la planta; FFEM: floración femenina; IP: índice de producción.

Por último entre la LP segregantes derivadas de la LP EC218 la más importante fue la LP EC218(2)_Mo17-9-2, con introgresión de GE del 25%, que alcanzó una producción e IP por encima del conseguido en el híbrido élite de referencia (23,12 tMS/ha y 124,2% respectivamente). Stojakovic *et al.* (2007) encontraron que tres de los 19 cruzamientos topcross de las LP derivadas de Mo17, alcanzaron producciones de grano significativamente diferentes del híbrido B73xMo17. También cabría destacar las LPs EC218_Mo17(2)-3-2 y EC218_Mo17(2)-4-1, la primera de ellas por su bajo encamado (-0,44%) y la segunda por su alta concentración de MS (35,5%).

CONCLUSIONES

Para las poblaciones segregantes de las LP dentadas, podemos decir que la mitad de los cruzamientos generados a partir de las poblaciones segregantes son interesantes a la hora de generar híbridos de maíz forrajero adaptados a las condiciones ambientales de la Cornisa Cantábrica y que tres de los cruzamientos generados a partir de las poblaciones segregantes fueron superiores al híbrido élite B73xMo17. Con respecto a las LP segregantes obtenidos a partir de las LP lisas, varios cruzamientos han destacado por altos IP y otros caracteres ligados al rendimiento. La LP EC218(2)_Mo17-9-2 fue la única LP segregante de este grupo que superó en valor forrajero al cruzamiento de referencia. Como consecuencia de los resultados de estos ensayos y de la selección realizada en campo en las generaciones S5 y F2S6 de las poblaciones segregantes, se han seleccionado 35 LP dentadas y 61 LP lisas que se han incorporado al Banco de Germoplasma de maíces del CIAM para crear híbridos de maíz precoces y de alto valor forrajero.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto RTA2012-00100-00 del INIA del Ministerio de Economía y Competitividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPO L. Y MORENO-GONZÁLEZ J. (2014) Introgresión de germoplasma élite para la mejora de híbridos de maíz forrajero. *Acta Hort*, **69**, 67-68.
- CAMPO L., MONTEAGUDO A.B. Y MORENO-GONZÁLEZ J. (2012) Aptitud combinatoria entre líneas puras de maíz para alto rendimiento forrajero. *Acta Hort* **62**, 43-45
- STOJAKOVIC M., IVANOVIC M., JOCKOVIC D. Y VASIC N. (2007) Characteristics of reselected Mo17 and B73 Inbred lines of maize. *Maydica*, **52** (3), 257-260.

SELECCIÓN FENOTÍPICA Y MOLECULAR PARA OBTENER HÍBRIDOS DE MAÍZ DE ALTO RENDIMIENTO FORRAJERO

SELECTION FENOTÍPICA AND MOLECULAR TO OBTAIN HYBRIDS OF MAIZE OF HIGH PERFORMANCE FORAGE

L. CAMPO RAMÍREZ Y J. MORENO-GONZÁLEZ

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Instituto Galego de Calidade Alimentaria (INGACAL).

Apartado 10. 15080 A Coruña (España). laura.campo.ramirez@xunta.es.

RESUMEN

Veinticinco entradas de maíz forrajero que incluían 16 variedades sintéticas y seis introgresiones de material elite cruzadas por “tésters”, además de dos híbridos comerciales y uno experimental, fueron evaluados para rendimiento (RMS), contenido en materia seca (CMS), floración femenina y masculina (FFEM y FMAS), encamado (ENC) e índice de producción (IP). Los 16 sintéticos se formaron con estirpes seleccionadas para tamaño de mazorca (TM), prolificidad (PRO), número de filas de mazorca (NFM) y aptitud combinatoria general (ACG) en las generaciones S4 o S5, además de selección fenotípica (FEN), molecular (MOL) y asistida (MAS) basada en “testcrosses” de plantas en la generación F2 (S0). Las introgresiones fueron realizadas por retrocruzamiento. El objetivo fue comparar la eficiencia de los diferentes tipos de selección. Se encontraron diferencias significativas en RMS de los sintéticos para las selecciones TM, PRO y ACG. Las selecciones FEN y MOL no aumentaron el RMS, sin embargo la selección MAS a alta intensidad de selección aumentó el IP y el CMS. La selección basada en “testcrosses” de estirpes S4 o S5 fue más efectiva que la basada en plantas F2. Las introgresiones con el 25 o 50% de material élite se comportaron mejor que con el 75%.

Palabras clave: variedades sintéticas, material élite, materia seca, índice de producción.

SUMMARY

Twenty-five entries of forage maize that included 16 synthetic varieties and six introgressions of elite material crossed to testers, besides two commercial hybrids and one experimental hybrid were evaluated for yield (RMS), dry matter content (CMS), days to silking and anthesis (FFEM and FMAS), plant lodging (ENC) and production index (IP). The sixteen synthetics were formed with strains selected for ear size (TM), prolificacy (PRO), kernel row number (NFM), general combining ability (AGC) in the S4 or S5 generation, besides of phenotypic (FEN), molecular (MOL) and MAS selections based on testcrosses of F2 (S0) plants. Introgressions were carried by backcrossing. The objective was to compare the efficiency of the different types of selections. Significant differences in RMS of synthetics were found for selections TM, PRO and AGC. Selections FEN and MOL did not increase the RMS, however MAS increased IP and CMS at high selection intensity. The selection based on testcrosses S4 and S5 strains was more effective than that based on F2 (S0) plants. Introgressions with 25 or 50% of elite material performed better than with 75%.

Key words: synthetic varieties, material elite, dry matter, index of production.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años la selección convencional ha sido el método aplicado en los programas de mejora de maíz. Este método utiliza la expresión fenotípica como fuente de información de la variabilidad existente, como objetivo y como criterio de selección. Con el desarrollo de la selección asistida por marcadores moleculares se hace posible utilizar tanto la variabilidad fenotípica como la genotípica como fuente de información de la variabilidad existente, mediante la identificación de marcadores moleculares asociados a loci que codifican tanto para características cualitativas como para características cuantitativas (QTL).

El objetivo de este trabajo fue comparar la eficiencia de la selección fenotípica y molecular, más otras selecciones relacionadas con caracteres de mazorca asociados al rendimiento, a fin de incrementar el RMS en el material seleccionado para alto rendimiento forrajero. Así como evaluar el nivel de introgresión de germoplasma élite que sería más apropiado incluir en el germoplasma adaptado.

MATERIAL Y MÉTODOS

En el año 2013 se realizó un ensayo con 25 entradas de germoplasma de maíz conformado por 18 “testcrosses” (dieciséis sintéticos y dos introgresiones cruzadas por el téster EC214), cuatro introgresiones cruzadas por el téster EC18, dos híbridos comerciales y un híbrido experimental cuya descripción se presenta en la Tabla 1.

Se derivaron 310 estirpes autofecundadas procedentes de la población F2 del cruce EC136 × EC151 que se seleccionaron en diferentes generaciones, F2 (S0), S4 o S5 por diversos métodos para formar 16 sintéticos (Sin1 a Sin16). Los tipos de selección fueron basados en: (1) cruzamientos de las plantas F2 (S0) por el “téster” EC214 para selección fenotípica (FEN), selección molecular (MOL) y selección conjunta fenotípica y molecular (MAS), y todas ellas para alto y bajo rendimiento; (2) tamaño de mazorca (TM) grande y pequeña en estirpes S5; (3) prolificidad (PRO), más de una mazorca por planta en estirpes S4 y S5; (4) número de filas de la mazorca (NFM), 16 o más, en estirpes S5; y (5) aptitud combinatoria general (ACG) para alto y bajo rendimiento en las estirpes S4. Al tiempo y por el método de retrocruzamiento se introgresó material élite procedente de la línea B73 al 25, 50 y 75 % en las líneas puras (LP) adaptadas EC133A, EC135 y EC136.

Tabla1. Descripción del material vegetal utilizado en el ensayo de evaluación.

Tratamiento	Denominación/ pedigrí	tester	TIPO DE SELECCIÓN PARA FORMAR LOS SINTÉTICOS (†) (Selección sobre 310 estirpes derivadas del cruce EC136 × EC151)
Sint1	Sint-Big-ear16	EC214	Sintético de 16 estirpes S5 seleccionadas para mazorcas grandes
Sint2	Sint-High-row number14	EC214	Sintético de 14 estirpes S5 seleccionadas para mazorcas con alto número de filas, 16 o más filas
Sint3	Sint-Little-ear16	EC214	Sintético de 16 estirpes S5 seleccionadas para mazorcas pequeñas.
Sint4	Sint-Prolífico-4	EC214	Sintético de 4 estirpes S5 seleccionadas para prolificidad, con más de una mazorca por planta
Sint5	Sint-Phenot-High-5	EC214	Sintético de 5 estirpes seleccionadas fenotípicamente en base a cruzamientos de plantas F2 (S0) por un tester para alto rendimiento
Sint6	Sint-Phenot-High-15	EC214	Sintético de 15 estirpes seleccionadas fenotípicamente en base a cruzamientos de plantas F2 (S0) por EC214 para alto rendimiento
Sint7	Sint-Molec-High-5	EC214	Sintético de 5 estirpes seleccionadas por marcadores moleculares en base a cruzamientos de plantas F2 (S0) por EC214 para alto rendimiento.
Sint8	Sint-MAS(phen+Molec)-High5	EC214	Sintético de 5 estirpes seleccionadas por MAS fenotípica y molecular en base a cruzamientos de plantas F2 (S0) por EC214 para alto rendimiento
Sint9	Sint-MAS(phen+Molec)-High15	EC214	Sintético de 15 estirpes seleccionadas por MAS fenotípica y molecular en base a cruzamientos de plantas F2 (S0) por EC214 para alto rendimiento
Sint10	Sint-Phenot-Low15	EC214	Sintético de 15 estirpes seleccionadas fenotípicamente en base a cruzamientos de plantas F2 (S0) por EC214 para bajo rendimiento
Sint11	Sint-Phenot-Low-5	EC214	Sintético de 5 estirpes seleccionadas fenotípicamente en base a cruzamientos de plantas F2 (S0) por EC214 para bajo rendimiento
Sint12	Sint-Molec-Low-5	EC214	Sintético de 5 estirpes seleccionadas por marcadores moleculares en base a cruzamientos de plantas F2 (por EC214 para bajo rendimiento)
Sint13	Sint-MAS(phen+Molec)-Low5	EC214	Sintético de 5 estirpes seleccionadas por MAS fenotípica y molecular en base a cruzamientos de plantas F2 (S0) por EC214 para bajo rendimiento
Sint14	Sint-MAS(phen+Molec)-Low15	EC214	Sintético de 15 estirpes seleccionadas por MAS fenotípica y molecular en base a cruzamientos de plantas F2 (S0) por EC214 para bajo rendimiento
Sint15	Sint-ACG-High12	EC214	Sintético de 12 estirpes S4 seleccionadas para aptitud combinatoria para alto rendimiento
Sint16	Sint-ACG-Low12	EC214	Sintético de 12 estirpes S4 seleccionadas para aptitud combinatoria para bajo rendimiento
Intr1-50	(EC133AxB73)S3	EC18	Introgresión con germoplasma élite al 50 %
Intr2-50	(EC134xB73)S3	EC18	Introgresión con germoplasma élite al 50 %
intr3-50	(EC135xB73)S3	EC18	Introgresión con germoplasma élite al 50 %
intr4-75	[(EC133AxB73)x B73]S2	EC18	Introgresión con germoplasma élite al 75 %
intr5-75	[(EC136xB73)xB73]S2	EC214	Introgresión con germoplasma élite al 75 %
intr6-25	[(EC135xB73)xEC135]S2	EC214	Introgresión con germoplasma élite al 25 %
Testigo1	EC215AXB73		Híbrido experimental 1
Testigo2	NK THERMO		Híbrido Comercial 2
Testigo3	LG3303		Híbrido Comercial 3

(†) La selección MAS significa selección asistida conjunta de marcadores moleculares y valores fenotípicos.

En el año 2011 se formaron los sintéticos con estirpes S6 y se terminó el proceso de introgresión. En el 2012 se cruzaron los sintéticos por el téster EC214, y las introgresiones por EC214 o EC18. En el 2013 se realizó el ensayo de evaluación. El diseño experimental fue un Látice balanceado 5x5 con tres repeticiones. Los datos tomados en diferentes fases del desarrollo y en la recolección fueron: floración femenina y masculina (FFEM y FMAS), número de plantas por parcela (Npl), porcentaje de plantas caídas o encamado (ENC), contenido de materia seca (MS) y la producción de materia seca (RMS). El índice de producción de cada cruce (IP) fue calculado como porcentaje del RMS relativo a la media del ensayo, y ajustado con +0,75 y -0,5 por cada 1% de diferencia de los CMS y ENC de cada cruce respecto a la media del ensayo (Campo y Moreno-González, 2014).

Se realizó un análisis estadístico mediante el paquete estadístico SAS. El análisis de varianza del porcentaje de encamado (ENC) se analizó con los valores transformados según la expresión $(ENC+0,5)^{1/2}$ para ajustarlo a una distribución normal. El análisis de los datos se realizó mediante el PROC GLM, en el que los híbridos fueron el factor fijo mientras que las repeticiones y los bloques dentro de repeticiones fueron los factores aleatorios. Se estimaron las medias por mínimos cuadrados (LSM). Para incrementar la precisión del análisis las medias de producción de cada ensayo se ajustaron a la variable concomitante número de plantas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las medias de mínimos cuadrados de las entradas evaluadas se presentan en la Tabla 2. La producción media del ensayo fue 14,13 tMS/ha, el CMS de 32,2%, el encamado 6% y la precocidad 96,7 y 95,7 días a FFEM y FMAS, respectivamente. Seis sintéticos (Sint4, Sint1, Sint14, Sint10, Sint15 y Sint8), las cuatro introgresiones cruzadas por el téster EC18 (intr1-50, intr2-50, intr3-50 y intr4-75), una introgresión cruzada por el téster EC214 (intr6-25) y el híbrido experimental EC215AxB73 alcanzaron índices de producción (IP) superiores a 100. El IP más alto fue para la introgresión de germoplasma elite al 50 %, intr1-50 (121,3%), seguido del híbrido experimental EC215AxB73 (119,2%) que presentó un alto rendimiento, pero también alto encamado y floración tardía lo que está asociado a un bajo CMS. La LP dentada EC133A ha sido relacionada con cruzamientos de alto potencial para la producción de forraje (Campo *et al.*, 2012, Campo y Moreno-González, 2014) y ha destacado por su alto potencial para conseguir cruzamientos con buena digestibilidad y alto contenido en

carbohidratos solubles en agua (Campo y Moreno-González, 2013). La LP lisa EC18 está emparentada con una variedad local denominada “Aranga” y ha sido seleccionada como línea de buen rendimiento forrajero, alto CMS, alto contenido de clorofila, y eficiencia del sistema de fotosíntesis II (Campo *et al.*, 2012; Campo y Moreno-González, 2014; Rincent *et al.*, 2014). La introgresión Intr5-75 cruzada por EC214 presentó un RMS muy bajo, aunque fue precoz para FFEM y FMAS y presentó el mayor contenido de CMS. En general la precocidad en la floración está relacionada con rendimientos bajos y mayor CMS en la recolección.

En la Tabla 3 se comparan los resultados de FFEM, FMAS, RMS, CMS, ENC e IP de los sintéticos formados con estirpes S4 y S5 derivadas de la generación F2 de EC151 x EC136 cruzadas por el téster EC214, después de aplicar diferentes tipos de selección, así como las medias de introgresiones de germoplasma elite cruzadas por las líneas EC214 o EC18. Las diferencias de los sintéticos en RMS fueron significativas cuando la selección se realizó para tamaño de mazorca (TM), prolificidad (PRO) y Aptitud Combinatoria General (ACG).

El RMS del Sint1 seleccionado para mazorca grande fue superior, 15,26 tMS/ha, al del Sint3 con mazorca pequeña 12,08 tMS/ha. Igualmente el RMS del Sint4 seleccionado para prolificidad fue superior, 16,52 tMS/ha, a la media de los 15 sintéticos no prolíficos 13,42 tMS/ha. El efecto de la prolificidad de dos mazorcas en híbridos de maíz está ampliamente estudiada, produciendo rendimientos más estables (Brathwaite y Brathwaite, 2002). En la ACG, el Sint15 seleccionado para alta ACG rindió más, 14,76 tMS/ha, que el Sint16 con baja ACG, 11,43 tMS/ha. Las diferencias en RMS de los tres tipos de selección (TM, PRO y ACG) se reflejan también en los respectivos índice de producción que son superiores a 100 para los sintéticos Sint1, Sint4 y Sint15, con valores 111,4%, 117,8% y 104% respectivamente.

En lo que respecta a la selección fenotípica (FEN) y la conjunta fenotípica y molecular (MAS) basada en “testcrosses” de plantas F2, no hubo diferencia significativa para RMS, CMS, ENC e IP entre las medias de los dos sintéticos formados con 5 y 15 estirpes para alto y bajo rendimiento (medias no mostradas). Sin embargo cuando se comparan los sintéticos formados con una intensidad de selección alta (1,7%) mediante recombinación de la 5 estirpes mejores y peores, si se encontraron diferencias significativas entre los sintéticos de alto y bajo rendimiento en la selección FEN para CMS, y en la selección MAS para CMS e IP (Tabla 3).

Tabla 2. Medias de cuadrados mínimos (LSM) de un ensayo de 25 entradas que incluyen 18 "testcrosses" (16 sintéticos y 2 introgresiones cruzadas por el tester EC214), 4 introgresiones cruzadas por el tester EC18, 2 híbridos testigos comerciales y 1 híbrido testigo experimental ordenadas por IP.

Tratamt.	Denominación/pedigrí	Tester	LS Means †					
			FFEM (días)	FMAS (días)	RMS (tMS/ha)	CMS (%)	ENC (%)	IP (%)
intr1-50	(EC133AxB73)S3	EC18	100,57	99,63	17,36	31,46	7,72	121,26
Testigo1	EC215AXB73		100,17	104,6	18,78	28,49	21,37	119,17
Sint4	Sint-Prolífico-4	EC214	97,1	96,37	16,52	33,43	6,60	117,82
intr6-25	[(EC135xB73)xEC135]S2	EC214	96,80	95,53	16,76	31,10	7,39	116,95
Sint1	Sint-Big_ear16	EC214	94,6	93,9	15,26	32,41	0,31	111,42
Sint14	Sint-MAS(phen+Molec)-Low15	EC214	96,53	95,43	15,43	30,28	6,07	107,78
intr3-50	(EC135xB73)S3	EC18	96,93	95,8	15,05	31,73	4,36	107,20
intr2-50	(EC134xB73)S3	EC18	98,9	97,8	14,98	31,20	3,64	106,65
Sint10	Sint-Phenot-Low15	EC214	96,87	95,23	14,91	32,06	5,50	105,80
intr4-75	[(EC133AxB73)x B73]S2	EC18	99,53	98,93	15,43	31,78	14,57	104,35
Sint15	Sint-ACG-High12	EC214	95,63	95,4	14,76	30,71	4,95	103,95
Sint8	Sint-MAS(phen+Molec)-High5	EC214	96,3	94,97	14,07	33,42	0,73	103,24
Testigo2	NK THERMO		95,97	97,7	13,58	36,88	3,38	100,89
Testigo3	LG3303		94,1	96,13	13,17	33,68	-1,36	97,76
Sint6	Sint-Phenot-High-15	EC214	96,37	95,07	13,87	32,82	8,66	97,42
Sint5	Sint-Phenot-High-5	EC214	95	94,1	13,69	32,73	7,15	96,82
Sint12	Sint-Molec-Low-5	EC214	97,8	95,63	13,30	32,09	0,88	96,58
Sint9	Sint-MAS(phen+Molec)-High15	EC214	96,1	95,6	13,55	32,41	6,22	96,05
Sint2	Sint-High_row number14	EC214	97,57	95,13	12,66	32,00	2,31	91,22
Sint7	Sint-Molec-High-5	EC214	95,8	94,73	12,71	33,89	9,06	89,81
Sint3	Sint-Little_ear16	EC214	95,27	93,33	12,08	32,49	8,08	84,88
Sint13	Sint-MAS(phen+Molec)-Low5	EC214	94,93	93,13	11,95	31,39	4,54	84,83
Sint11	Sint-Phenot-Low-5	EC214	94,77	93,5	11,65	30,50	7,86	80,74
Sint16	Sint-ACG-Low12	EC214	93,77	92,83	11,43	30,76	9,17	78,86
intr5-75	[(EC136xB73)xB73]S2	EC214	95,2	92,87	10,40	35,48	1,64	77,10
LSD (0,05)			0,93	0,65	2,57	1,72	8,57	18,04
Medias			96,491	95,73	14,133	32,208	6,032	99,942

† FFEM, FMAS, RMS, CMS, ENC e IP se refieren a fecha de floración femenina y masculina, rendimiento de materia seca, contenido de materia seca, encamado e índice de producción, respectivamente. El IP se refiere al porcentaje sobre la media de RMS del ensayo ajustado según criterio que favorece el CMS y desfavorece el ENC.

La selección MOL no fue suficiente por sí misma para conseguir altos rendimientos ya que las diferencias entre los sintéticos Sint7 y Sint12 no mostraron diferencias significativas (12,71 y 13,3 tMS/ha respectivamente). Samayoa *et al.* (2014) confirmaron que la selección masal es una buena alternativa a la FEN cuando se pretende mejorar el comportamiento del maíz frente al ataque de taladro (*Sesamia nonagroides* Lef.) ya que permite mejorar el rendimiento grano y la resistencia al taladro no difería de la obtenida en la FEN. Lo mismo ocurrió con la selección por número de filas de grano en la mazorca (NFM), la selección por sí sola no fue suficiente para conseguir altos rendimientos en el sintético Sint2 (12,66 tMS/ha)

frente a la media de los 15 sintéticos Sint1, Sint3 a Sint16 (13,68 tMS/ha). Sin embargo un número alto de filas de la mazorca de maíz ha sido considerado como un carácter que tiene potencial para elevar el rendimiento (Bommert *et al.*, 2013).

Tabla 3. Comparación de sintéticos formados con estirpes S6 derivadas de la generación F2 de EC151 x EC136 después de aplicar diferentes tipos de selección, todos ellos cruzados por la LP EC214, e introgresiones de germoplasma élite cruzadas por EC214 o EC18.

Tipo selección	Sintéticos x EC214	FFEM † (d)	FMAS † (d)	RMS † (tMS/ha)	CMS † (%)	ENC * † (%)	IP † (%)
Tamaño Mazorca	Sintético con Mazorca grande: Sint1	94,6 a*	93,90 a	15,26 a	32,41 a	0,31	111,42 a
	Sintético con Mazorca pequeña: Sint3	95,27 a	93,33 a	12,08 b	32,49 a	8,08	84,88 b
Prolificidad	Sintético prolífico: Sint4	97,1 a	96,37 a	16,52 a	33,43 a	6,6	117,82 a
	Media 15 sintéticos no-prolíficos:	95,82 b	94,53 b	13,42 b	32,05 a	5,52	95,91 b
ACG	Sintético para ACG con alto rendimiento: Sint15	95,82 a	94,53 a	14,76 a	30,71 a	4,95	103,95 a
	Sintético para ACG con bajo rendimiento: Sint16	93,77 b	92,83 b	11,43 b	30,76 a	9,17	78,86 b
Fenotípica	Sintético de 5 estirpes basado en "testcrosses" de plantas F2 para alto rendimiento: Sint5	95,00 a	94,1 a	13,69 a	32,73 a	7,15	96,82 a
	Sintético de 5 estirpes basado en "testcrosses" de plantas F2 para bajo rendimiento: Sint11	93,77 b	92,83 b	11,65 a	30,50 b	7,86	80,73 a
Fenotípica + molecular (MAS)	Sintético de 5 estirpes basado en "testcrosses" de plantas F2 para alto rendimiento Sint8	96,3 a	94,97 a	14,07 a	33,42 a	0,73	103,24 a
	Sintético de 5 estirpes basado en "testcrosses" de plantas F2 para bajo rendimiento Sint13	94,93 b	93,13 b	11,95 a	31,39 b	4,54	84,83 b
Molecular	Sintético de 5 estirpes basado en "testcrosses" de plantas F2 para alto rendimiento: Sint7	95,8 a	94,73 a	12,71 a	33,89 a	9,06	89,81 a
	Sintético de 5 estirpes basado en "testcrosses" de plantas F2 para bajo rendimiento: Sint12	97,8 b	95,63 b	13,30 a	32,09 b	0,88	96,57 a
Núm. filas mazorca	Sintético para alto número de filas: Sint2	97,57 a	95,13 a	12,66 a	32,00 a	2,31	91,22 a
	Media de 15 sintéticos con núm. normal de filas	95,79 b	94,61 a	13,68 a	32,09 a	5,72	97,07 a
Introgresión	25, 50% germoplasma élite; media Intr1-Intr3 y Intr6	98,8 a	97,19 a	16,04 a	31,38 a	5,78	113,02 a
	75 % germoplasma élite; media Intr4 y Intr5	97,37 b	95,9 b	12,92 b	33,63 b	8,11	90,73 b

* Medias seguidas de la misma letra dentro de cada tipo de selección no son estadísticamente significativas entre sí al 5 %. No existen diferencias significativas entre los sintéticos comparados para encamado (ENC). † FFEM, FMAS, RMS, CMS e IP se refieren a fechas de floración femenina y masculina, rendimiento, contenido de materia seca e índice de producción.

Las media de RMS de cuatro introgresiones con niveles de germoplasma élite del 25 y 50%, Intr6-25, Intr1-50, Intr2-50 e Intr3-50 con 16,04 tMS/ha fue significativamente superior a la media de dos introgresiones con nivel del 75 %, Intr4-75 e Intr-5-75 con 12,92 tMS/ha. Esto corrobora los resultados encontrados por Campo y Moreno-González (2014).

CONCLUSIONES

La selección para aumentar el rendimiento fue más efectiva cuando se realizó sobre “testcrosses” de estirpes S4 o S5 que cuando se llevó a cabo sobre “tescrosses” de plantas F2, debido, tal vez, a que hubo selección fenotípica adicional de plantas dentro de cada estirpe en las generaciones avanzadas. Las introgresiones de germoplasma élite al nivel 25 y 50 % fueron más efectivas que al 75%.

AGRADECIMIENTOS

En parte, a la financiación del proyecto RTA2012-00100-00 del INIA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOMMERT P., NAGASAWA N.S. Y JACKSON D. (2013) Quantitative variation in maize kernel row number is controlled by the *FASCIATED EAR2* locus. *Nat Genet* **45** (3), 334-337.
- BRATHWAITE O. Y BRATHWAITE R.A.I. (2002) Multiple effects on yield of maize varieties under tropical wet and dry season conditions. *Maydica* **47**, 115-120.
- CAMPO L. Y MORENO-GONZÁLEZ J. (2013) Estimación de los efectos génicos en líneas puras e híbridos de maíz forrajero de alto valor nutritivo. En: Olea L. et al. (Eds) *Los pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades*, pp 275-282. Badajoz, España. SEEP.
- CAMPO L. Y MORENO-GONZÁLEZ J. (2014) Introgresión de germoplasma élite para la mejora de híbridos de maíz forrajero. *Acta Hort*, **69**, 67-68.
- CAMPO L., MONTEAGUDO A.B. Y MORENO-GONZÁLEZ J. (2012) Aptitud combinatoria entre líneas puras de maíz para alto rendimiento forrajero. *Acta Hort*, **62**, 43-45.
- RINCENT R., NICOLAS S., BOUCHET S., ALTMANN T., BRUNEL D., REVILLA P., MALVAR R.A., MORENO-GONZALEZ J., CAMPO L., MELCHINGER A.E., CHIPPRACK W.S, BAUER E., SCHÖN C-CH., MEYER N., OUZUNOVA M., DUBREUIL P., GIAUFFRET C., MADUR D., COMBES V., DUMAS F., BAULAND C., JAMIN P., LABORDE J., FLAMENT P., MOREAU L. Y CHARCOSSET A. (2014) Dent and Flint maize diversity panels reveal important genetic potential for increasing biomass production. *Theor Appl Genet*, **127** (11), 2313-2331 [doi: 10.1007/s00122-014-2379-7].
- SAMAYOA L.F., BUTRÓN A. Y MALVAR R.A. (2014) Selección asistida por marcadores y fenotípica para mejorar el rendimiento y resistencia de maíz. *Acta Hort*, **69**, 71-72.

PREDICCIÓN DE LA CALIDAD FERMENTATIVA DE ENSILADOS DE HIERBA MEDIANTE NIRS SOBRE MUESTRAS SECAS Y MOLIDAS

PREDICTION OF FERMENTATIVE QUALITY OF GRASS SILAGE BY NIRS

S. PEREIRA-CRESPO¹, B. FERNÁNDEZ-LORENZO², C. RESCH², J. VALLADARES-ALONSO², L. GONZÁLEZ², T. DAGNAC², A. BOTANA² Y G. FLORES-CALVETE²

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

RESUMEN

En el presente trabajo se evalúa la capacidad de predicción de las ecuaciones de calibración desarrolladas mediante NIRS (Espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano) sobre muestras secas y molidas, para estimar la calidad fermentativa de ensilados de hierba. De un total de 1100 muestras procedentes de explotaciones comerciales de Galicia y de ensayos de investigación realizados en el CIAM (Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo), cuyo espectro NIRS se registró sobre muestras secas en estufa y molidas, fueron seleccionadas 240 muestras que fueron analizadas por métodos de referencia. Se determinó el pH, ácido láctico, ácido butírico, ácido acético, ácido propiónico, nitrógeno amoniacal y nitrógeno soluble. Las calibraciones fueron desarrolladas utilizando regresión mínima cuadrática modificada, realizando la regresión entre los datos espectrales y los de referencia. La capacidad predictiva de las ecuaciones obtenidas osciló entre excelente y buena, mostrando coeficientes de determinación (R^2) iguales o superiores a 0,80 y valores del índice RER (relación entre el rango de los datos de referencia y el error estándar de calibración validación cruzada) superiores a 8 para todos los parámetros estudiados. Por lo tanto, las ecuaciones de calibración obtenidas pueden utilizarse para predecir cuantitativamente la calidad fermentativa de ensilados en análisis de rutina.

Palabras clave: forrajes, pH, productos de fermentación, espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano.

SUMMARY

In the present work it is studied the predictive ability of NIRS (Near infrared reflectance spectroscopy) for the estimation of fermentation parameters of herbage silages when sample spectra is read on oven-dried and ground material. From a collection of 1100 samples of herbage silages obtained from feeding experiments performed at the CIAM and from commercial dairy farms of Galicia (NW Spain) 240 samples were selected, based on NIRS spectra, and analyzed by reference laboratory methods for pH and dry matter content of lactic, acetic, propionic and butyric acids, ammonia-N and soluble-N. NIRS calibrations were developed by modified least-square regression between reference and spectra values. The predictive ability of calibrations ranged from excellent to good, according with observed calibration determination coefficient (R^2) equal to or higher than 0,80 and the relationship between the range of a given parameter in the calibration set and the standard error of cross validation for such parameter (RER index) which value was higher than 8,0 for all the parameters studied. It is concluded that the NIRS calibration equations obtained on dry-and-ground samples can be satisfactorily used in routine analysis for the prediction of fermentative quality of herbage silages.

Key words: forages, pH, fermentation products, near infrared reflectance spectroscopy.

INTRODUCCIÓN

Resultados de un reciente estudio sobre la estructura de las explotaciones lecheras gallegas muestra que, de media, el forraje representa el 61% de la materia seca (MS) de la ración ofrecida en pesebre, de la cual aproximadamente la mitad corresponde a ensilado de hierba, una tercera parte a ensilado de maíz y el resto a forrajes secos (Pereira-Crespo *et al.*, 2014). Según los datos de este trabajo, las explotaciones gallegas consumen un total de 688×10^6 kg de MS de ensilado anualmente, con un valor estimado de aproximadamente 140 millones de euros.

Es bien conocido que el valor nutricional del ensilado está condicionado fundamentalmente, además de por las características intrínsecas del forraje en el momento del corte, por la calidad de fermentación desarrollada durante el almacenamiento en el silo (Demarquilly, 1973) siendo aquella sumamente variable dependiendo de la ensilabilidad del forraje y del tratamiento post-cosecha (McDonald, 1979), y afectando particularmente al valor nitrogenado y la ingestibilidad voluntaria del ensilado (Woolford, 1984). Es evidente, por tanto, que la caracterización de la calidad fermentativa de los ensilados de hierba disponibles en la explotación, de manera precisa, rápida y fiable, es un requerimiento clave para la rentabilidad económica de las explotaciones lecheras gallegas.

La tecnología NIRS (Espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano) está ampliamente reconocida como una técnica analítica rápida, barata y de gran precisión en la determinación de la composición química de forrajes (Shenk y Westerhaus, 1985). En anteriores trabajos realizados en el CIAM se desarrollaron calibraciones para la estimación de la composición química y digestibilidad de ensilados de hierba que han sido puestas a disposición de laboratorios de servicio de Galicia, desarrolladas sobre muestras secas y molidas (Castro *et al.*, 2002). El objetivo del presente trabajo fue evaluar la capacidad predictiva de ecuaciones NIRS obtenidas sobre muestras secas y molidas para estimar parámetros de la calidad fermentativa de ensilados de hierba.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio fue realizado sobre un total de 1100 muestras de ensilados de hierba de diferentes explotaciones gallegas y diversos trabajos realizados en las fincas experimentales del CIAM sitas en Mabegondo (A Coruña) y Pobra do Brollón (Lugo), desde el año 1991 hasta la actualidad. Esta colección incluye muestras de hierba cosechadas a lo largo del

periodo de crecimiento primavera-verano, con una elevada variabilidad en cuanto a la composición botánica del forraje, ciclos de crecimiento, estado de madurez y manejo de la tecnología del ensilado.

Las muestras, congeladas a -18°C , envasadas al vacío y guardadas en envases herméticos de plástico, fueron descongeladas a temperatura ambiente y, tras homogeneizarlas manualmente, se dividieron en dos alícuotas, una de las cuales se secó en estufa a 80°C durante 16 h (Castro, 1996) y la otra se devolvió al banco de la colección para ser conservada en las mismas condiciones de almacenamiento. El análisis NIRS se realizó sobre las 1100 muestras secas y molidas a 1 mm, procediendo al registro por duplicado de los espectros de reflectancia ($\log 1/R$ vs λ) en un espectrofotómetro monocromador Foss NIRSystem 6500 (Foss NIRSystem, Silver Spring, Washington, USA) provisto de módulo de giro y situado en cámara isoterma. Para los procesos de calibración y validación cruzada se utilizó el espectro medio abarcando la región NIR del espectro (rango de longitud de onda entre 1110 y 2500 nm), con lecturas a intervalos de 2 nm. La recogida de los datos espectrales y el análisis quimiométrico de los mismos se llevó a cabo mediante el programa WinISI II v. 1.5 (Infrasoft International, Port Matilda, PA, USA, 2000).

La selección de las muestras representativas del grupo de calibración se realizó utilizando el algoritmo SELECT basado en el análisis por componentes principales, que elige muestras espectralmente diferentes (Shenk y Westerhaus, 1991). Las muestras seleccionadas ($n=240$), fueron analizadas por vía húmeda mediante métodos de referencia y por duplicado. Sobre el extracto de 50 g de muestra fresca de ensilado, macerada a temperatura ambiente durante 2 horas en 150 ml de agua destilada, se determinó el pH, N amoniacal (N-NH_3) con un electrodo selectivo (Orion), N soluble (Nsol) por el método MacroKjeldahl y ácidos de fermentación (láctico, LACT, acético, ACET, butírico, BUT, y propiónico, PROP) por cromatografía de gases. Los parámetros de N-NH_3 y Nsol se refirieron al nitrógeno total y los ácidos de fermentación a materia seca.

Los espectros NIRS fueron tratados mediante SNV-Detrend (Tipificación de la absorbancia y corrección de la tendencia) para corregir los efectos de dispersión de la luz (Barnes *et al.*, 1989). Las calibraciones fueron desarrolladas utilizando regresión mínima cuadrática modificada (MPLS), realizando la regresión entre los datos espectrales y los de referencia (Martens y Naes, 1987), eliminando previamente las muestras anómalas utilizando para ello la distancia de Mahalanobis (estadístico H). Este modelo de regresión incluyó

validaciones cruzadas para prevenir el sobreajuste, dividiendo el total de muestras de calibración en cinco grupos, que fueron secuencialmente utilizados para efectuar la validación de las ecuaciones generadas con los restantes cuatro grupos. El procedimiento se repitió hasta que todas las muestras fueron predichas una vez y se obtuvieron los errores estándar de la validación cruzada.

Los estadísticos usados para seleccionar la ecuación de calibración fueron los errores estándar de calibración (SEC) y de validación cruzada (SECV) y los coeficientes de determinación (R^2 y r^2) obtenidos en el proceso de calibración y validación externa, respectivamente, así como el índice RER o relación entre el rango de los datos de referencia y el SECV, por ser un estadístico útil para evaluar la precisión y exactitud de los modelos de calibración (Millmier *et al.*, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra el rango y la desviación estándar del set de calibración, observándose que la variabilidad de los diferentes parámetros se consideran adecuados para el desarrollo inicial de las calibraciones NIRS.

Tabla 1. Rango, desviación estándar del grupo de calibración y estadísticos de la ecuación de calibración desarrollada para la predicción de los parámetros de calidad fermentativa de ensilados de hierba.

Parámetro	Rango		SD	SEC	R^2	SECV	r^2	RER
pH	2,97	5,66	0,45	0,126	0,93	0,184	0,84	14,6
LACT(%MS)	0	17,93	4,11	1,519	0,86	1,742	0,84	10,3
BUT(%MS)	0	4,05	1,07	0,410	0,85	0,492	0,79	8,2
ACET(%MS)	0	6,97	1,24	0,583	0,80	0,737	0,64	9,5
PROP(%MS)	0	1,86	0,22	0,088	0,84	0,201	0,62	9,2
N-NH ₃ (%NT)	1,39	28,37	5,61	1,903	0,89	2,658	0,81	10,2
Nsol (%NT)	22,79	75,17	8,75	3,887	0,80	4,841	0,72	10,8

MS: materia seca; N-NH₃: N amoniacal (%Nitrógeno Total); Nsol: N soluble (%Nitrógeno Total); LACT: láctico; ACET: acético; BUT: butírico; PROP: propiónico; SD: desviación estándar; SEC: error estándar de calibración; SECV: error estándar de validación cruzada; R^2 y r^2 : coeficiente de determinación en calibración y validación cruzada; RER = Rango/SECV.

Los estadísticos que describen la calidad de las ecuaciones de predicción obtenidas se observan en la Tabla 1. Los coeficientes de determinación en el proceso de calibración (R^2),

que ofrecen información sobre la calidad de la calibración, fueron iguales o superiores a 0,80 para todos los parámetros. Shenk y Westerhaus (1996) indican que las ecuaciones NIRS con un coeficiente de determinación superior a 0,90, poseen una precisión excelente y valores entre 0,89 y 0,69, una precisión buena. Siguiendo este criterio, la precisión de la estimación sería excelente para pH ($R^2=0,93$) y buena para N-NH₃, LACT, BUT, PROP, ACET y Nsol con valores de R^2 de 0,89; 0,86; 0,85; 0,84; 0,80 y 0,80, respectivamente.

La exactitud de la predicción puede juzgarse en función de los valores del índice RER, indicando Millmier *et al.* (2000) que para valores comprendidos en el intervalo entre 8 y 12 se pueden realizar predicciones cuantitativas de los parámetros para los que se desarrollaron las calibraciones y valores de RER mayores de 12 indican una calidad excelente del modelo predictivo. El valor de pH sería el predicho con más exactitud (RER=14,6) seguido por los valores de Nsol, LACT, N-NH₃, ACET, PROP y BUT con valores RER de 10,8; 10,3; 10,2; 9,5; 9,2 y 8,2, respectivamente. Estos resultados indican que las calibraciones NIRS obtenidas sobre muestras secas y molidas pueden utilizarse en análisis de rutina para la predicción cuantitativa de la calidad fermentativa de los ensilados. No obstante, hay que señalar que el análisis NIRS de muestras secas presenta desventajas respecto al análisis con muestras frescas debido a que los constituyentes volátiles del ensilado, como los ácidos de fermentación, alcoholes y amonio, son liberados y perdidos durante el proceso de secado. A este respecto Sorensen (2004) analizó por métodos de referencia una serie de muestras antes y después del proceso de secado, y comparó la predicción de las ecuaciones desarrolladas sobre muestras secas con las realizadas con material húmedo. Como resultado de este estudio se observó que la predicción mediante NIRS del pH, LACT y N-NH₃ fue más robusta sobre material seco mientras que la calidad de la predicción para el ACET fue mejor cuando la medida NIRS se realizaba sobre la muestra húmeda. Esto se atribuye a que la calidad de la predicción obtenida para los diferentes parámetros por los dos métodos no tiene relación con las pérdidas durante el secado de las muestras, toda vez que la reducción de la concentración de LACT, ACET y NH₃ en la materia seca durante el secado fue del 3,5%; 57% y 53%, respectivamente, en clara correspondencia con su volatilidad.

Si se comparan los resultados del presente estudio con los obtenidos por Park *et al.* (1998), en el que se realizaron calibraciones NIRS para estimar la calidad fermentativa de muestras frescas de ensilados de hierba, dichos autores obtuvieron calibraciones más robustas para Nsol, N-NH₃, ACET, pH y BUT estimados sobre muestra fresca y la calidad de las

calibraciones de PROP y LACT fueron menos robustas que las obtenidas en el presente trabajo sobre muestras secas. Sorensen (2004) obtuvo calibraciones más robustas sobre muestras secas de ensilados de hierba para N-NH₃, LACT, ACET y pH que las obtenidas en este trabajo.

CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo demuestran que la tecnología NIRS, aplicada a muestras secas y molidas, es una herramienta útil y apropiada para la predicción rutinaria de los parámetros de la calidad fermentativa de ensilados de hierba, siendo por tanto una alternativa para la determinación de estos parámetros con respecto a los métodos analíticos convencionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARNES R.J., DHANOA M.S. Y LISTER S.J. (1989) Standard normal variate transformation and Detrending of near infrared diffuse reflectance spectra. *Applied Spectroscopy*, **43**, 772-777.
- CASTRO P. (1996) Efecto de tres temperaturas de secado sobre la composición química de forrajes y heces. En: Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (Ed) Actas de XXXVI Reunión Científica de la SEEP, pp. 365-368. La Rioja, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- CASTRO P., FLORES G., GONZÁLEZ-ARRÁEZ A. Y CASTRO J. (2002) Nutritive quality of herbage silages by NIRS: dried or undried samples? *Grassland Science in Europe*, **7**, 190-191.
- DEMARQUILLY C. (1973) Composition chimique, caractéristiques fermentaires, digestibilité et quantité ingérée des ensilages de fourrages: modifications par rapport au forage vert initial. *Annales de Zootechnie*, **22**, 1-35.
- MARTENS H. Y NAES T. (1987) Multivariate calibration by data compression. En: P. Williams and K. Norris (Eds) Near-infrared technology in the agricultural and food industries. American Association of Cereal Chemists, pp. 57-88. St. Paul, Minnesota, USA.
- McDONALD P. (1979) Silage fermentation. En: *Forage Conservation in the 80's. E.G.F. Occasional Symposium n° 11*, 67-75. Ed: C. THOMAS. British Grassland Society. Brighton, Reino Unido.
- MILLMIER A., LORIMOR J., HURBURGH J.R.C., FULHAGE C., HATTEY J. Y ZHANG H. (2000) Near-infrared sensing of manure nutrients. *Transactions of the ASAE*, **43(4)**, 903-908.
- PARK R.S., AGNEW R.E., GORDON F.J. Y STEEN R.W.J. (1998) The use of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) on undried samples of grass silage to predict chemical composition and digestibility parameters. *Animal Feed Science and Technology*, **72(1)**, 155-167.
- PEREIRA-CRESPO S., FLORES-CALVETE G., RESCH-ZAFRA C. Y DAGNAC T. (2014) Dietas típicas y calidad de la leche en explotaciones gallegas de vacuno. *Jornadas de Ganadería Ecológica*. Facultad de Veterinaria de Lugo (USC). Lugo, 17-19 octubre.

- SHENK J.S. Y WESTERHAUS, M.O. (1985) Accuracy of NIRS instruments to analyse forage and grain. *Crop Science*, **25**, 1120-1122.
- SHENK J.S. Y WESTERHAUS M.O. (1991) Population definition, sample selection, and calibration procedures for near infrared reflectance spectroscopy. *Crop Science*, **31**, 469-474.
- SHENK J.S. Y WESTERHAUS M.O. (1996) Calibration the ISI way. En: Davies A.M.C. y Williams P. (Eds). *Near Infrared Spectroscopy: the Future Waves*, NIR Publications, pp.198-202. Chichester, Reino Unido.
- SORENSEN L.K. (2004) Prediction of fermentation parameters in grass and corn silage by near infrared spectroscopy. *J. Dairy Sci.*, **87**, 3826-3835.
- WIN ISI 1.5 (2000) ISI WINDOWS Near-Infrared Software, The Complete Software Solution for Routine Analysis, Robust Calibration and Networking, ISI (Infrasoft International), LLC, Port Matilda, PA, USA.
- WOOLFORD M. K. (1984) *The silage fermentation*. Marcel Dekker, Inc., 350 pp. Nueva York, EEUU.

EFFECTO DEL PRESECADO Y EL USO DE INOCULANTE SOBRE LA CALIDAD FERMENTATIVA DE ENSILADOS DE LEGUMINOSAS ANUALES

EFFECT OF WILTING AND USE OF INOCULANT ON FERMENTATION QUALITY OF ANNUAL LEGUMES SILAGES

S. PEREIRA-CRESPO¹, J. VALLADARES-ALONSO², B. FERNÁNDEZ-LORENZO², A. GONZÁLEZ-ARRÁEZ², N. DÍAZ², C. RESCH², A. BOTANA² Y G. FLORES-CALVETE²

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

RESUMEN

Recientes trabajos han mostrado que las nuevas especies de leguminosas anuales sembradas como cultivo de invierno en explotaciones lecheras de Galicia presentan buenos rendimientos de materia seca (MS) y alto valor nutritivo cuando se cosechan para ensilar en primavera. Sin embargo su inclusión en las rotaciones forrajeras podría estar limitada por la baja ensilabilidad de estas especies. A fin de estudiar la mejor estrategia de ensilado para asegurar una correcta fermentación en el silo, en el presente trabajo se evaluó el efecto del presecado (24h vs. 48h) y el uso de un aditivo biológico (un inoculante comercial a base de *Lactobacillus plantarum* vs. un control sin aditivo) sobre la calidad fermentativa de ensilados de cuatro especies de leguminosas anuales. Las especies estudiadas fueron: trébol persa, trébol migueliano, trébol encarnado y serradella francesa y se siguió un diseño factorial (especie x presecado x aditivo) con cinco repeticiones, en silos de laboratorio que fueron abiertos a los 120 días. El presecado del forraje se mostró más efectivo que el uso de inoculante para conseguir una buena calidad de conservación del ensilado, observándose que cuando la MS alcanzaba valores de 25% y superiores, la calidad de fermentación podía considerarse aceptable incluso para los ensilados control. El uso del inoculante mejoró ligeramente la calidad del ensilado pero se mostró inefectivo para promover una aceptable conservación con valores de MS por debajo de dicho umbral.

Palabras clave: Serradella, tréboles anuales, ensilabilidad, silos de laboratorio.

SUMMARY

New annual legume species grown as a winter forage in Galicia have shown satisfactory dry matter (DM) yields when harvested for silage in spring, although a low ensilability of these forage legumes has been detected. In the present work the effect of field wilting period (24 vs. 48 h) and a biological additive addition (a commercial *Lactobacillus plantarum* inoculant vs. a control without additive) on silage fermentation quality was studied. Four legume species (Persian clover, Balansa clover, Crimson clover and French serradella) were ensiled in laboratory silos in a factorial design (species x wilting time x additive) with five replications during 120 days. Wilting proved more effective than inoculant addition in improving fermentation quality of silages, being observed that when forage DM reached 25% and above, fermentation quality was acceptable even for control silages. Inoculant use slightly improved silage quality but was ineffective for obtaining an acceptable conservation below that DM threshold.

Key words: Serradella, annual clovers, ensilability, laboratory silos.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se evaluaron en Galicia diversas leguminosas anuales, sembradas como cultivo de invierno monofito, mostrando una elevada productividad y un alto valor nutritivo (Pereira-Crespo *et al.*, 2012a). El aprovechamiento del cultivo invernal de estas leguminosas anuales se realiza mediante ensilado, por lo tanto, es importante conocer la capacidad de estas especies para producir ensilados correctamente fermentados.

Las leguminosas anuales recién segadas presentan una baja ensilabilidad derivada de su bajo contenido en MS, relativamente reducida concentración de azúcares y su alto poder tampón, por lo tanto, es necesario estudiar estrategias para asegurar una buena conservación de estos forrajes ensilados, con el fin de preservar su alto valor nutricional.

El presecado de un forraje en el campo es la técnica convencional para reducir de manera natural su humedad y así incrementar su ensilabilidad y evitar las pérdidas por efluente. El uso de aditivos biológicos, como los inoculantes a base de bacterias lácticas, se propone como una estrategia para favorecer una correcta fermentación (Kung *et al.*, 2003).

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto del presecado y el uso de inoculante sobre la calidad fermentativa de ensilados de leguminosas anuales cosechadas entre mediados de abril y principios de mayo, en condiciones de secanos húmedos de la zona costera de Galicia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron durante los años 2010 y 2011, en la finca del CIAM en Mabegondo (A Coruña), zona costera de clima atlántico a 100 m de altitud, en condiciones de secano. Se evaluaron cuatro especies de leguminosas anuales sembradas en octubre: trébol persa (*Trifolium resupinatum* L. ssp. *resupinatum* cv. Kyambro); trébol migueliano (*T. michelianum* Savi. cv. Bolta); trébol encarnado (*T. incarnatum* L. cv. Viterbo) y serradella francesa (*Ornithopus sativus* Brot. cv. Margurita).

El aprovechamiento del forraje se realizó el 12 abril de 2010 y el 3 de mayo de 2011, dejando el forraje sobre el terreno durante 2 periodos de presecado: 24 y 48 horas. Para cada combinación de presecado x especie se tomaron dos alícuotas de aproximadamente 12 kg de forraje picado sobre las cuales se aplicaron con un pulverizador manual, respectivamente, una solución del inoculante P-11H50 (Pioneer, a base de bacterias homolácticas *Lactobacillus plantarum*), a la dosis recomendada por el fabricante y un volumen igual de agua como

tratamiento control. Posteriormente, de cada combinación de factores (especie, presecado e inoculante), se elaboraron 5 silos de laboratorio (repeticiones) de 2,2 L de capacidad útil, según el diseño y procedimiento descrito por Flores *et al.* (2000). Se confeccionaron un total de 80 silos de laboratorio en cada año (160 en total) siendo registrado el peso neto del forraje ensilado a los cero y 120 días y del efluente (EFLU) producido durante el almacenamiento. Sobre muestra fresca de forraje de cada silo se determinó el contenido MS en estufa de aire forzado a 80 °C durante 16 horas y, sobre la muestra seca y molida a 1 mm, se determinó mediante las ecuaciones NIRS desarrolladas en el CIAM (Pereira-Crespo *et al.*, 2012b), los contenidos de carbohidratos solubles en agua (CSA) y capacidad tampón (CT). A partir de los valores de MS, CSA y CT se calculó el coeficiente de fermentabilidad (CF) definido por Weissbach *et al.* (1974), según la ecuación: $CF = MS (\%) + 8 (CSA/CT)$. En el momento de la apertura, a los 120 días, se tomaron muestras de cada silo y se determinó el contenido en MS por secado en estufa de aire forzado a 80 °C durante 16 horas, el cual se corrigió por pérdida de volátiles (MSc) aplicando los coeficientes de volatilidad propuestos por Dulphy y Demarquilly (1981). Sobre las muestras secas y molidas a 1 mm, se determinaron mediante las ecuaciones NIRS desarrolladas en el CIAM (Pereira-Crespo *et al.*, 2015), los siguientes parámetros: pH, N amoniacal (N-NH₃) y N soluble (Nsol), expresados sobre % N total, y los ácidos de fermentación (láctico, LACT; acético, ACT; butírico, BUT y propiónico, PROP), expresados sobre materia seca. A partir de estos parámetros analíticos, se obtuvieron 3 índices (Índice de calidad de conservación, I_c; Índice de valor nitrogenado, I_{vn} e Índice de ingestibilidad, I_i) calculados a partir de una adaptación de los criterios de categorización de calidad fermentativa de ensilados de Dulphy y Demarquilly (1981) realizada en el CIAM por Flores *et al.* (2000). Así, cada ensilado quedó caracterizado por los valores de estos índices (rango 0 a 10), en lugar del conjunto de parámetros iniciales, facilitando el análisis y la comparación de resultados. Se considera que valores inferiores a 5 denotan una calidad no satisfactoria.

El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA, utilizando el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS/STAT v 9.2 (SAS Institute, 2009) considerando como factores fijos especie, presecado e inoculante, y repetición y año como aleatorios. La significación de las diferencias entre medias se resolvió mediante el test de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se muestran las características de ensilabilidad para las cuatro especies de leguminosas, y transcurridos los 2 periodos de presecado, antes de ensilar. Para una misma duración del presecado, los valores promedio de MS fueron superiores en el año 2010 comparado con el año 2011, observándose, respectivamente, valores de 17,4% y 15,7% para el presecado de 24 h y de 29,3% y 23,8% para el de 48 h. Estas diferencias se atribuyen a las distintas condiciones meteorológicas durante el presecado. En el año 2011, a pesar de tratarse de una fecha de cosecha más avanzada y con mayores temperaturas que el año anterior, el presecado se realizó con una menor insolación, menor velocidad del viento y mayor humedad relativa, lo que ilustra acerca de la importancia de extremar las precauciones para realizar el secado del forraje en el campo en condiciones favorables.

Los mencionados bajos valores de MS observados para las distintas especies en el año 2011, unidos a la menor concentración de azúcares de la planta (en especial para la serradella) explican la comparativamente inferior ensilabilidad de todos los tratamientos en dicho año, comparados con el año 2010, a pesar de que los valores de CT fueron superiores en dicho año, en consonancia con un aprovechamiento más precoz. Otros autores han señalado la disminución de la CT de la planta con el avance de la madurez (Martínez-Fernández *et al.*, 2013). Asimismo, cabe destacar que los valores de CT disminuyeron con el incremento de la duración del presecado, estando este fenómeno relacionado con la oxidación de los ácidos orgánicos durante el secado del forraje en el campo, en concordancia con lo observado por Martínez-Fernández *et al.* (2010).

Según Weissbach *et al.* (1974) los forrajes con un coeficiente de fermentabilidad (CF) mayor de 45 se consideran fáciles de ensilar, en este trabajo no se superó en ningún caso dicho umbral de CF indicativo de buena ensilabilidad. En las condiciones meteorológicas del año 2010 con presecado de 48 h se observaron valores de CF superiores que en el año 2011.

En la Tabla 2 se muestra el efecto de la especie sobre los parámetros de calidad fermentativa (promedio de los 2 años). La serradella fue la especie que mostró los valores más bajos de los índices I_c , I_{vn} y I_i denotando una peor calidad fermentativa, ingestiva y nitrogenada del ensilado. El hecho de que los ensilados de esta especie presentaron valores elevados de LACT (11,0%MS), que fueron sin embargo acompañados por una alta concentración de acético, butírico, N-NH₃ y Nsol demuestran que el contenido en ácido láctico por sí solo no es un índice adecuado para juzgar acerca de la calidad de los ensilados.

Tabla 1. Valores de materia seca, carbohidratos solubles en agua, capacidad tampón y coeficiente de fermentabilidad del forraje presecado, antes de ensilar.

	ESP					PRE		ESP*PRE	
	Serradella	T. encarnado	T. migueliano	T. persa	p	24 h	48 h	p	p
Año 2010									
MS	25,0 ^a	19,8 ^c	25,4 ^a	23,2 ^b	***	17,4	29,3	***	***
CSA	7,6 ^d	12,4 ^a	11,2 ^b	10,3 ^c	***	10,7	10,1	**	*
CT	483 ^a	429 ^c	437 ^c	461 ^b	***	460	445	**	ns
CF	26,3 ^a	22,1 ^c	27,5 ^a	25,0 ^b	***	19,3	31,1	***	***
Año 2011									
MS	20,7 ^a	18,4 ^c	20,2 ^{ab}	18,7 ^b	***	15,7	23,8	**	**
CSA	2,3 ^d	7,9 ^b	6,7 ^c	11,2 ^a	***	6,9	6,8	***	***
CT	397 ^a	317 ^c	328 ^c	377 ^b	***	369	340	ns	ns
CF	21,2 ^a	20,4 ^b	21,8 ^a	22,1 ^a	***	17,2	25,4	*	*

ESP: especie; PRE: presecado; MS: materia seca (%); CSA: carbohidratos solubles en agua (%MS); CT: capacidad tampón (meq/kg MS); CF: coeficiente de fermentabilidad (Weissbach *et al.*, 1979); Nivel de significación: *** (p<0,001); ** (p<0,01); * (p<0,05); ns (no significativo). Letras distintas indican diferencias significativas dentro de fila (p<0,05).

Tabla 2. Calidad fermentativa. Efecto de la especie.

	Serradella	T. encarnado	T. migueliano	T. persa	p
MSc	21,9 ^a	18,9 ^c	22,3 ^a	20,3 ^b	***
EFLU	6,9 ^b	10,6 ^a	5,9 ^b	4,3 ^c	***
pH	4,13 ^d	4,26 ^c	4,39 ^a	4,31 ^b	***
LACT	11,0 ^c	12,8 ^b	11,3 ^c	13,6 ^a	***
BUT	0,83 ^a	0,68 ^b	0,78 ^{ab}	0,17 ^c	***
ACT	4,85 ^a	4,14 ^c	4,45 ^b	3,82 ^d	***
PROP	0,51 ^a	0,16 ^b	0,16 ^b	0,10 ^c	***
N-NH ₃	17,4 ^a	14,1 ^b	13,5 ^b	10,3 ^c	***
Nsol	65,9 ^a	58,4 ^b	53,9 ^c	49,2 ^d	***
I _c	4,6 ^b	4,5 ^{bc}	4,1 ^c	6,4 ^a	***
I _{vn}	3,0 ^d	5,5 ^c	6,1 ^b	8,1 ^a	***
I _i	3,6 ^c	5,3 ^b	5,0 ^b	6,8 ^a	***

MSc: Materia seca corregida por pérdida de volátiles; EFLU: efluente (%p/p); LACT: láctico (%MS); BUT: butírico (%MS); ACT: acético (%MS); PROP: propiónico (%MS); N-NH₃: Nitrógeno amoniacal (% Nitrógeno total); Nsol: Nitrógeno soluble (% Nitrógeno total); I_c: Índice de calidad de conservación; I_{vn}: Índice de valor nitrogenado; I_i: Índice de ingestibilidad. Nivel de significación: *** (p<0,001). Letras distintas indican diferencias significativas dentro de fila (p<0,05).

Como se muestra en la Tabla 3, la duración del presecado y el uso de inoculante afectaron significativamente los parámetros fermentativos del ensilado. El presecado de 48 h y la adición de bacterias lácticas al forraje mejoraron significativamente la calidad del ensilado con relación al presecado de 24 h y al tratamiento control, respectivamente, como se deduce de la reducción de los valores de pH, la concentración de ácidos butírico, acético, propiónico, amoniacal y el porcentaje de N soluble y aumentando, en paralelo, los valores de los tres índices de calidad considerados en el estudio.

Los valores medios I_c , I_{vn} e I_i fueron, respectivamente, de 3,1; 4,3 y 3,9 y de 6,6; 7,1 y 6,5 para los presecados de 24 y de 48 h, mientras que los correspondientes valores para los tratamientos control e inoculante fueron de 4,2; 5,5 y 4,8 y de 5,5; 6,0 y 5,5 respectivamente. Los valores de I_c , I_{vn} e I_i en el presecado de 24 h fueron de 2,6; 4,0 y 3,6 para el tratamiento control y de 3,8, 4,6 y 4,1 para el inoculante, respectivamente, mientras que para el presecado de 48 h dichos valores fueron de 6,0; 6,6 y 6,1 y de 7,2; 7,5 y 6,9 para los tratamientos control e inoculante, respectivamente. Se deduce de estos resultados que el efecto global del aumento de la duración del presecado sobre la mejora de la fermentación fue considerablemente superior comparado con el efecto del uso de inoculante, toda vez que los todos los valores medios de I_c , I_{vn} e I_i para el presecado de 24 h fueron inferiores al umbral de 5 señalando una calidad deficiente, mientras que para el presecado de 48 h se mantuvieron en valores superiores a 6 tanto si habían sido tratados o no con inoculante. Por otra parte, el aumento de la duración del presecado hasta conseguir valores de MS ligeramente superiores al 25% a las 48 h de permanencia en el campo redujo significativamente la producción de efluente, que se anuló completamente en el experimento realizado en 2010 cuando se alcanzó el 29% de MS.

Tabla 3. Calidad fermentativa. Efecto del presecado y del uso de inoculante.

PRE	24 h	24 h	48 h	48 h	INOC	PRE	INOC*PRE
INOC	CONTROL	INOC	CONTROL	INOC		<i>p</i>	
MSc	15,9	16,3	25,7	25,5	ns	***	ns
EFLU	12,7	10,7	1,7	1,8	*	***	**
pH	4,40	4,26	4,27	4,16	***	***	ns
LACT	10,8	11,7	13,1	13,1	***	***	*
BUT	0,85	0,63	0,57	0,40	***	***	ns
ACT	4,94	4,86	3,86	3,58	**	***	*
PROP	0,39	0,32	0,11	0,10	*	***	*
N-NH ₃	17,2	15,8	11,7	10,6	***	***	ns
Nsol	60,6	59,8	54,6	52,4	***	***	**
I_c	2,6	3,8	6,0	7,2	***	***	ns
I_{VN}	4,0	4,6	6,6	7,5	***	***	ns
I_i	3,6	4,1	6,1	6,9	***	***	ns

MSc: Materia seca corregida por pérdida de volátiles; EFLU: efluente (%p/p); LACT: láctico (%MS); BUT: butírico (%MS); ACT: acético (%MS); PROP: propiónico (%MS); N-NH₃: Nitrógeno amoniacal (%Nitrógeno total); Nsol: Nitrógeno soluble (%Nitrógeno total); I_c : Índice de calidad de conservación; I_{VN} : Índice de valor nitrogenado; I_i : Índice de ingestibilidad; Nivel de significación: *** (p<0,001); ** (p<0,01); * (p<0,05); ns (no significativo).

Por lo tanto, el uso de inoculante por sí sólo, no fue suficiente para asegurar una buena calidad de conservación, valor nitrogenado e ingestibilidad, aunque se observa un cierto efecto positivo con el aumento de los valores de los índices. Aunque coincidentes en líneas generales con los resultados observados por Waldo (1984), en ocasiones se ha observado un

efecto más favorable del uso de inoculantes sobre la calidad del ensilado cuando se aplican a forrajeras leguminosas con valores de MS inferiores al 20%, como reportan Borreani *et al.* (2009). Las particulares condiciones de las leguminosas anuales estudiadas en nuestro caso, con valores de MS en el entorno del 15-16% en el presecado de menor duración unido a la baja concentración de azúcares en la MS pueden explicar estas diferencias.

CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que, a pesar de las desfavorables características para ensilar que presentan las leguminosas anuales, es posible obtener ensilados bien conservados en una fecha de cosecha tan temprana como mediados de abril, si conseguimos elevar el contenido en materia seca del forraje hasta valores de 25-30%, lo cual se consiguió mediante un periodo de presecado en el campo de 48 h, con condiciones meteorológicas favorables. La aplicación de inoculante al forraje con niveles elevados de humedad resultó inefectiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORREANI G., REVELLO CHION A., COLOMBINI S., ODOARDI M., PAOLETTI R. Y TABACCO. E. (2009) Fermentative profiles of field pea (*Pisum sativum*), faba bean (*Vicia faba*) and white lupin (*Lupinus albus*) silages as affected by wilting and inoculation. *Animal Feed Science and Technology*, **151**, 316-323.
- DULPHY J.P. Y DEMARQUILLY C. (1981) Problèmes particuliers aux ensilages. In: Prévion de la valeur nutritive des aliments des ruminants, INRA Public., 81-104.
- FLORES G., GONZÁLEZ-ARRÁEZ A., CASTRO J., CARDELLE M., BREA T., CASTRO M.P. Y AMIL G. (2000) Evaluación de aditivos comerciales para el ensilado de hierba. III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes (XL Reunión Científica de la SEEP) Bragança, A Coruña, Lugo, 7-13 mayo, pp.621-626.
- KUNG L. Jr, STOKES M.R. Y LIN C.J. (2003) Silage additives. En: D.R. Buxton, R.E. Muck, J.H. Harrison (Eds.) *Silage Science and Technology*. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America, Madison.
- MARTINEZ-FERNANDEZ A., SOLDADO A., VICENTE F., MARTINEZ A. Y DE LA ROZA-DELGADO B. (2010) Wilting and inoculation of *Lactobacillus buchneri* on intercropped triticale-fava silage: effects on nutritive, fermentative and aerobic stability characteristics. *Agricultural and Food Science*, **19**, 302-312.
- MARTINEZ-FERNANDEZ A., SOLDADO A., DE LA ROZA-DELGADO B., VICENTE F., GONZALEZ-ARROJO M. A. Y ARGAMENTERIA A. (2013) Modelling a quantitative ensilability index adapted to forages from wet temperate areas. *Spanish Journal of Agricultural Research*, **11** (2), 455-462.

- PEREIRA-CRESPO S., VALLADARES J., FLORES G., DÍAZ N., FERNÁNDEZ-LORENZO B., RESCH C., GONZÁLEZ-ARRÁEZ A., BANDE-CASTRO M.J. Y RODRÍGUEZ-DIZ X. (2012a) Rendimiento y valor nutritivo de nuevas leguminosas anuales como cultivo de invierno en rotaciones forrajeras intensivas en Galicia. *Pastos*, **42** (1), 29-50.
- PEREIRA-CRESPO S., VALLADARES J., FLORES G., FERNÁNDEZ-LORENZO B., RESCH C., PIÑEIRO J., DÍAZ N., GONZÁLEZ-ARRÁEZ A., BANDE-CASTRO M.J. Y RODRIGUEZ-DIZ X. (2012b) Prediction of the nutritive value of annual forage clovers and serradella by near infrared spectroscopy (NIRS). *Options méditerranéennes. Series A: Mediterranean Seminars*, **102**, 241-244.
- PEREIRA-CRESPO S., FERNÁNDEZ-LORENZO B., RESCH-ZAFRA C., VALLADARES-ALONSO J., GÓNZALEZ L., DAGNAC T., BOTANA A. Y FLORES-CALVETE G. (2015) Predicción de la calidad fermentativa de ensilados de hierba mediante NIRS sobre muestras secas y molidas. LIV Reunión Científica de la SEEP, Mallorca, España.
- SAS INSTITUTE (2009) SAS/STAT USER'S GUIDE, V.9.2, SAS INSTITUTE INC., USA.
- WALDO D.R. (1984) Nutritional value of legumes preserved as silage. En: *Forage legumes for energy-efficient animal production*. USDA-ARS Proceedings of a Trilateral Workshop, 220-224. Ed: R. F. Barnes. Washington, DC, EEUU y Palmerston North, Nueva Zelanda.
- WEISSBACH F. SCHMIDT L. Y HEIN E. (1974) Method of anticipation of the run fermentation in silage making, based on the chemical composition of the green fodder. Proceedings of the 12th International Grassland Congress Section 2, Moscow, p. 663-673.

PLOIDÍA Y CONTENIDO EN ADN NUCLEAR EN GERMOPLASMA DE *Agrostis* MEDIANTE CITOMETRÍA DE FLUJO

PLOIDY AND NUCLEAR DNA CONTENT OF *Agrostis* GERMPLASM BY FLOW CYTOMETRY

J.A. OLIVEIRA-PRENDES¹ Y A. SALAS-BUSTAMANTE²

¹Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. Área de Producción Vegetal. Universidad de Oviedo. C/ Gonzalo Gutiérrez Quirós s/n. 33600 Mieres (España). oliveira@uniovi.es. ²Servicios Científicos-Técnicos, Biomedicina. Edificio Científico-Tecnológico. Campus de El Cristo. Universidad de Oviedo. 33006 Oviedo (España).

RESUMEN

El género *Agrostis* incluye una gran cantidad de especies, algunas comercialmente importantes y a menudo usadas en los campos de golf. El desconocimiento del nivel exacto de ploidía de las accesiones de *Agrostis* conservadas en la colección de semillas pratenses del Área de Producción Vegetal de la Universidad de Oviedo dificulta el uso de este material en futuros programas de mejora genética. El objetivo de este trabajo fue el determinar el nivel de ploidía y el contenido en ADN nuclear de 20 accesiones de *Agrostis*, 19 de esta colección y el cv Golfín de *Agrostis capillaris* L., usando la citometría de flujo. De las 20 accesiones, se identificaron cuatro diploides, 13 tetraploides y tres hexaploides. Aunque dentro de cada nivel de ploidía, el contenido en ADN nuclear no permitió diferenciar de manera clara las diferentes especies de *Agrostis*, el *A. stolonifera* tetraploide presentó un valor de ADN nuclear significativamente mayor que el de otras accesiones tetraploides de *Agrostis*.

Palabras clave: césped, poliploidía, recursos genéticos.

SUMMARY

The genus *Agrostis* includes a large number of species; some are commercially important turfgrass species often used on golf courses. The exact ploidy level of the bentgrass accessions conserved in the seed collection of the Plant Production Area of the University of Oviedo is unknown, which could difficult the use of this material in future breeding programs. The objective of this research was to determine the ploidy level and nuclear DNA content of 20 *Agrostis* accessions, 19 of this collection and the cv Golfín of *Agrostis capillaris* L., using flow cytometry. Among the 20 accessions, four diploids, 13 tetraploids and three hexaploids were identified. Although within each ploidy level nuclear DNA content did not distinguish clearly the different species of *Agrostis*, the tetraploid *A. stolonifera* presented a significantly higher nuclear DNA value than other tetraploid accessions of *Agrostis*.

Key words: turfgrass, polyploidy, genetic resources.

INTRODUCCIÓN

El género *Agrostis* (familia *Poaceae*) en la Península Ibérica incluye 18 especies anuales y perennes, con un elevado grado de alogamia e hibridización (Bradshaw, 1957; Romero García *et al.*, 1988; Wipff y Fricker, 2000), algunas usadas comercialmente en céspedes y campos de golf (Turgeon, 2005; Oliveira *et al.*, 2010).

La clasificación de las especies basada únicamente en caracteres de anatomía foliar y morfológicos es complicada por la variabilidad en ciertos caracteres, en gran parte debido a la existencia de híbridos (Romero García *et al.*, 1998; Bonos *et al.*, 2002). Por otro lado, el nivel de ploidía se ha usado frecuentemente para la discriminación de especies dentro del género. Así, el número cromosómico básico de *Agrostis* es $x=7$, habiendo especies diploides, tetraploides y hexaploides (e.g., *A. curtisii* Kerguelen, $2n=2x=14$; *A. capillaris* L., Sp. Pl. $2n=4x=28$ y *A. castellana* Boiss. & Reut., $2n=6x=42$, respectivamente) (Bonos *et al.*, 2002). La citometría de flujo ha demostrado ser una técnica fiable de inferir el número cromosómico de las especies vegetales (Bennett, 1987; Arumuganathan y Earle, 1991), habiéndose demostrado una importante correlación entre los valores de $2C$ ADN y el número cromosómico (Bonos *et al.*, 2002). El uso de dicha técnica reduce el tiempo y el trabajo de las determinaciones morfológicas y de conteo de cromosomas, además de poder realizarse en estados tempranos de desarrollo de las plantas (Galbraith *et al.*, 1983). Además permite evaluar un elevado número de muestras en poco tiempo, permitiendo detectar variabilidad dentro de extensas colecciones de material fitogenético susceptible de ser usado en mejora vegetal.

El objetivo de este estudio fue la determinación del nivel de ploidía y el contenido en ADN nuclear de 20 accesiones de *Agrostis*, 19 de la colección de semillas pratenses del Área de Producción Vegetal de la Universidad de Oviedo y un cultivar comercial mediante citometría de flujo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal

Las semillas de las 19 accesiones del género *Agrostis* se recogieron en diferentes localidades de Asturias y zonas limítrofes desde el año 1999. Cada una de ellas se recogió como semilla en al menos 50 plantas situadas en una zona lo más homogénea posible de 100-1000 m². El origen y el número del Inventario de dichas accesiones se muestran en la Tabla 1.

Las semillas una vez limpias, se deshidrataron al 5% de humedad con gel de sílice y se conservaron en envases herméticos en una cámara frigorífica (código FAO del Banco de semillas del Área de Producción Vegetal de la Universidad de Oviedo: ESP103) entre 0-4 °C.

Determinación de las especies

Para la determinación de las especies de *Agrostis* correspondientes a las accesiones de este estudio se utilizaron tres plantas por accesión y se siguieron los trabajos de Romero *et al.* (1988) y de González (2006), utilizando sobre todo caracteres de panícula y lígula y observando la ecología y el área de distribución de las mismas.

En base a esos trabajos, se agruparon las distintas accesiones en seis especies: *A. durieui* Willk.; *A. curtisii* Kerguelén; *A. hesperica* Romero García, Blanca & C. Morales; *A. capillaris* L., Sp. Pl.; *A. stolonifera* L., Sp. Pl., y *A. castellana* Boiss. & Reut.

Tabla 1. Relación de accesiones del género *Agrostis* utilizadas en el estudio. El número de accesión corresponde al Banco de Semillas del Área de Producción Vegetal de la Universidad de Oviedo. Se indican datos relativos al origen. "Golfín" (=Golf) es un cultivar comercial de *A. capillaris* de la casa comercial DLF Trifolium (Dinamarca).

Accesión nº	Provincia	Localidad	Hábitat	Lat	Long	Alt (m)
25	Asturias	Puerto de Somiedo	Césped arenoso	4302N	0613O	1486
167	Asturias	Vegadeo	Brezal	4321N	0701O	900
324	Asturias	Pesoz	Camino	4316N	0652O	350
499	Asturias	Boal	Brezal	4325N	0650O	780
7	Asturias	El Franco	Baldío	4332N	0652O	150
23	Asturias	Figaredo	Baldío	4310N	0550O	200
302	La Coruña	Pino	Prado higrófilo	4254N	0822O	400
304	Pontevedra	Duxame	Prado higrófilo	4248N	0810O	430
11	Asturias	La Colorada	Camino	4333N	0640O	90
12	Lugo	Barbeitos	Baldío	4309N	0701O	900
20	Cantabria	Alto Campoo	Pasto de puerto	4305N	0425O	2100
21	Asturias	Alto de la Garganta	Borde carretera	4320N	0700O	896
22	León	Riaño	Baldío	4250N	0450O	1000
500	Asturias	Boal	<i>P. sylvestris</i>	4325N	0650O	780
488	Asturias	Boal	Zona higrófila	4325N	0649O	800
14	Asturias	Penarronda	Playa	4332N	0659O	0
17	Asturias	Alto de la Garganta	Turbera oligotrofa	4320N	0700O	896
18	Asturias	Puerto de Somiedo	Turbera eutrofa	4302N	0613O	1486
505	León	Barrios de Luna	Pastizal	4250N	0551O	1039
"Golfín"						

Preparación de muestras y citometría de flujo

Se sembraron diez semillas de cada accesión en semillero y condiciones de invernadero, con el fin de obtener tres plantas sanas para el análisis de citometría de flujo en el laboratorio de Citometría de los Servicios Científico-Técnicos en Oviedo.

La preparación del material vegetal para la citometría de flujo consiste en conseguir dispersados celulares a los que se les aíslan los núcleos mediante destrucción del citoplasma con pepsina o detergentes. Finalmente los núcleos son marcados con fluorocromos que se unen estequiométricamente con los ácidos nucleicos por lo que la emisión de fluorescencia es directamente proporcional a la cantidad de ADN nuclear. Uno de los fluorocromos más frecuentemente usado es el Ioduro de Propidio.

Siguiendo la técnica descrita por Dolezel *et al.* (1994), se cortaron y picaron 100-200 mg de hojas frescas en trozos (1-2 mm) y se colocaron en placas Petri con 2 mL del tampón Otto I (ácido cítrico 0,1M, 0,5% v/v Tween 20 almacenado a 4 °C) con el fin de romper las células y obtener los núcleos. Las placas Petri se mantuvieron en hielo durante 15 minutos. La suspensión se filtró a través de un filtro de nylon de 50 μm de malla en un tubo y se añadió 350 μL del tampón Otto II (fosfato de sodio dihidrogenado 0,4M almacenado a temperatura ambiente) luego se adicionó 50 μL de la enzima ribonucleasa (RNasa A de 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$) y 50 μL de una solución de ioduro propidio de 140 $\mu\text{g mL}^{-1}$. Como control interno se añadió también 5 μL de una solución optimizada comercial de núcleos de hematíes de pollo 2C de ADN = 2,33 pg (Costich *et al.*, 1991) (DNA QC Particles, Vial A: chicken erythrocytes nuclei, CEN, Catalog No. 349523 de BD Biosciences). Las muestras se incubaron durante 10 minutos en hielo y a continuación se analizaron en un citómetro de flujo (Cytomics FC500 de Beckman Coulter). Las lecturas se hicieron sobre al menos 10.000 eventos (núcleos) por muestra. Las señales fluorescentes se detectaron en el detector FL3 (605-635nm) y los datos correspondientes se analizaron mediante el programa RXP Cytomics de Beckman Coulter. En cada una de las muestras se determinó el contenido de ADN nuclear mediante el cociente del valor medio del pico en la muestra vegetal y el valor del pico de muestras control multiplicado por el contenido del ADN nuclear de cada una de las muestras control, es decir, 2,33 pg/2C en la muestra control de hematíes de pollo (Costich *et al.*, 1991). Se tomaron tres medidas replicadas (tres plantas diferentes) en el citómetro de flujo para cada una de las accesiones de las leguminosas anuales.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) considerando el factor accesión y el factor planta.

La comparación de medias de las accesiones se obtuvo mediante el test de la mínima diferencia significativa (LSD) al nivel de significación del 5%. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el paquete estadístico SPSS versión 22 (SPSS, 2013).

**Tabla 2. Caracteres de morfología floral usados para la determinación de las especies del género *Agrostis*.
Tres plantas por accesión.**

	<i>A. duriei</i>	<i>A. curtisii</i>	<i>A. hesperica</i>	<i>A. capillaris</i>	<i>A. stolonifera</i>	<i>A. castellana</i>
Posición espiguillas en ramas nudo inferior panícula	Mitad superior	Mitad superior	Mitad superior	Mitad superior	Toda la rama	Mitad superior
Longitud espiguillas (mm)	1,2-1,7	3,1-3,2	2,4-2,6	2,0-2,4	2,0-2,6	2,0-2,2
Longitud pedúnculos espiguillas/longitud espiguillas	>	≤	≤	≤	≤	≤
Longitud palea/lema	>1/3	≤1/3	≤1/3	>1/3	>1/3	>1/3
Longitud lígula/anchura lígula	<	≥	<	<	≥	≥

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los principales caracteres morfológicos que nos permitieron diferenciar las especies de *Agrostis* se presentan en la Tabla 2.

El análisis de citometría de flujo de los núcleos aislados de las hojas de las accesiones de *Agrostis*, mostró solo un pico en los histogramas que representan el nº de células teñidas con la fluorescencia en función de la intensidad de la fluorescencia comparado con la intensidad en el control compuesto de células de hematíes de pollo.

El ANOVA mostro diferencias altamente significativas ($p < 0,001$) entre las accesiones para el contenido en ADN nuclear. De las 20 accesiones, cuatro fueron diploides, 13 tetraploides y tres hexaploides (Tabla 3). El contenido de ADN nuclear medio de las diploides fue de 3,22 pg, 5,13 pg en las tetraploides y 7,93 pg en las hexaploides. Los resultados están en correspondencia con los indicados por Bonos *et al.* (2002) en especies de *Agrostis* del mismo nivel de ploidía. El contenido de ADN nuclear de los tetraploides no fue

exactamente el doble del de los diploides y el de los hexaploides fue menos de tres veces el de los diploides; esto puede ser debido a las diferencias en el genoma entre las especies o a la delección (pérdida de bases) de ADN repetitivo en los niveles de ploidía superiores (Bonos *et al.*, 2002).

Dentro de cada nivel de ploidía se incluyeron diferentes especies del género *Agrostis* en correspondencia con los resultados de otros autores (Romero García *et al.*, 1998; Bonos *et al.*, 2002). Aunque el contenido en ADN nuclear, no permitió diferenciar especies dentro del mismo nivel de ploidía, la accesión 14 de *A. stolonifera* (tetraploide) presentó un valor significativamente mayor de ADN nuclear que el resto de accesiones tetraploides.

Tabla 3. Medias \pm Desviación estándar para el contenido en ADN (valor 2C) en pg en las 20 accesiones. LSD (Mínima diferencia significativa al nivel del 5%). Diferencias significativas entre medias se indican por diferentes letras en la misma columna.

Accesión nº	Especie	ADN (pg)	Ploidía
25	<i>A. durieui</i>	3,23 \pm 0,14e	2x
167	<i>A. curtisii</i>	3,24 \pm 0,04e	2x
324	<i>A. curtisii</i>	3,12 \pm 0,05e	2x
499	<i>A. curtisii</i>	3,30 \pm 0,01e	2x
7	<i>A. capillaris</i>	4,83 \pm 0,43d	4x
23	<i>A. capillaris</i>	4,83 \pm 0,43d	4x
302	<i>A. hesperica</i>	5,17 \pm 0,35cd	4x
304	<i>A. hesperica</i>	5,30 \pm 0,46cd	4x
11	<i>A. capillaris</i>	5,07 \pm 0,14cd	4x
12	<i>A. capillaris</i>	5,07 \pm 0,14cd	4x
20	<i>A. capillaris</i>	4,96 \pm 0,26cd	4x
21	<i>A. capillaris</i>	5,07 \pm 0,14cd	4x
22	<i>A. capillaris</i>	5,04 \pm 0,09cd	4x
500	<i>A. capillaris</i>	5,07 \pm 0,14cd	4x
“Golfín”	<i>A. capillaris</i>	4,90 \pm 0,21cd	4x
488	<i>A. hesperica</i>	5,32 \pm 0,05c	4x
14	<i>A. stolonifera</i>	5,76 \pm 0,30b	4x
17	<i>A. stolonifera</i>	7,85 \pm 0,32a	6x
18	<i>A. stolonifera</i>	7,96 \pm 0,23a	6x
505	<i>A. castellana</i>	7,96 \pm 0,08a	6x
LSD (p=0,05)		0,40	

Dentro de *A. stolonifera*, se encontraron especies con dos niveles de ploidía (4x y 6x), morfológicamente similares (Tabla 2) correspondiendo la especie del nivel tetraploide con lo que se denomina habitualmente *A. stolonifera* L. var. *pseudopungens* (Lange) Kerguelen, ligada a sustratos salinos (Romero García *et al.*, 1988). Las accesiones hexaploides se caracterizan por ser plantas de lugares húmedos no halófilos (turberas). La accesión 17 al estar compuesta de plantas robustas, panículas de gran tamaño con hojas planas de 4-8 mm de

anchura se correspondería con un *A. stolonifera* L. var. *scabriglumis* (Boiss. & Reut.) C.E. Hubb., según Romero García *et al.* (1988). La accesión 18, por el contrario estaba compuesta de plantas menos robustas, con hojas planas de 2-4 mm de anchura y según Romero García *et al.* (1988) se podría corresponder con la variedad típica *A. stolonifera* L. var. *stolonifera*. Las tres especies están descritas en el Principado de Asturias (Fernández Prieto *et al.*, 2014).

Debido a la alogamia de las especies del género *Agrostis*, la determinación del nivel de ploidía es importante para estudios de diversidad genética y programas de mejora genética mediante selección asistida con marcadores.

CONCLUSIONES

La citometría de flujo permitió distinguir entre especies que tienen diferente nivel de ploidía. Aunque dentro de cada nivel de ploidía, el contenido en ADN nuclear no permitió diferenciar de manera clara las diferentes especies de *Agrostis*, el *A. stolonifera* tetraploide presentó un valor de ADN nuclear significativamente mayor que el de otras accesiones tetraploides de *Agrostis*.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ARUMUGANATHAN K. Y EARLE E.D. (1991) Estimation of nuclear DNA content of plants by flow cytometry. *Plant Mol. Biol. Reporter.*, **9**(3), 229-233.
- BENNETT M.D. (1987) Variation in genomic form in plants and its ecological implications. *New Phytol.*, **106**, 177-200.
- BONOS S.A., PLUMLEY K.A. Y MEYER W.A. (2002) Ploidy determination in *Agrostis* using flow cytometry and morphological traits. *Crop. Sci.*, **42**(1), 192-196.
- BRADSHAW A.D. (1957) Natural hybridization of *Agrostis tenuis* Sibth and *A. stolonifera* L. *The New Phytologist*, **57**, 66-84.
- COSTICH D.E., MEAGHER T.R. Y YURKOW E.J. (1991) A rapid means of sex identification in *Silene latifolia* by use of flow cytometry. *Plant Mol. Biol. Rep.*, **9**, 359-370.
- DOLEZEL J., LUCRETTI S.I. Y SCHUBERT I. (1994) Plant chromosome analysis and sorting by flow cytometry. *Crit. Rev Plant Sci.*, **13**, 275-309.
- FERNÁNDEZ PRIETO J.A., CIRES RODRIGUEZ E., BUENO SÁNCHEZ A., VÁZQUEZ V.M. Y NAVA FERNÁNDEZ H.S. (2014) *Catálogo de las plantas vasculares del Principado de Asturias*. Documentos 11. Gijón, España: Ayuntamiento de Gijón y Jardín Botánico Atlántico.
- GALBRAITH D.W., HARKINS K.R., MADDOX J.M., AYRES N.M., SHARMA D.P. Y FIROOZABADY E. (1983) Rapid flow cytometric analysis of the cell cycle in intact plant tissues. *Science*, **220**, 1049-1051.

- GONZALEZ GARCIA M. (2006) *Identificación de agrostis y festucas finas mediante caracteres de hoja morfológicos y anatómicos*. Proyecto fin de carrera. Mieres, España: Escuela Politécnica de Mieres. Universidad de Oviedo.
- OLIVEIRA J.A., NOVO-UZAL E., POMAR F., BUGHRARA S.S. Y AFIF E. (2010) Agromorphological characterization and dollar spot fungus susceptibility in accessions of common bent (*Agrostis capillaris* L.) collected in northern Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research*, **8(1)**, 56-66.
- ROMERO GARCIA A.T., BLANCA LÓPEZ G. Y MORALES TORRES C. (1988) *Revisión del género Agrostis L. (Poaceae) en la Península Ibérica*. Madrid, España: Ruizia.
- SPSS (2013) SPSS for Windows, *version 22*. Chicago, USA: SPSS Inc.
- TURGEON A.J. (2005) *Turfgrass management*. New Jersey, USA: Pearson Prentice Hall.
- WIPFF J.K. Y FRICKER C.R. (2000). Determining gene flow of transgenic creeping bentgrass and gene transfer to other bentgrass species. *Diversity*, **16 (1-2)**, 36-39.

PRODUCCIÓN Y CALIDAD PROTEICA EN ROTACIONES DE MAÍZ FORRAJERO CON CULTIVOS DE INVIERNO CON LEGUMINOSAS

PRODUCTION AND PROTEIN QUALITY IN ROTATIONS OF WINTER LEGUME FORAGE CROPS WITH FORAGE MAIZE

M.I. GARCÍA POMAR, D. BÁEZ BERNAL, C. GILSANZ REY Y J. CASTRO INSUA

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (INGACAL). Xunta de Galicia. Apartado 10. 15080 A Coruña (España).

maria.isabel.garcia.pomar@xunta.es.

RESUMEN

La producción del sector del ganado vacuno lechero gallego está asociada en la mayoría de los casos al uso en la alimentación de concentrados comprados y de forrajes producidos en la propia explotación, fundamentalmente pradera y maíz forrajero. El ganadero con la eliminación de las cotas en el año 2015 debe incrementar su competitividad siendo una vía la introducción de cultivos forrajeros invernales con leguminosas que además aportan beneficios medioambientales. En este trabajo se contrasta el comportamiento productivo y cualitativo de distintos cultivos forrajeros invernales con leguminosas: mezcla de raigrás con leguminosas, guisante con triticale y guisante (enterrado o cosechado) comparándolo con barbecho, en rotación con maíz forrajero en tres zonas lecheras de la provincia de A Coruña. Se encontró que el introducir un cultivo invernal con leguminosa (enterrado o cosechado) en rotación con maíz forrajero incrementó la productividad y la rotación guisante con triticale/maíz forrajero fue la que aportó de manera significativa una mayor cantidad de proteínas a la alimentación del ganado.

Palabras clave: guisante, triticale, raigrás, proteína, forraje.

SUMMARY

Production of Galician dairy herds is associated to bought concentrates and forages produced on the farm, mainly grass and forage maize. Due to the milk quota abolition in 2015 farmers should increase their competitiveness. Winter forage crops with legumes would contribute to this and also to environmental benefits. In this paper the productive and qualitative behaviour of different winter forage crops with legumes is contrasted: ryegrass with legumes, pea with triticale and pea (incorporated into the soil or harvested) compared with fallow in rotation with forage maize in three dairy zones (A Coruña). It was found that introducing a winter crop with legumes (incorporated into the soil or harvested) in rotation with forage maize increased productivity and pea with triticale/forage maize rotation provided significantly a greater amount of protein to livestock feed.

Key words: pea, triticale, raygrass, protein, forage.

INTRODUCCIÓN

El sector del ganado vacuno lechero tiene una gran importancia en Galicia, siendo la primera comunidad autónoma productora de leche, con un 39 % del total nacional -2 510 millones de litros de leche- (MAGRAMA, 2013). Dicha producción está asociada en la mayoría de los casos al uso en la alimentación de concentrados comprados y de forrajes producidos en la propia explotación, fundamentalmente pradera y maíz forrajero.

La eliminación de las cotas en el año 2015 va a tener efectos inciertos dependiendo de cómo evolucione el consumo de productos lácteos, la capacidad de exportación de otros países y los precios de los principales factores de producción como los piensos, ocasionando posiblemente una mayor volatilidad en el mercado de la leche y una posible reducción en el precio (Sineiro y Vázquez, 2014). Por consiguiente, una menor dependencia de los piensos, entre otros factores, va a permitir una mayor competitividad del ganadero. Dicha menor dependencia se consigue en parte produciendo más forrajes en la propia explotación mediante un incremento de las tierras pero también mediante mejoras en la producción, calidad, gestión y utilización de estos forrajes para disminuir los costes de producción.

La rotación de un cultivo de invierno con maíz forrajero nos permite incrementar la producción y si introducimos leguminosas incrementaremos además sustancialmente la calidad dado su elevado valor proteico.

La fertilización de los forrajes en las explotaciones de vacuno de leche gallegas está basada en el uso de fertilizantes minerales y del purín generado en la explotación. La partida de fertilización en las explotaciones ganaderas lecheras representa el 19% de los costes de producción de forrajes y el 7% de los costes de alimentación, pudiéndose reducir sensiblemente (CAP, 2010). El cultivo del maíz se suele sobrefertilizar y en estos casos la rotación con un cultivo de invierno permite aprovechar e interceptar el nitrógeno mineral residual disminuyendo la lixiviación durante el otoño-invierno. Por otro lado la incorporación al suelo de un cultivo invernal o de sus residuos (raíces y restos de hojas y tallos) supone un aporte de materia orgánica que se mineraliza y aporta nutrientes al cultivo del maíz forrajero, siendo este efecto más notorio en el caso de las leguminosas donde el cultivo siguiente se beneficia del nitrógeno fijado por la leguminosa.

El objetivo de este trabajo es contrastar el comportamiento productivo y cualitativo de distintos cultivos forrajeros invernales con leguminosas en rotación con maíz forrajero en distintas zonas lecheras de la provincia de A Coruña.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para alcanzar este objetivo el personal investigador del CIAM en colaboración con el personal técnico de la Cooperativa Agraria Provincial de A Coruña seleccionaron en tres explotaciones localizadas en los municipios de Paderne, Arzúa y A Baña (A Coruña) una parcela que previamente había tenido maíz forrajero.

En las tres parcelas cultivadas en el verano del 2012 con maíz forrajero se establecieron a principios de noviembre (6, 14 e 15 de noviembre de 2012, respectivamente) en un ensayo en bloques al azar con 3 repeticiones tres cultivos de invierno: mezcla de raigrás con leguminosas (Fertifeno AC), guisante (var. Cartouche) con triticale (var. Trujillo) guisante (enterrado o cosechado) y además se estableció un tratamiento de barbecho. Tras la cosecha de los cultivos de invierno (10 de mayo, 24 de abril y 15 de mayo) se sembró maíz forrajero (24 de mayo, 6 y 25 de mayo de 2013). La recolección se realizó el 14, 2 y 4 de octubre, respectivamente. Los cultivos de invierno tuvieron una buena implantación presentando al final del cultivo una buena cobertura y las densidades finales del maíz forrajero fueron de 76400 plantas/ha en Paderne, 72600 plantas/ha en Arzúa y 70400 plantas/ha en A Baña. En la tabla 1 aparecen las características de los suelos donde se realizaron los ensayos.

Tabla 1. Características físico-químicas de los suelos.

	Textura	pH	P (ppm)	K (ppm)
Paderne	Franca	5.53	35	103
Arzúa	Franco-limosa	5.89	26	169
A Baña	Franco-arenosa	5.92	13	116

Las subparcelas tenían una superficie de 600, 750 y 950 m², respectivamente. Los parámetros objeto de control en cada una de las subparcelas fueron la producción y la calidad proteica de la cosecha en el momento de la recolección, medida la proteína bruta en mazorca y en paja (hojas + tallos) mediante la técnica de espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo próximo (NIRS Win ISI 1.5).

Los valores medios de los parámetros se analizaron mediante ANOVA en diseño con dos fuentes de variación, considerando como tratamiento en el cultivo invernal el tipo de

cultivo, en el maíz el cultivo invernal precedente y en la rotación cultivo invernal/maíz el tipo de cultivo invernal. Para la comparación de medias se utilizó el test de Student-Newman-Keuls.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las tablas 2, 3 y 4 nos muestran los datos de producción y calidad proteica obtenidos por cultivo y en la rotación completa en las tres explotaciones localizadas en distintas zonas de la provincia de A Coruña (Paderne, Arzúa y A Baña).

Entre los cultivos invernales observamos una mayor producción de materia seca en el de guisante con triticale aunque sólo con diferencias significativas en Paderne. El guisante fue el que presentó un mayor porcentaje de proteína bruta (15.83% en Paderne, 17.48% en Arzúa y 16.84% en A Baña), con diferencias significativas con el resto de tratamientos. El porcentaje de proteína bruta en el tratamiento de guisante con triticale tuvo un contenido variable que fue superior en la parcela de A Baña (14.21%) con un 72% de contenido en leguminosa y que fue bajo en Paderne (8.44%) por una recolección más tardía (elevado porcentaje de materia seca). El contenido de proteína bruta (%) de la mezcla de raigrás con leguminosas fue aceptable, y en la parcela de Arzúa, donde no hubo una buena implantación de las leguminosas, una recogida más temprana (menor porcentaje de materia seca) dio unos contenidos en proteína bruta equivalentes a las otras explotaciones. Estudios realizados en el CIAM con mezclas de trébol con raigrás italiano concluyeron que es esencial asegurar una proporción adecuada de leguminosas en la mezcla que, como mínimo, debería ser del 50% de la materia seca total para alcanzar valores de proteína bruta superiores al 12% (Flores *et al.*, 2011).

Se encontraron diferencias significativas en la producción de proteína bruta en las tres localidades evaluadas. La mayor producción de proteína bruta fue para el guisante (830, 449 y 611 kg/ha en Paderne, Arzúa y A Baña, respectivamente), seguido del guisante con triticale (598, 403 y 549 kg/ha en Paderne, Arzúa y A Baña). Sólo se encontraron diferencias significativas entre ambos tratamientos en la parcela de Paderne.

En el cultivo del maíz encontramos las mejores producciones de materia seca en las parcelas de Paderne y Arzúa en las que hubo previamente guisante enterrado y cosechado (16247 kg/ha y 2184 kg/ha respectivamente), aunque sólo hubo diferencias significativas entre tratamientos en la primera localidad. En la parcela de A Baña sólo la que había ido

previamente de barbecho obtuvo una mejor producción aunque sin diferencias significativas (11710 kg/ha en barbecho frente a 9701 kg/ha en el guisante enterrado), lo que puede atribuirse a una escasa fertilización nitrogenada en el maíz (90 kg/ha de N) y a un nivel previo de N en suelo en la parcela de barbecho de 107 kg/ha de N en los primeros 60 cm, frente a una media de 16 kg/ha de N en donde hubo cultivo invernoso, de tal manera que el tratamiento de barbecho aportó una cantidad de nitrógeno inicial que pudo ser semejante a la aportada por la mineralización, a lo largo del ciclo del maíz, de los cultivos con leguminosas.

Tabla 2. Producción y calidad de la rotación de Paderne (A Coruña).

CULTIVO	CP	Producción (kg/ha)	M.seca (%)	RMS (kg/ha)	Leg (%)	PB (%)	PB (kg/ha)
G	Maíz	33603	15.74 b	5267 b	98.43 a	15.83 a	830 a
G+T	Maíz	28611	25.08 a	7210 a	39.13 b	8.44 b	598 b
M	Maíz	29134	17.81 b	5144 b	33.49 b	8.79 b	457 b
Significación		NS	*	*	**	**	*
MDS		-	5.28	1473	27.35	3.68	179.62
Maíz	G ent	49314 a	32.92 b	16247 a	-	4.67	757 a
	B	35180 b	36.82 a	12941 ab	-	3.63	469 b
	G+T	29959 b	36.10 a	10816 b	-	4.03	434 b
	M	30633 b	38.97 a	11763 ab	-	3.79	452 b
	Significación	*	*	*		NS	**
MDS	8937	2.42	3213		-	113	
ROTACIÓN							
	G ent/Maíz	49314 a	-	16247 ab	-	-	757 b
	B/Maíz	35180 b	-	12941 b	-	-	469 c
	G+T/Maíz	58570 a	-	18026 a	-	-	1032 a
	M/Maíz	59767 a	-	16908 ab	-	-	910 ab
	Significación	**		*			**
	MDS	8455		2794			155

RMS: Rendimiento da materia seca; PB: Proteína bruta; CP: Cultivo precedente; G ent: Guisante enterrado; B: Barbecho; G+T: Guisante-Triticale; M: Mezcla raigrás leguminosas. Diferencias significativas: p>99% **, p>95% *; diferencias no significativas: NS. MDS: Mínima diferencia significativa ($\alpha=0.05$).

Se observa una cierta correlación entre la producción de proteína bruta del cultivo precedente en las parcelas de Paderne y Arzúa, que se corresponde con una mayor fijación de nitrógeno en las raíces que quedaron en el suelo y las producciones de maíz forrajero. No hubo diferencias significativas en el porcentaje de proteína bruta del maíz según el cultivo previo en ninguna de las localizaciones.

Tabla 3. Producción y calidad de la rotación de Arzúa (A Coruña).

CULTIVO	CP	Producción (kg/ha)	M.seca (%)	RMS (kg/ha)	Leg (%)	PB (%)	PB (kg/ha)
G	Maíz	19548	13.22	2580	92.69 a	17.48 a	449 a
G+T	Maíz	24062	15.66	3789	27.65 b	10.78 b	403 a
M	Maíz	25833	13.32	3430	2.95 c	8.42 b	290 b
Significación		NS	NS	NS	**	**	**
MDS		-	-	-	15.43	2.83	72
Maíz	G cos	54761	38.76 ab	21184	-	3.50	742
	B	45266	36.49 b	16382	-	4.14	675
	G+T	56532	37.13 b	20870	-	4.23	882
	M	46254	40.62 a	18777	-	3.77	707
	Significación	NS	**	NS	-	NS	NS
MDS		-	1.65	-	-	-	-
ROTACIÓN							
	G cos/Maíz	74309 a	-	23764 a	-	-	1191 ab
	B/Maíz	45266 b	-	16382 b	-	-	675 c
	G+T/Maíz	80594 a	-	24659 a	-	-	1285 a
	M/Maíz	72087 a	-	22206 a	-	-	997 b
Significación		**		**			**
MDS		11521		3511			195

RMS: Rendimiento da materia seca; PB: Proteína bruta CP: Cultivo precedente; G cos: Guisante cosechado; B: Barbecho; G+T: Guisante-Triticale; M: Mezcla raigrás leguminosas. Diferencias significativas: p>99% **, p>95% *; diferencias no significativas: NS. MDS: Mínima diferencia significativa ($\square=0.05$).

Tabla 4. Producción y calidad de la rotación de A Baña (A Coruña).

CULTIVO	CP	Producción (kg/ha)	M.seca (%)	RMS (kg/ha)	Leg (%)	PB (%)	PB (kg/ha)
G	Maíz	24294	14.96 b	3638	100.00 a	16.84 a	611 a
G+T	Maíz	23539	16.51 a	3866	72.64 b	14.21 b	549 a
M	Maíz	17149	14.88 b	2541	33.56 c	8.49 c	209 b
Significación		NS	*	NS	**	**	**
MDS		-	1.06	-	19.15	1.77	117
Maíz	G ent	28142 ab	34.42 a	9701 a	-	4.87	477 ab
	B	38579 a	30.34 b	11710 a	-	5.43	635 a
	G+T	23476 b	31.03 b	7319 ab	-	4.49	330 bc
	M	15422 b	29.67 b	4597 b	-	4.45	197 c
	Significación	*	**	*	-	NS	*
MDS		10080	1.90	3474	-	-	187
ROTACIÓN							
	G ent/Maíz	28142 b	-	9701	-	-	477 b
	B/Maíz	38579 ab	-	11710	-	-	635 b
	G+T/Maíz	47015 a	-	11185	-	-	879 a
	M/Maíz	32571 ab	-	7138	-	-	406 b
Significación		*		NS			**
MDS		10601		-			186

RMS: Rendimiento da materia seca; PB: Proteína bruta; CP: Cultivo precedente; G ent: Guisante enterrado; B: Barbecho; G+T: Guisante-Triticale; M: Mezcla raigrás leguminosas. Diferencias significativas: p>99% **, p>95% *; diferencias no significativas: NS. MDS: Mínima diferencia significativa ($\square=0.05$).

Considerando la rotación, la de guisante con triticale con maíz forrajero fue la que presentó las mayores producciones de materia seca en las parcelas de Paderne (18026kg/ha) y Arzúa (24659 kg/ha), pero con diferencias significativas sólo con la rotación de barbecho con maíz forrajero (12941 y 16382 kg/ha en Paderne y Arzúa respectivamente). En las tres localizaciones se hallaron diferencias significativas entre las rotaciones para la producción de proteína bruta, con la mayor producción en la rotación de guisante-triticale con maíz forrajero, lo que aporta un mayor valor nutritivo al forraje. Las rotaciones de guisante (enterrado o cosechado) con maíz o mezcla raigrás/leguminosas con maíz tuvieron un comportamiento semejante. La rotación barbecho seguida de maíz, excepto en A Baña, fue la que tuvo un menor aprovechamiento, por tener en general las menores producciones de materia seca y proteína bruta, 12941 kg/ha de RMS y 469 kg/ha de PB en Paderne y 16382 kg/ha RMS y 675 kg/ha PB en Arzúa.

CONCLUSIONES

En resumen podemos decir que el introducir un cultivo invernal con leguminosa (enterrado o cosechado) en rotación con maíz forrajero incrementó la productividad y la rotación guisante con triticale/maíz forrajero fue la que aportó de manera significativa una mayor cantidad de proteínas a la alimentación del ganado. Además estos cultivos presentan beneficios ambientales por minimización del impacto del nitrógeno sobre la calidad del agua (lixiviación de nitratos) y del aire (emisiones de óxido nitroso) al interceptar el posible nitrógeno residual tras el cultivo del maíz y por necesitar menos aporte de nitrógeno en su desarrollo y en el desarrollo del cultivo posterior ya que influye en él favorablemente mediante la mineralización del nitrógeno orgánico incorporado al suelo a través de las raíces y/o hojas y tallos.

AGRADECIMIENTOS

A la Unión Europea y a la Xunta de Galicia por la financiación del Proyecto FEADER 2012/31 “Elaboración de tablas y de programa online de recomendación de fertilización nitrogenada en las rotaciones forrajeras de las explotaciones lecheras gallegas en función del aporte de nitrógeno por el suelo” que la Cooperativa Agraria Provincial de A Coruña desarrolló en cooperación con el CIAM y a M^a José Bermúdez y M^a José Casal por los análisis realizados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COOPERATIVA AGRARIA PROVINCIAL DE A CORUÑA S.C. (2010) Asesoramento técnico-económico en explotacións de vacún de leite. IV Xornadas Técnicas. Cooperativa Agraria Provincial de A Coruña-INGACAL, Abegondo.
- FLORES G., DÍAZ N., VALLADARES J., FERNÁNDEZ B., GONZÁLEZ A., BANDE M.J., PEREIRA S., RESCH C, RODRÍGUEZ X. Y PIÑEIRO J. (2011) Leguminosas anuais en asociación con raigrás italiano como cultivo invernal nas rotacións forraxeiras intensives. *Afriga*, 94, 86-98.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (2013) *Anuario de estadística 2009*. Madrid, España: Secretaría General Técnica.
- SINEIRO F. Y VÁZQUEZ I. (2014) A produción de leite en Galicia nunha Europa sen cotas. En: *Unha ollada cara ao futuro. XII xornadas técnicas de vacún de leite*, pp 74-81. Lugo, España: Seragro Sociedade Cooperativa Galega.

PRODUCCIÓN, CONCENTRACION Y PERFIL DE GLUCOSINOLATOS DE *Brassica carinata* Y *Brassica juncea* CULTIVADAS EN LA DEHESA

YIELD, GLUCOSINOLATE PROFILE AND CONCENTRATION OF *Brassica carinata* AND *Brassica juncea* CROPPED IN DEHESA

P. FERNÁNDEZ REBOLLO¹, M.D. CARBONERO MUÑOZ², J.R. LEAL MURILLO¹, A.M. GARCÍA MORENO³, P. RIOS CASTAÑO⁴, M.E. SÁNCHEZ⁴, S. OBREGÓN⁵ Y A. DE HARO BAILÓN⁵

¹Dpto. de Ingeniería Forestal. ETSIAM. Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales. 14071 Córdoba (España).

ir1ferep@uco.es. ²Área de Producción Agraria. IFAPA. Centro Hinojosa del Duque. Junta de Andalucía. Córdoba (España).

³Área de Producción Ecológica y Recursos Naturales. IFAPA. Centro Alameda del Obispo. Córdoba (España). ⁴Dpto. de

Agronomía. ETSIAM. Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales. 14071 Córdoba (España). ⁵Instituto de Agricultura Sostenible. CSIC. Córdoba (España).

RESUMEN

La podredumbre radical causada por *Phytophthora cinnamomi* Rands es la principal enfermedad a la que se enfrenta el arbolado de las dehesas. Su erradicación es difícil y los esfuerzos deben centrarse en evitar su expansión. Los cultivos de plantas biofumigantes pueden ayudar en esta labor al afectar a la infectividad del patógeno. En este trabajo se analiza la producción, la concentración y el perfil de glucosinolatos (en la parte aérea y en plena floración) de dos genotipos de *B. carinata* A. Braun y dos de *B. juncea* L., seleccionadas por su alto contenido en glucosinolatos y su adaptación a la campiña mediterránea, cuando se cultivan en la dehesa. Los genotipos de *B. carinata* y *B. juncea* ensayados han mostrado una producción variable en la dehesa: bajas el primer año de ensayo por un escaso establecimiento inicial y mayores el segundo. Tanto en la campiña como en la dehesa, el glucosinato predominante en los genotipos de las dos especies ha sido 2-propenyl glucosinato. No obstante, la concentración de glucosinolatos ha sido baja en la dehesa en relación a la alcanzada en la campiña. Los resultados obtenidos hasta ahora sugieren una mejor adaptación de *B. juncea* como planta biofumigante en la dehesa.

Palabras clave: crucíferas, podredumbre radical, *Phytophthora cinnamomi*, 2-propenyl glucosinato.

SUMMARY

The root rot caused by *Phytophthora cinnamomi* is the main disease that affects oaks in *dehesa* system. The eradication of root rot is difficult and efforts should be focused on preventing its spread to other areas. Biofumigant crops can be considered as a control measure, due to its ability to reduce the infectivity of the pathogen. In this paper we compared yield, glucosinolate profile and concentration of two genotypes of *Brassica carinata* A. Braun, and *Brassica juncea* L., cropped in *dehesa* vs lowland. The genotypes of both species tested have shown a variable yield in *dehesa*. Production was low the first year, due to a lack of initial plant establishment but was high the second year. In both areas, 2-propenyl glucosinolate was the main glucosinolate in aerial plant tissues. However, glucosinolate concentration was lower in *dehesa* crops. The results point out that *B. juncea* could play a better role as a biofumigant plant in *dehesa*.

Key words: crucifers, root rot, *Phytophthora cinnamomi*, 2-propenyl glucosinato.

INTRODUCCIÓN

El oomiceto *Phytophthora cinnamomi* Rands causa podredumbre radical en muchas especies leñosas entre las que se encuentra la encina y el alcornoque y es considerado el principal responsable de la pérdida de arbolado en muchas dehesas del suroeste de la Península Ibérica (Sánchez *et al.*, 2003). Numerosas características convierten a *P. cinnamomi* en un patógeno difícil de controlar: amplio número de huéspedes; capacidad para sobrevivir en plantas asintomáticas; elevada longevidad de las estructuras de resistencia (clamidosporas) en ausencia de plantas huéspedes; capacidad para invadir el perfil del suelo hasta profundidades considerables y una rápida capacidad de diseminación en suelos mal drenados o encharcados. De acuerdo a la naturaleza del patosistema *Quercus/Phytophthora*, el control de este patógeno pasa por la integración de medidas culturales, biológicas y químicas que disminuyan su densidad y multiplicación y eviten su propagación. Así, las líneas de trabajo abordadas se han centrado en evaluar los efectos del ácido fosforoso, usualmente aplicado al árbol mediante inyecciones presurizadas, y de fertilizantes cálcicos. El cultivo en la dehesa de plantas con poder biofumigante para ser enterradas en verde antes de plena floración, puede ser una actuación más a considerar en la estrategia de control de la podredumbre radical. En ensayos realizados en condiciones controladas, diversas especies de la familia Brassicaceae, entre las que se encuentran *Brassica carinata* A. Braun y *Brassica juncea* L, han ofrecido resultados positivos en el control de distintos patógenos de suelo, como *Phytophthora cactorum* (Lebert y Cohn), *Verticillium dahliae* Kleb (Romero *et al.*, 2008), o *P. cinnamomi* (Ríos *et al.*, 2014). Sin embargo, para su utilización eficaz se precisa evaluar la adaptación de estas especies a las condiciones edafoclimáticas de las dehesas. En este contexto, el objetivo de este trabajo ha sido evaluar la producción, la concentración y el perfil de glucosinolatos de dos genotipos de *B. carinata* y *B. juncea* seleccionadas por su alto contenido en glucosinolatos y su adaptación a la campiña mediterránea cuando se cultivan en la dehesa.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los ensayos se han realizado en dos parcelas experimentales ubicadas en la provincia de Córdoba: una en el IFAPA de Hinojosa del Duque (38° 29'50'' N; 5° 6'56'' O), y otra en el Instituto de Agricultura Sostenible del CSIC de Córdoba (IAS) (37° 21'30'' N; 4° 47'56'' O). Las condiciones meteorológicas durante los dos años de ensayo se presentan en la tabla 1. El suelo de la parcela del IFAPA de Hinojosa del Duque proviene de granitos y otras rocas

intrusivas de grano grueso, con una textura arenosa, pH de 5,5 y C.I.C. de 5 meq/100g, mientras que el suelo de la parcela del IAS proveniente de sedimentos terciarios calizos, presenta una textura franca, pH de 7,8 y C.I.C. de 19 meq/100g.

Se ensayaron dos genotipos de *Brassica carinata* (Bc11-03 y Bc11-06) y dos de *Brassica juncea* (Bj11-04 y Bj11-05) considerándose una dosis de siembra de 150 semillas/m². Las parcelas elementales tenían unas dimensiones de 3 m x 2 m y el diseño del experimento fue factorial en bloques al azar con tres repeticiones por cultivo. Las labores de preparación del cultivo consistieron en dos pases cruzados con grada de discos, realizándose la siembra de forma manual a mediados de noviembre en la parcela del IFAPA y a principios de diciembre en la parcela del IAS.

Cuando se alcanzó el estadio de plena floración (50% de las flores de la inflorescencia principal abierta), se contaron las plantas establecidas en cada parcela y se cosechó la parte aérea de tres plantas por parcela, evaluándose su peso seco tras permanecer en estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 horas. A partir de la densidad de plantas y el peso seco medio de las plantas cosechadas se calculó la producción de cada parcela (kg MS ha⁻¹). Además, se cosecharon tres plantas (una de cada parcela elemental) que se congelaron a -80 °C, se liofilizaron y se molieron de forma conjunta para la determinación posterior de glucosinolatos (GLS). La muestra (100 mg de materia seca) se sometió a una doble extracción con metanol-agua a 75 °C al objeto de inactivar la enzima mirosinasa. El proceso seguido puede consultarse en Font *et al.* (2005). Se ha utilizado como patrón interno la glucotropolina (benzylglucosinolato), añadiendo 200 µl de una solución 10mM. Los GLS se analizaron mediante cromatografía líquida con HPLC (Waters, modelo 6000), equipado con un detector de absorbancia (modelo 486 UV) a una longitud de onda de 229 nm. La separación fue realizada con una columna del tipo Lichrocart 125-4 con relleno de Lichrospher 100 RP-18 y un tamaño de partícula de 5 micras. La identificación de los distintos GSL fue establecida por comparación con tres patrones de referencia certificados (CRMs 366,190 y 367), siguiendo las recomendaciones de la Unión Europea. El contenido de cada GLS individual presente en la muestra se calculó a partir del patrón interno y se expresó como µmol g⁻¹ de materia seca. El contenido total de GLS fue calculado como suma de los contenidos individuales. En este trabajo se presentan los resultados de los análisis de GLS del primer año, pues se están procesando los del segundo año.

En cada parcela, la producción (kg MS ha⁻¹) cosechada cada año se comparó mediante el test de Kruskal-Wallis considerándose como factor la especie/genotipo. Además, para cada especie/genotipo se comparó la producción entre años y entre parcelas utilizando el test de Mann-Whitney. Los análisis fueron realizados con el programa Statistica 8.

Tabla 1. Temperaturas media, media de las máximas y mínimas (°C) y precipitación (mm), registradas a lo largo de los ensayos (2012/13 y 2013/14) en la estación agroclimática del IFAPA de Hinojosa del Duque (Córdoba) y Córdoba.

		Meses							
Año		Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
IFAPA (Hinojosa del Duque, Córdoba)									
2012/13	Tª máxima	21,5	14,4	11,3	10,8	11,9	13,9	19,0	22,0
	Tª media	15,0	9,9	5,6	5,7	6,1	9,2	12,5	15,0
	Tª mínima	8,7	5,5	0,7	1,1	0,2	5,0	5,5	7,4
	Precipitación	33,2	129,4	30,6	45,2	35,8	151,8	23,5	47,0
2013/14	Tª máxima	23,2	14,5	13,2	12,1	11,9	16,5	21,7	26,1
	Tª media	16,3	7,9	5,7	7,6	7,6	9,7	14,7	18,5
	Tª mínima	9,6	1,7	-0,7	2,8	2,9	2,7	7,3	9,3
	Precipitación	107,0	4,2	54,0	44,1	72,5	24,3	25,2	16,3
Córdoba									
2012/13	Tª máxima	24,3	17,8	14,8	14,5	14,9	16,8	22,3	25,3
	Tª media	18,0	13,1	8,8	8,7	8,9	12,1	15,7	18,1
	Tª mínima	13,2	9,2	4,5	4,2	3,3	8,3	9,7	10,8
	Precipitación	72,6	207,2	19,4	61,8	87,4	266,4	51,2	12,2
2013/14	Tª máxima	25,8	17,9	15,7	14,7	15,0	20,0	24,6	28,7
	Tª media	18,6	10,1	7,5	8,6	10,1	12,7	17,4	20,7
	Tª mínima	12,7	3,2	1,3	3,4	5,3	6,3	10,7	12,1
	Precipitación	29,0	10,4	84,2	103,6	108,2	30,6	52,6	9,4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de las distintas especies/genotipos obtenida cada año y en cada parcela se presenta en la tabla 2. Las producciones conseguidas en la parcela de la campiña cordobesa han sido mayores que las registradas en la parcela del norte de Córdoba, situada en terrenos característicos de dehesa. La producción media en la parcela de la campiña se sitúa en 15 286

kg MS ha⁻¹, mientras que en la parcela de la dehesa alcanza los 2 162 kg MS ha⁻¹, es decir un 14% de la producción cosechada en la campiña. Las condiciones edáficas de la campiña, con suelos de mayor pH y fertilidad que los de las dehesas, pueden explicar las diferencias observadas en producción. Asimismo, los análisis de cobertura y composición de adventicias que se están realizando (Fernández-Rebollo *et al.*, 2014), sugieren que la competencia entre la flora herbácea y el cultivo es mayor en la dehesa que en la campiña, en donde la recurrencia de las labores y los tratamientos herbicidas han disminuido la densidad y han simplificado la composición de la flora.

En la parcela del IFAPA, la producción del segundo año de todas las especies/líneas ha sido significativamente superior a la cosechada el primer año. Así, la producción media en el año 2013 fue de 282 kg MS ha⁻¹, mientras que en el año 2014 se alcanzó 4 041 kg MS ha⁻¹. Estas diferencias pueden ser explicadas por las distintas condiciones meteorológicas en ambos años. El año 2013 se caracterizó por una abundante precipitación, especialmente en el mes de noviembre cuando se realizó la siembra, lo que dificultó el establecimiento inicial de los cultivos (Fernández-Rebollo *et al.*, 2014). Además, las heladas se extendieron hasta bien entrado el mes de marzo (Tabla 1), pudiendo haber limitado su desarrollo. De hecho, algunos individuos del genotipo Bc11-06 de *B. carinata* y Bj11-05 de *B. juncea*, mostraron daños por heladas. En cambio, en el segundo año la precipitación fue algo menor y, aunque octubre fue un mes lluvioso, noviembre (el mes en el que se realizó la siembra) fue seco, registrándose tan sólo 4,2 mm de lluvia. Esta situación ha posibilitado un mejor establecimiento inicial y el invierno menos riguroso ha permitido un mayor desarrollo del cultivo.

A diferencia de lo ocurrido en la parcela de Hinojosa del Duque, la producción del segundo año en la campiña ha sido similar a la del primero para el genotipo Bc11-03 de *B. carinata* y el Bj11-05 de *B. juncea*. Los otros dos genotipos han visto disminuir su producción de forma significativa el segundo año. El año 2013 fue también lluvioso en esta zona, e incluso la precipitación registrada en noviembre llegó a ser más alta que la de Hinojosa del Duque, pero el retraso de la fecha de siembra hasta el mes de diciembre, poco lluvioso, puede explicar las elevadas producciones por un buen establecimiento. En el año 2014, en los meses posteriores a la siembra (diciembre, enero y febrero) las lluvias fueron copiosas, lo que pudo afectar al establecimiento de algunas de las líneas.

En la parcela del IFAPA, los genotipos de *B. juncea* han alcanzado mayor producción que los de *B. carinata*. El genotipo Bc11-06 de *B. carinata* ha mostrado una escasa

adecuación a las condiciones de la dehesa del norte de Córdoba, con una producción media baja (336 kg MS ha⁻¹). En cambio en la parcela del IAS, aunque todas las especies y genotipos muestran una buena adecuación, son las líneas de *B. carinata* las que han conseguido las mayores producciones.

Tabla 2. Producción media y error estándar (kg MS ha⁻¹) de los genotipos de *Brassica carinata* (Bc11-03 y Bc11-06) y *Brassica juncea* (Bj11-04 y Bj11-05) cultivadas en IFAPA (Hinojosa del Duque, Córdoba) y en IAS (Córdoba) en dos años. En cada fila, letras distintas indican diferencias significativas entre especies/genotipos ($p < 0.05$) según el test de Kruskal-Wallis.

Año	Parcela	Bc11-03		Bc11-06		Bj11-04		Bj11-05	
		Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
2013	IFAPA	219,6 ab	34,9	5,1 a	2,0	695,1 b	225,9	207,9 ab	30,9
	IAS	17456,0 a	2269,1	23827,0 a	2807,3	25484,0 a	3508,0	8107,1 a	749,2
2014	IFAPA	3622,7 a	2429,0	666,6 b	263,4	4960,2 a	444,5	6916,4 a	604,0
	IAS	14885,0 a	1926,9	11805,0 a	2965,2	8235,2 a	1655,2	12487,0 a	2646,1

La figura 1 muestra la concentración de GLS en la parte aérea de las distintas especies/genotipos correspondientes a la campaña del 2013 en cada parcela.

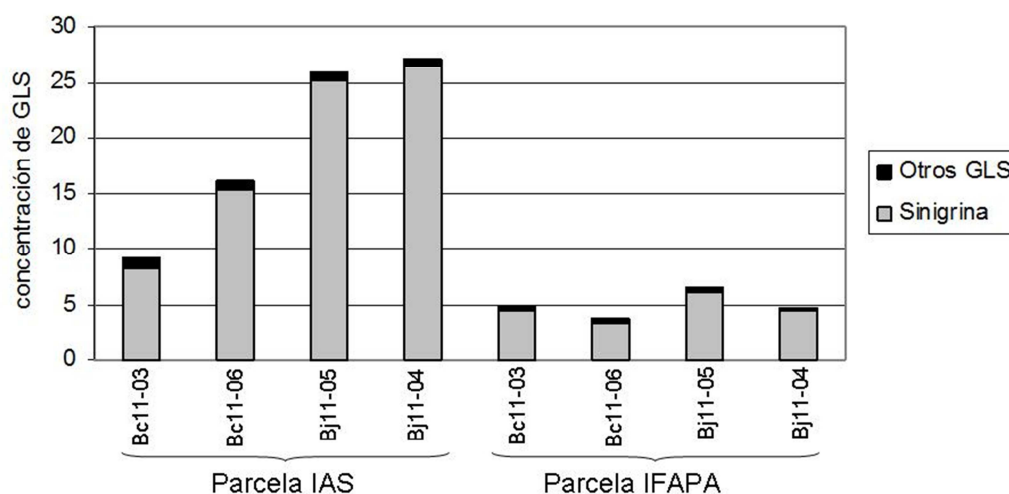


Figura 1. Concentración ($\mu\text{mol g}^{-1}$ de materia seca) de Sinigrina (2-Propenyl glucosinolato) y otros glucosinolatos (GLS) presentes en partes verdes de los genotipos de *Brassica carinata* (Bc11-03 y Bc11-06) *Brassica juncea* (Bj11-04 y Bj11-05) en cada parcela de cultivo. Los valores corresponden al año 2013.

En ambas especies, la sinigrina (2-propenyl glucosinolato) es el GLS predominante. El resto de GLS, aunque minoritarios, pertenecen también al grupo alifático, entre los que destacan la progoitrina (R-2-hydroxy-3-butenyl glucosinolato), gluconapina (3-butenyl glucosinolato) y la glucobrassicinapina (4-pentenyl glucosinolato). Ríos *et al.* (2014) han demostrado que las especies con un alto contenido en sinigrina tienen la capacidad de disminuir la infectividad de *P. cinnamomi* tras ser enterradas en verde y mezcladas con el suelo, reduciendo los síntomas de la enfermedad *in planta*. Sin embargo, otras especies con un perfil de glucosinolatos alifáticos o aromáticos pero sin sinigrina no resultaron efectivas frente a *P. cinnamomi*. La concentración de sinigrina ha sido mayor en los cultivos realizados en la campiña frente a los de la dehesa. En la parcela del IAS, *B. juncea* presentó mayores concentraciones de sinigrina que *B. carinata*. En cambio, en la parcela del IFAPA las diferencias en la concentración de GLS entre especies no son tan evidentes.

CONCLUSIONES

Los genotipos de *B. carinata* y *B. juncea* ensayados han mostrado una producción variable en la dehesa: bajas el primer año por un escaso establecimiento inicial y mayores el segundo. Las producciones son menores que las que se alcanzan en la campiña. Considerando los resultados del primer año, la concentración de GLS en la parte aérea de las plantas y en el estadio de plena floración ha sido baja en relación a la alcanzada en la campiña. En ambas zonas la sinigrina es el GLS predominante. Los resultados obtenidos hasta ahora sugieren una mejor adaptación de algunos genotipos de *B. juncea* como planta biofumigante en la dehesa.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el proyecto andaluz BRASPHEN (P 2010-AGR-6501). El contrato de M.D. Carbonero está financiado por el programa operativo FSE de Andalucía (2007-2013).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FERNÁNDEZ-REBOLLO P., CARBONERO M.D., LEAL J.R., GARCÍA A.M., RÍOS P., SÁNCHEZ M.E., OBREGÓN S. Y DE HARO A. (2014) Capacidad de competencia de líneas de *Brassica carinata*, *Brassica juncea* y *Sinapis alba* seleccionadas por su poder biofumigante en cultivos en dehesa. En: Busqué J. *et al.* (Eds). Pastos y PAC 2014-2020, pp 169-176. Potes, Cantabria, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

- FONT R., DEL RÍO M., CARTEA E. Y DE HARO A. (2005) Quantification of glucosinolates in leaves of leaf rape (*Brassica napus* var. pabularia) by near infrared spectroscopy. *Phytochem* **66**,175-185.
- RÍOS P., OBREGÓN S., DE HARO A. Y SÁNCHEZ M.E. (2014) Screening of potential biofumigant plants against *Quercus* root rot caused by *Phytophthora cinnamomi*. IOBC/WPRS bulletin **101**, 125-132.
- ROMERO E., ZURERA C., PORRAS M., BARRAU C. Y ROMERO F. (2008) Evaluación del poder biofumigante de *Brassica* spp. para el control de *Phytophthora cactorum* y *Verticillium dahliae*. XIV Congreso Sociedad Española de Fitopatología. Lugo, España.
- SÁNCHEZ M.E., SÁNCHEZ J.E., NAVARRO R.M., FERNÁNDEZ P. Y TRAPERO A. (2003) Incidencia de la podredumbre radical causada por *Phytophthora cinnamomi* en masas de *Quercus* en Andalucía. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, **29**, 87-108.

INFLUENCIA DEL GENOTIPO Y LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DEL SORGO FORRAJERO EN LA ZONA COSTERA DE GALICIA

INFLUENCE OF GENOTYPE AND SOWING DENSITY ON YIELD AND NUTRITIONAL VALUE OF FORAGE SORGHUM IN THE COASTAL OF GALICIA

M.J. BANDE-CASTRO¹, C. RESCH¹ Y M. QUINTELA²

¹Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM), Instituto Galego de Calidade Alimentaria (INGACAL), Apartado 10, 15080 A Coruña (España) mariabande@ciam.es. ²Progando S.L. Polígono Industrial de Sabón, Parcela 106 A, 15142 Arteixo, A Coruña (España).

RESUMEN

Se han ensayado dos variedades comerciales de sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) 'Ascoli' y 'Alfa', con el objetivo de evaluar el rendimiento y la calidad del forraje en las condiciones de secanos húmedos de la zona costera de Galicia. El ensayo se realizó en la finca del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (A Coruña), utilizando un diseño experimental de bloques al azar con ocho repeticiones y cuatro tratamientos (dos variedades y dos dosis de siembra). Se ha determinado el rendimiento, la composición y el valor nutritivo del forraje. No se han observado diferencias significativas en la producción obteniéndose de media 6.387 kg MS/ha. La variedad 'Ascoli' ha mostrado, tanto en densidad alta como baja, valores inferiores en el contenido en Fibra Acido Detergente, Fibra Neutro Detergente y Carbohidratos solubles en Agua; mientras que en almidón su contenido ha sido mayor. Las dos variedades estudiadas no mostraron diferencias significativas en cuanto a la digestibilidad *in vivo* e ingestibilidad. Desde el punto de vista nutricional, se concluyó que ambas variedades mostraron un buen potencial para su uso en la alimentación animal.

Palabras clave: producción, calidad, *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

SUMMARY

Were tested two commercial varieties of forage sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) 'Ascoli' and 'Alfa', with the aim of evaluating their yield and quality of forage in wet conditions dry lands of the coastal area of Galicia. The experiment was conducted on the Investigations Agricultural Center of Mabegondo (A Coruña), a randomized block design with eight replications and four treatments (two varieties and two seeding) was used. Yield, bromatologic composition and nutritive value were determined for each single plot. There has not been observed any significant difference among varieties for yield. The average yield was 8007 kg DM/ha. The variety 'Ascoli' has shown low values in the ADF, NDF and CSA content; while starch content was higher. The two cultivars did not differ in terms of *in vivo* digestibility. We concluded that both varieties showed a great potential for their use in animal feeding.

Key-words: forage yield, quality, *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del sector productor de vacuno de leche en Galicia se ha caracterizado, en las últimas décadas, por la concentración de la producción en un menor número de comarcas y explotaciones, cada vez más especializadas. La evolución del modelo productivo lácteo gallego en los últimos años estuvo marcada por un incremento de la dependencia del suministro de inputs alimentarios del exterior, atenuada por una mayor intensificación forrajera de la Superficie Agraria Útil (SAU) disponible, por la mejora genética del ganado vacuno lechero y por un manejo más eficiente en la gestión de la explotación (Flores *et al.*, 2011).

El maíz forrajero ha sido el principal cultivo de verano elegido para ensilado en las explotaciones lecheras de Galicia durante mucho tiempo, así los datos obtenidos por Fernández-Lorenzo *et al.* (2009) muestran que la intensificación productiva de las explotaciones gallegas se vio acompañada de una mayor ocupación de la SAU por el cultivo del maíz forrajero para ensilar. Sin embargo, para que el maíz tenga un alto valor nutricional debe producir grandes cantidades de grano y, en períodos de sequía la producción de grano puede ser muy limitada (Bean y Marsalis, 2012). Como el cultivo de maíz en Galicia se realiza en secano y no siempre puede expresar todo su potencial productivo, sobre todo, debido a problemas edáficos y/o climáticos; se puede usar el sorgo forrajero híbrido dada su mayor tolerancia a la sequía y mejor adaptación a suelos con menor fertilidad, como una buena alternativa al maíz forrajero posibilitando la obtención de una cosecha en esas zonas en ese período.

Por otro lado, la nueva política agrícola común (PAC) contempla la posibilidad de que las explotaciones obtengan un pago para prácticas agrícolas beneficiosas para el clima y el medio ambiente. Para percibir este pago, en el caso de Galicia, los agricultores deberán llevar a cabo una diversificación de cultivos en el período de primavera (entre mayo y septiembre) que consistirá en cultivar, al menos, dos cultivos diferentes cuando la tierra de cultivo de la explotación cubra entre 10 y 30 hectáreas; y al menos, tres cultivos si cubre más de 30 hectáreas. Se exigirá que el cultivo se encuentre en el recinto durante dos meses consecutivos de los indicados. El sorgo puede ser un cultivo, de verano, fundamental para cumplir dicha diversificación y convertirse en una alternativa para mejorar los ingresos de los agricultores.

La capacidad productiva del sorgo es mucho menor de la que tiene el maíz, y desde el punto de vista de su valor nutritivo, el sorgo es un alimento menos energético que el maíz.

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

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

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento y la calidad de dos variedades de sorgo con dos densidades de siembra diferentes, en siembras tardías, en las condiciones de secanos húmedos de la zona costera de Galicia.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante el año 2013, en la finca del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (A Coruña), situada en la zona costera, aunque el ensayo se realizó en condiciones de secano. La finca posee un clima atlántico y tiene una altitud sobre el nivel del mar de 100 metros. El cultivo precedente fue una mezcla de raigrás italiano con leguminosas anuales. Las características de fertilidad del suelo eran: porcentaje de saturación de aluminio de 20,9, contenido en P (Olsen) de 22 ppm y contenido en K (nitrato amónico) de 214 ppm, con un pH de 5,3. Son suelos profundos y sin pedregosidad en el perfil. La temperatura media durante el período de cultivo fue de 18,5°C y la precipitación total acumulada de 146,6 mm.

Las dos variedades escogidas ('Ascoli' y 'Alfa') para realizar el ensayo han sido las que resultaron más apropiadas en un estudio de evaluación de variedades comerciales de sorgo forrajero llevado a cabo en el CIAM con anterioridad (Resch *et al.*, 2013; Bande *et al.*, 2013). El diseño experimental fue de bloques al azar con ocho repeticiones y cuatro tratamientos (dos variedades y dos dosis de siembra), es decir, 32 parcelas elementales. La parcela elemental consistió en dieciséis líneas de cultivo de 20 m de longitud separadas 0,75 m (240 m²).

El laboreo consistió en el alzado del suelo con arado de vertedera seguido de dos pases cruzados de grada de discos. A continuación, se aplicó una fertilización por hectárea de 120 UF de N, 120 UF de P₂O₅ y 250 UF de K₂O aplicada en fondo en forma de (15-15-15 y KCl)

y 69 UF de N en cobertera. La siembra se realizó el 25 de junio con dos dosis de siembra, 155.000 semillas/ha (densidad baja) y 217.000 semillas/ha (densidad alta).

El 21 de octubre se cosecharon los 18 m centrales (94,5 m²), de las ocho líneas centrales, de cada parcela elemental, cortando a 8 cm del suelo, con una cosechadora picadora de forraje Wintersteiger Cibus S. El estado fenológico de las plantas era de grano pastoso y/o lechoso-pastoso (momento óptimo de cosecha para ensilar). La muestra fue pesada directamente en campo por la cosechadora y, por cuarteos sucesivos, se tomó una alícuota de 1 kg aproximadamente, que se envió al laboratorio para las diferentes determinaciones.

Se determinó la materia seca (MS) en estufa de aire forzado Unitherm, a 80° C durante 16 h (Castro, 1996) para calcular la producción de forraje. Posteriormente, se molieron las muestras a 1 mm en molino de martillos Christy and Norris para la realización de las restantes determinaciones por vía húmeda. Se determinó el contenido de proteína bruta (PB), expresada como nitrógeno (N) total x 6,25, 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 AAIII (Bran-Luebbe, Inc., Technicon Industrial Systems Corp., Tarrytown, NY, EEUU); el de fibra ácido detergente (FAD) y neutro detergente (FND) según Goering y Van Soest (1970), determinadas en un digestor Fibertec (Foss Tecator AB, Suecia) y el de carbohidratos no estructurales (CNET) y solubles en agua (CSA), según Castro (2000). El almidón se determinó mediante el método polarimétrico. Todos los parámetros se refirieron a materia seca. Para la determinación de la digestibilidad *in vivo* e ingestibilidad se siguió el método descrito por Flores (2004).

El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA y la separación de medias se efectuó mediante el test de diferencias mínimas significativas (DMS), utilizando el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS v.8a (SAS Institute, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se exponen, para las dos variedades de sorgo y las dos densidades de siembra, los valores del rendimiento y la calidad del forraje obtenido.

Tabla 1. Rendimiento y calidad para las dos variedades y dos densidades de siembra.

Variedad	Densidad	Producción (kg MS/ha)	MO	PB	FAD	FND	CSA	CNET	ALMIDÓN
Ascoli	Alta	8782	a 95,8	a 10,7	b 23,3	b 45,6	b 3,7	a 16,3	a 31,0
Alfa	Alta	7101	a 95,1	c 11,2	ab 27,7	a 52,7	a 9,7	a 21,9	b 15,9
Ascoli	Baja	5040	b 95,5	b 11,5	a 21,6	b 43,3	b 3,0	a 16,1	a 33,5
Alfa	Baja	4626	b 94,8	c 11,8	a 29,0	a 52,7	a 8,6	a 21,7	b 17,1
Media		6387	95,30	11,31	25,42	48,58	6,23	19,00	24,34
CV		35,6	0,13	2,23	4,18	2,05	7,42	12,77	8,83
p		**	**	n.s.	**	**	***	n.s.	**

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); CV: Coeficiente de variación; ***: $p < 0,001$; **: $p < 0,01$; *: $p < 0,05$; n.s.: $p > 0,05$. Las cifras seguidas de igual letra dentro de cada columna no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

El menor rendimiento obtenido en ambas variedades con la densidad de siembra baja podría deberse a la nascencia no homogénea del cultivo observada en estas parcelas. Podemos afirmar esto, porque el año anterior con la misma densidad de siembra (Baja), misma localidad y mismas variedades, los resultados alcanzados (Resch *et al.*, 2013) (Ascoli 7978 kg MS/ha y Alfa 8170 kg MS/ha) no se diferenciaron significativamente de los logrados con la dosis alta del presente ensayo; ni tampoco difirieron de los obtenidos en otra localidad (A Pobra de Brollón (centro sur de Lugo)) con esta dosis de siembra (Baja) este año (Ascoli 7906 kg MS/ha y Alfa 8104 kg MS/ha). Por ello, haciendo el promedio de los seis valores, la producción media fue de 8007 kg MS/ha.

En cuanto a la composición del forraje, cabe destacar las diferencias observadas entre variedades en el contenido en FAD, FND y CSA, donde 'Ascoli' ha mostrado, tanto en densidad alta como baja, valores inferiores a 'Alfa'; mientras que en almidón el contenido ha sido mayor. Estas diferencias pueden deberse a la madurez fisiológica de las plantas en el momento de la cosecha, estando la variedad 'Ascoli' más adelantada; pues cosechar en un estado más avanzado de crecimiento de la planta implica una disminución de la FND y de los CSA, lo que se atribuye a que el grano se llena con almidón (Ashbell y Weinberg, 2001). Asimismo, el estudio de Obeid *et al.* (2002) reveló diferencias en cuanto a valores de proteína y fibra probablemente atribuidas también al estado de madurez de la planta.

No se observaron diferencias significativas entre las dos variedades en digestibilidad *in vivo* ni en ingestibilidad (Tabla 2).

Tabla 2. Digestibilidad *in vivo* da materia seca (DMS) e ingestibilidad de la materia seca (IMS) de las dos variedades de sorgo forrajero ensayadas.

Variedad	DMS	IMS
Alfa	62,0	55,3
Ascoli	58,9	51,2
Media	60,4	53,3
CV	4,3	26,7
p	n.s.	n.s.

DMS: Digestibilidad de la materia seca (%), IMS: Ingestibilidad de la materia seca (%), CV: Coeficiente de variación; ***: $p < 0,001$; **: $p < 0,01$; *: $p < 0,05$; n.s.: $p > 0,05$. Las cifras seguidas de igual letra dentro de cada columna no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

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

CONCLUSIONES

No se han observado diferencias significativas en el rendimiento de las dos variedades. Sin embargo, la variedad ‘Ascoli’ ha mostrado, tanto en densidad alta como baja, valores inferiores en el contenido en Fibra Acido Detergente, Fibra Neutro Detergente y Carbohidratos solubles en Agua; mientras que en almidón su contenido ha sido mayor. Las dos variedades estudiadas no mostraron diferencias significativas en cuanto a la digestibilidad *in vivo* e ingestibilidad.

Desde el punto de vista nutricional se concluye que los valores encontrados en ambas variedades, en las condiciones del ensayo, son suficientes para atender una adecuada alimentación animal. Sin embargo, es necesario un mayor conocimiento de las características del cultivo y el potencial que ofrece en distintas localidades; lo cual aunado a un manejo adecuado del mismo, permitirá que el sorgo sea una buena opción en determinadas zonas con condiciones edáficas y/o climáticas limitantes donde el maíz no responde.

AGRADECIMIENTOS

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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHBELL G. Y WEINBERG Z.G. (2001) Ensilaje de cereales y cultivos forrajeros en el trópico. En: Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos (Ed.). *Estudio FAO producción y protección vegetal*, **161**, 111-120. Roma, Italia: FAO.
- BANDE-CASTRO M.J., RESCH C., PEREIRA-CRESPO S., FERNÁNDEZ-LORENZO B. Y FLORES G. (2013) Evaluación de variedades comerciales de sorgo forrajero en siembras tardías en la Galicia Atlántica II.-Composición química. En: Los Pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades (Ed.) *Actas de la LII Reunión Científica de la SEEP*, pp. 155-161. Badajoz, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- BEAN B. Y MARSALIS M. (2012) Corn and sorghum silage production considerations. High Plains Dairy Conference. Amarillo, Texas. A&M AgriLife Research and Extension.
- CASTRO P. (1996) Efecto de tres temperaturas de secado sobre la calidad de forrajes y heces. En: Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (Ed.) *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la SEEP*, pp. 365-368. La Rioja, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- CASTRO P. (2000) Determinación de carbohidratos no estructurales en forrajes. En: Consellería de Agricultura, Gandería e Política Agroalimentaria (Ed) *Actas de la III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes*, pp. 447-453. Santiago de Compostela, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- CASTRO P., GONZÁLEZ-QUINTELA A. Y PRADA-RODRÍGUEZ D. (1990) Determinación simultánea de nitrógeno y fósforo en muestras de pradera. En: Pastos (Ed.) *Actas de la XXX Reunión Científica de la SEEP*, pp. 200-207. San Sebastián, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- COLOMBO D., CROVETTO G.M., COLOMBINI S., GALASSI G. Y RAPETTI L. (2007) Nutritive value of different hybrids of sorghum forage determined in vitro. *Italian Journal of Animal Science*, **6**, 289-291.
- COLOMBINI S., GALASSI G., CROVETTO G. M. Y RAPETTI L. (2012) Milk production, nitrogen balance, and fiber digestibility prediction of corn, whole plant grain sorghum, and forage sorghum silages in the dairy cow. *Journal of Dairy Science*, **95**, 4457-4467.
- FERNÁNDEZ-LORENZO B., DAGNAC T., GONZÁLEZ-ARRÁEZ A., VALLADARES J., PEREIRA-CRESPO S. Y FLORES G. (2009) Sistema de rendimiento de leche en Galicia. Evolución y estado actual. *Pastos*, **39** (2), 251-294.
- FLORES G. (2004) Factores que afectan a la calidad del ensilaje de hierba y a la planta de maíz forrajero en Galicia y evaluación de métodos de laboratorio para la predicción de la digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica de estos forrajes ensilados. Tesis doctoral. pp. 233-234.
- FLORES G., FERNÁNDEZ-LORENZO B. Y RESCH C. (2011) Aumentar la base forrajera de las explotaciones lecheras, clave para garantizar para su futuro. *Vida Rural*, **322**, 27-32.
- GOERING H. Y VAN SOEST P. (1970) Forage fiber analyses (Apparatus, Reagents, Procedures and some applications). *Agriculture Handbook*, **379**, 20 pp. ARS, USDA, Washington, EEUU.
- GRANT R. J., HADDAD S.G., MOORE K.J. Y PEDERSEN J.F. (1995) Brown midrib sorghum silage for midlactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, **78**, 1970-1980.

- LUSK J.W., KARAU P.K., BALOGU D.O. Y GOURLEY L.M. (1984) Brown midrib sorghum or corn silage for milk production. *Journal of Dairy Science*, **67**, 1739-1744.
- OBEID J.A., PEREIRA O.G., CECON P.R., CÁNDIDO M.J.D. Y MIRANDA L.F. (2002) Sorghum hybrids cultivated under increasing fertilization levels. Yield, crude protein and vitro digestibility. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **31** (4), 1640-1647.
- OLIVER A.L., GRANT R.J., PEDERSEN J.F. Y O'REAR J. (2004) Comparison of brown midrib-6 and -18 forage sorghum with conventional sorghum and corn silage in diets of lactating cows. *Journal of Dairy Science*, **87**, 637-644.
- 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: Los Pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades (Ed.) *Actas de la LII Reunión Científica de la SEEP*, pp. 147-154. Badajoz, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- SAS INSTITUTE. (2000) *SAS/Stat User's Guide*, v.8.1, SAS Institute Inc., Cary, NC (EEUU).

LA INOCULACIÓN AÉREA CON HONGOS ENDOFÍTICOS AFECTA LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE *Lolium rigidum* Y *Trifolium subterraneum* EN CONDICIONES DE CAMPO

THE AERIAL INOCULATION WITH ENDOPHYTIC FUNGI AFFECTS THE BIOMASS YIELD AND NUTRITIVE VALUE OF *Lolium rigidum* AND *Trifolium subterraneum* UNDER FIELD CONDITIONS

O. SANTAMARÍA, S. LLEDÓ, S. RODRIGO Y M.J. POBLACIONES

Departamento de Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal (Univ. de Extremadura). Escuela de Ingenierías Agrarias.

Avda. Adolfo Suárez s/n. 06007 Badajoz (España). osantama@unex.es.

RESUMEN

Lolium rigidum y *Trifolium subterraneum*, pratenses de clima mediterráneo, producen forraje abundante y de buena calidad. Como el resto de especies vegetales, presentan gran diversidad de micoflora endofítica creciendo en su interior. En el presente trabajo se contrasta la hipótesis de que la especie endofítica influye en la producción (peso seco aéreo) y en la calidad del forraje (proteína bruta, fibra neutro y ácido detergente y lignina) en condiciones de campo. Se diseñó un experimento con plantas de dos edades diferentes de *L. rigidum* y *T. subterraneum* que se inocularon con cada una de 6 especies endofíticas. Se hicieron cinco repeticiones por tratamiento, incluyendo controles sin endófito. A los dos meses y medio del trasplante a campo se determinó el peso seco de la biomasa aérea y los parámetros de calidad. El hongo endófito influyó en la producción y calidad del forraje. Tanto en vallico como en trébol subterráneo, la inoculación con el endófito E202 (*Chaetosphaeronema* sp) fue la que produjo una mayor ganancia en biomasa y calidad nutritiva del forraje en condiciones de campo. Por tanto el presente trabajo evidenció que el uso de endófitos puede ser una vía muy interesante en la mejora de la producción forrajera y de su valor nutritivo.

Palabras clave: vallico, trébol subterráneo, micoflora, biomasa aérea, valor nutritivo.

SUMMARY

Lolium rigidum and *T. subterraneum*, pasture species from Mediterranean areas, produce abundant and high-quality forage. Like other plant species, they present a high diversity of endophytic mycoflora growing inside. In the present work, the hypothesis of a significant effect of the endophytic species on forage production (herbage dry weight) and quality (crude protein, neutral and acid detergent fibre and lignin) was tested under field conditions. Thus, plants of two different ages were inoculated with each one of 6 endophytic species. Five replicates per treatment were considered, including control treatment without any endophyte inoculation. Two months and a half after transplanting, dry weight of herbage was determined, as well as several forage quality parameters. Results highlighted the endophytic fungi influence on forage production and quality. In both pasture hosts, the endophyte E202 (*Chaetosphaeronema* sp) increased either herbage yield or nutritive value. In summary, the present work showed that the use of endophytes could be an interesting way for the improvement of forage production and its nutritive value.

Key words: vallico, subterranean clover, mycoflora, herbage yield, nutritive value.

INTRODUCCIÓN

El vallico (*Lolium rigidum* Gaud.) y el trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum* L.) son dos pratenses propias de zonas mediterráneas de las que se obtiene un forraje abundante y de buena calidad. Por ello, son especies muy utilizadas en mezclas de pratenses para implantación de praderas. Entre los factores que afectan a la producción y calidad del pasto, en la literatura científica se encuentran múltiples ejemplos de la influencia sobre estos parámetros de hongos endófitos, que son organismos fúngicos que pasan parte o todo su ciclo vital en el interior de los vegetales sin causarles daño aparente. En este sentido, algunos estudios han constatado un efecto beneficioso del endófito o bien sobre alguna característica productiva del hospedante (Oliveira *et al.*, 1996) o bien sobre algún parámetro de calidad nutritiva del pasto (Vázquez de Aldana *et al.*, 2000; Zabalgogezcoa *et al.*, 2006).

Para estudiar en más profundidad estos efectos beneficiosos, que tendrían un gran potencial de aplicación, el Grupo de Investigación de Agronomía de la Universidad de Extremadura inició ensayos utilizando cepas endofíticas aisladas de la zona. Resultados iniciales obtenidos en condiciones de invernadero, mostraron como varios endófitos tuvieron una influencia clara sobre la producción y calidad del forraje del vallico y del trébol subterráneo (Lledó *et al.*, 2014; Santamaría *et al.*, 2014). La inoculación de *Fusarium lateritium* Nees y *Boeremia exigua* (Desm.) Aveskamp, Gruyter & Verkley incrementaron la biomasa del vallico y trébol respectivamente, y los endófitos E244 (Pleosporal no identificado) y *Epicoccum nigrum* Link mejoraron su calidad bromatológica. Por tanto con el fin de analizar si los efectos observados en invernadero tienen correspondencia en condiciones de campo, el objetivo del presente trabajo consistió en evaluar el efecto de 6 hongos endófitos sobre la producción (peso seco aéreo) y calidad (proteína bruta, fibra neutro y ácido detergente y lignina) del forraje de *L. rigidum* y *T. subterraneum*.

MATERIAL Y MÉTODOS

A finales de 2012, semillas del cultivar ‘Wimmera’ de *L. rigidum* y del cultivar ‘Valmoreno’ de *T. subterraneum* fueron esterilizadas superficialmente y sembradas (10 semillas/tiesto) en pequeños tiestos de plástico (7 cm x 7 cm x 8 cm) que contenían un sustrato mezcla de turba y perlita al 50%. A las 3 semanas se repitió la siembra para tener plantas de dos edades diferentes y poder evaluar así la influencia de la edad de la planta en la eficacia del procedimiento. Las plantas fueron situadas en el invernadero de la Escuela de

Ingenierías Agrarias de Badajoz y regadas cada 2-3 días hasta capacidad de campo. Con el fin de limitar al máximo las infecciones de otros hongos en las plantas, se realizaron tres aplicaciones, una por semana (1 ml de producto/1 L de agua), del fungicida sistémico AMISTAR XTRA® (Syngenta, Madrid). Al mes se procedió a la inoculación de cada uno de los 6 hongos endófitos estudiados, que habían sido previamente aislados de varias especies de pasto de dehesas de Extremadura (Tabla 1). El inóculo consistió en micelio crecido durante al menos dos meses en medio líquido PDB (caldo de patata y dextrosa) y homogeneizado con una batidora. La aplicación se realizó con un atomizador manual después de haber herido las plantas en tallos y hojas para facilitar la entrada del hongo. Por cada tratamiento (edad x endófito x hospedante) se hicieron cinco repeticiones (cinco tiestos). Adicionalmente, cinco tiestos con plantas heridas e inoculadas con medio de cultivo PDB pero sin hongo, fueron usadas como control. Para asegurar que el efecto evaluado era causado por el hongo introducido por nosotros, un mes después de la inoculación se procedió al re-aislamiento del endófito sobre una muestra de las plantas inoculadas.

Tabla 1. Especies de hongos endófitos utilizados en los ensayos.

Código	Especie	Hospedante y tejido de origen
E0	Control	
E060	<i>Fusarium lateritium</i> Nees	Hojas de <i>Biserrula pelecinus</i> L.
E071	<i>Sordaria fimicola</i> (Roberge ex Desm.) Ces. & De Not.	Hojas de <i>Bromus mollis</i> L.
E140	<i>Stemphylium globuliferum</i> (Vestergr.) Simm.	Tallos de <i>Trifolium subterraneum</i>
E202	<i>Chaetosphaeronema</i> sp	Tallos de <i>Biserrula pelecinus</i> L.
E244	Pleosporal no identificado	Hojas de <i>Lolium rigidum</i>
E631	<i>Epicoccum nigrum</i> Link	Tallos de <i>Ornithopus compressus</i> L.

A finales de febrero de 2013, las plantas fueron llevadas a una parcela de ensayo situada en la finca Valdesequera perteneciente al Gobierno de Extremadura (Coord. UTM, Huso 29 X=685365, Y=4325603), donde fueron trasplantadas siguiendo un marco de 0,5 x 0,5 m según un diseño completamente aleatorio. El suelo había sido previamente labrado con dos pases cruzados de cultivador y un pase con motocultor. Las características edafoclimáticas de la zona de ensayo pueden observarse en la Tabla 2.

Tabla 2. Características edafoclimáticas de la zona de ensayo. Media \pm error estándar.

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
Tª media (C°)	17	CIC (mmol _c kg ⁻¹)	63,0 \pm 5,1
Precipitación (mm)	541	N total (g kg ⁻¹)	1,28 \pm 0,11
Textura	Franco arenoso	P Olsen (mg kg ⁻¹)	10,03 \pm 1,65
pH	5,35 \pm 0,12	K (mg kg ⁻¹)	115,3 \pm 27,9
Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	8,55 \pm 0,62	Mg (mg kg ⁻¹)	243,1 \pm 19,8
C orgánico (g kg ⁻¹)	6,96 \pm 0,66	Ca (mg kg ⁻¹)	681,3 \pm 84,5

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

A los dos meses y medio del trasplante, la parte aérea de las plantas fue cortada, recogida, etiquetada y llevada al laboratorio para realizar los análisis de producción y de calidad. La producción de biomasa (materia seca aérea) de las muestras recogidas se determinó después de su secado en estufa a 70°C durante 48 h hasta pesada constante. Posteriormente fueron molidas en molino de cuchillas y pasadas por un tamiz de luz de 1 mm de paso. Las determinaciones de calidad fueron llevadas a cabo mediante los siguientes métodos: 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 dos entradas y test de comparaciones múltiples (LSD de Fisher) para ver la influencia del hongo endófito y del grupo de edad en todas y cada una de las variables de producción y calidad. Las variables fueron transformadas cuando fue necesario para estabilizar la varianza residual. Todo ello se hizo con el paquete estadístico Statistix v. 8.10 package.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ANOVA mostró que en *L. rigidum* la variable endófito tuvo una influencia significativa ($p < 0,05$) sobre la producción de biomasa aérea (MS) y sobre el porcentaje de proteína bruta (PB) y de lignina ácido detergente (LAD). En *T. subterraneum*, el endófito significativamente afectó la MS, los dos tipos de fibra (FND y FAD) y la LAD (Tabla 3). En ningún caso, ni el grupo de edad ni su interacción con el endófito, tuvieron una influencia significativa sobre los parámetros evaluados, lo que significaría que el efecto que pueda tener el endófito no va a depender de la edad de la planta en el momento de su inoculación.

Tabla 3. Resultados del ANOVA sobre el efecto del endófito, del grupo de edad y su interacción en la producción de biomasa (MS) aérea y parámetros de calidad. Los grados de libertad (GL) son mostrados en la 1ª columna, y los porcentajes de varianza explicada por cada factor en el resto de columnas.

Factor	GL	MS aérea	PB	FND	FAD	LAD
<i>Lolium rigidum</i>						
Endófito	6	22,28*	34,92*	18,62	13,48	50,00**
Edad	1	1,77	0,02	0,27	0,03	0,51
Endófito*Edad	6	5,01	14,13	8,01	15,81	5,13
<i>Trifolium subterraneum</i>						
Endófito	6	18,06*	13,66	53,78***	37,44**	73,21***
Edad	1	0,17	4,32	2,10	4,67	2,87
Endófito*Edad	6	10,54	6,03	11,80	14,13	2,66

Nivel de significación: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ según ANOVA. MS transformado según $\ln(x + 1)$ en *L. rigidum*. LAD transformado según $\sqrt[3]{x}$ en *L. rigidum*. PB: proteína bruta; FND y FAD: fibra neutro y ácido detergente, respectivamente; LAD: lignina ácido detergente.

Con la inoculación del endófito E202 (*Chaetosphaeronema* sp.) se obtuvieron plantas de *T. subterraneum* que produjeron un 80% más de biomasa que la observada en los controles. En *L. rigidum* este endófito también fue el que más biomasa produjo, un 23% más que el control, aunque sin diferencias significativas con éste (Fig. 1). En los ensayos realizados en invernadero (Lledó *et al.*, 2014; Santamaría *et al.*, 2014), en *T. subterraneum* este hongo también fue de los que más biomasa aérea produjo, aunque sin diferencias con los controles; mientras que en *L. rigidum* tuvo un comportamiento intermedio. Por tanto en condiciones de campo parecen acentuarse más los efectos observados en condiciones de invernadero. Este hecho es lógico puesto que diversos estudios (Zabalgogezcoa *et al.*, 2006) han puesto de manifiesto que los endófitos dotan a las plantas hospedantes de una ventaja adaptativa, que se verá más acentuada cuanto peores sean las condiciones de crecimiento.

Para explicar el incremento de biomasa, algunos autores (Zabalgogezcoa *et al.*, 2006) han propuesto que el hongo podría provocar un alargamiento del periodo vegetativo, que es en el que la producción de materia seca es más intensa. Otros autores como Assuero *et al.* (2006) han sugerido que el endófito favorecería el crecimiento de las plantas mediante la producción de sustancias con funciones hormonales. Estas sustancias alargarían dicho periodo vegetativo o estimularían una mayor producción radicular, que a su vez redundaría en un mayor potencial de crecimiento aéreo. El efecto sobre el sistema radicular ya fue demostrado en los ensayos de invernadero (Lledó *et al.*, 2014; Santamaría *et al.*, 2014). El posible alargamiento del periodo vegetativo provocado por el hongo también explicaría los resultados obtenidos sobre los parámetros de calidad. En este caso y en términos globales, la inoculación

con el endófito E202 produjo un forraje con los mayores valores de proteína bruta (un 26 % más que el control en *L. rigidum*) y los menores valores de fibra y de lignina (Fig. 2).

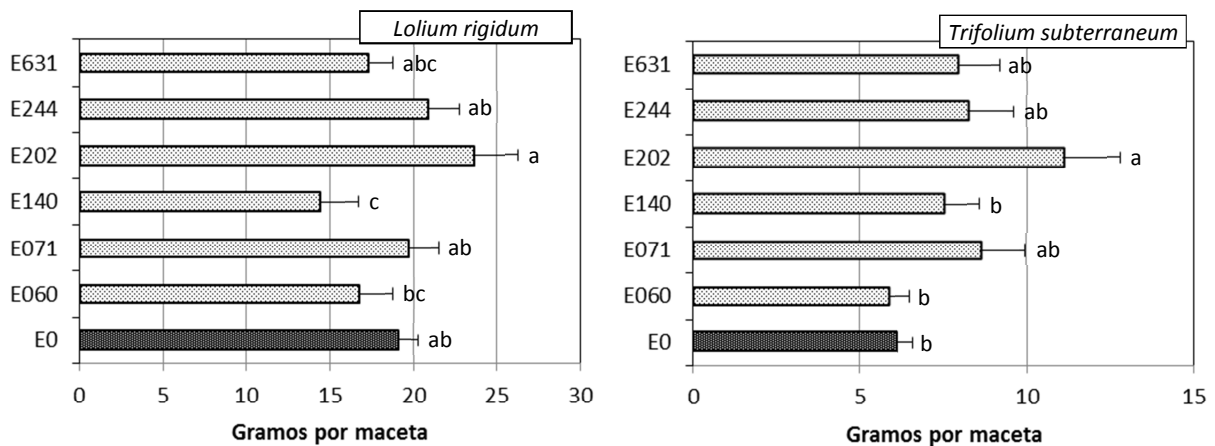


Figura 1. Materia seca aérea de *L. rigidum* y *T. subterraneum* según el endófito inoculado (ver codificación en Tabla 1). Las líneas horizontales indican el error estándar de la media. Letras distintas indican diferencias significativas según test LSD ($p \leq 0,05$).

Este resultado estaría en consonancia con el hecho de que según avanza el ciclo vegetativo de la planta los niveles de proteína en su biomasa irían bajando y los niveles de fibra y de lignina irían aumentando. No obstante, no todos los efectos causados por los endófitos fueron positivos. Así, el endófito E140 provocó una reducción significativa de la materia seca producida por *L. rigidum* y un aumento significativo de la lignina en *T. subterraneum* (Fig. 1 y 2).

Especies del género *Chaetosphaeronema* han sido descritas como productoras de un inhibidor de la fosfolipasa C (Yanagisawa *et al.*, 1994), que produciría una inhibición del crecimiento celular, con varias aplicaciones médicas. No obstante sobre este género hay muy poca información en la literatura científica y nunca había sido citado afectando la producción y parámetros de calidad bromatológica en especies praterenses. Por tanto, serían necesarios nuevos ensayos con este hongo que permitan una aplicación práctica de sus eventuales potencialidades en la producción vegetal y para determinar su mecanismo de acción.

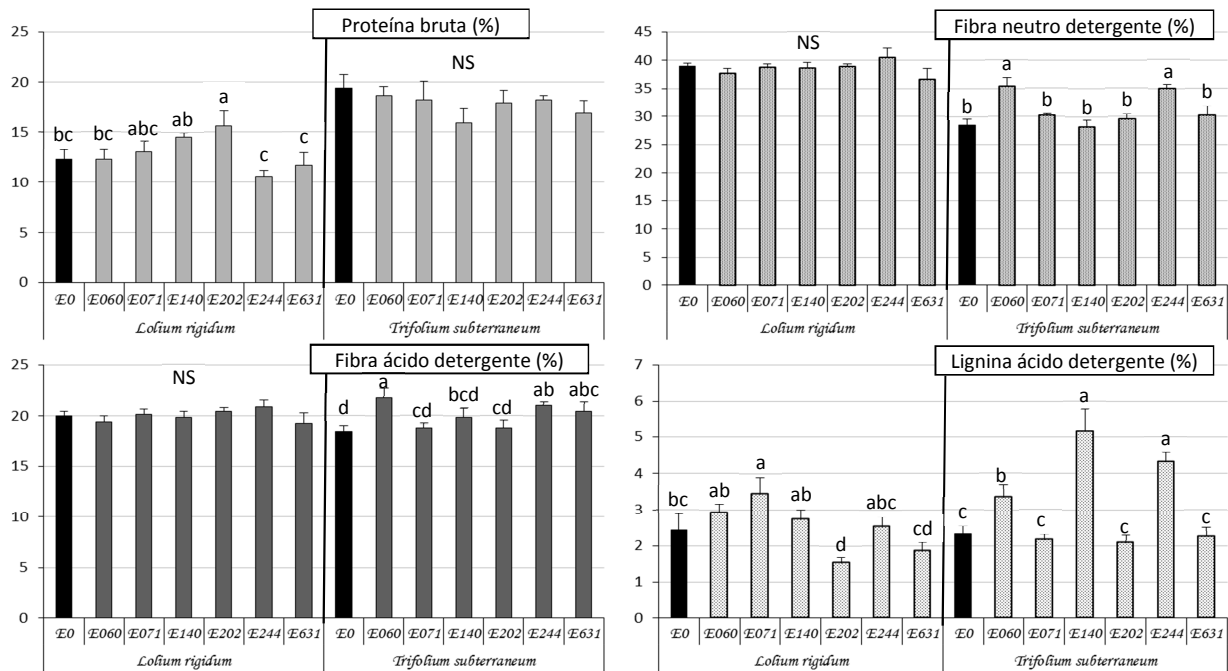


Figura 2. Proteína bruta, fibra neutro y ácido detergente y lignina ácido detergente según el endófito inoculado (ver codificación en Tabla 1). Las líneas verticales indican el error estándar de la media. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según test LSD. NS: no significativo ($p > 0,05$) según ANOVA.

CONCLUSIONES

Los hongos endofíticos presentan una influencia clara sobre la producción de biomasa aérea y de su calidad nutritiva (expresada en términos de proteína, fibra y lignina). Tanto en vallico como en trébol subterráneo, la inoculación con el endófito E202 (*Chaetosphaeronema* sp) fue la que produjo una mayor ganancia en biomasa y calidad nutritiva del forraje en condiciones de campo. Por tanto el presente trabajo evidenció que el uso de endófitos puede ser una vía muy interesante en la mejora de la producción forrajera y de su valor nutritivo.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y por fondos FEDER, a través del proyecto de investigación de referencia AGL2011-27454. La asistencia de Oscar Santamaría a la reunión fue financiada por el Gobierno de Extremadura (Consejería de Economía, Competitividad e Innovación) y por el FEDER. Agradecemos a T. García-White, a N. Hernández y a P.J. Romero su ayuda técnica durante los ensayos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSUERO S.G., TOGNETTI J.A., COLABELLI M.R., AGNUSDEI M.G., PETRONI E.C. Y POSSE M.A. (2006) Endophyte infection accelerates morpho-physiological responses to water deficit in tall fescue. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, **49**, 359-370.
- LLEDÓ S., SANTAMARÍA O., RODRIGO S., GARCÍA-WHITE T. Y HERNÁNDEZ N. (2014) Influencia de endófitos fúngicos sobre la asimilación e incorporación de nutrientes a la biomasa en *Trifolium subterraneum*. Libro de actas de la 53ª Reunión Científica de la SEEP, Potes (Cantabria). pp. 161-168.
- NINYEROLA M., PONS X. Y ROURE J.M. (2005) Atlas Climático Digital de la Península Ibérica. En: Metodología y aplicaciones en bioclimatología y geobotánica (ed) Bellaterra. Universidad Autónoma de Barcelona.
- OLIVEIRA J.A., SLEPER D.A., WEST C.P., BUGHRARA S.S. Y COUTTS J. (1996) Efecto de dos cepas del hongo endófito *Acremonium coenophialum* sobre la respuesta al estrés hídrico en una población de *Festuca alta* "Himag". *Pastos*, **26**, 177-184.
- SANTAMARÍA O., LLEDÓ S., POBLACIONES M.J. Y ROMERO P.J. (2014) Influencia de diversos hongos endófitos sobre la producción y calidad del forraje en *Lolium rigidum*. Libro de actas de la 53ª Reunión Científica de la SEEP, Potes (Cantabria). pp. 177-184.
- VÁZQUEZ DE ALDANA B.R., GARCÍA-CIUDAD A., ZABALGOGEAZCOA I. Y GARCÍA-CRIADO B. (2000) Effect of fungal endophyte infection on nutritional quality in *Festuca arundinacea*. En: Soegaard K. et al. (Eds) *Grassland Farming. Balancing Environmental and Economic Demands*, pp 176-178. Grassland Science in Europe 5. Tjele: European Grassland Federation.
- YANAGISAWA M., SAKAI A., ADACHI K., SANO T., WATANABE K., TANAKA Y. Y OKUDA T. (1994) Hispidospermidin, a novel phospholipase C inhibitor produced by *Chaetosphaeronema hispidulum* (Cda) Moesz NR 7127. I. Screening, taxonomy, and fermentation. *The Journal of Antibiotics*, **47**, 6-15.
- ZABALGOGEAZCOA I., GARCÍA-CIUDAD A., VÁZQUEZ DE ALDANA B.R. Y GARCÍA-CRIADO B. (2006) Effects of the infection by the fungal endophyte *Epichloë festucae* in the growth and nutrient content of *Festuca rubra*. *European Journal of Agronomy*, **24**, 374-384.

DIAGNÓSTICO COMPARATIVO DE LA SALUD AGROECOSISTÉMICA BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE ABONADO PARA EL CULTIVO DE MAÍZ

AGROECOSYSTEM HEALTH CARDS: DIAGNOSIS COMPARATIVE FOR MAIZE CROP UNDER DIFFERENT
FERTILIZATION

I. MIJANGOS², F. VICENTE¹, S. MODROÑO¹, M. ANZA², C. GARBISU² Y A. MARTÍNEZ-
FERNÁNDEZ¹

¹Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Crta. Oviedo s/n. 33300 Villaviciosa. Asturias (España). admartinez@serida.org. ²Departamento de Ecología y Recursos Naturales. Neiker-Instituto Vasco de I+D Agrario. C/ Berreaga 1. 48160 Derio. Bizkaia (España). imijangos@neiker.net.

RESUMEN

Con el objeto de comparar el efecto del tipo de abonado, fertilización orgánica (OR) o química (QU), sobre la salud del agroecosistema se han utilizado las "Tarjetas de Salud de los Agroecosistemas Pascícolas" que evalúan el efecto de los tratamientos sobre la producción de forraje, la conservación de la biodiversidad y del suelo y la lucha contra el cambio climático en un cultivo de maíz forrajero. No se observaron diferencias en la producción de materia seca por hectárea ni en el valor nutritivo, con excepción de un mayor contenido en almidón con fertilización química (31,80 vs. 27,98% respectivamente, $p < 0,05$), probablemente debido a un menor desarrollo de las mazorcas en el tratamiento OR a consecuencia de la competencia con la flora arvense. El diagnóstico global de salud del agroecosistema fue mejor bajo fertilización orgánica, tanto con los indicadores básicos (5,7 vs. 4,4; respectivamente) como con los avanzados (5,3 vs. 5,0; respectivamente).

Palabras clave: conservación del suelo, biodiversidad, fertilización, producción.

SUMMARY

The aim of this work was to compare the effect of fertilization, organic (OR) or chemical (QU), on agroecosystem health using the "Agroecosystem Health Cards" evaluating the effect of treatments on forage production, conservation of biodiversity and soil and the fight against climate change in a maize forage crop. No differences in dry matter production or nutritive value were observed, except a higher starch content in maize with chemical fertilization, probably due to a lower development in the OR treatment a result of competition with the weeds. The overall diagnosis of agroecosystem health was better under organic fertilization than chemical fertilization.

Keywords: soil conservation, biodiversity, fertilization, crop yield.

INTRODUCCIÓN

La progresiva degradación de los suelos agrícolas es un importante problema medioambiental y social que compromete la seguridad alimentaria de una población mundial creciente. En consecuencia, se hace necesaria una transición hacia una agricultura más respetuosa con el medio ambiente y alineada con la actual sensibilidad pública, por ejemplo, reutilizando los residuos ganaderos como abonos orgánicos para el cultivo de forrajes, en sustitución de los fertilizantes de síntesis. En este sentido, el uso de purín y estiércol es una importante oportunidad para disminuir el aporte de fertilizantes químicos sin reducir la producción agrícola (Jiménez *et al.*, 2014). El abonado con estiércol mejora las propiedades físico-químicas del suelo, con efectos positivos en la producción de maíz (Butler *et al.*, 2009). Por otra parte, la importancia de la biodiversidad de la biota del suelo en relación con la integridad, función y capacidad de adaptación de los ecosistemas terrestres (incluidos los agro-ecosistemas) es aceptada universalmente (Freckman, 1994). El objetivo de este trabajo ha sido comparar el impacto de dos tipos de abonado (químico y orgánico) sobre la salud del agroecosistema, empleando las “Tarjetas de Salud de los Agroecosistemas Pascícolas-TSAP” (Mijangos *et al.*, 2012) que evalúan el efecto de los tratamientos sobre una serie de servicios ecosistémicos claves (1. Producción de pasto; 2. Conservación de la biodiversidad; 3. Conservación del suelo; 4. Lucha contra el cambio climático) y permiten realizar un diagnóstico *básico* o *avanzado*, dependiendo de los recursos y la formación del usuario.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el SERIDA de Villaviciosa, Asturias (43° 28' 50" N, 5° 26' 27" O, y 10 msnm) en verano de 2014. Se utilizaron dos parcelas adyacentes de 1,7 ha cada una sembradas (04/06/2014) con maíz forrajero de ciclo corto (*Zea mays* cv. Crazy) y una dosis de siembra de 90 000 semillas/ha. Cada parcela tenía un historial de manejo desde 2011 con diferente tipo de abonado (químico -QU- u orgánico -OR-) y rotación (maíz-raigrás italiano vs. maíz-leguminosa). Como abonado de fondo en la parcela QU, se aportaron 125 kg N/ha, 144 kg P₂O₅/ha y 216 kg K₂O/ha en presiembra, y 75 kg N/ha en cobertera cuando las plantas de maíz alcanzaron los 20 cm. En la parcela OR se utilizaron 33 t/ha de estiércol y 84 m³/ha de purín sin posterior aplicación en cobertera. La composición del purín utilizado fue de 0,52 kg N/m³, 0,28 kg P₂O₅/m³, 0,72 kg K₂O/m³ y el estiércol de 3,24 kg N/t, 1,93 kg P₂O₅/t y 6,23 kg K₂O/t. Para el control de la flora arvense se utilizaron 4 L/ha de un herbicida selectivo en

presiembr a (Primextra Gold[®], Syngenta AG), y para controlar las plagas se utilizó un insecticida a base de organofosforados (Clorpirifos 480 g/L; Dursban 48[®], Syngenta AG).

El muestreo de campo se llevó a cabo el 19/09/2014. Se tomaron muestras en nueve puntos distribuidos al azar, tres en la parcela QU y los restantes en la parcela OR. En cada uno de ellos, se analizaron los indicadores que se muestran en la tabla 1 con el objetivo de diagnosticar el estado de salud del suelo, tanto a nivel básico como avanzado, bajo ambos tipos de abonado. Los indicadores *básicos* pueden ser medidos en campo sin necesidad de inventariable profesional ni formación específica previa, siguiendo las instrucciones de las TSAP. Los detalles de los protocolos están disponibles en la web del proyecto LIFE10NAT/ES/579 (www.soilmontana.com), así como los valores de referencia frente a los cuales podemos comparar los resultados de nuestro agroecosistema.

Tabla 1. Indicadores para evaluar el estado de los servicios edáficos de Conservación de la biodiversidad, Conservación del suelo y Lucha contra el cambio climático.

	BIODIVERSIDAD	SUELO	CLIMA
Indicadores básicos	Diversidad de macrofauna	Abundancia de lombrices Tiempo de infiltración	Coloración suelo
Indicadores avanzados	Diversidad de mesofauna Diversidad de bacterias	Respiración basal Respiración inducida Cociente respiratorio Compactación	Emisiones CO ₂

La cosecha del maíz destinado a ensilar se realizó el 30/09/2014 con el grano en estado pastoso vítreo. El día previo a la cosecha se realizaron controles de producción delimitando tres zonas de muestreo en cada parcela (alta, media y baja) atendiendo al gradiente de pendiente, lo suficientemente distanciadas entre sí para ser consideradas como repeticiones. En cada zona se muestrearon dos líneas de maíz a lo largo de dos metros lineales definiendo en cada caso un marco de muestreo de 2,8 m². Las plantas se cortaron a cinco cm sobre el nivel del suelo, contabilizando número de plantas y mazorcas para cada zona muestreada y su peso total en verde. Las muestras fueron picadas (Viking GE355), secadas en estufa a 60°C durante 24 h, registrándose su peso seco y posteriormente fueron molidas a 0,75 mm para determinar por duplicado su contenido en principios nutritivos. Las muestras secas y molidas fueron analizadas por Espectroscopía en Infrarrojo Cercano (NIRS) de acuerdo con las ecuaciones desarrolladas en el Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA (ENAC, LE 930). Los parámetros analizados fueron materia seca (MS), cenizas, proteína bruta, fibra

neutro detergente, almidón y digestibilidad enzimática neutro detergente celulasa de la materia orgánica. Se estimó el contenido en energía metabolizable según ARC (1980).

Tras medir cada uno de los indicadores de salud citados se comparó su resultado con las referencias consideradas “malas”, “regulares” o “buenas” en las TSAP, asignándole un valor de uno a nueve. El diagnóstico global de salud del suelo se obtuvo calculando el promedio de los tres servicios considerados. Se realizaron ANOVAS para establecer las diferencias entre tratamientos, utilizando para ello el programa STATVIEW. La producción y calidad nutritiva del maíz se evaluó mediante análisis de varianza utilizando el paquete estadístico R Core Team (2014) considerando el tipo de abonado como factor principal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las tablas 2 y 3 se muestran los resultados de los indicadores de diagnóstico *básico* y *avanzado* del estado de los servicios edáficos principales, bajo ambos manejos (QU vs. OR). En relación a la **conservación de la biodiversidad**, a nivel de macrofauna (>1mm) no se observaron diferencias significativas entre abonados, siendo este nivel trófico el encargado de trocear los restos orgánicos de mayor tamaño para ponerlos a disposición de los niveles tróficos inferiores. A nivel avanzado, en cambio, la meso- (0,1-1mm) y microfauna (<0,1mm) mostraron diferencias significativas entre manejos, observándose valores de biodiversidad superiores en la parcela OR. La biodiversidad funcional de bacterias se analizó mediante placas ECO-BiologTM e indica una mayor capacidad de las comunidades bacterianas bajo fertilización OR para catabolizar diversas fuentes de C. En cualquier caso, independientemente de las diferencias entre tratamientos, ambos tipos de fertilización mostraron notas relativamente bajas al comparar sus valores de diversidad (macro-, meso- y micro-) con las referencias indicadas en las TSAP. Las labores mecánicas (pase de grada, abonado de fondo y pase cruzado de fresadora) contribuyen a estos valores bajos.

En relación a la **conservación del suelo** como tal, la medida de infiltración (tabla 2) simula el tiempo necesario para que percole la cantidad de agua caída durante una hora de lluvia fuerte-muy fuerte según AEMET (30 L/m²). En la parcela QU, el suelo requirió cerca de media hora para infiltrar dicha cantidad de agua, lo que implica un riesgo moderado (nota=4,3; tabla 2) de sufrir encharcamientos y/o problemas de escorrentía superficial en las zonas de mayor pendiente, durante episodios lluviosos. Esta dificultad de infiltración está de acuerdo con los valores de compactación encontrados en esta parcela, superiores a los

registrados en la parcela OR (tabla 3). De hecho, superan los 2,5 Mpa en la capa arada (0-25cm), considerándose este valor como el límite a partir del cual la resistencia a la penetración del suelo puede limitar el desarrollo radicular del maíz (Tavares *et al.*, 2001). Por el contrario, el aporte de materia orgánica en forma de estiércol y purín favoreció la capacidad de infiltración y la descompactación del suelo, debido tanto a la propia porosidad de la materia orgánica aplicada como a la labor de las lombrices terrestres, encontradas únicamente bajo fertilización OR (tabla 2). Las lombrices buscan alimento orgánico y su red de galerías podría estar contribuyendo significativamente a mejorar las propiedades físicas de estos suelos, especialmente sus niveles de compactación sub-superficial y de capacidad de infiltración del agua de lluvia. Esta mejor circulación de agua y aire, junto a una mayor disponibilidad de sustratos lábiles podrían, asimismo, explicar la mayor actividad microbiana (respiración basal; tabla 3) presente en la parcela OR.

Tabla 2. Diagnóstico BÁSICO de los servicios edáficos principales, según TSAP.

Servicios	Conservación de la Biodiversidad		Conservación del Recurso Suelo		Lucha contra Cambio Climático		<i>Diagnóstico Global</i>		
	Diversidad Macrofauna (Nº tipos)		Abundancia Lombrices (nº/m ²)		Tiempo Infiltración (min)		Materia orgánica Suelo (coloración)		
	Valor	Nota	Valor	Nota	Valor	Nota	Valor	Nota	
Manejo Químico	3,3	4,2	0,0	0	26,8	4,3	6,2	6,2	4,4
Manejo Orgánico	3,7	4,4	16,0	3,5	2,3	8,3	6,8	6,8	5,7
			**		***		*		***

* p<0,1; ** p<0,05; *** p<0,01, según Test de Fisher. TSAP: Tarjetas de Salud de los Agroecosistemas Pascícolas. Nota: En una escala de 1 a 9, se consideran "buenas" las notas entre 7 y 9, "regulares" entre 4 y 6, y "malas" entre 1 y 3. Las notas se obtienen al comparar los datos obtenidos con los valores de referencia.

En cuanto a la abundancia microbiana, se estimó indirectamente a partir de su respiración inducida por sustrato en condiciones no limitantes de alimento, siendo superior significativamente en OR (tabla 3). La biomasa microbiana se refiere al componente vivo de la materia orgánica del suelo, y su valor como bioindicador de la fertilidad del suelo está bien establecido (Powlson *et al.*, 1987), pues resulta una medida más sensible de cambios en la salud del suelo debidos a su manejo que la proporcionada por el contenido en MO, pues revela tendencias en plazos de tiempo de entre 1-5 años (como en este caso). Reducciones en la biomasa microbiana están normalmente relacionadas con una disminución en la entrada de C al suelo o, por ejemplo, con el impacto de laboreos intensivos y/o sustancias tóxicas (Paul, 1984). En este caso, aunque los valores de respiración inducida se vieron incrementados en

OR, siguen siendo bajos (nota = 3,9; tabla 3), lo cual hace que el cociente respiratorio (Respiración basal/inducida) sea realmente bajo (nota = 1), incluso con fertilización orgánica. Esto refleja un uso poco eficiente del C disponible por parte de las poblaciones microbianas, las cuales mantienen una alta respiración pero no son capaces de aumentar su biomasa. Esta situación es propia de ecosistemas jóvenes en evolución (a medida que maduran, ganan biomasa y ralentizan los flujos de energía) o incluso podría sugerir la presencia de condiciones de estrés microbiano (podría deberse al laboreo, si descartamos la presencia de sustancias tóxicas). Por otra parte, un alto cociente respiratorio supone favorecer la salida de C del suelo a la atmósfera en forma de CO₂. Por esta razón, las emisiones de CO₂ medidas en campo (tabla 3) fueron superiores en OR, debido a que el aumento de actividad microbiana (respiración basal) no fue acompañado en la misma medida por un aumento de su biomasa (respiración inducida), lo cual afectó en su conjunto al servicio edáfico de secuestro de C (**Lucha contra el Cambio Climático**). En cualquier caso, teniendo en cuenta el conjunto de los servicios analizados, el diagnóstico global de salud del agroecosistema fue mejor bajo fertilización orgánica, tanto a la luz de los indicadores básicos (5,7 vs. 4,4; tabla 2) como de los indicadores avanzados analizados (5,3 vs. 5,0; tabla 3).

Tabla 3. Diagnóstico AVANZADO de los servicios edáficos principales, según las TSAP.

Servicio	Conservación de la Biodiversidad				Conservación del Recurso Suelo				Lucha contra Cambio Climático				Diagnóstico Global		
	Diversidad Mesofauna (BQ)		Diversidad Bacterias (H')		Respiración Basal (mgC/kg.h)		Respiración Inducida (mgC/kg.h)		Cociente Respiratorio (qCO ₂)		Compactación (MPa)			Emisiones CO ₂ (gCO ₂ /m ² .h)	
Indicadores AVANZADOS	Valor	Nota	Valor	Nota	Valor	Nota	Valor	Nota	Valor	Nota	Valor	Nota	Valor	Nota	Nota
Manejo Químico	33,3	3,5	2,0	2,1	1,3	7,7	6,7	3,0	0,20	1,0	2,8	4,5	0,39	8,2	5,0
Manejo Orgánico	47,8	4,5	3,0	4,1	2,4	9,0	9,7	3,9	0,25	1,0	1,6	6,8	1,25	6,5	5,3
	*		**		***		***		**		***		**		

* p<0,1; ** p<0,05; *** p<0,01, según Test de Fisher. TSAP: Tarjetas de Salud de los Agroecosistemas Pascícolas. Nota: En una escala de 1 a 9, se consideran "buenas" las notas entre 7 y 9, "regulares" entre 4 y 6, y "malas" entre 1 y 3. Las notas se obtienen al comparar los datos obtenidos con los valores de referencia.

En la tabla 4 se muestran los resultados de producción y valor nutritivo del maíz en el momento de la cosecha. El número de plantas y la producción de materia seca por hectárea fueron iguales en ambos tratamientos. Ahora bien, existe una diferencia numérica en producción entre los dos tipos de abonado, lo que implica que las plantas se desarrollaron en

menor medida con OR. Dicha diferencia es debida a que en las primeras fases de desarrollo del maíz hubo una invasión de *Chenopodium album* lo que obligó a dar un tratamiento de herbicida en post-emergencia específico para especies de hoja ancha. Dicho tratamiento, al inhibir el desarrollo de las leguminosas, sólo se aplicó en la parcela QU, por lo que, mientras en QU la planta invasora desapareció, en la parcela OR el maíz tuvo que competir con el *Ch. album* durante todo su desarrollo. En relación al valor nutritivo, el maíz proveniente de la parcela OR presentó un menor contenido en almidón (31,80 vs. 27,98%, $p < 0,05$, para QU y OR respectivamente) debido al menor desarrollo de las mazorcas en el tratamiento OR a consecuencia de la competencia de la mala hierba. La menor proporción de almidón se tradujo en menor digestibilidad y valor energético ($p < 0,05$) en el maíz abonado con purín y estiércol.

Tabla 4. Producción forrajera, valor nutritivo y aporte energético del maíz forrajero.

	QU	OR	e.e.	p
Plantas/ha	65476	65476	3149,7	1,000
t MS/ha	14,04	12,04	1,227	0,486
Materia seca (%)	42,64	38,59	1,416	0,173
Cenizas (%MS)	3,32	3,86	0,177	0,139
Proteína bruta (%MS)	7,31	6,47	0,431	0,360
Fibra neutro detergente (%MS)	41,03	44,77	1,134	0,093
Almidón (%MS)	31,80	27,98	1,033	0,042
Digestibilidad in vivo predicha (%)	76,62	74,43	0,606	0,051
Energía metabolizable (MJ/kgMS)	11,85	11,48	0,106	0,031

QU: manejo convencional; OR: manejo sostenible.

CONCLUSIONES

El diagnóstico global de salud del agroecosistema fue mejor bajo fertilización orgánica, tanto con los indicadores básicos como con los avanzados de las TSAP. No se observaron diferencias en la producción de materia seca ni en el valor nutritivo, excepto en el mayor contenido de almidón del maíz con fertilización química.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por los proyectos INIA RTA2011-00112-00 e INIA RTA2012-00065-C05.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARC (1980) *The nutrient requirements of ruminant livestock*. Reino Unido: Commonwealth Agricultural Bureaux.
- BUTLER T.J., WEINDORF D.C., HAN K.J. Y MUIR J.P. (2009) Dairy Manure Compost Quality Effects on Corn Silage and Soil Properties. *Compost Science & Utilization*, **17**, 18-24.
- FRECKMAN D.W. (1994) *Life in the Soil, Soil Biodiversity: its Importance to Ecosystem Processes*. Londres, Reino Unido: Report on a Workshop held at the Natural History Museum.
- JIMÉNEZ J.D., VICENTE F., BENAOUA 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.
- MIJANGOS I., ALBIZU I., MARTÍN I., ANZA M., MENDARTE S., EPELDE S. Y GARBISU C. (2012) Tarjetas de salud de los agroecosistemas-ecosistemas pastorales. Disponible en: <http://www.soilmontana.com/wp-content/uploads/2011/12/FICHAS-CARPETA-OK-traz.pdf>.
- PAUL E.A. (1984) Dynamics of organic matter in soils. *Plant and Soil*, **76**, 275-285.
- POWLSON D.S., BROOKES P. Y CHRISTENSEN B.T. (1987) Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. *Soil Biology and Biochemistry*, **19**, 59-164.
- R CORE TEAM (2014) *R: A language and environment for statistical computing*. Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- TAVARES F.J., BARBOSA G.M.C., GUIMARAÊS M.F. Y FONSECA I.C.B. (2001) Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, **25**, 725-730.

LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN MONOCULTIVO O EN ASOCIACIÓN CON OTRAS ESPECIES COMO ALTERNATIVA VIABLE AL CULTIVO INVERNAL DE RAIGRÁS ITALIANO PARA ROTAR CON MAÍZ

FORAGE LEGUMES IN MONOCULTURE OR INTERCROP WITH OTHER SPECIES AS VIABLE WINTER
CROP ALTERNATIVE TO ITALIAN RYEGRASS TO ROTATE WITH MAIZE

S. BAIZÁN, F. VICENTE, M.A. GONZÁLEZ, C. GONZÁLEZ, B. DE LA ROZA DELGADO, A.
SOLDADO Y A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ

Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Apdo.13. 33300 Villaviciosa (España).

admartinez@serida.org

RESUMEN

Se buscan especies alternativas al raigrás italiano para rotar con maíz, que mantengan sus niveles de productividad, que aumenten el contenido en proteína y en ácidos grasos poliinsaturados y, además, disminuyan los costes de producción que dicho cultivo presenta. Para ello se evaluaron, en un ensayo en parcela dividida con tres repeticiones, tres leguminosas forrajeras (haba, altramuza y trébol violeta) en monocultivo o en asociación con raigrás italiano o con otras especies (nabo francés y colza). Los resultados muestran que el haba forrajera asociada con raigrás italiano en condiciones de manejo sostenible es una alternativa viable como cultivo de invierno, ya que presenta producciones, rendimientos en materia orgánica digestible y energía comparables a los del raigrás italiano, con mayor rendimiento proteico y con la ventaja añadida de ser aprovechados en un solo corte reduciendo los costes de producción. Esta asociación presenta mayor contenido en ácido linoleico ($P < 0,001$) que el raigrás italiano. La colza no es una especie viable en suelos de textura franco arcillosos independientemente de las condiciones climáticas.

Palabras clave: cultivos forrajeros, fertilización orgánica, calidad nutritiva, ácidos grasos.

SUMMARY

Alternative species to Italian ryegrass (RI) have been tested focusing on the improvement forage efficiency for dairy cows feeding. These species, compared to Italian ryegrass, should maintain the yield, increase both protein and polyunsaturated fatty acids contents and, furthermore, they should also reduce production costs. The ability of three forage legumes (faba bean, lupin and red clover) was evaluated (three replication each in a split plot). They were tested in monoculture and intercrop to RI or other species (camelina and rapeseed). The results showed that faba bean in association with RI, on sustainable management, is a viable alternative to RI as winter crop. Production and both digestible organic matter and energy yield are comparable to RI, with higher protein yield and, moreover, this association reduces production costs because it is harvested in only one cut. This association showed higher content in linoleic acid than RI ($P < 0.001$). Regarding other species, rapeseed is not a viable species for clay loam soils regardless of climate conditions.

Keywords: forage crops, organic fertilization, nutritive quality, fatty acids.

INTRODUCCIÓN

La mejora de la rentabilidad del sector lechero requiere sistemas de alimentación que utilicen con eficiencia los recursos forrajeros propios. Por ello, la investigación sobre forrajes y cultivos forrajeros debe encaminarse hacia nuevas formas de producción, que garanticen un uso eficiente de los mismos y adaptar su modelo de manejo a las nuevas condiciones económicas y políticas relativas al desarrollo de una agricultura productora de alimentos de calidad, seguros, a precios asequibles y con modelos de producción de bajo impacto ambiental (Peeters *et al.*, 2006). Esto implica utilizar cultivos energéticamente más eficientes, con bajos requerimientos de insumos, menos demandantes de agua y que no degraden la microbiota del suelo agrícola. En este sentido, existe un creciente interés por la recuperación del cultivo de leguminosas forrajeras. Recientemente la Comisión de Agricultura del Parlamento Europeo ha instado a incorporar a la nueva PAC medidas de apoyo específico para el desarrollo de sistemas de rotación de cultivos, incluyendo leguminosas y proteaginosas tanto para limitar la dependencia de las importaciones de tortas proteicas como por el beneficioso efecto desde el punto de vista medioambiental (Agro-Europa, 2011). Además de ventajas nutricionales (González *et al.*, 2014), las leguminosas tienen un sistema radicular capaz de explorar los horizontes inferiores del suelo y bombear nutrientes y agua hacia la superficie de forma eficaz, aspecto muy importante considerando el interés por buscar nuevas especies y asociaciones competitivas en situaciones de estrés hídrico dentro de las estrategias de adaptación al cambio climático orientados a una mejor gestión del agua (González-Hidalgo *et al.*, 2010). Además, los ensilados de leguminosas permiten mejorar la calidad dietética de la leche mediante la reducción del contenido en ácido grasos (AG) saturados, el aumento de poliinsaturados (en particular de $\Omega 3$) y la disminución del ratio $\Omega 6/\Omega 3$, aspectos todos de notable interés para lograr una dieta más saludable a través del consumo de leche y derivados lácteos (Dewhurst *et al.*, 2006). El objetivo de este trabajo ha sido evaluar leguminosas en monocultivo o asociadas con raigrás italiano (*Lolium multiflorum* L.) -RI- o con otras especies y manejadas con criterios de sostenibilidad ambiental, como alternativas al monocultivo invernal de raigrás italiano en manejo convencional en un sistema rotacional de dos cultivos por año con el maíz como cultivo de verano.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizó un diseño en parcela dividida con tres repeticiones, en la finca del SERIDA de Grado (6° 03' 45'' O y 43° 22' 35'' N, 65msnm y suelos de textura franco arcillosa). La parcela principal la formaron un testigo -0- y tres leguminosas: trébol violeta (*Trifolium pratense*, L.) -TV-, haba forrajera (*Vicia faba* L.) -HB- y altramuz (*Lupinus albus* L.) -AL- y la subparcela la constituyeron el RI, dos especies de crucíferas (colza (*Brassica napus*, L.) -COL- y nabo francés (*Camelina sativa*, L.) -NF- y un testigo -0-). El orden de las parcelas principales y de las subparcelas en cada repetición se sorteó al azar.

Para el abonado de fondo se utilizó estiércol compostado procedente de la estabulación del SERIDA con unos aportes 4,4-3,8-11,6 kg/t de NPK a una dosis de 12 t/ha. En las subparcelas de RI en monocultivo, para simular un manejo convencional, se aplicaron las mismas dosis de NPK en presembrado utilizando un abono mineral suplementado con 60 UF de N/ha después del primer corte para ensilado en primavera. Tras preparar el terreno, la siembra (parcelas de 5,5 m x 5,5 m) se realizó el 31/10/2013. El manejo, dosis de siembra y el estado fenológico de los diferentes cultivos para establecer las fechas de cosecha en primavera se realizaron con los criterios descritos por González *et al.* (2014). Durante el ensayo se registraron diariamente la temperatura y pluviometría en la estación termopluviométrica situada en la propia finca. En el momento de la cosecha (primavera 2014) se realizó el control de producción. El material vegetal, fue desecado en estufa (60°C, 24 h), para determinar su materia seca (De la Roza *et al.*, 2002). Las muestras secas y molidas (0,75 mm) fueron analizadas en el laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA para determinar su contenido en principios nutritivos según Weende (AOAC, 1984) y Van Soest (Van Soest *et al.*, 1991). Se estimó el contenido en energía metabolizable (EM) según ARC (1980) y se determinó el perfil de ácidos grasos (AG) siguiendo la metodología de Palmquist y Jenkins (2003) con análisis mediante cromatografía de gases y detector masas. La producción, parámetros nutritivos, contenido energético y perfil de AG fueron contrastados mediante análisis de varianza (RCore Team, 2014) utilizando la especie como factor principal. Las medias fueron comparadas frente a los resultados del RI que se utilizó como testigo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mientras el patrón de variación anual de temperaturas es similar en los diferentes períodos considerados (Figura 1), no ocurre lo mismo con la cantidad de lluvia acumulada ni

con la distribución de precipitaciones, factores que pueden afectar a la germinación y al desarrollo vegetativo de las especies (González *et al.*, 2014). En el período 2013-2014, se registraron 124 días de lluvia y una precipitación de 995 L/m², cantidad similar a la registrada en el periodo do 2000-2011 (962 L/m²) pero inferior a la registrada en el período 2012-2013 (1253 L/m²). En estas condiciones, todas las especies excepto la COL se desarrollaron sin problemas, lo que hace pensar que esta especie tiene dificultades para desarrollarse en suelos de textura franco arcillosa independientemente de las condiciones termopluviométricas.

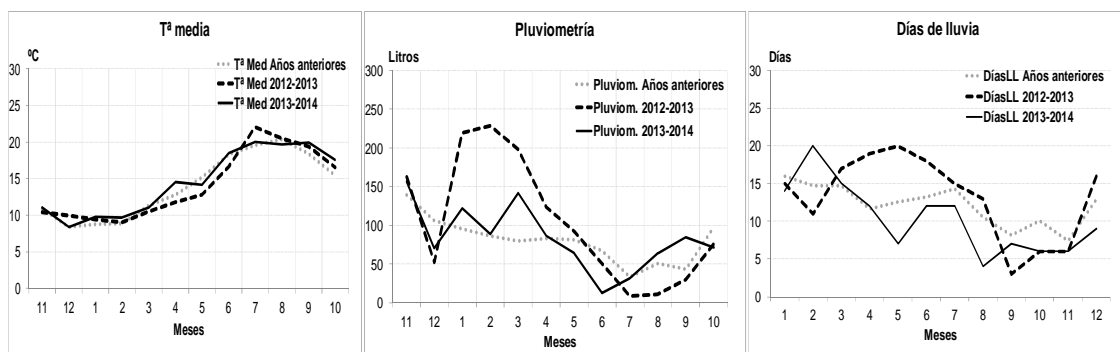


Figura 1. Temperaturas medias (°C), lluvia acumulada (L/m²) y días de lluvia durante los periodos (2012-2013) y (2013-2014) y su comparación con el histórico (2000-2011).

Considerando el RI como testigo para la comparación de medias (Tabla 1), los rendimientos de HB en un corte, tanto en monocultivo como asociado (HB+RI; HB+NF), son comparables a los dos cortes acumulados de RI ($p < 0,05$) corroborando los resultados de González *et al.*, (2014). El rendimiento de AL y TV en monocultivo resultó significativamente inferior a RI, pero no así sus asociaciones con RI, lo que confirma que, con la asociación de cultivos, se obtienen producciones de mayor cantidad y calidad que los monocultivos de las mismas especies, debido al incremento de fertilidad del suelo (Doltra y Olsen, 2013).

Destaca significativamente el aporte proteico de los monocultivos de leguminosas, lo que puede suponer una mejora en la eficiencia de los sistemas de producción en las explotaciones lecheras, al reducir la necesidad de concentrados (Borreani *et al.*, 2009). Los mejores resultados en rendimientos en proteína por ha, corresponden a HB en monocultivo o asociado con 890, 1011 y 893 kg de PB/ha para HB, HB+RI y HB+NF respectivamente, significativamente superiores a los 703 kg PB/ha obtenidos con los dos cortes de RI. Esto supone que los cultivos forrajeros mixtos a base de gramíneas y leguminosas, además de

abaratar los costes de producción, proporcionan mayor cantidad y calidad de forraje, incrementando significativamente el contenido proteico de la dieta (Anil *et al.*, 1998). Respecto al aporte energético estimado por especie, AL y NF no muestran diferencias significativas con RI; sin embargo cuando se consideran los rendimientos en materia orgánica digestible (MOD) y energía, solamente la opción HB+RI puede competir con el RI.

Tabla 1. Producción, valor nutritivo y contenido energético estimado de las leguminosas forrajeras evaluadas en comparación con el monocultivo de raigrás italiano.

	MS	MO	PB	FAD*	FND	Dvivo	EM
RI (1C+2C)	6755	89,88	10,40	17,52	41,41	80,44	11,6
TV	1801***	87,84ns	15,85**	27,12*	45,10ns	71,95**	10,1**
HB	5571ns	91,06ns	15,97**	45,82***	55,12***	51,27***	7,5***
AL	4395*	88,17ns	17,85***	29,21**	45,02ns	74,51*	10,5ns
NF	1486***	91,84ns	13,76ns	23,29ns	37,15ns	73,07*	10,7ns
TV+RI	5518ns	89,77ns	7,30ns	22,15ns	46,99ns	65,92***	9,5***
HB+RI	6495ns	88,21ns	15,57**	39,22***	55,08***	63,47***	9,0***
AL+RI	4618ns	88,59ns	10,63ns	26,94*	50,07**	67,74***	9,6***
TV+NF	3099***	89,73ns	11,09ns	32,22***	50,36**	66,25***	9,5***
HB+NF	5844ns	89,52ns	15,28**	42,15***	54,65***	61,85***	8,9***
AL+NF	4137*	88,56ns	14,55*	30,42***	46,76ns	69,72***	9,9***
e.e.	782,5	1,960	1,270	2,684	2,138	1,971	0,63

RI: Raigrás italiano; TV: Trébol violeta; HB: Haba forrajera; AL: Altramuz; NF: Nabo francés; MS: Materia seca (kg/ha); MO: Materia orgánica (% MS); PB: Proteína bruta (% MS); FAD* y FND: Fibras ácido detergente sin cenizas y neutro detergente (% MS); Dvivo: Digestibilidad MO *in vivo* predicha (%); EM : Energía metabolizable (MJ/kg MS); 1C+2C: Cortes en primavera; e.e. : error estándar de la media; ***: p<0,001; **: p<0,01; *: p<0,05; ns: no significativo (p>0,05). No se consideran los datos de colza (COL) en monocultivo ni asociada con otras especies (AL+COL; TV+COL; HB+COL).

Los principales AG en todas las especies forrajeras evaluadas son los ácidos linoleico, α -linolénico, palmítico y oleico (Tabla 2). La proporción de α -linolénico es significativamente superior (p<0,001) en RI que en las leguminosas o en NF. Por el contrario, la concentración de ácido linoleico en RI es inferior (p<0,001) al de las otras especies estudiadas, especialmente en HB y TV+NF. La ingesta por las vacas de forrajes ricos en ácido linoleico causa un incremento lineal de la producción de CLA en la leche (Morales-Almaráz *et al.*, 2010) al ser éste el primer derivado de la biohidrogenación del ácido linoleico en el rumen. Los monocultivos de HB y NF presentan un nivel más elevado de ácido palmítico que RI (30, 25; 25,98 y 19,94 g/100 AG respectivamente, p<0,001), mientras que los cultivos asociados no muestran diferencias significativas con el monocultivo de RI. Los mayores contenidos de ácido oleico se obtuvieron con TV, NF en monocultivo y su asociación (NF+TV).

Tabla 2. Perfil de ácidos grasos (g/100 AG) de las leguminosas forrajeras evaluadas (monocultivo o en asociación) en comparación con el monocultivo de raigrás italiano.

Ácidos grasos	RI	TV	HB	AL	NF	TV+RI	HB+RI	AL+RI	TV+NF	HB+NF	AL+NF	e.e
Caproico	0,028	<LC	<LC	<LC	0,640***	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,087
Caprílico	0,014	0,012ns	0,121***	0,068**	0,060*	0,020ns	0,035ns	0,019ns	0,012ns	0,041ns	0,043ns	0,012
Pelargónico	0,002	<LC	<LC	<LC	0,004ns	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,002
Cáprico	0,016	0,021ns	0,183**	0,025ns	0,139*	0,033ns	0,049ns	0,014ns	0,014ns	0,071ns	0,018ns	0,036
Laurico	0,183	0,066*	0,727***	0,240ns	0,082ns	0,232ns	0,268ns	0,145ns	0,082ns	0,254ns	0,209ns	0,034
Mirístico	0,422	0,533ns	0,966**	0,729ns	0,749ns	0,583ns	0,580ns	0,531ns	0,450ns	0,503ns	0,573ns	0,123
Pentadecílico	0,089	0,138ns	0,501***	0,195*	0,209*	0,147ns	0,297***	0,126ns	0,139ns	0,326***	0,151ns	0,035
Palmítico	19,94	19,11ns	30,25***	24,54ns	25,97**	20,36ns	22,14ns	19,39ns	18,44ns	22,24ns	20,97ns	1,566
Palmitoleico	0,448	0,106**	0,709ns	0,613ns	0,824**	0,226ns	0,797**	0,438ns	0,181*	0,742*	0,622ns	0,086
Margárico	0,065	0,095ns	0,260***	0,131**	0,121*	0,112ns	0,133**	0,087ns	0,097ns	0,171***	0,088ns	0,017
Estearico	0,548	1,037*	2,556***	1,65***	1,301***	0,848ns	1,629***	1,41***	1,226**	1,916***	1,02ns	0,157
Oleico	0,900	3,080*	1,897ns	2,542ns	3,624**	1,715ns	1,671ns	2,724*	4,263***	1,845ns	1,438ns	0,606
Vaccénico	0,134	0,285ns	0,286ns	0,341*	0,459***	0,243ns	0,185ns	0,294ns	0,375*	0,162ns	0,176ns	0,069
Araquídico	0,043	0,051ns	0,452***	0,122*	0,163***	0,074ns	0,249***	0,096ns	0,066ns	0,286***	0,077ns	0,024
Linoleico	11,07	21,24***	25,93***	14,68ns	17,98**	16,01*	18,74***	16,50*	24,20***	21,16***	11,62ns	1,558
γ -Linolénico	0,073	0,116ns	0,120ns	0,102ns	0,168*	0,119ns	0,149ns	0,111ns	0,094ns	0,122ns	0,108ns	0,027
α -Linolénico	65,85	54,10**	35,04***	53,98**	47,51***	59,23ns	53,07***	58,07ns	50,35***	50,16***	62,85ns	2,730
Saturados	21,34	21,06ns	36,71***	27,69*	29,44***	22,41ns	25,38ns	21,82ns	20,53ns	25,81ns	23,14ns	1,723
Insaturados	78,47	78,93ns	63,98***	72,26*	70,56**	77,54ns	74,61ns	78,14ns	79,47ns	74,19ns	76,81ns	1,728

RI: Raigrás italiano; TV: Trébol violeta; HB: Haba forrajera; AL: Altramuz; NF: Nabo francés; e.e.: error estándar de la media; <LC: Por debajo del nivel de cuantificación; ***: p<0,001; **: p<0,01; *: p<0,05; ns: no significativo (p>0,05). No se consideran los datos de colza (COL) en monocultivo ni asociada con otras especies (AL+COL; TV+COL; HB+COL).

CONCLUSIONES

Los resultados muestran que la colza no es una alternativa viable en las condiciones edafológicas ensayadas. En cuanto al resto de especies evaluadas, teniendo en cuenta las producciones, rendimientos en materia orgánica digestible, proteína, energía y perfil de ácidos grasos, podemos concluir que la asociación forrajera HB+RI en condiciones de manejo sostenible y aprovechada en un solo corte es una clara alternativa al RI como cultivo de invierno para rotar con maíz.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por INIA proyecto RTA2012-0006512-05-01 cofinanciado con fondos FEDER. Silvia Baizán es beneficiaria de un contrato predoctoral FPI-INIA. Los autores agradecen la colaboración del personal de apoyo del SERIDA, a la Finca La Orden y a la empresa Camelina Company, por la disponibilidad de semilla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRO-EUROPA (2011) Nº 1.148 del 31 de enero de 2011.
- AOAC (1984) *Official methods of analysis*. USA: AOAC, 14th edition.
- ANIL L., PARRK J., PHIPPS R.H. Y MILLER F.A. (1998) Temperate intercropping of cereals for forage: a review of the potential for growth and utilization with particular reference to the UK. *Grass For. Sci.*, **53**, 301-317.
- ARC (1980) *The nutrient requirements of ruminant livestock*. UK: CAB.
- BORREANI G., REVELLO A., COLOMBINI S., O'DOARDI M., PAOLETTI R. Y TABACCO E. (2009) Fermentative profiles of field pea (*Pisum sativum*), faba bean (*Vicia faba*) and white lupin (*Lupinus albus*) silages as affected by wilting and inoculation. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **151**, 316–323.
- DE LA ROZA B., MARTÍNEZ FERNÁNDEZ A. Y ARGAMENTERÍA A. (2002) Determinación de material seco en pastos y forrajes. Temperatura de secado para análisis. *Pastos*, **XXXII** (1), 91-104
- DEWHURST R. J., SHINGFIELD K. J., LEE M. R. F. Y SCOLLAN N.D. (2006) Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high forage systems. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **131**, 168–206.
- DOLTRA J. Y OLSEN J.E. (2013) The role of catch crops in the ecological intensification of spring cereals in organic farming under Nordic climate. *Europ. J. Agronomy*, **44**, 98-108.
- GONZÁLEZ-HIDALGO J. C., BRUNETTI M. Y DE LUIS M. (2010) Precipitation trends in Spanish hydrological divisions, 1946–2005. *Clim. Res.*, **43**, 215-228.
- GONZÁLEZ M.A., VICENTE F., DE LA ROZA DELGADO B., SOLDADO A., MODROÑO S., GONZÁLEZ C. Y MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A. (2014) Evaluación de rotaciones de cultivos adaptadas a zonas templado húmedas y obtenidas en condiciones de manejo sostenible destinadas al vacuno lechero. En: Busqué M. *et al.* (eds). *Pastos y PAC 2014-2020*, 311-318. Potes (Cantabria), España: SEEP.
- MORALES-ALMARÁZ E., SOLDADO A., GONZÁLEZ A., MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A., DOMÍNGUEZ-VARA I., DE LA ROZA DELGADO B. Y VICENTE, F. (2010) Improving the Fatty Acid Profile of Dairy Cow Milk by combining grazing with feeding on total mixed ration. *J. Dairy Res.*, **77**, 225-230.
- PALMQUIST D.L. Y JENKINS T.C. (2003) Challenges with fats and fatty acid methods. *J. Anim. Sci.*, **81**, 3250-3254.
- PEETERS A., PARENTE G. Y LE GALL A. (2006) Temperate Legumes: key-species for sustainable temperate mixtures. *Grassl. Sci. Eur.*, **11**, 205-219.
- RCORE TEAM (2014) *R: A language and environment for statistical computing*. Vienne: R foundation for Statistical Computing..
- VAN SOEST P. J., ROBERTSON J. B. Y LEWIS B. A. (1991) Methods of dietary, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* **74**, 3583-3597.

Cuarta Parte
PRODUCCIÓN ANIMAL

INFLUENCIA DEL PASTOREO DE ALFALFA O ESPARCETA SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS DE OVEJAS Y CORDEROS

INFLUENCE OF ALFALFA OR SAINFOIN GRAZING ON PRODUCTIVE AND REPRODUCTIVE PARAMETERS IN EWES AND LAMBS

S. LOBÓN, A. SANZ, M. BLANCO Y M. JOY

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria del Gobierno de Aragón. Avda. Montañana 930. 50059 Zaragoza (España). slobon@cita-aragon.es.

RESUMEN

Se utilizaron 42 ovejas y sus corderos machos, que permanecieron en pastoreo de alfalfa o esparceta durante la lactación. Tras el destete, los corderos fueron cebados con pienso y paja hasta que alcanzaron 22-24 kg peso vivo. Mientras, las ovejas permanecieron en las mismas parcelas hasta que finalizó el periodo de cubrición, y a continuación se reagruparon y se mantuvieron con un mismo manejo hasta el siguiente parto. Los corderos en pastoreo de alfalfa presentaron menor crecimiento diario que los de esparceta durante la lactación (269 vs. 302 g, $P<0,05$), pero similar en el cebo, siendo el peso al sacrificio similar. La fertilidad fue similar en ambos lotes (90,5 %). La descendencia de las ovejas de alfalfa presentó menor peso al nacimiento que las de esparceta (3,5 vs. 4,3 kg, $P<0,05$), debido quizá a la prolificidad registrada en el ensayo (1,9 vs. 1,5, NS). También se observó un desequilibrio en el ratio de hembras/machos, a favor de las hembras (57/43 y 72/28, para alfalfa y esparceta, NS). Estos resultados preliminares muestran una influencia positiva del pastoreo de esparceta sobre la ganancia media diaria de los corderos, que podría estar relacionada con la presencia de determinados compuestos secundarios en estos forrajes.

Palabras clave: *Medicago sativa* L., *Onobrichys viciifolia* Scop., pastoreo, cubrición.

SUMMARY

Forty two ewe-lamb pairs were used in the experiment. They were assigned to one of two treatments during lactation: alfalfa vs. sainfoin grazing. After weaning, lambs were fed concentrates and straw until they reached the target slaughter weight (22-24 kg) while the dams grazed in the same forages than during lactation until mating. After mating, ewes were grouped and had the same management. Alfalfa lambs had lower daily gains than sainfoin lambs during lactation (302 vs. 269 g, respectively, $P<0.05$). Weight gains during the concentrate-feeding period and slaughter weight did not differ. Fertility rate was similar in both groups. The alfalfa offspring was lighter at lambing than the sainfoin offspring (3.5 vs 4.3, $P<0.05$), due probably to the prolificacy registered in the assay (1.9 vs. 1.5, NS). An imbalance in the ratio female/male for females was observed (57/43 and 72/28, for alfalfa and sainfoin, NS). These preliminary results show a positive influence of grazing sainfoin on average daily gain of lambs, which could be related to the presence of some secondary compounds in these forages.

Key words: *Medicago sativa* L., *Onobrichys viciifolia* Scop, grazing, mating.

INTRODUCCIÓN

La esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.) y la alfalfa (*Medicago sativa* L.) son dos leguminosas forrajeras plurianuales muy utilizadas en los secanos del noreste de España. Ambos forrajes presentan una gran capacidad productiva, un alto valor nutritivo y una acción restauradora de la fertilidad del suelo. Estas dos especies tienen características comunes (leguminosas, plurianuales, adaptadas al Noreste), pero también presentan diferencias notables, entre las que destaca la presencia de taninos condensados en la esparceta. Según diversos autores, los taninos condensados podrían afectar a algunos parámetros productivos de los animales que los consumen, a determinados parámetros ruminales disminuyendo la producción de metano, e incluso a la calidad del producto final (Ramírez-Restrepo y Barry, 2005, Waghorn, 2008). Pero los resultados difieren porque dependen de muchos factores, entre ellos: el tipo de taninos condensados y la cantidad presente en el alimento.

La alimentación materna durante las primeras etapas del desarrollo embrionario puede ser determinante para la vida adulta, ya que es el momento en el que se producen cambios sustanciales que condicionarán la diferenciación celular del embrión (Rhind, 2004). En los últimos años se han estudiado los efectos de la subnutrición y sobrealimentación alrededor de la cubrición (Abecia *et al.*, 2006, Bloomfield, 2011), sin embargo, son pocos los estudios realizados sobre los efectos que puede tener el tipo de alimentación que pastan las ovejas durante la cubrición.

El objetivo del presente trabajo ha sido evaluar los efectos del pastoreo de dos leguminosas forrajeras (alfalfa y esparceta) durante la lactación sobre la producción de corderos y durante la cubrición sobre las ovejas y su descendencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental

El ensayo se realizó en la Finca Experimental del Soto Lezcano, en Zaragoza. Se utilizaron 42 parejas oveja-cordero macho de la raza Rasa Aragonesa, de parto simple. Se realizó una cubrición controlada de todo el rebaño de la explotación con el fin de disponer de corderos con similares condiciones de peso y edad. En el momento del parto, se hicieron 2 lotes homogéneos teniendo en cuenta el peso, condición corporal y edad de las madres, así como el peso de los corderos. El periodo experimental duró desde el inicio de la paridera (3

de abril 2014) hasta el final de la siguiente cubrición de las ovejas (20 de agosto 2014). Las parejas oveja-cordero se dividieron en 2 tratamientos:

- Pastoreo de alfalfa (*Medicago sativa* L, cv Aragón): Ovejas y corderos en pastoreo rotacional durante la lactación. A los 45 días de vida los corderos se destetaron, se estabularon y se cebaron con concentrado. Las ovejas permanecieron en las praderas de alfalfa hasta el final de la cubrición (n=21).
- Pastoreo de esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop, cv Reznos): El mismo manejo que el grupo anterior pero en este caso se utilizó esparceta como forraje (n=21).

En el momento del parto, se hicieron lotes homogéneos teniendo en cuenta el peso, condición corporal y edad de las madres, así como el peso de los corderos. Durante la lactación, todos los corderos tuvieron acceso a la leche materna, al pasto y a un concentrado de iniciación. Alrededor de los 45 días de vida, los corderos se destetaron y se cebaron. Las ovejas permanecieron en las parcelas del forraje (alfalfa o esparceta) que habían pastado durante la lactación. A mitad de julio se introdujeron los machos para realizar la cubrición controlada por monta natural durante 35 días. A la salida de los machos, las ovejas se reagruparon y siguieron mismo manejo y alimentación, la habitualmente utilizada en la explotación hasta el siguiente parto. Todos los animales tuvieron libre acceso al agua y sales minerales.

Muestreo y controles

Se llevó a cabo una rotación semanal de las praderas. Semanalmente se tomaban muestras de oferta y rehusado de las parcelas a pastar y pastadas, respectivamente. Se tomaron al azar 5 muestras de 0,25 m² por parcela. Se registró la ingesta de concentrado por parte de los corderos.

Se registró semanalmente el peso vivo de las ovejas y los corderos durante la lactación y durante el cebo con una balanza electrónica (0,1 kg de precisión). La ganancia media diaria de los corderos se estimó por regresión lineal del peso sobre la edad. Cuando los corderos alcanzaron 22-24 kg peso vivo, se trasladaron al matadero de las instalaciones del CITA de Zaragoza. El sacrificio se realizó de acuerdo con el reglamento de bienestar animal y las regulaciones de la UE.

Los parámetros reproductivos evaluados fueron la fertilidad (número de ovejas paridas por 100 ovejas cubiertas), prolificidad (media de corderos nacidos vivos y muertos por ovejas

paridas) y fecundidad (media de corderos nacidos vivos y muertos por ovejas cubiertas). También se calculó la mortalidad en el parto y el ratio de hembras/macho nacidos.

Análisis químicos

Las muestras de alimento se pesaron y se secaron a 60 °C en estufa de ventilación forzada hasta peso constante. La materia seca del alimento y el contenido en cenizas se determinaron de acuerdo con los métodos AOAC, el contenido en proteína bruta (PB) por el método Dumas (AOAC, 1999) y el contenido en fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina ácido detergente (LAC) por el método Van Soest *et al.* (1991).

Análisis estadísticos

El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el paquete estadístico SAS (v.9.3). Se realizaron análisis de varianza con un modelo lineal general (procedimiento GLM) con el tratamiento como efecto fijo. Se obtuvieron las medias mínimo cuadráticas, el error estándar (e.e.) y se compararon las medias mediante el test de Tukey. La fertilidad, el ratio hembras/machos y la mortalidad al parto se analizaron mediante una prueba χ^2 (procedimiento FREQ, test de Fisher).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Alimentos

Los resultados de la composición química de los forrajes se muestran en la Tabla 1, destacando una mayor cantidad de proteína en la alfalfa frente a la esparceta (17,2 vs. 13,4 %, respectivamente). El consumo de pienso durante la lactación por parte de los corderos fue idéntico en ambos lotes. Cada lote consumió 17 kg de pienso en 41 días, de manera que cada cordero ingirió una media de 800 g pienso a lo largo de la lactación.

Tabla 1. Composición química de la alfalfa y la esparceta.

	Alfalfa	Esparceta	Concentrado
Materia seca (%)	91,9	91,7	88,8
Cenizas (%)	8,7	7,6	5,4
Proteína bruta (%)	17,2	13,4	20,3
Fibra Neutro Detergente (%)	48,9	51,7	17,7
Fibra Ácido Detergente (%)	32,1	38,6	4,2
Lignina Ácido Detergente (%)	7,0	10,4	0,6

Pastoreo de leguminosas durante el periodo de lactación

Durante la lactación las ovejas de ambos lotes presentaron pesos similares ($51,2 \pm 1,2$ vs. $51,3 \pm 1,2$, para alfalfa y esparceta, respectivamente). Los parámetros productivos de los corderos criados durante la lactación junto con sus madres en parcelas de alfalfa o esparceta se muestran en la Tabla 2. Los corderos del lote de alfalfa presentaron menores ganancias medias diarias durante la lactación ($P < 0,05$) que los corderos del lote de esparceta, que podría estar relacionado con la presencia de determinados compuestos secundarios en estos forrajes.

La edad al destete fue similar en ambos lotes (41 días), por lo que al presentar mejores crecimientos los corderos de esparceta tendieron a ser más pesados al destete ($P = 0,10$). Los crecimientos durante el cebo y la edad al sacrificio fueron similares entre lotes. Consecuentemente los corderos del lote esparceta tendieron a ser más pesados al sacrificio que los del lote alfalfa ($P = 0,08$), probablemente debido al mayor peso registrado en el momento del destete.

Tabla 2. Peso vivo, crecimiento y edad de los corderos mantenidos con sus madres en pastoreo de alfalfa o esparceta duración de la lactación y en el cebo posterior.

	Alfalfa	Esparceta	e.e.	P-valor
Número de animales	21	21		
Peso vivo (kg)				
Al nacimiento	3,9	4,1	0,3	NS
Al destete	14,6	15,7	1,0	0,10
Al sacrificio	22,9	23,6	0,4	0,08
GMD en lactación (g)	269	302	10,8	*
GMD en cebo (g)	287	275	16,2	NS
Edad al destete (d)	41,8	41,5	1,6	NS
Edad al sacrificio (d)	70,1	68,8	3,6	NS

NS: $P > 0,05$; *: $P < 0,05$; e.e.: error estándar.

Pastoreo de leguminosas durante el periodo de cubrición

Los parámetros reproductivos de las ovejas que se cubrieron en parcelas de alfalfa o esparceta y los pesos vivos de su descendencia se muestran en la Tabla 3. La fertilidad de las ovejas en ambos lotes fue similar (90,5 %). Aunque las diferencias no fueron significativas ($P > 0,05$), la prolificidad de las ovejas que se cubrieron mientras pastaban alfalfa fue

numéricamente superior, debido en parte al mayor peso vivo que presentaron al inicio de la cubrición ($54,6 \pm 1,2$ vs. $49,95 \pm 1,2$, para alfalfa y esparceta), y quizá también al contenido en compuestos secundarios de estos forrajes (Smith 1991, Min *et al.*, 2001). Estos resultados explicarían, a su vez, el mayor peso encontrado en los corderos al nacimiento ($P < 0,05$) de las ovejas cubiertas en esparceta, así como la mortalidad de corderos observada en el parto. En el presente ensayo sorprendió el desequilibrio observado en el ratio de hembras/machos, a favor de las hembras (57/43 y 72/28, para alfalfa y esparceta, respectivamente). De hecho, se ha descrito en numerosas especies que el ratio del sexo de la descendencia puede estar influido por la dieta recibida por la madre (Kent, 1995, Rosenfeld y Roberts, 2004), además de por otros factores como el estrés, el comportamiento sexual, los perfiles hormonales, el tiempo de la inseminación o cubrición, etc. (Clutton-Brock y Iason, 1986, Pergament *et al.*, 2002).

Tabla 3. Parámetros reproductivos de ovejas Rasa Aragonesa en pastoreo de alfalfa o esparceta durante la cubrición, y pesos vivos de su descendencia (media \pm error estándar).

	Alfalfa	Esparceta	e.e.	P-valor
Número de ovejas	21	21		
Fertilidad (%)	91	90		NS
Prolificidad (corderos/parto)	1,9	1,5	0,1	NS
Fecundidad (corderos/oveja)	1,7	1,4	0,2	NS
Mortalidad al nacimiento (%)	25,7	7,4		NS
Ratio hembra/macho	57/43	72/28		NS
Numero de corderos vivos	28	25		
Peso al nacimiento (kg)	3,5	4,3	0,2	*
de las hembras (kg)	3,4	4,3	0,2	*
de los machos (kg)	3,7	4,5	0,2	0,08

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

CONCLUSIONES

Estos resultados preliminares muestran una influencia positiva del pastoreo de esparceta sobre la ganancia media diaria de los corderos. Las diferencias observadas en relación a los índices reproductivos de las ovejas podrían estar relacionadas con aspectos

nutricionales, e incluso con la presencia de determinados compuestos secundarios en estos forrajes, pero será necesario confirmarlo en estudios posteriores.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo desean agradecer al personal del CITA, especialmente a I. Escota, F. Gracia, E. Echegoyen y M.A. Cespedes por su ayuda en el control de los animales. También deseamos agradecer a M.A. Legua por su ayuda en los análisis químicos. Este trabajo ha sido financiado por los proyectos INIA-RTA-2012-080-00 e INIA-RZP-2013-00001-00-00.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABECIA J.A., SOSA C., FORCADA F. Y MEIKLE A. (2006) The effect of undernutrition on the establishment of pregnancy in the ewe. *Reproduction Nutrition Development* **46**, 367-378.
- A.O.A.C. (1999) Official methods of analysis. AOAC International, Maryland, U.S.A.
- BLOOMFIELD F.H. (2011) Epigenetic modifications may play a role in the developmental consequences of early life events. *Journal of Neurodevelopmental Disorders* **3**, 348-355.
- CLUTTON-BROCK T.H. Y IASON G.R. (1986) Sex ratio variation in mammals. *Quarterly Review of Biology* **61**, 339-374.
- KENT J.P. (1995) Birth sex ratios in sheep over nine lambing seasons: Years 7-9 and the effects of ageing. *Behavioral Ecology and Sociobiology* **36**, 101-104.
- MIN B.R., FERNANDEZ J.M., BARRY T.N., McNABB W.C. Y KEMP P.D. (2001) The effect of condensed tannins in *Lotus corniculatus* upon reproductive efficiency and wool production in ewes during autumn. *Animal Feed Science and Technology*, **92**: 185-202.
- PERGAMENT E., TODYDEMIR P.B. Y FIDDLER M. (2002) Sex ratio: a biological perspective of 'Sex and the City'. *Reproductive biomedicine online* **5**, 43-46.
- RAMÍREZ-RESTREPO C.A. Y BARRY T.N. (2005) Alternative temperate forages containing secondary compounds for improving sustainable productivity in grazing ruminants. *Animal Feed Science and Technology* **120**, 179-201.
- RHIND S.M. (2004) Effects of maternal nutrition on fetal and neonatal reproductive development and function. *Animal Reproduction Science* **82-83**, 169-181.
- ROSENFELD C.S. Y ROBERTS R.M. (2004) Maternal diet and other factors affecting offspring sex ratio: A review. *Biology of Reproduction* **71**, 1063-1070.
- SMITH J.F. (1991) A review of recent developments on the effect of nutrition on ovulation rate (the flushing effect) with particular reference to research at Ruakura. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* **51**: 15-23

VAN SOEST P.J., ROBERTSON J.B. Y LEWIS B.A. (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* **74**, 3583-3597.

WAGHORN G. (2008) Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production—Progress and challenges. *Animal Feed Science and Technology* **147**, 116-139.

EFFECTO DEL FORRAJE Y DE LA INCLUSIÓN DE CONCENTRADO EN LA DIETA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE GAS Y METANO EN OVINO

EFFECT OF FORAGE AND CONCENTRATE ADDITION IN SHEEP DIETS ON GAS AND METHANE PRODUCTION

S. LOBÓN, F. MOLINO, M. A. LEGUA, P. ESEVERRI, M. A. CESPEDES Y M. JOY

Centro de tecnología en producción animal. CITA. Avda. Montañana, 930. 50059-Zaragoza (España). mjoy@aragon.es.

RESUMEN

El objetivo fue determinar la producción de gas, metano y tasa de digestión de dietas forrajeras y el efecto de la inclusión de cebada y maíz en dichas dietas. Se estudiaron cuatro forrajes: alfalfa (*Medicago sativa* cv Aragon), esparceta (*Onobrichis sativa*, cv Reznos), heno de prado de montaña (Joy *et al.*, 2014) y paja de cereal; y dos concentrados: cebada y maíz molido a 20 o 40% de la dieta. La producción de gas se determinó mediante el análisis *in vitro* (Ankom Technology, Ankom 2011) a las 24 h de incubación. Los resultados mostraron que la alfalfa fue el forraje con mayor producción de gas y metano y menor tasa de digestibilidad que la esparceta y el heno de prado. La inclusión de cebada y maíz, provocó siempre un incremento de la producción de gas y de metano, excepto en la paja, independientemente de la dosis incluida. Además ambos cereales provocaron un aumento de la digestibilidad siendo dicho incremento menor cuando la proporción de concentrado añadido era de 20%, mientras que ambos cereales se comportaron de forma similar.

Palabras claves: alfalfa, esparceta, paja, heno de prado, digestibilidad.

SUMMARY

The aim of study was to determinate the gas and methane production, and the digestibility rate of forage diets and the effect of the inclusion of barley and corn. Four forages were studied: alfalfa (*Medicago sativa* cv Aragon), sainfoin (*Onobrichis sativa*, cv Reznos), mountain pasture hay (Joy *et al.*, 2014) and straw, and two cereal, barley and corn which were added to forage diet at 20 or 40%. The gas production was determinate through an *in vitro* analysis (Ankom Technology, Ankom 2011) at 24 h of incubation. Results showed that the alfalfa had the major production of gas and methane ($P<0,05$) and a minor rate of digestibility than sainfoin and pasture hay ($P<0,05$). The inclusion of barley and corn increase always the production of gas and methane, except in straw, regardless of the proportion included. In addition, both cereals increased the digestibility, although this increase was lower when concentrate was added at 20%. In conclusion, the sainfoin and the pasture hay presented the minor gas and methane production and the major digestibility, and both cereals had similar effect among them.

Key words: alfalfa, sainfoin, straw, meadow hay, digestibility.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha cobrado especial relevancia el debate sobre la contribución de la ganadería al cambio climático, estimándose que el 18% del total de emisiones de gases de efecto invernadero proceden de la ganadería. Por ello, actualmente numerosos estudios han centrado su atención en la reducción de las emisiones de metano procedentes de la fermentación ruminal (Bodas et al, 2008; Eckard et al, 2010). A esta problemática se le debe añadir la pérdida de energía de la dieta para la síntesis de metano en el rumen (Pellikaan *et al.*, 2011) lo que supone un mayor coste para la producción. Es conocido que la adición de concentrado en la dieta forrajera y/o la presencia de taninos pueden reducir las emisión de metano (Kamra et al., 2006), y mejorar la tasa de digestibilidad. La alfalfa y la esparceta son leguminosas ampliamente utilizadas para la alimentación del rumiante, presentando la esparceta un contenido medio en taninos mientras que la alfalfa no contiene. El heno de prado de montaña y la paja son otras dos fuentes forrajeras comúnmente utilizadas en las dietas de rumiantes. La inclusión de cebada o maíz en las dietas de ovejas es habitual, favoreciendo una fermentación propiónica por su elevado contenido en hidratos de carbono de reserva, lo que indirectamente disminuye la producción de metano. El objetivo del presente estudio fue determinar la producción de gas, metano y tasa de digestión de 4 fuentes forrajeras así como el efecto de la inclusión de cebada y maíz en la dieta sobre dichas producciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Utilizamos cuatro forrajes, alfalfa (*Medicago sativa* cv Aragon), esparceta (*Onobrichis sativa*, cv Reznos), heno de prado de montaña (Joy et al., 2012) y paja de cereal; y dos concentrados cebada y maíz molido. Se evaluaron tres tipos de dietas: 100% forrajera, 80:20 y 60:40 forraje: concentrado. La producción de gas se determinó mediante el análisis *in vitro* del sistema Ankom (Ankom Technology, Ankom 2011) a las 24 h de incubación. Para ello se utilizaron botes de 310 ml de capacidad, dotados de un sensor de presión y de temperatura en los que se incubaba durante 24 h 0.5 g de muestra con 120 ml de la solución tamponada de saliva: líquido ruminal (2:1 v/v).

El líquido ruminal procedía de 4 moruecos canulados en rumen y alimentados con una dieta constituida por heno de alfalfa y cebada en una proporción de 70:30. Los animales tenían libre acceso a agua y minerales. El manejo de los animales siempre se realizó bajo las directrices de la normativa vigente referente a experimentación animal de la UE. El líquido

ruminal se obtuvo antes de la ingestión de la dieta por la mañana y se trasladó inmediatamente al laboratorio. Tras ser filtrado a través de cuatro capas de gasa, el líquido ruminal se mezcló con la solución tamponada de saliva: líquido ruminal. La solución final se colocó en un baño a 39°C con un flujo continuo de CO₂. Semanalmente se evaluaban una tanda con 48 botes, tres repeticiones por muestra y se añadían tres blancos y tres patrones para evaluar la variación entre tandas de incubación. A las 24h se tomaban muestras de gas para su posterior determinación del metano en el cromatógrafo de gases.

Los forrajes y concentrados se pesaron y se secaron a 60°C en estufa de ventilación forzada hasta peso constante. El contenido en cenizas se determinó de acuerdo con los métodos AOAC (1999), el contenido en proteína bruta (PB) por el método Dumas y el contenido en fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina ácido detergente (LAD) por el método Van Soest *et al.* (1991). La digestibilidad de la materia seca se estimaba a partir de la desaparición de la muestra en el tiempo de incubación.

Se realizaron análisis de varianza con un modelo lineal general (procedimiento GLM) utilizando el paquete estadístico SAS (v.9.3) con el forraje, concentrado y proporción y sus interacciones como efectos fijos. Las interacciones fueron eliminadas del modelo cuando no fueron significativas ($P > 0,05$). Se obtuvieron las medias mínimo cuadráticas, el error estándar y se compararon las medias mediante el test de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química de los cuatro forrajes y los dos cereales se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Valor nutritivo (g/100 g sustancia seca) de los forrajes y concentrados.

	Cenizas	PB	FND	FAD	LAD
Forraje					
Alfalfa	8,66	12,24	54,55	33,75	5,68
Esparceta	8,36	20,17	43,04	29,59	6,57
Paja	3,73	4,94	80,04	44,98	5,11
Prado	1,83	15,24	53,59	33,01	5,55
Concentrado					
Cebada	2,65	13,87	23,78	3,81	0,13
Maíz	1,62	8,58	17,67	2,56	0,22

Destacar el alto contenido en FND y FAD y bajo en PB de la paja, lo que es responsable de los resultados expuestos posteriormente. En la Figura 1 se representan las producciones de gas y metano y la digestibilidad de los cuatro forrajes estudiados. La producción de gas observada tras 24 h de incubación de los forrajes fue de media 200 ml gas/g MS, excepto en el caso de la alfalfa, la cual presentó una producción significativamente mayor al resto (245 ml gas/g MS; $P < 0,05$).

La producción de metano se comportó de forma similar a la de gas, observándose que la alfalfa presentaba la mayor producción de metano, sin observarse diferencias entre los restantes forrajes (29,6 vs 21,22 ml CH₄/g MS; $P < 0,05$). En relación a la tasa de digestibilidad estimada *in vitro*, se observó diferencias entre los cuatro forrajes estudiados, con una mayor tasa de digestibilidad de la esparceta (58,6%), seguido por el heno de prado (50,3%), la alfalfa (41%) y la paja (14%), siendo todas ellas significativamente diferentes entre sí ($P < 0,05$).

La menor producción de gas y metano en la esparceta está ligada al mayor contenido en taninos condensados que presenta dicho forraje (Theodoridou et al., 2011). La alfalfa se caracteriza por no presentar taninos, lo que puede ser responsable de la mayor producción de gas observada frente a la esparceta. Aún no se ha determinado el contenido de taninos del heno del prado natural, procedente del pirineo Oscense, por lo que no se puede concretar su relación con la producción de gas y metano.

La inclusión de cebada y maíz en las dietas forrajeras estudiadas (Figura 2), provocó siempre un incremento de la producción de gas y de metano excepto cuando el forraje era paja. La dosis incluida (20 vs 40) no tuvo efecto ($P > 0,05$) excepto en la paja ($P < 0,05$), donde se registró una mayor disminución de la producción de gas y metano cuando se añadía el 20% de cebada o maíz ($P < 0,05$). La cebada y el maíz tuvieron un efecto similar sobre la producción de metano en la alfalfa, esparceta y heno de prado. Por el contrario la adición de concentrado en la paja se comportó a la inversa, observándose una reducción significativa de la producción de metano y de gas en relación al resto de forrajes ($P < 0,05$).

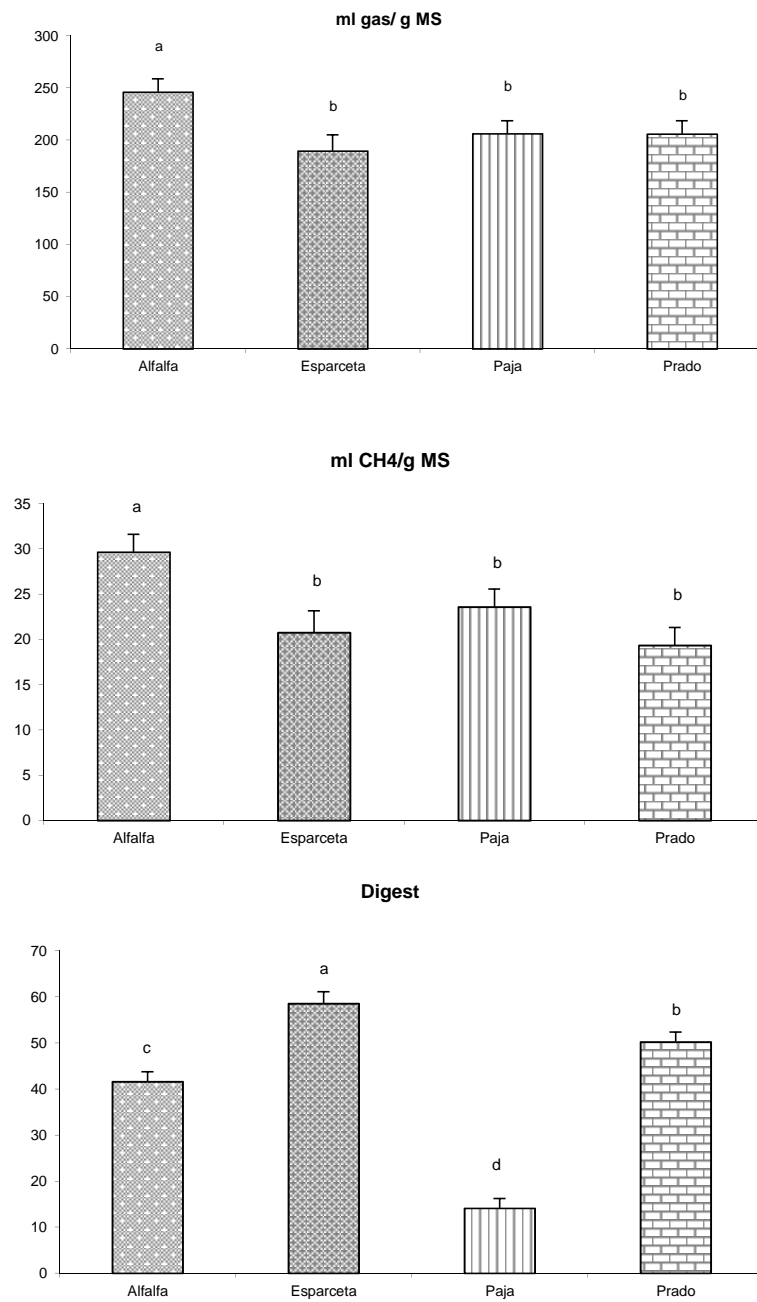


Figura 1. Pproducción de gas y de metano (ml/g de sustancia seca) y tasa de digestibilidad de la materia seca (% dMS) de alfalfa, esparceta, paja y heno de prado. Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

a) Cebada

b) Maíz

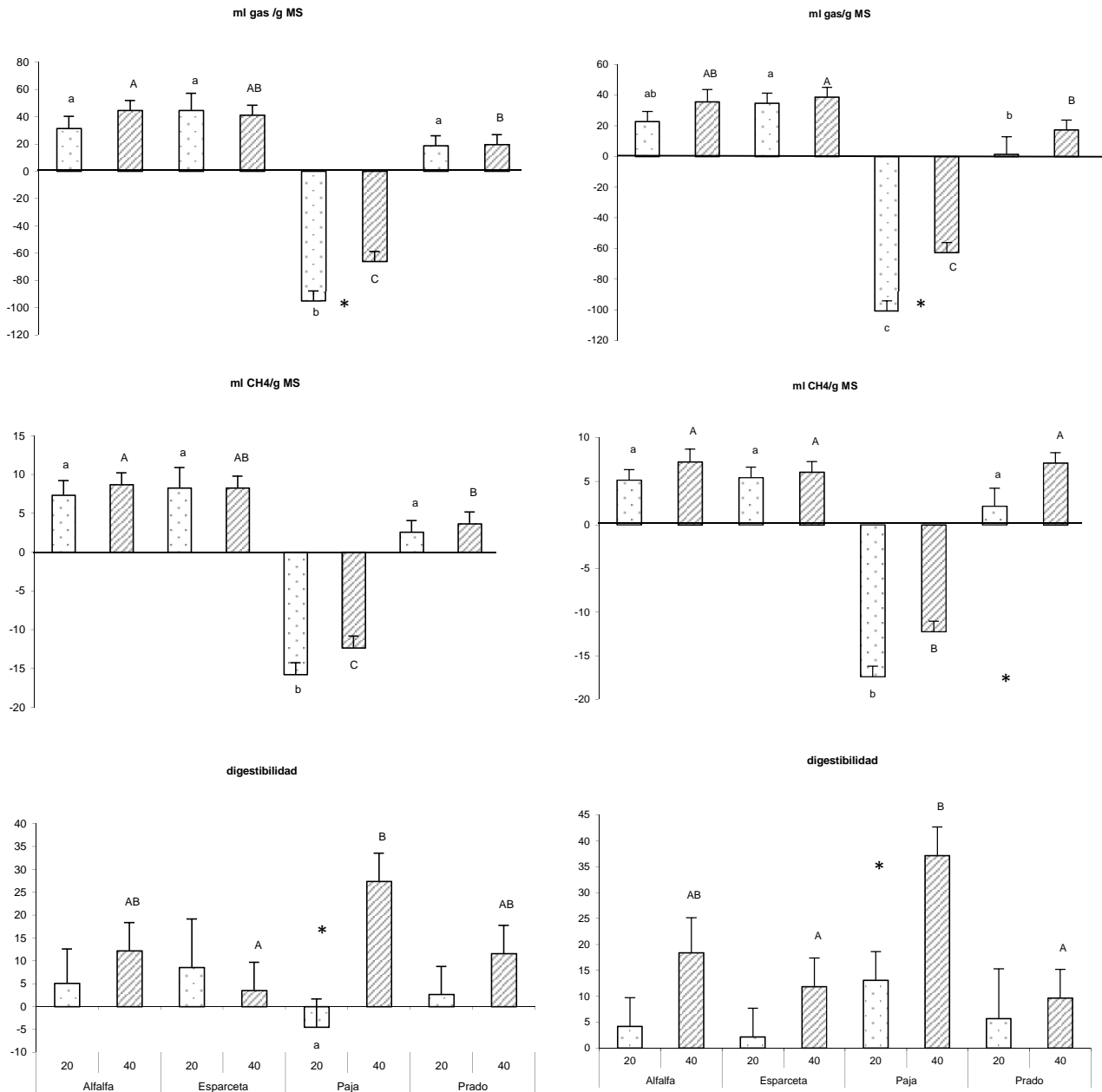


Figura 2. Variación de la producción de gas y de metano (ml/g de materia seca) y de la tasa de digestibilidad de la materia seca (%MS) al añadir cebada o maíz molido en una proporción de 20 ó 40% a una dieta de alfalfa, esparceta, paja y heno de prado. * diferencias dentro del mismo forraje; letras minúsculas corresponden a forrajes con un 20 % de concentrado; letras mayúsculas a forrajes con un 40% de concentrado.

La tasa de digestibilidad estimada también incremento con la inclusión de cebada y maíz, independientemente de la proporción ($P < 0,05$), excepto en la paja con cebada en una proporción de 80:20, que presento una reducción de la digestibilidad, siendo difícil la explicación de dicho comportamiento. Una posible causa pudo ser el tiempo de incubación estudiado. Es conocida la lenta degradabilidad de la paja por su alto grado de lignificación, lo que hace que la tasa a 24 h de incubación sea muy baja y su determinación puede conllevar a errores elevados. La inclusión de concentrado incremento la digestibilidad de la dieta entre un 4 y un 18% cuando el forraje era la alfalfa, entre un 2 y un 12% para la esparceta, entre un -4 y 37% para la paja y entre 2 y 12% para el heno de prado, siendo siempre el incremento más bajo cuando la proporción de concentrado añadido era de 20%.

CONCLUSIONES

La producción de gas y metano es significativamente superior en la alfalfa frente a la esparceta, heno de prado y paja. La menor producción observada en la paja esta relacionada con su baja tasa de digestibilidad, lo que evita la formación de gas y metano por falta de degradabilidad en el rumen. La inclusión de cebada y maíz en un porcentaje de 20 o 40% de la dieta forrajera produce siempre un incremento de dichas producciones, excepto en la paja. La digestibilidad de todos los forrajes se incremento con la adición de los concentrados estudiados, independientemente de la dosis incluida en la dieta. De entre todos los forrajes estudiados, la esparceta seguida del heno del prado fueron las dietas que produjeron menor producción de gas y metano y que presentaron una mejor digestibilidad. La adición de concentrado mejoró la digestibilidad e incrementó la producción de gas y metano en relación al forraje como único ingrediente de la dieta.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto INIA-RTA-2011-133-C02-02 y el INIA-RZP-2013-00001-00-00.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC (1999) Official methods of analysis. AOAC International, Maryland, U.S.A.
- BODAS R., LÓPEZ S., FERNÁNDEZ M., CARCIA-GONZÁLEZ R., RODRÍGUEZ A.B, WALLACE R.J. Y GONZÁLEZ J.S. (2008) In vitro screening of the potential of numerous plant species as antimethanogenic feed additives for ruminants. *Animal Feed Science and Technology* **145**, 245–258.
- ECKARD R.J., GRAINGER C. Y DE KLEIN C.A.M. (2010) Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: a review. *Livestock. Science* **130**, 47–56.
- JOY M., RIPOLL-BOSCH R., SANZ A., MOLINO F., BLASCO I. Y ALVAREZ-RADRIGUEZ J. (2014) Effects of concentrate supplementation on forage intake, metabolic profile and milk fatty acid composition of unselected ewes raising lambs. *Animal Feed Science and Technology*, **187**: 19-29.
- KAMRA D.N., AGARWAL N. Y CHAUDHARY L.C. (2006) Inhibition of ruminal methanogenesis by tropical plants containing secondary compounds. *Int. Congress Ser.* **1293**, 156–163.
- PELLIKAAN W.F., HENDRINKS W.H., UWIMANA G., BONGERS L.J.G.M., BECKER P.M. Y CONE, J.W. (2011) A novel method to determine simultaneously methane production Turing in Vitro gas production using fully automated equipment. *Animal Feed Science and Technology* **168**, 196-205.
- THEODORIDOU K., AUFRÈRE J., ANDUEZA D., LE MORVAN A., PICARD F., STRINGANO E., POURRAT J., MUELLER-HARVEY I. Y BAUMONT R. (2011) Effect of plant development during first and second growth cycle on chemical composition, condensed tannins and nutritive value of three sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) varieties and lucerne. *Grass and Forage Science*. **66**, 402-414.
- VAN SOEST P.J., ROBERTSON J.B. Y LEWIS B.A. (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science* **74**, 3583-3597.

ESTUDIO DE CASO SOBRE EL USO DE PASTIZAL NATIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE MÉXICO

A CASE STUDY ON THE USE OF NATIVE RANGELAND FOR SMALL-SCALE DAIRY PRODUCTION IN THE HIGHLANDS OF CENTRAL MEXICO

P. A. SAINZ-SÁNCHEZ¹, D. HEREDIA-NAVA², C. G. MARTÍNEZ-GARCÍA¹, L. R. GARCÍA-WINDER³, F. VICENTE⁴, A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ⁴ Y C. M. ARRIAGA-JORDÁN¹

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). Instituto Literario # 100, Col. Centro. 50000 Toluca. Estado de México (México). cmarrigaj@uaemex.mx. ²Académico de Cátedras CONACYT. Departamento de Ciencias Biológicas. Centro Universitario de Los Altos (CUALTOS). Universidad de Guadalajara. Carretera a Yahualica Km. 7,5. 47600 Tepatitlán de Morelos. Jalisco (México). ³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). Instituto Literario # 100, Col. Centro. 50000 Toluca. Estado de México (México). ⁴Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Carretera Oviedo s/n. 33300 Villaviciosa. Asturias (España).

RESUMEN

Se presenta un caso de estudio sobre pastoreo de pastizal nativo por un hato mixto de vacunos lecheros y ovejas en el altiplano central de México, el cual es utilizado como recurso forrajero para 5 vacas Holstein en ordeño. Se evaluó el rendimiento de masa herbácea, la altura del pastizal, su composición química y digestibilidad *in vitro*. Durante 17 semanas en temporada de lluvias se registró el rendimiento de leche, su contenido de grasa y proteína, y la condición corporal de las vacas. Los costos de alimentación se calcularon a partir de presupuestos parciales. Hubo un rendimiento de masa herbácea promedio de 976,16 kg MS/ha, con contenidos de proteína entre 66-121 g/kg MS; y digestibilidad *in vitro* de 356 – 515 g/kg DM. Las 5 vacas tuvieron una producción media de 48,72 kg/día, con contenido promedio de grasa de 33,0 g/L; y con proteína promedio de 31,1 g/L. Las vacas aumentaron en condición corporal (0,5 unidades) a lo largo del estudio. Se concluye que el pastizal nativo provee forraje a bajo costo con calidad nutritiva moderada, que complementado con paja, mazorca de maíz y concentrado comercial, sostiene un rendimiento de leche de 9,7 kg/vaca/día y un descenso normal de la lactación, resultando en bajos costos de alimentación.

Palabras clave: pastoreo, costos de alimentación, composición química.

SUMMARY

A case study on the grazing of native rangeland by a mixed herd of dairy cattle and sheep, as a forage resource for a herd of five milking upgraded Holstein cows in a small-scale dairy farm in the highlands of central Mexico was undertaken in terms of herbage mass, pasture height, chemical composition and *in vitro* digestibility. Herd milk yield and milk fat and protein content, and body condition score (BCS) were recorded over 17 weeks during the rainy season; and feeding costs were calculated from partial budgets. Herbage mass was on average 976.16 kg DM/ha, with crude protein contents between 66 and 121 g/kg DM; NDF 588.7 and 627.2 g/kg D; ADF between 277.1 and 340.9 g/kg DM; and *in vitro* digestibility of 356 – 515 g/kg DM. The five cows had a mean daily yield of 48.72 kg/day, with a mean milk fat content of 33.0 g/L; and milk protein content of 31.1 g/L. Cows increased their BCS by 0.5 units over the study. It is concluded that native rangeland provides a low cost forage source with moderate quality that sustained a mean yield of 9.75 kg/cow/day and a normal lactation decline, resulting in low feeding costs.

Key words: grazing, feeding costs, chemical composition.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción de leche en pequeña escala en México se definen como unidades de producción que poseen entre 3 y 35 vacas más sus remplazos, dependen de la mano de obra familiar, y representan el 78 % de las unidades de producción especializadas; aportando el 37% de la producción nacional y contribuyen al alivio de la pobreza rural. Muchos de estos sistemas del altiplano central utilizan pastizales nativos en sus estrategias de alimentación del ganado, junto con otros alimentos como paja (rastroy), grano y mazorca de maíz. Por lo tanto, es necesario estudiar la contribución de los pastizales nativos a los sistemas que dependen de este recurso. Aquí se reporta un estudio de caso sobre la utilización de un pastizal nativo en un sistema de producción característico de los que utilizan este recurso. El objetivo fue conocer su contribución a la ganadería lechera en pequeña escala como un paso en la valorización de un recurso natural que suele ser subvalorado.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El trabajo se llevó a cabo del 30 de junio al 27 octubre de 2013 en un sistema de producción de leche en pequeña escala en el municipio de Aculco en el noroeste del Estado de México (que rodea la ciudad de México), una altitud promedio de 2.440 m, clima templado subhúmedo, temperatura media anual de 13,2 °C, con heladas entre noviembre y febrero, una marcada estación lluviosa, de mayo a octubre, y precipitación anual de alrededor de 800 mm.

El pastizal fue de 9,02 ha con una pendiente mayor a 20%. Este pastizal se ha utilizado para ganado vacuno y ovino por más de 50 años mediante pastoreo continuo entre 6 y 8 h/día. El hato fue de 5 vacas Holstein en lactación, un toro Holstein, tres hembras de remplazo, dos terneros y 39 ovejas, que pastaban juntos. A excepción de las vacas, el resto del ganado sólo se consideró para la determinación de la carga animal, sin registro de su desempeño. Además del pastoreo del pastizal, las vacas lactantes recibieron en pesebre: 2,6 kg/vaca/día de concentrado comercial con 18% de proteína cruda (PC), 2,0 kg /vaca/día de mazorca de maíz molida (con brácteas), y 4,8 kg/vaca/día de paja (rastroy) de maíz molida.

Muestreo, recolección y análisis de datos.

Se registró diariamente el rendimiento total de leche del hato. Se hizo una regresión lineal con el rendimiento de leche diario promedio por semana para evaluar la persistencia de

la producción a lo largo del estudio. Cada cuatro semanas se obtuvo una muestra individual de leche por vaca para determinar grasa y proteína con un analizador de ultrasonido. Se registró la condición corporal (CC) en escala de 1 a 5 siguiendo a Ferguson et al. (1994).

Las mediciones del pastizal siguieron las técnicas para rendimiento de masa herbácea, cortando 6 cuadrantes de 2,00 x 0,25 m por zona del pastizal cada 3 semanas, y altura cada 2 semanas con plato ascendente como en otros trabajos (Anaya-Ortega et al., 2009). El Periodo I para la determinación de Masa Herbácea fue del 14 julio al 4 agosto, el Periodo 2 del 5 agosto al 25 agosto, Periodo 3 del 26 agosto al 15 septiembre, Periodo 4 del 16 septiembre al 6 octubre y Periodo 5 del 7 al 27 de octubre. Se aplicó una prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov a masa herbácea y altura del pastizal. Al no tener distribución normal, se aplicaron las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y Mann -Whitney (Easton y McColl, 2014).

Análisis químico y digestibilidad in vitro de la MS

Cada 3 semanas se recolectaron muestras de pastoreo simulado del pastizal y otros alimentos para determinar el contenido de MS, cenizas, PC, FDN y FDA, así como digestibilidad *in vitro* por duplicado, siguiendo los procedimientos descritos por Anaya-Ortega et al. (2009).

Análisis económico

El análisis económico se realizó con presupuestos parciales, siguiendo los procedimientos utilizados en estudios anteriores (Alfonso-Ávila et al., 2012), asignando costos de oportunidad para el pastizal, la paja molida, y la mazorca de maíz molida (recursos de la finca), considerando lo que el productor recibiría en pago (alquiler por el pastizal) por esos recursos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Masa herbácea

Las principales especies gramíneas fueron: *Bouteloua hirsuta*, *Bouteloua gracilis*, *Bromus carinatus*, *Pennisetum clandestinum*, *Cynodon dactylon*, *Agrostis spp.*, y *Sporobolus poiretii*. Las especies preferidas por vacunos y ovinos fueron *Bouteloua gracilis*, *B. hirsuta*, *Cynodon dactylon*, y el pasto africano introducido Kikuyo *Pennisetum clandestinum*. También hubo pseudo-gramíneas como *Cyperus spp.* y *Juncus spp.*; así como algunas hierbas

consumidas por el ganado del género *Tagetes spp.*, *Plantago spp.*, *Cirsium spp.*, y otros. Existen algunos encinos *Quercus spp.*, pinos *Pinus hartwegii* y arbustos como *Acacia fanerosa*. La masa herbácea más baja fue al inicio de la temporada de lluvias (Periodo I), que aumento más de 3,5 veces para el Periodo 2, después de lo cual siguió hasta alcanzar la máxima masa herbácea en el Periodo 5; aunque sin diferencias significativas entre los Periodos 2-5 ($P > 0,05$). Aunque la masa herbácea aumentó en el tiempo, no fue completamente cosechada por los animales, ya que la carga animal se mantuvo igual durante todo el estudio en 17,4 unidades animal (1,93 UA/ ha); restringido a sólo 7 h/día de pastoreo; de manera que una gran cantidad de forraje no fue consumida por el ganado y llegó a etapa reproductiva o progresó hasta la senescencia. La masa herbácea promedio reportada en este estudio de 976,16 kg MS / ha, se compara con reportes de Echavarría-Chairez et al. (2006) con rendimientos de materia seca de 471 kg / ha y 1,151 kg / ha en pastizales similares (pero más al norte, con menor lluvia) bajo pastoreo continuo y rotacional respectivamente, on un valor medio de 811 kg MS/ha. Esto muestra que aún en condiciones agroclimáticas diferentes, los pastizales nativos en el altiplano central de México muestran una masa herbácea en torno a 1.0 ton MS/ha.

Altura del pastizal

La altura del pastizal tuvo diferencias significativas entre periodos ($P > 0,05$) manteniéndose por encima de 7 cm (medida con plato ascendente) hasta la semana 9. A partir de la semana 11 disminuye ligeramente, cayendo significativamente en la semana 17. La altura de los pastos no presentó una relación significativa con la masa herbácea ($P > 0,05$; $R^2 = 0,39$).

Composición química y digestibilidad in vitro

La Tabla 1 muestra la composición química y digestibilidad *in vitro* de los pastos nativos, observándose el comportamiento por periodo de evaluación.

El contenido de PC es similar a lo reportado por Tessema et al. (2010) en Etiopía, donde el pastizal evaluado tuvo un contenido de PC entre 6,8% y 14,1%, con un contenido medio de PC que cumplió con los 120 g CP / kg DM establecidos como el requerimiento para rendimientos moderados de leche (Maynard et al., 1979). La FDN y FDA tuvieron un patrón inverso al de la PC, a partir de valores más bajos en el Periodo 1, aumentando desde el Periodo 2, con un ligero descenso en el Periodo 5. El valor nutritivo del pastizal disminuyó en

el tiempo. El descenso fue más notable dada la baja intensidad de pastoreo, que se muestra por el aumento de masa de forraje en los periodos subsiguientes, lo que hizo que las gramíneas maduraran y entraran en etapa reproductiva, lo que impide la estimulación de nuevos brotes y el crecimiento vegetativo que podría haber sido inducido por una mayor presión de pastoreo. Okello et al. (2005) describen un efecto similar al pastoreo de 10 vacas lecheras en pastizales nativos en una parcela de 10 hectáreas, observando contenidos de FDN de 76 y 84%, mencionando que la baja calidad de pastos se debió al rápido crecimiento de la hierba y a la baja presión de pastoreo. En lo que respecta a los otros alimentos dados a las vacas, la paja de maíz y la mazorca de maíz molida incluyendo brácteas son similares a lo reportado por Estrada-Flores et al. (2006).

Tabla 1. Composición química y digestibilidad *in vitro* de los pastos nativos.

Componente (%)	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5
Proteína Cruda	12.11	8.76	7.50	7.62	6.65
Fibra Detergente Neutro	58.87	65.96	68.31	70.24	62.72
Fibra Detergente Ácido	27.71	32.03	33.28	34.09	30.28
Digestibilidad	51.56	45.40	40.36	39.52	35.67

Rendimiento y composición de la leche

La producción total de leche durante el estudio para el pequeño hato de 5 vacas en ordeño fue de 5.846,54 kg, con una rendimiento diario promedio de 48,72 kg de leche/hato/día (9,74 kg/vaca/día), con 33,0 g grasa/L y 31,1 g proteína/L. La regresión lineal de rendimiento por semana fue: Y (kg leche/hato/día) = 58,86 - 1,23x, donde x es semana del estudio ($P < 0,05$, $R^2 = 0,89$); una tasa de disminución del 2,06% por semana con respecto al intercepto. La producción de leche reportada en este estudio es significativamente más baja que los 16-19 kg/vaca/día, reportados en otras investigaciones sobre la mejora de estrategias de alimentación basada en praderas y ensilados (Albarrán et al., 2012; Pincay-Figueroa, 2014).

Condición corporal

Al inicio las vacas tenían una condición corporal (CC) promedio de 2,4, para llegar al final de la temporada de pastoreo con un promedio de 2,9. La producción de leche fue

moderada, pero la condición corporal aumentó, lo que significa un excedente de energía, pero una posible falta de proteína que ni el pastizal ni la suplementación con concentrado comercial fueron suficientes para una mayor producción de leche. Esto es contrario a lo que se reporta en otros estudios donde la CC de vacas en ordeño disminuyó a medida que el valor nutritivo del pastizal disminuyó, ocasionando que las vacas tuvieran que movilizar reservas corporales para mantener la producción de leche (Okello et al., 2005). El contenido de proteína cruda de la dieta fue de 92 g / kg MS, más bajo que los 120 g PC/kg MS recomendados para rendimientos moderados de leche (Maynard et al., 1979). Sin embargo, la ingesta de energía metabolizable fue mayor que los 105-110 MJEM/vaca /día requeridos para un rendimiento de 9,7 kg de leche, lo que permitió el aumento en la CC.

Costos de alimentación

La Tabla 2 muestra las cantidades proporcionadas diariamente de alimento complementario así como los costos de alimentación calculados por vaca y por kg de leche producido. El costo de alimentación fue de USD \$ 0,21/L de leche. El precio recibido fue de USD \$ 0,38/L representando un margen de USD \$ 0,17/L de leche y una relación beneficio/costo de USD \$ 1.81 sobre costos de alimentación.

Tabla 2. Costos de alimentación (USD\$).

Alimento	Costo (USD\$/kg)	kg BH/vaca/día	Días	Costo / vaca / día
Rastrojo de maíz molido	0,14 / kg	4,80 kg	120	USD\$ 0,71
Mazorca de maíz molida	0,22 / kg	2,00 kg	120	USD\$ 0,46
Concentrado Comercial	0,34 / kg	2,60 kg	120	USD\$ 0,88
Pastoreo en Pastizal Nativo	0,08 / vaca/día	---	120	USD\$ 0,08
Costo de alimentación / vaca / día				USD\$ 2,13

El pastoreo de pastizales representa una estrategia para reducir costos de alimentación, como se demuestra en comparación con otras unidades de producción en pequeña escala que han incorporado el pastoreo de praderas de raigrás con trébol blanco en sus estrategias de alimentación. Pincay-Figueroa (2014) evaluó la introducción de pastoreo en comparación con el corte de praderas, reportando un costo de alimentación en pastoreo de USD \$ 0,20 / litro de leche, que se compara favorablemente con el costo de USD \$ 0,21/L reportado en este

estudio. El costo en este estudio considera los costos de oportunidad del pastizal, la paja y las mazorcas de maíz lo que podría tener un costo menor a lo establecido.

CONCLUSIONES

El pastizal tuvo una calidad moderada que aunque la disminuyó rápidamente, complementado con paja de maíz, mazorcas de maíz molidas y concentrado comercial mantuvieron una producción de leche promedio de 9,74 kg/vaca/día, que cumplió con la norma de contenido de grasa y proteína; y una tasa normal de disminución de la lactancia. Las vacas mejoraron su CC. El pastizal nativo proporcionó un forraje de bajo costo, disponible durante la temporada de lluvias; permitiendo bajos costos de alimentación comparables a los del pastoreo de praderas raigrás-trébol blanco bajo riego (aunque con rendimientos menores), con márgenes económicos atractivos para estos productores de leche en pequeña escala siendo un incentivo para preservar este recurso natural.

AGRADECIMIENTOS

Al productor participante, a la *Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo* (AECID 11-CAP2-1526), el *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología* (CONACYT) (129449 CB-2009) y *Secretaría de Desarrollo Agropecuario* del Estado de México (UAEM110597).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBARRÁN B., GARCÍA A., ESPINOZA A., ESPINOSA E. Y ARRIAGA C.M. (2012) Maize silage in the dry season for grazing dairy cows in small-scale production systems in Mexico's Highlands, *Indian Journal of Animal Research* 46, 317-324.
- ALFONSO-ÁVILA A.R., WATTIAUX M.A., ESPINOZA-ORTEGA A., SÁNCHEZ-VERA E. Y ARRIAGA-JORDÁN C.M. (2012) Local feeding strategies and milk composition in small-scale dairy production systems during the rainy season in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 44, 637-644.
- 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.
- EASTON V.J. Y MCCOLL J.H. (2014) Non-parametric tests. *Statistics Glossary* v 1.1. <http://www.stats.gla.ac.uk/steps/glossary/nonparametric.html#wmwt>.

- ECHAVARRÍA-CHAIRES F.G., GUTIÉRREZ-LUNA R., LEDESMA-RIVERA R.I., BAÑUELOS-VALENZUELA R., AGUILERA-SOTO J.I. Y SERNA-PÉREZ A. (2006) Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido Zacatecano. I. Vegetación nativa. *Técnica Pecuaria en México*, 44, 203-217.
- ESTRADA-FLORES J.G., GONZÁLEZ-RONQUILLO M., MOULD F.L., ARRIAGA-JORDÁN C.M. Y CASTELÁN-ORTEGA OA. (2006) Chemical composition and fermentation characteristics of grain and different parts of the stover from maize land races harvested at different growing periods in two zones of Central Mexico. *Animal Science*, 82, 845 -852.
- MAYNARD L.A., LOOSLI J.K., HINTZ H.F. Y WARNER R.G. (1979) *Animal Nutrition*. 7th edn. New York: McGraw-Hill Book Company.
- OKELLO S., SABIITI E N. Y SCHWARTZ H.J. (2005) Analysis of factors affecting milk yield of Ankole cows grazed on natural range pastures in Uganda. *African Journal of Range and Forage Science*, 22, 149-156.
- PINCAIY-FIGUEROA P.E. (2014) Praderas cultivadas bajo corte o pastoreo en las estrategias de alimentación del ganado de sistemas de producción de leche en pequeña escala Tesis de Maestría en Ciencias. Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- TESSEMA Z., ASHAGRE A. Y SOLOMON M. (2010) Botanical composition, yield and nutritional quality of grassland in relation to stages of harvesting and fertilizer application in the highlands of Ethiopia. *African Journal of Range & Forage Science*, 27, 117-124.

IMPLANTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA NIRS EN EL CONTROL DE CALIDAD DE ENSILADOS A NIVEL DE EXPLOTACIÓN

IMPLEMENTATION OF NIRS TECHNOLOGY IN QUALITY CONTROL OF SILAGE AT FARM LEVEL

A. SOLDADO, S. MODROÑO, C. CASAL, A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ Y B. DE LA ROZA-DELGADO

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

RESUMEN

Con el objetivo de determinar en tiempo real parámetros nutritivos en ensilados de maíz, utilizando bibliotecas espectrales existentes, como herramienta de apoyo a decisiones en el sector primario, se han utilizado tres instrumentos de infrarrojo cercano (NIRS), un equipo de laboratorio (*at-line*: Foss-NIRSystems 6500, Máster), dos portátiles satélites (Corona45 VisNIR 1.7 y Phazir1624HandheldNIR) y 322 muestras de ensilado de maíz en forma intacta. Se desarrollaron modelos de calibración, en rango de longitudes de onda adaptados a cada equipo Satélite: 1)400-1710nm, 2)1100-1710nm, 3)600-2400nm y 4)1596-2090nm, obteniéndose coeficientes de determinación de validación cruzada entre 0,7 y 0,9 para los parámetros nutritivos evaluados. Se desarrollaron diferentes matrices de estandarización, para optimizar la transferencia de los modelos de predicción, evaluando las estrategias de transferencia en función de las distancias medias espectrales GH (distancia global al centro poblacional) y NH (distancia vecinal). Para el equipo Phazir los mejores resultados se obtuvieron con una matriz de estandarización constituida por 60 muestras, y para el equipo Corona, con 20 muestras. Los resultados demuestran que es posible transferir ecuaciones NIRS entre instrumentos *at-line* y *on-site*, para la predicción *in-situ* de parámetros nutritivos en muestras complejas y heterogéneas como ensilados de maíz, en la propia explotación.

Palabras clave: maíz ensilado, reflectancia en el infrarrojo cercano, sensores portátiles.

SUMMARY

The aim of the present work has been to determine in real-time nutritional parameters of corn silage, using existing spectral libraries, as a tool for decision support in the primary sector. Three near infrared (NIRS) instruments were used in the research work, a laboratory equipment (*at-line*: FossNIRSystems 6500, Master) and two portable instruments as satellites (Corona45VisNIR 1.7. and Phazir 624HandheldNIR) and 322 samples of corn silage in its intact form. Different calibration models were developed adapted to each satellite equipment, in the range of wavelengths: 1)400-1710nm, 2)1100-1710nm, 3)1600-2400nm and 4)1596-2090nm, with coefficients of determination of cross-validation from 0.7 to 0.9 for evaluated nutritional parameters. Different standardization matrices were assayed, to optimize the transference of prediction models; transference was evaluated in bases at the average spectral distances GH (global distance to the population centre) and NH (neighborhood distance). The best results, for Phazir instrument, were obtained when standardization was performed using a matrix consisting of 60 samples of corn silage, and for Corona, with 20 samples. The results obtained showed that it is possible to transfer NIRS equations, from an *at-line* to *on-site* instruments, for predicting *in-situ* nutritional parameters, in heterogeneous samples as corn silage samples in their natural stage.

Keywords: maize silage, near infrared reflectance, portable sensors.

INTRODUCCIÓN

La calidad de un ensilado resulta de la interacción entre la naturaleza del material de origen, su composición química y el proceso de conservación, y viene dada por su contenido en principios nutritivos, la digestibilidad de los mismos y por su fermentación. Su caracterización por métodos tradicionales exige un proceso analítico largo, tedioso y contaminante, por ello, se necesita un cambio radical en los procesos de análisis y control. La tecnología NIRS (Espectroscopía de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano) se ha venido utilizando desde hace tiempo para el análisis y control de calidad en agroalimentación, para sustituir o complementar a los métodos analíticos tradicionales. Su utilización para la optimización de la dieta y el control de la calidad de los forrajes, unido a la toma de decisiones a tiempo real, mejora el rendimiento de las explotaciones y sus producciones posibilitando un pago más justo de las mismas y redundando en una reducción de costes e inputs medioambientales. Su aplicación en la medida de la calidad de la dieta (Stut y Tolleson, 2000), ingestibilidad y digestibilidad (de la Roza *et al.*, 2002, Soldado *et al.*, 2004), contenido en proteína, humedad, grasa, fibra, y demás parámetros nutritivos (de la Roza-Delgado *et al.*, 2006) en alimentos para animales ha sido ampliamente demostrada.

En la actualidad, las aplicaciones NIRS en laboratorio (*at-line*) con instrumentos de altas prestaciones, sustituyen a la rutina de los métodos analíticos tradicionales en los laboratorios agroalimentarios, permitiendo una evaluación rápida y precisa de los atributos de calidad. Sin embargo, a pesar de su rapidez, presenta limitaciones, dado que estos instrumentos NIRS son muy “sensibles” a variaciones de temperatura y humedad, lo que restringe su uso fuera de condiciones controladas. Además, es necesario transportar la muestra desde el punto de origen al laboratorio, ocasionando una demora entre el proceso de muestreo y el resultado analítico, lo que impide una respuesta inmediata sobre la calidad del alimento, clave para la elaboración de raciones.

El desarrollo continuo de nuevas técnicas quimiométricas, la miniaturización de componentes instrumentales, el desarrollo de la espectroscopía NIR de imagen, y la continua aplicación a nuevos campos, hacen que esta técnica esté en plena expansión, siendo la más importante en el análisis a tiempo real y de proceso (Workman *et al.*, 2003). Además, el desarrollo de sensores de reducido tamaño que hacen posible su portabilidad y son capaces, por tanto, de recoger la información espectroscópica directamente en el campo y sobre muestra intacta (Soldado *et al.*, 2013), es decir la implantación NIRS *on-site*, permiten

incrementar la eficacia en la determinación de parámetros de interés y proporcionar información relevante para la toma de decisiones en tiempo real. Además, para la implantación de métodos *in-situ*, es necesario aprovechar las bases de datos espectrales obtenidas durante muchos años en el laboratorio, mediante una transferencia entre ambos tipos de equipos, o lo que es lo mismo, la estandarización de ambos instrumentos para que los espectros sean similares.

Por todo ello, el objetivo de este trabajo ha consistido en evaluar la posibilidad de transferencia de ecuaciones de calibración desarrolladas en equipos *at-line* a instrumentos *on-site*, para la determinación de parámetros nutritivos *in-situ* de ensilados de maíz sin pretratamiento de la muestra, como estrategia de mejora en la toma de decisiones en las explotaciones ganaderas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colectivos de muestras

Se han utilizado un total de 322 muestras de ensilado de maíz, recogidas en explotaciones ganaderas del Principado de Asturias durante el periodo 2010-2013. Este conjunto global de muestras se dividió en tres grupos: a) Colectivo de calibración (Set 1), constituido por 241 muestras analizadas en el equipo NIRS *at-line*, b) Colectivo de estandarización (Set 2), consta de 61 muestras y c) Colectivo de validación externa, 20 muestras. En estos dos últimos las muestras fueron analizadas en el equipo *at-line* y los dos equipos portátiles utilizados en el presente trabajo, simultáneamente.

Instrumentos NIRS

Se han empleado tres equipos NIRS: a) instrumento de laboratorio (*at-line*), es un monocromador Foss NIRSystem 6500 SY-II (Silver Spring, MD, USA), equipado con módulo de transporte, para medidas de reflectancia en el rango 400-2500 nm; las muestras fueron analizadas por duplicado, es el instrumento Master. b) Equipo portátil (*on-site* u *on-line*) de red de diodos (Corona 45 VisNIR 1.7, Carl Zeiss), de rango 300- 1710nm y utilizado como instrumento secundario o Satélite 1; cada muestra fue analizada en 20 submuestras. c) Phazir 1624 Handheld NIR (Satélite 2), analizador NIRS de mano, provisto de una pantalla LCD, con filtro óptico de tipo MEMS (Sistemas micro-electro-mecánicos), con lámpara de tungsteno como fuente de radiación y rango espectral 1600-2400 nm; se recogieron 40 espectros de cada muestra.

Análisis de referencia

Las muestras fueron analizadas por vía húmeda para determinar los parámetros nutritivos: desecación a 60°C para determinación de materia seca (MS), cenizas (CZ), proteína bruta (PB) y fibra bruta (FB), según AOAC (1984), fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD), según Van Soest *et al.* (1991) y almidón enzimático (ALM).

Tratamiento quimiométrico de los datos y clonación de instrumentos.

Para el desarrollo y evaluación de los modelos de predicción se utilizó el software WinISI II ver.1.50 (Infrasoft International). Se llevaron a cabo diferentes pretratamientos de la señal espectroscópica NIR, tales como la derivación y la corrección del fenómeno de radiación dispersa y las ecuaciones de calibración fueron desarrolladas por regresión de mínimos cuadrados parciales (MPLS).

La clonación se llevó a cabo por estandarización directa mediante el algoritmo del software WinISI ver. 1.05 y desarrollado por Shenk y Westerhaus (1991).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de los datos de referencia obtenidos y los datos espectroscópicos recogidos en el equipo master, se desarrollaron ecuaciones de calibración para la determinación de los parámetros nutritivos de ensilado de maíz en fresco, en los rangos de los equipos satélites para su posterior transferencia. Aunque se han evaluado diferentes tratamientos matemáticos en primera y segunda derivada con pre-tratamiento de corrección de la dispersión de la luz, fue elegido un tratamiento en primera derivada para todos los parámetros y equipos. Asimismo, fueron evaluados diferentes rangos de medida, puesto que los equipos portátiles presentaron discontinuidades o ruido en el inicio o final del espectro. La Tabla 1 muestra que la precisión y exactitud para la mayoría de las variables estudiadas ha sido buena, con coeficientes de determinación de validación cruzada (1-VR) entre 0.7 y 0.9 para todos los parámetros a excepción de las cenizas, excelentes en MS_{real} y buenos en PB, FND, FADLC, ALM y FB.

Previo a la transferencia de los modelos de predicción NIRS, se desarrollaron a partir del Set 2 diferentes matrices de estandarización, constituidas por 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20 y 60 muestras, seleccionándose las muestras finales en base a los valores decrecientes de la raíz cuadrática media corregida por el bias (RMS(C)). Los mejores resultados fueron obtenidos con una matriz de estandarización constituida por 20 muestras para los equipos *at-line* y Satélite 1 y 60 muestras entre *at-line* y Satélite 2. En la Figura 1, se puede observar la

concordancia entre los espectros medios recogidos en los tres equipamientos tras la estandarización de los equipos portátiles, utilizando como master el equipo de laboratorio.

Tabla 1. Desarrollo de modelos de predicción NIRS en los rangos de los equipos satélites.

Parámetro	Tratamiento	Equipo Satélite 1				Equipo Satélite 2			
		RANGO 400-1710 nm		RANGO 1100-1710 nm		RANGO 1596-2396 nm		RANGO 1596-2090 nm	
		1-VR	RER	1-VR	RER	1-VR	RER	1-VR	RER
MS real	(1,5,5,1)	0,95	26,7	0,94	22,52	0,93	18,9	0,91	17,8
CZF	(1,5,5,1)	0,11	5,7	0,51	8,5	0,55	8,9	0,40	7,8
PBF	(1,5,5,1)	0,70	10,7	0,70	10,5	0,80	14,2	0,71	11,6
FNDF	(1,5,5,1)	0,83	13,3	0,8	12,34	0,86	14,87	0,67	6,4
FADLCF	(1,5,5,1)	0,81	11,6	0,79	11,6	0,79	12,15	0,74	11,3
ALMF	(1,5,5,1)	0,83	13,3	0,84	13,77	0,74	9,09	0,74	10,9
FBF	(1,5,5,1)	0,78	13,1	0,77	10,47	0,73	11,21	0,69	10,7

MS: materia seca, F: resultados sobre muestra en fresco, CZ: cenizas, PB: proteína bruta, FND y FAD: fibras neutro y ácido detergente, LCF: libre de cenizas, ALM: almidón, FB: fibra bruta, 1-VR: coeficiente de determinación de validación cruzada; RER: rango/error estándar de validación.

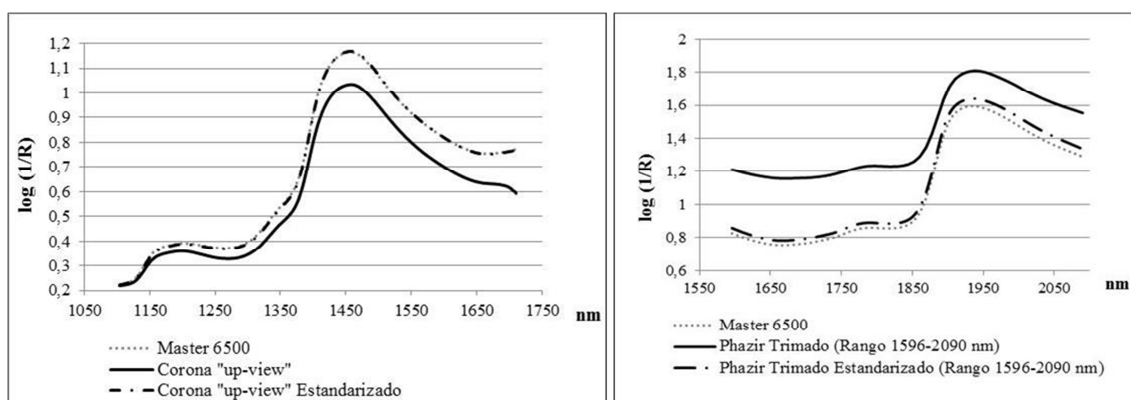


Figura 1. Espectro promedio del colectivo de validación externa en los tres equipamientos NIRS y estandarizados: izda.) estandarización Satélite 1; dcha.) estandarización Satélite 2.

En el equipo Satélite 1, los resultados son favorables, tanto cuando los espectros son tomados en la posición en que la luz incide por debajo de la muestra o “up-view”, como cuando son recogidos cuando la luz incide sobre la misma o “down-view”. Ello confirma su potencial aplicabilidad tanto a nivel industrial, como *in-situ*, a nivel de las explotaciones

ganaderas, una vez eliminado el rango 400-1050 nm, ya que el equipo presenta una marcada discontinuidad espectral a la longitud de onda de 1000nm. En el instrumento Satélite 2, los resultados también difieren cuando se estudia el rango espectral completo 1600-2400 nm, frente al rango trimado: 1600-2090 nm, puesto que la parte final del rango muestra un elevado ruido.

Previo a realizar la validación externa se evaluó el éxito de la estandarización en base a la comparación de las distancias medias espectrales GH (distancia global al centro poblacional) y NH (distancia vecinal) entre los equipos Master y Satélites antes y después de la estandarización. Tras la estandarización los valores de GH y NH (Tabla 2) disminuyen hasta valores próximos a los obtenidos en el equipo *at-line* y se ajustan a los valores recomendados (GH <3 y NH<1,2), lo que significa que los espectros de la población de validación no se encuentran alejados de los del colectivo de calibración y, por tanto, es posible utilizar el modelo desarrollado en los equipos portátiles.

Tabla 2. Estadísticos GH (distancia al centro poblacional) y NH (distancia vecinal) para la evaluación de la estandarización de los equipos Satélite.

	Equipo Master	Equipo Satélite 1 "up-view" (1100-1710)		Equipo Satélite 2 (1596-2090)	
		Sin estandarización	Con estandarización	Sin estandarización	Con estandarización
GH	1,62	393,4	1,96	68,4	1,46
NH	0,84	358,9	1,17	55,9	0,55

Para confirmar la estandarización se llevó a cabo la predicción de la calidad nutritiva sobre una población externa (Set 3). Los resultados obtenidos para las muestras incluidas en el Set 3, se muestran en la Tabla 3. En lo referente al equipo Satélite 1, los resultados presentan errores elevados para MS, mientras que en el Satélite 2, este parámetro tiene un error 50 % inferior, sin embargo las fibras ácido y bruta no mostraron apenas diferencias entre instrumentos, mientras que la fibra neutro presenta en el Satélite 2 un error doble al del Satélite 1. En cuanto a la proteína el Satélite 1 tiene un error ligeramente inferior al 2.

Tabla 3. Error estándar de predicción corregido por el sesgo obtenido tras la validación externa del Set 3 (N=20) con el modelo transferido.

Parámetro %	Satélite 1 “up-view” (1100-1710)	Satélite 1 “down-view” (1100-1710)	Satélite 2 (1596-2090)
MS	4,932	4,930	2,890
CZF	0,251	0,265	0,224
PBF	0,248	0,275	0,333
FNDF	0,890	0,867	1,787
FADLCF	0,830	0,846	0,645
FBF	0,569	0,554	0,495
ALMF	4,081	3,965	2,410

MS: materia seca, F: resultados sobre muestra en fresco, CZ: cenizas, PB: proteína bruta, FND y FAD: fibras neutro y ácido detergente, LCF: libre de cenizas, FB: fibra bruta, ALM: almidón.

Los resultados demuestran que es posible transferir ecuaciones NIRS para predecir parámetros nutritivos de ensilados de maíz en fresco, de un instrumento Master (*at-line*) (Foss-NIRSystems 6500) a los dos instrumentos Satélite (*on-site*) considerados (Corona 45 VisNIR 1.7 y Phazir 1624 Hand-held NIR), para la predicción *in-situ* de parámetros nutritivos en muestras tan complejas como ensilados de maíz, aunque las características ópticas y los rangos espectrales de los equipos pueden limitar este proceso.

AGRADECIMIENTOS

Al INIA por la financiación de los proyectos RTA2010-00128-00 y RTA2012-00063-02, cofinanciados con fondos FEDER, así como al personal técnico del Laboratorio de Nutrición del SERIDA por su colaboración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. (1984) *Official methods of analysis* Ed: Association of Official Agricultural Chemist. 14th ed.
- DE LA ROZA B., MARTÍNEZ A., MODROÑO S. Y ARGAMENTERÍA A. (2002) Measurements of metabolic parameters in lactating dairy cows with near infrared reflectance spectroscopy analysis using cattle faecal samples. In: *Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of the 10th International Conference*. NIRS Publications. Chischester UK. pp. 371-374.
- DE LA ROZA-DELGADO B., SOLDADO A., MARTÍNEZ FERNÁNDEZ A., VICENTE F. Y MODROÑO S. (2006) NIRS as a tool to predict nutritive quality of raw Total Mixed Rations with silages incorporated. *Sustainable Grassland Productivity Grassland Science in Europe*, Eds.: J. Lloveras; A. González-Rodríguez; O. Vázquez Yáñez; J. Piñeiro; O. Santamaría; L. Olea and M. J. Poblaciones; ISBN.:84 689 6711 4. ArtesGráficasMarcipa (Badajoz), 11: 571-573.

- SHENK J.S. Y WESTERHAUS M.O. (1991) New standardisation and calibration procedure for NIRS Analytical Systems. *Crop Science*, **31**, 1694-1696.
- SOLDADO A., DE LA ROZA B., MARTÍNEZ A., MODROÑO S., VICENTE F. Y ARGAMENTERÍA A. (2004) NIRS: a tool to predict ruminal degradability in feedstuffs. In: *Proceeding of 11th International Conference on Near Spectroscopy*. pp. 679-684. Ed: A. M. C. Davies and A. Garrido –Varo. NIR Publications. Chichester UK.
- SOLDADO A., FEARN T., MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A. Y DE LA ROZA-DELGADO B. (2013) The transfer of NIR calibrations for undried grass silage from the laboratory to on-site instruments: Comparison of two approaches, *Talanta*, **105**, 8-14.
- STUTH J.W. Y TOLLESON D.R. (2000) Monitoring the nutritional status of grazing animals using near infrared spectroscopy. *Compendium on continuing Ed. For the Pract. Vet.* 22:S108-S115.
- VAN SOEST P.J., ROBERTSON J.B. Y LEWIS B.A. (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, **74**, 3583-3597.
- WORKMAN J.R., KOCH M. Y VELTKAMP D.J. (2003) Process analytical chemistry. *Analytical Chemistry*, **75**, 2859–2876.

FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y MINERAL DE MAÍZ FORRAJERO CON INCORPORACIÓN DEL INHIBIDOR 3,4 DIMETIL PIRAZOL FOSFATO

ORGANIC AND MINERAL FERTILIZATION OF FODDER MAIZE WITH INCORPORATION OF THE NITRIFICATION INHIBITOR 3,4 DIMETHYL PYRAZOLE PHOSPHATE

M.D. BÁEZ BERNAL, C. GILSANZ REY, M.I. GARCÍA POMAR Y J. CASTRO INSUA

Departamento de Pastos y Cultivos. CIAM-INGACAL. Apdo. 10. 15080 A Coruña (España) dolores.baez.bernal@xunta.es.

RESUMEN

El objetivo del trabajo es determinar la influencia del tipo de fertilización: orgánica con purín de vacuno (PV), orgánica combinada con mineral y mineral en la capacidad productiva y calidad nutritiva de un cultivo de maíz forrajero; asimismo, se estudia la dinámica del nitrógeno (N) durante el cultivo en las condiciones edafo-climáticas de Galicia y la capacidad del inhibidor de la nitrificación 3,4 dimetil pirazol fosfato (DMPP) para mejorar aspectos productivos, de calidad del cultivo e influencia en el balance del N. El diseño experimental fue de bloques al azar, cuatro repeticiones y ocho tratamientos de fertilización: un testigo (0 kg N/ha) y siete tratamientos con aporte de 200 kg N/ha: PV en una sola aplicación en presiembra con y sin DMPP; tres tratamientos donde se combinó la aplicación de PV en presiembra, con y sin inhibidor, y mineral en cobertera (NAC 27 o ENTEC 26); NPK (15-15-15) en presiembra y NAC en cobertera, y finalmente, ENTEC (24-8-7) en una sola aplicación en presiembra. Entre los tratamientos fertilizados no se encontraron diferencias en los rendimientos y extracciones de N por el cultivo. La incorporación del inhibidor provocó ligeros incrementos en las recuperaciones del N aportado en los tratamientos de PV+ENTEC 26 y ENTEC (24-8-7) en un solo aporte. Los resultados sugieren que las ventajas al incorporar el DMPP pueden ser: reducir el número de aplicaciones de los fertilizantes minerales de dos a una, lo cual mejora ciertos aspectos de calidad nutritiva del forraje sin detrimento en la producción; y desde el punto de vista ambiental, reducir pérdidas de N en forma gaseosas o de lixiviación durante el ciclo del cultivo.

Palabras clave: producción MS, purín de vacuno, ENTEC, balance de N.

SUMMARY

In this study, we aimed to determine the influence of the fertilizer regime (organic cow slurry, mineral fertilizer or combined organic/mineral fertilizer) on the productive capacity and nutritional quality of a fodder maize crop. We also studied the nitrogen (N) dynamics during growth of the crop under the prevailing edapho-climatic conditions in Galicia. Finally, we evaluated the capacity of the nitrification inhibitor 3,4 dimethyl pyrazole phosphate (DMPP) to improve crop productivity and quality, and we studied the influence of the inhibitor on N balance. We used a randomized block design consisting of four replicates of eight fertilization treatments, including one control treatment (0 kg N/ha) and seven treatments each supplying 200 kg N/ha: cow slurry (CS) was applied at the presowing stage, with and without DMPP; CS was applied at the presowing stage in combination with surface application of a mineral fertilizer (NAC 27 or ENTEC 26); CS was applied at the presowing stage with DMPP plus surface application of ENTEC 26; NPK (15-15-15) was applied at the pre-sowing stage in combination with surface application of NAC 27; and finally, a single dose of ENTEC (24-8-7) was applied by surface spreading at the pre-sowing stage. The different fertilizer treatments did not produced any significant differences in crop yield or N extraction by the crop. Incorporation of the inhibitor produced slight increases in the recovery of the N supplied in the treatments CS+ENTEC 26 and ENTEC (24-8-7). The findings suggest some possible advantages of incorporating DMPP together with fertilizers. For example, the number of applications of mineral fertilizers could be reduced from twice to once, which would improve certain aspects of the nutritional quality of the fodder without affecting DM yield. From an environmental perspective, loss of N during the crop cycle, either in gaseous form or as a leachate, could also be reduced.

Key words: DM yield, cattle slurry, ENTEC, N balance.

INTRODUCCIÓN

El maíz forrajero en Galicia con 68 936 ha sembradas representa el 64% de la superficie dedicada a este cultivo en toda España (Reglamento CE 543/2009); es el segundo cultivo forrajero después de las praderas en importancia económica en Galicia y cada vez con más presencia en las explotaciones frente a prados y pastizales (Fernández-Lorenzo *et al.*, 2009). Es un cultivo que requiere elevados aportes de nitrógeno (N) en forma mineral u orgánica, hecho que puede conducir a balances agronómicos desajustados y elevados residuos de N mineral en suelo (nitratos y amonios) tras la cosecha. Hoy en día desde la Política Agraria Común (PAC) en el horizonte 2020 se apuesta por un modelo de producción sostenible; en el programa de Desarrollo Rural se alude a un uso eficiente de los recursos y las subvenciones están cada vez más condicionadas a prácticas respetuosas con el medio ambiente como es llevar a cabo la fertilización de los cultivos de forma eficiente y con el menor riesgo ambiental.

La aplicación de fertilizantes nitrogenados junto a inhibidores de la nitrificación (IN) puede mejorar la eficiencia del fertilizante y reducir problemas ambientales. En el año 2001 apareció en el mercado el 3,4 dimetil pirazol fosfato (DMPP) (Zerulla *et al.*, 2001). El DMPP es formulado junto a fertilizantes minerales y puede ser incorporado a fertilizantes orgánicos como purines. Hoy en día, técnicos y agricultores demandan información sobre las ventajas que puede tener la utilización de los IN con fertilizantes.

El objetivo del trabajo es determinar la influencia del tipo de fertilización: orgánica con purín de vacuno y mineral, en la capacidad productiva y calidad nutritiva del maíz forrajero, así como en la dinámica del N durante el cultivo en las condiciones edafo-climáticas de Galicia, donde respecto a otras regiones de España, se dan condiciones de humedad y temperatura que pueden favorecer ciertos procesos de pérdidas de N. Asimismo, se estudia la capacidad del inhibidor DMPP, en combinación con purín de vacuno y fertilizantes minerales, para mejorar aspectos productivos, de calidad en el cultivo y su influencia en la dinámica de N.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo 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 maíz (cv LG 33.85) el 28/05/2014 a una densidad final de siembra de 82 141

plantas/ha. La capa de suelo de 0-10 cm se caracterizó por una textura franco limosa con un pH de 5,83 (ext. 1:2,5 en agua), contenido en MO de 53,3 g/kg de MS, de N de 1,8 g/kg de MS y una relación C/N de 10,89. Los tratamientos aplicados resultaron de la combinación de fertilización orgánica en un solo aporte con purín de vacuno (PV), mineral, o mixta, incorporando o no el inhibidor de la nitrificación DMPP. El diseño experimental fue en bloques al azar y cuatro repeticiones con un tamaño de parcela elemental de 120 m² en los tratamientos de purín y de 60 m² en los tratamientos mineral y control. En la Tabla 1 se presentan los tratamientos ensayados. El PV fue inyectado a 25-30 cm de profundidad y aplicado previo a la siembra con el resto de los fertilizantes (26/05/2014). En aquellos tratamientos que incorporaban inhibidor con el PV la dosis utilizada fue de 1 kg DMPP/ha. Los aportes de P y K se igualaron en todos los tratamientos a 100 kg P₂O₅/ha y 250 kg K₂O/ha, respectivamente. La composición química del PV fue: densidad: 1,048 g/cm³; pH: 8,53; MS: 7,7%; MO: 72,8%; N: 4,03%; P: 0,8%; K:6,45%; Ca: 2,19% y Mg: 0,56%.

Tabla 1. Tratamientos de fertilización nitrogenada en el maíz forrajero.

Tratamiento	Fertilizantes		Dosis de N (kg N ha ⁻¹)		
	26/05/2014	14/07/2014	26/05/2014	14/07/2014	N Total
T1	-	-	-	-	0
T2	PV	-	207	-	207
T3	PV+DMPP	-	207	-	207
T4	PV	NAC 27	204	100	204
T5	PV	ENTEC 26	204	100	204
T6	PV+DMPP	ENTEC 26	204	100	204
T7	NPK 15-15-15	NAC 27	100	100	200
T8	ENTEC 24-8-7	-	200	-	200

PV: Purín de vacuno; DMPP: 3,4-dimetil pirazol fosfato; NAC: Nitrato amónico cálcico; ENTEC: incorpora 1% DMPP relativo al NH₄⁺-N del nitrosulfato amónico.

En el momento de la cosecha (1/10/2014, estado del grano pastoso-vítreo), se muestrearon en dos líneas centrales una longitud de 8 m. En campo, se pesó la producción en fresco y se tomó una muestra de 10 plantas de cada línea que fueron procesadas de forma independiente. En el laboratorio se separó la mazorca de la parte verde (tallos, hojas y espigas) picando las dos fracciones por separado y se mantuvieron en estufa a 80 °C durante 16 h, con el fin de calcular la producción de MS total, de mazorca y de parte verde. Parámetros de calidad del forraje: materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibras ácido y neutro detergente (FAD, FND), digestibilidad de la MO in vitro (DMO), carbohidratos totales no estructurales (CNET), solubles en agua (CSA) y almidón (ALM), fueron determinados en el laboratorio en las muestras secas y molidas utilizando la técnica de espectroscopía de

reflectancia en el infrarrojo cercano (Foss NIRSystem) y el programa Win ISI 1.5 (Infrasoft International, USA, 2000) con ecuaciones actualizadas por Campo y Moreno (2014) y Campo *et al.* (2014).

Se calculó la mineralización aparente del N durante el cultivo (MA, kg N/ha), incluidas ganancias debidas a deposición y pérdidas debidas a inmovilización, desnitrificación y lixiviación utilizando la ecuación:

$$MA = (N_{cul} + N_{min \text{ postcosecha}}) - (N_{min \text{ presembr}} + N_{fer})$$

Donde, N_{cul} corresponde al N extraído en la parte aérea del cultivo en la cosecha, N_{min} es la suma del N mineral (amonio+nitrato) en la capa de suelo de 0-90 cm y N_{fer} el N aportado con los fertilizantes. Asimismo, se calculó la recuperación aparente del N aplicado (RAN) para cada tratamiento teniendo en cuenta el N extraído por el cultivo en cada tratamiento, la extracción de N en el tratamiento T1 (0 N) y el N aplicado. El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo mediante análisis de la varianza (GLM) utilizando el paquete estadístico SPSS versión 15.0 y para la separación de medias se utilizó el test de Duncan utilizando un nivel de significación $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tipo de fertilización afectó de forma significativa la producción de MS y extracción de N (Tabla 2). Los rendimientos variaron entre las 17,7 t MS/ha en el tratamiento T6 y las 9,3 t MS/ha en el tratamiento control, lo que se correspondió con una extracción de N entre los 157,5 y 58,2 kg N/ha. No se hallaron diferencias significativas en los rendimientos totales, ni en las fracciones de mazorca y parte verde entre los tratamientos de fertilización, así como en la extracción de N. No obstante, se puede apreciar un descenso productivo en el T7 respecto al resto de tratamientos fertilizados y un ligero incremento en la extracción de N en T5 y T6 respecto a T4 y en T8 respecto a T7.

En cuanto al valor nutritivo de la mazorca (Tabla 3) hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos fertilizados en los contenidos de PB, FND, y CNET. El tratamiento T5 (PV+ENTE) alcanzó el mayor contenido en PB, con diferencias significativas respecto a T2 (PV); además fue el tratamiento con mayor DMO. El tratamiento T7 alcanzó el mayor contenido en FND y el menor en CNET. El tipo de fertilización afectó la calidad de la parte verde tan sólo en los contenidos de MO y PB (datos no mostrados); el menor contenido de PB

se obtuvo en T3 con diferencias respecto al T1 y tratamientos con fertilización orgánica-mineral con inhibidor (T5 y T6) o exclusivamente mineral (T7 y T8).

Resumiendo, en lo que respecta a la incorporación del IN, los resultados sugieren que aunque los incrementos productivos y de extracción de N no fueron significativos estadísticamente, puede mejorar aspectos de calidad del forraje y simplificar los aportes de N, lo cual permite mayor flexibilidad en el tiempo a la hora de aplicar los fertilizantes. Estos resultados corroboran los resultados obtenidos por otros autores (Hu *et al.*, 2014).

Tabla 2. Rendimientos de MS (kg MS/ha) y extracciones de N (kg N/ha) en la mazorca, parte verde y total para los diferentes tratamientos de fertilización en el maíz.

Tratamiento	MS			N		
	Mazorca	Parte Verde	Total	Mazorca	Parte Verde	Total
T1	4577b	4771b	9349b	34,6b	23,7b	58,2b
T2	8891a	8607a	17498a	83,5a	61,3a	144,8a
T3	8546a	8478a	17024a	82,5a	54,9a	137,4a
T4	9336a	8054a	17390a	88,6a	58,7a	147,3a
T5	9018a	8006a	17024a	94,9a	61,6a	156,5a
T6	9454a	8286a	17740a	95,1a	62,4a	157,5a
T7	8071a	7014a	15085a	83,5a	54,0a	137,5a
T8	9041a	8070a	17111a	90,9a	59,7a	150,6a
<i>Media</i>	<i>8367</i>	<i>7661</i>	<i>16028</i>	<i>81,7</i>	<i>54,5</i>	<i>136,2</i>
¹ Sig.	***	**	**	***	***	***

¹Sig.:*** (p<0,001); ** (p<0,01); * (p<0,05); NS, no sig. Para cada parámetro valores seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes a p<0,05 según el test de Duncan.

Tabla 3. Valor nutritivo de la mazorca (%MS).

Tratamiento	MO	PB	FAD	FND	DMO	CNET	CSA	ALM
T1	98,5	4,7c	11,8	26,1b	78,7c	67,2a	9,5a	51,0
T2	98,6	5,9b	11,3	26,0b	81,0ab	66,9a	7,9b	52,8
T3	98,6	6,1ab	11,5	26,4b	81,1ab	65,7a	7,8b	52,6
T4	98,6	5,9ab	11,8	26,5b	81,2ab	65,6bc	8,2b	52,1
T5	98,6	6,6a	11,4	26,4b	82,2a	65,6bc	7,8b	52,5
T6	98,6	6,4ab	11,8	26,5b	81,4ab	65,4bc	7,5b	51,7
T7	98,6	6,5ab	12,6	28,6a	81,6ab	63,3c	8,2b	50,1
T8	98,7	6,3ab	11,6	26,3b	81,9ab	65,5bc	7,7b	52,3
<i>Media</i>	<i>98,6</i>	<i>6,0</i>	<i>11,7</i>	<i>26,6</i>	<i>81,1</i>	<i>65,6</i>	<i>8,1</i>	<i>51,9</i>
¹ Sig.	NS	***	NS	*	***	*	**	NS

MO: Materia Orgánica; PB: Proteína bruta; FAD y FND: Fibra ácido y neutro detergente; DMO: Digestibilidad de la MO in Vitro; CNET: Carbohidratos no estructurales totales; CSA: Carbohidratos solubles en agua; ALM: Almidón. ¹Sig.:*** (p<0,001); ** (p<0,01); * (p<0,05); NS, no sig. Para cada parámetro valores seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes a p<0,05 según el test de Duncan.

En la Tabla 4 se muestran los contenidos de amonio y nitrato en la capa de 0-90 cm en dos momentos, inmediatamente anterior a la siembra y posterior a la cosecha. Los mayores contenidos de amonio se obtuvieron en los tratamientos T5, T6 y T8, tratamientos que

incorporaban el inhibidor. Los niveles más elevados de nitratos se hallaron en los tratamientos T7 y T8. Puesto que la cantidad de nitrato residual en suelo tras la cosecha es utilizado como indicador potencial de lixiviación, se puede decir que los tratamientos fertilizados con PV (T2 y T3) presentaron menor riesgo de lixiviación de nitrato. Los contenidos totales de N mineral en suelo (Nmin, 0-90 cm) en postcosecha se encontraron entre 21 y 117 kg N/ha (Tabla 5). Parece que los valores aumentaron progresivamente desde los obtenidos para la fertilización orgánica (T2 y T3), a mineral (T7 y T8) con valores intermedios con fertilización orgánica-mineral (T4 y T5).

Tabla 4. Contenidos de amonio y nitrato en la capa 0-90 cm durante el cultivo de maíz inmediatamente anterior a la siembra y en la cosecha.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Amonio (kg N-NH₄⁺/ha)								
23 Mayo presiembr	8,6a	10,9a	10,2a	9,3a	10,5a	9,0a	9,3a	7,9a
22 Octubre postcosecha	8,3b	9,1b	9,0b	10,1b	26,2a	27,8a	16,1ab	23,1a
Nitrato (kg NO₃⁻/ha)								
23 Mayo	80,8a	74,6a	77,9a	76,3a	73,4a	78,1a	71,6a	72,5a
22 Octubre	12,6c	41,5bc	45,5bc	74,2ab	57,9abc	86,1ab	93,4a	94,1a

Tabla 5. Balance de N para el cultivo de maíz.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
N fertilización, kg N/ha	0	207	207	204	204	204	200	200
N mineral presiembr, kg N/ha	89,5a	85,5a	88,1a	85,6a	84,0a	87,1a	80,9a	80,4a
Total entradas, kg N/ha	89,5a	292,5a	292,9a	289,6a	288,0a	291,1a	280,9a	280,4a
N cultivo parte aérea, kg N/ha	58,2b	144,8a	137,4a	147,3a	156,5a	157,5a	137,5a	150,6a
N mineral postcosecha, kg N/ha	20,9c	50,6bc	54,4bc	84,4ab	84,2ab	113,8a	109,5a	117,2a
Total salidas, kg N/ha	79,1c	194,6b	187,7b	231,7ab	240,7ab	271,3a	247,0ab	267,8a
MA, kg N/ha	-10,4c	-97,1ab	-105,2a	-57,9abc	-47,3abc	-19,7c	-33,9bc	-12,7c
MA respecto control, kg N/ha		-87	-96	-48	-37	-9	-24	-2
RAN, %		42	36	44	48	49	40	46

La mineralización aparente (MA, Tabla 5) en el tratamiento control, fue de -10 kg N/ha, lo que indica inmovilización o pérdidas netas del N presente en la presiembr durante el ciclo del cultivo. El balance neto de N, respecto al tratamiento control, mostró valores absolutos mayores con fertilización orgánica, seguidos por los de fertilización combinada orgánica-mineral y finalmente mineral. Los valores absolutos más bajos se hallaron en los tratamientos T6 y T8 lo que indica menor inmovilización del N por los microorganismos del suelo o menores pérdidas (gaseosas y de lixiviación de N) durante el cultivo. El valor medio obtenido para la RAN fue del 44%; la incorporación del inhibidor la mejoró ligeramente, pero no de forma significativa en los tratamientos T5 y T7 respecto a T4, y en T8 respecto a T7.

CONCLUSIONES

El aporte de fertilizante N en dosis de 200 kg N/ha tanto en forma orgánica como mineral incrementó de forma significativa el rendimiento y extracción de N obtenidos en el tratamiento testigo (0 kg N/ha). No se encontraron diferencias en los rendimientos y extracción de N por el cultivo entre: un solo aporte de PV en presiembra, aplicación de PV combinado con aporte mineral en cobertera (NAC o ENTEC), y cuando se aplicó fertilización mineral exclusivamente (NPK+NAC o ENTEC). La incorporación del inhibidor provocó ligeros incrementos en las recuperaciones aparentes de N en fertilización combinada PV+mineral (ENTEC 26), o mineral en un solo aporte en presiembra en forma de ENTEC (24-8-7), aunque en ningún caso las diferencias resultaron significativas estadísticamente. Los resultados sugieren que las ventajas de utilizar fertilizantes con el inhibidor DMPP pueden ser: reducir a una el número de aplicaciones del fertilizante mineral mejorando la calidad nutritiva del forraje obtenido sin detrimento de la producción, lo cual se traduce en menor coste de labor para el agricultor y menor compactación del terreno; y desde el punto de vista ambiental, reducir pérdidas de N en forma gaseosas o de lixiviación durante el cultivo.

AGRADECIMIENTOS

A la “Xunta de Galicia-Consellería do Medio Rural e do Mar”: Proyecto FEADER 2012/23 y a EuroChem Agro Iberia, S.L. por el suministro del inhibidor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPO L. Y MORENO-GONZÁLEZ J. (2014) Ecuaciones NIRS desarrolladas para la estimación del contenido de proteína y almidón en grano de maíz. En: Busqué J. *et al.* (Eds) *Pastos y PAC 2014-2020*, pp 365-372. Potes (Cantabria), España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- CAMPO L., REVILLA P., MALVAR R.A., ÁLVAREZ A., RUÍZ DE GALARRETA J.I., RÍOS D., ORDÁS A. Y MORENO-GONZÁLEZ J. (2014) Variabilidad en la composición química de las mazorcas entre poblaciones locales de maíz de diversas zonas de la España peninsular e islas canarias, En: Busqué J. *et al.* (Eds) *Pastos y PAC 2014-2020*, pp 389-396. Potes (Cantabria), España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- FERNÁNDEZ-LORENZO B., DAGNAC T., GONZALEZ-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.

- HU Y., SCHRAML M., VON TUCHER S., LI F. Y SCHMIDHALTER U. (2014) Influence of nitrification inhibitors on yields of arable crops: A meta-analysis of recent studies in Germany. *International Journal of Plant Production*, **8(1)**, 33-50.
- ZERULLA W., BARTH T., DRESSEL J., ERHARDT K., HORCHLER VON LOCQUENGHEN K., PASDA G., RADLE M. Y WISSEMIER A.H. (2001) 3,4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP)-a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. *Biology and Fert. Soil*, **34**, 79-94.

INCIDENCIA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES DE *FUSARIUM* EN GRANOS, TALLOS Y HOJAS DE HÍBRIDOS DE MAÍZ FORRAJERO EN GALICIA

INCIDENCE AND DIVERSITY OF *FUSARIUM* SPECIES IN KERNELS, STALKS AND LEAVES OF FORAGE MAIZE HYBRIDS IN GALICIA (NW SPAIN)

M.J. SAINZ¹, O. AGUÍN², V. FERREIROA², M.J. BANDE^{1,3} Y J.P. MANSILLA²

¹Departamento de Producción Vegetal. Universidad de Santiago de Compostela. Campus Universitario s/n. 27002 Lugo (España). mj.sainz@usc.es. ²Estación Fitopatológica do Areiro. Deputación de Pontevedra. Subida a la Robleda s/n. 36153 Pontevedra (España). ³Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Instituto Galego de Calidade Alimentaria (INGACAL). Apartado 10. 15080 A Coruña (España).

RESUMEN

El ensilado de maíz forrajero es parte fundamental de la alimentación del vacuno de leche en Galicia. En campo, el forraje puede resultar contaminado por micotoxinas, producidas sobre todo por hongos del género *Fusarium*, que persisten en el ensilado y pueden afectar negativamente a la producción y salud del ganado. Se estudió la incidencia y diversidad natural de especies de *Fusarium* en tallos, hojas y granos de seis híbridos de maíz forrajero cultivados en dos localidades gallegas, para estimar el riesgo de micotoxinas en el forraje. En el momento de corte para ensilado, hubo una alta incidencia de *Fusarium* en los tres tipos de material vegetal de todos los híbridos en ambas localidades. La incidencia fue mayor en granos que en tallos y hojas. En Mazaricos, se identificaron cinco especies de *Fusarium* toxigénicas, encontrándose a *F. cerealis* y *F. graminearum* en tallos, hojas y granos de los seis híbridos; en Silleda, se detectaron seis especies, tres de ellas, *F. avenaceum*, *F. cerealis* y *F. culmorum*, en los tres tipos de material vegetal de todos los híbridos.

Palabras clave: ensilado, *Zea mays*, *F. cerealis*, *F. culmorum*, *F. graminearum*.

SUMMARY

Silage maize is a key component of the diet of dairy cattle in Galicia (NW Spain). In the field, maize forage can be contaminated with mycotoxins, produced mainly by fungal species of the genus *Fusarium*, which persist in silage and can adversely affect animal production and health. Natural incidence and diversity of *Fusarium* species in stalks, leaves and kernels of six forage maize hybrids, grown in two Galician sites, were studied to estimate the risk of mycotoxins in forage. At time of cutting for silage, there was a high overall incidence of *Fusarium* in the three types of plant material of all hybrids in both sites. The incidence was higher in kernels than in stalks and leaves. In Mazaricos, five toxigenic species of *Fusarium* were identified, *F. cerealis* and *F. graminearum* being found in stalks, leaves and kernels of the six hybrids. In Silleda, six *Fusarium* species were detected, and three of them, namely *F. avenaceum*, *F. cerealis* and *F. culmorum*, in the three types of plant material of all hybrids.

Key words: silage, *Zea mays*, *F. cerealis*, *F. culmorum*, *F. graminearum*.

INTRODUCCIÓN

La intensificación de los sistemas de producción ganadera, sobre todo de vacuno de leche, se han basado de forma importante en el cultivo de maíz forrajero para ensilado. En Galicia, que produce el 39% de la leche de vaca en España (MAGRAMA, 2014), las explotaciones que tienen más de un 50% de la SAU cultivada con maíz forrajero son las que producen más litros de leche por vaca y por hectárea de SAU (Sineiro *et al.*, 2012).

El ensilado de maíz forrajero puede estar contaminado por micotoxinas, producidas en pre-cosecha principalmente por hongos del género *Fusarium*, que persisten en el forraje ensilado (Eckard *et al.*, 2011) y pueden afectar a la producción y salud animal. Entre los efectos negativos asociados al consumo por el ganado de alimentos con micotoxinas están una menor ingestión, menores ganancias de peso, mayor incidencia de enfermedades y disminución de la capacidad reproductiva (Binder *et al.*, 2007). En vacas de leche, la ingestión de forrajes que tienen micotoxinas puede producir desequilibrios metabólicos y hormonales y reacciones inflamatorias e inmunológicas (Fink-Gremmels, 2008).

Los estudios sobre la incidencia de *Fusarium* y sus micotoxinas en Galicia se han centrado en el maíz cultivado para grano. La especie que se ha encontrado con mayor frecuencia en los granos es *F. verticillioides*, que produce fumonisinas (Butrón *et al.*, 2006; Agúin *et al.*, 2014), que son toxinas carcinogénicas (Logrieco *et al.*, 2003).

En maíz forrajero, un primer estudio, llevado a cabo en Mazaricos (A Coruña) en un año de sequía severa, mostró que, en el momento de corte para ensilado, todos los tallos de 25 híbridos estaban colonizados por alguna especie toxigénica de *Fusarium*, en su mayoría por *F. graminearum* y por otra especie que posteriormente se identificó como *F. temperatum* (Sainz *et al.*, 2012; Pintos *et al.*, 2013). El objetivo de este trabajo fue profundizar en el conocimiento de las especies de *Fusarium* que pueden afectar al cultivo de maíz forrajero en Galicia, estudiando su incidencia y diversidad no solo en tallos sino también en granos y hojas de variedades comerciales de híbridos de maíz forrajero cultivadas en dos localidades de Galicia, para conocer los riesgos de contaminación del forraje ensilado por micotoxinas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevaron a cabo ensayos en dos parcelas situadas en Mazaricos (A Coruña) y Silleda (Pontevedra). En cada finca, se sembraron seis híbridos comerciales de maíz forrajero en bloques al azar con tres repeticiones para cada variedad. Las variedades fueron: Amanatidis

(KWS, FAO 220), Castelli (Caussade, FAO 280), DKC 3390 (Monsanto, FAO 200), Fernandez (KWS, FAO 300), Jumbo 48 (BC, FAO 480) y Phileaxx (RAGT, FAO 400). En mayo de 2012, tras el laboreo, se aplicaron 150 kg N/ha, 175 kg P₂O₅/ha y 250 kg K₂O/ha. En la siembra, se aplicó un tratamiento herbicida de acetocloro (45%) y terbutilazina (21,5%) y uno insecticida a base de clorpirifos (5%). En cada bloque, se sembraron tres líneas de 4 m de longitud de cada variedad. La distancia entre dos líneas consecutivas fue de 60 cm, y entre semillas en la línea de 18,5 cm, para obtener una densidad de plantación de 90 000 plantas/ha.

Los datos climatológicos registrados durante el cultivo se obtuvieron de dos estaciones de la red de estaciones automáticas de la Consellería de Medio Ambiente de la Xunta de Galicia (Fontecada y Mouriscade), cada una situada próxima a una de las parcelas de ensayo.

En Silleda, el cultivo se desarrolló en condiciones de déficit hídrico desde la siembra a la cosecha, alcanzándose en julio y agosto valores de balance hídrico de -140 y -104 L/m², respectivamente. En Mazaricos, sin embargo, los meses previos a la siembra fueron lluviosos y siguió lloviendo durante todo el ciclo de cultivo, registrándose precipitaciones de 186, 40, 106, 99 y 186 L/m² en junio, julio, agosto, septiembre y octubre, respectivamente.

En cuanto a la temperatura, en Mazaricos, de junio a septiembre, la temperatura mínima media mensual fue de 10,8-13,2 °C y la temperatura máxima media mensual de 20,2-22,3 °C. En Silleda, la temperatura mínima media mensual en ese período fue más baja (8,2-9,6 °C) y la temperatura máxima media mensual ligeramente más alta (21,1-24,6 °C).

En la primera semana de octubre de 2012, cuando el grano estaba en estado pastoso, en cada repetición se cortaron tres plantas de la línea central de cada variedad, eligiéndolas al azar. En el laboratorio, se separaron mazorcas, tallo y hojas de cada planta. Para la detección e identificación de especies de *Fusarium*, en cada planta se cogieron diez granos por mazorca, diez trozos de tallo y diez trozos de hoja. Los trozos de tallo y de hoja, de aproximadamente 1 cm², se tomaron de entrenudos y láminas situados en la zona media de la planta.

Granos y trozos de tallo y hoja se desinfectaron superficialmente y se dispusieron en medio Komada, incubándose a 24 °C. Las colonias de *Fusarium* se transfirieron a medio PDA (Patata Dextrosa Agar) y se cultivaron a 24 °C para obtener cultivos monospóricos. La identificación de especies se llevó a cabo inicialmente en base a características macroscópicas y microscópicas de los cultivos (Leslie y Summerell, 2006) y posteriormente mediante la amplificación, secuenciación y análisis filogenético de la región ITS del ADNr y de una parte de la secuencia del gen del factor de elongación 1 α (gen EF-1 α). El ADN fúngico se extrajo

de los cultivos monospóricos, amplificándose las regiones ITS1-5.8S-ITS2 del ADNr molde con los primers ITS1f e ITS4 y la porción del gen EF-1 α con los primers EF1 y EF2, siguiendo los métodos de White *et al.* (1990) y O'Donnell *et al.* (2000), respectivamente.

Los productos amplificados se secuenciaron en un equipo ABI PRISM 3130. Las secuencias obtenidas de las regiones ITS y EF-1 α se analizaron filogenéticamente usando la técnica de Neighbor-Joining (NJ). Para ambas regiones, los árboles consenso se construyeron con 1000 réplicas de bootstrap.

Para cada localidad y cada híbrido de maíz, se calculó la incidencia general de *Fusarium*, y de cada especie, en tallos, hojas y granos, y la prevalencia de cada especie de *Fusarium* (como el porcentaje de híbridos de maíz afectados por ella). Los resultados de incidencia de *Fusarium* se sometieron a análisis de varianza (ANOVA), considerando como factores: variedad de híbrido, material vegetal (tallo, hoja, grano) y localidad. Cuando hubo diferencias significativas, las medias se compararon mediante el test de Tukey para $p \leq 0,05$. Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el programa IBM SPSS Statistics 20.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La incidencia general de *Fusarium* en los tres tipos de material vegetal, en todos los híbridos y en las dos localidades, fue muy alta (superior en general al 70%) (Tabla 1). No hubo diferencias significativas de incidencia entre híbridos ni debidas a la interacción del factor variedad de híbrido con los de localidad y material vegetal. Al comparar todos los datos de cada material vegetal (de los seis híbridos en las dos localidades), los granos presentaron un porcentaje de incidencia de *Fusarium* significativamente mayor que tallos y hojas (datos no mostrados).

Cuando se analizó por separado en cada localidad la incidencia de *Fusarium* en cada tipo de material vegetal para los seis híbridos, solo se encontraron diferencias significativas en tallos en Mazaricos: una menor incidencia en la variedad Fernandez respecto a las variedades Jumbo 48 y DKC 3390 (Tabla 1).

Tabla 1. Incidencia general de *Fusarium* por tipo de material vegetal, variedad de híbrido y localidad en el momento de corte para ensilado. En la primera columna, valores seguidos de distinta letra son significativamente diferentes para $p \leq 0,05$.

Variedades	MAZARICOS			SILLEDA		
	Tallos	Hojas	Granos	Tallos	Hojas	Granos
Jumbo 48	100 b	100	83,3	90	80	100
Castelli	80 ab	90	90	60	90	100
Amanatidis	90 ab	80	93,3	90	90	100
Phileaxx	90 ab	90	100	70	90	100
Fernandez	60 a	100	100	70	80	100
DKC 3390	100 b	90	100	80	80	100

En Mazaricos, se identificaron cinco especies de *Fusarium* y en Silleda, seis (Tabla 2). Un 52 % del total de aislados obtenidos en Mazaricos correspondió a *F. cerealis* y un 40% a *F. graminearum*, ambas especies con alta frecuencia en tallos, granos y hojas. El 8% de aislados restante correspondió a *F. avenaceum*, que solo se aisló de hojas, y a *F. cortaderiae* y *F. temperatum*, ambas obtenidas solo de granos. En Silleda, la mayoría de los aislados fueron de *F. cerealis* y *F. culmorum* (36% y 33% de los aislados totales, respectivamente), si bien *F. cerealis* se encontró sobre todo en hojas y granos, mientras que *F. culmorum* fue frecuente en los tres tipos de material vegetal (Tabla 2). En esta localidad, también destacó la presencia de *F. avenaceum* (17% del total de aislados) en tallos, detectándose en hojas y granos en menor proporción; con un bajo número de aislados, se encontró *F. graminearum* solo en tallos, *F. oxysporum* en hojas y tallos, y *F. sporotrichioides* solo en granos.

Las especies de mayor prevalencia en Mazaricos fueron: *F. cerealis*, que se encontró en hojas y granos de los seis híbridos y en tallos de cinco, y *F. graminearum*, que se detectó en tallos de todos los híbridos, en hojas de cuatro y en granos de cinco; en Silleda, *Fusarium avenaceum*, *F. cerealis* y *F. culmorum* fueron las especies más frecuentes en todos los híbridos, si bien con diferente prevalencia en tallos, hojas y granos (datos no mostrados).

Tabla 2. Número de aislados de especies de *Fusarium* obtenidos a partir de tallos, hojas y granos de 6 híbridos de maíz cultivados en Mazaricos (A Coruña) y Silleda (Pontevedra) en el momento de corte para ensilado.

Especies de <i>Fusarium</i>	Número de cultivos monospóricos			Nº TOTAL	
	Tallos	Hojas	Granos		
MAZARICOS	<i>F. avenaceum</i>	-	8	-	8
	<i>F. cortaderiae</i>	-	-	22	22
	<i>F. cerealis</i>	72	101	73	246
	<i>F. graminearum</i>	84	56	52	192
	<i>F. temperatum</i>	-	-	8	8
SILLEDA	<i>F. avenaceum</i>	42	18	20	80
	<i>F. cerealis</i>	12	76	65	153
	<i>F. culmorum</i>	48	55	65	168
	<i>F. graminearum</i>	9	-	-	9
	<i>F. oxysporum</i>	-	-	10	10
<i>F. sporotrichioides</i>	-	4	20	24	

Todas las especies identificadas son toxigénicas. La alta prevalencia de *F. cerealis* y *F. graminearum* en Mazaricos hace esperable la presencia de sus micotoxinas en el forraje ensilado de todos los híbridos: deoxivalenol (y sus derivados acetilados), zearalenona, zearalenoles, nivalenol y fusarenona-X, mientras que en Silleda, además de estas micotoxinas, podría haber moniliformina y beauvericina, producidas por *F. avenaceum* (Logrieco *et al.*, 2002). Se ha demostrado que el nivel de deoxivalenol está directamente correlacionado con la presencia de *F. graminearum* (Visenti *et al.*, 2010). Otras especies de menor prevalencia encontradas en cada localidad son también importantes por las micotoxinas que pueden aportar al forraje ensilado y porque, en otros años de cultivo, si se dan condiciones que les sean favorables, podrían pasar a ser dominantes dentro de la población de *Fusarium*. Es el caso de *F. temperatum* en Mazaricos que, en el presente estudio, sin problemas de sequía en el cultivo, se detectó solo en unos pocos granos, mientras que el año anterior, con sequía severa, había tenido una alta prevalencia en tallos (Sainz *et al.*, 2012). *Fusarium temperatum* puede producir moniliformina, beauvericina, enantinas y fumonisina B₁ (Scaufraire *et al.*, 2012).

En ambas localidades, destacó la ausencia de *F. verticillioides*, especie predominante en el maíz grano en Galicia (Butrón *et al.*, 2006; Agúin *et al.*, 2014), en granos, tallos y hojas de todos los híbridos de maíz forrajero. Este es un aspecto positivo ya que esta especie produce fumonisina B₁, responsable de distintas patologías en animales y seres humanos (Scott, 2012).

CONCLUSIONES

La alta incidencia de especies toxigénicas de *Fusarium* en tallos, hojas y granos de híbridos de maíz forrajero cultivados en dos localidades de Galicia indica que los ensilados podrían presentar una mezcla de micotoxinas que podrían afectar a la producción y salud animal. No se detectó *F. verticillioides*, que produce toxinas carcinogénicas y se encuentra frecuentemente en maíz grano, en ningún tipo de material vegetal de maíz forrajero.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Raquel Romero Salgueiro y Isabel Rivas Morán su asistencia técnica en el procesado de muestras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÚIN O., CAO A., PINTOS C., SANTIAGO R., MANSILLA P. Y BUTRÓN A. (2014) Occurrence of *Fusarium* species in maize kernels grown in northwestern Spain. *Plant Pathology*, **63**, 946-951.
- BINDER E.M., TAN L.M., CHIN L.J., HANDL J. Y RICHARD A. (2007) Worldwide occurrence of mycotoxins in commodities, feeds and feed ingredients. *Animal Feed Science and Technology*, **137**, 265-282.
- BUTRÓN A., SANTIAGO R., MANSILLA P., PINTOS-VARELA C., ORDÁS A. Y MALVAR R.A. (2006) Maize (*Zea mays* L.) genetic factors for preventing fumonisin contamination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **54**, 6113-6117.
- ECKARD S., WETTSTEIN F.E., FORRER H.-R. Y VOGELGSANG S. (2011) Incidence of *Fusarium* species and mycotoxins in silage maize. *Toxins*, **3**, 949-967.
- FINK-GREMMELS J. (2008) The role of mycotoxins in the health and performance of dairy cows. *The Veterinary Journal*, **176**, 84-92.
- LESLIE J.F. Y SUMMERELL B.A. (2006) *The Fusarium Laboratory Manual*. Hoboken, NJ, USA: Blackwell Publishing.
- LOGRIECO A., BOTTALICO A., MULE G., MORETTI A. Y PERRONE G. (2003) Epidemiology of toxigenic fungi and their mycotoxins for some Mediterranean crops. *European Journal of Plant Pathology*, **109**, 645-667.

- MAGRAMA (2014). Anuario de Estadística 2013. En: <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica> (último acceso: diciembre 2014).
- O'DONNELL K., KISTLER H.C., TACKE B.K. Y CASPER H.H. (2000) Gene genealogies reveal global phylogeographic structure and reproductive isolation among lineages of *Fusarium graminearum*, the fungus causing wheat scab. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **97**, 7905-7910.
- PINTOS C., AGUÍN O., CHAVES M., FERREIROA V., SAINZ M.J., SCAUFLAIRE J., MUNAUT F., BANDE M.J. Y MANSILLA J.P. (2013) First report of *Fusarium temperatum* causing seedling blight and stalk rot on maize in Spain. *Plant Disease*, **97**, 1252.
- SAINZ M.J., AGUÍN O., BANDE M.J., PINTOS C. Y MANSILLA J.P. (2012) Biodiversidad de especies de *Fusarium* en tallos de maíz forrajero en Galicia. *Pastos*, **42(1)**, 51-66.
- SCAUFLAIRE J. GOURGUE M., CALLEBAUT A. Y MUNAUT F. (2012) *Fusarium temperatum*, a mycotoxin-producing pathogen of maize. *European Journal of Plant Pathology*, **133**, 911-922.
- SCOTT P.M. (2012) Recent research on fumonisins: a review. *Food Additives & Contaminants*, **29**, 242-248.
- SINEIRO GARCÍA F. LORENZANA FERNÁNDEZ R. Y VÁZQUEZ GONZÁLEZ I. (2012) Situación actual y cambios previstos en la estructura y en el sistema productivo de las explotaciones de leche en Galicia. *Pastos*, **42(1)**, 67- 92.
- WHITE T.J., BRUNS T., LEE S. Y TAYLOR J. (1990) Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. En: Innis M.A., Gelfand D.H., Sninsky J.J. y White T.J. (eds) *PCR protocols: a guide to methods and applications*, pp. 315-322. San Diego, CA, USA: Academic Press.

Quinta Parte
SISTEMAS Y RECURSOS SILVOPASTORALES

TELEDETECCIÓN PARA LA CARTOGRAFÍA Y CARACTERIZACIÓN DE LOS PASTOS DE PUERTO EN EL PIRINEO OCCIDENTAL ARAGONÉS

REMOTE SENSING FOR CARTOGRAPHY AND CHARACTERIZATION OF SUMMER PASTURES IN WEST PIRINEO ARAGONÉS

M. GASTÓN ROMEO Y J. DE LA RIVA FERNÁNDEZ

Grupo GEOFOREST-IUCA. Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza. C/ Pedro Cerbuna 12. 50009 Zaragoza (España). 552824@unizar.es, delariva@unizar.es.

RESUMEN

El objetivo principal del trabajo es la caracterización de los pastos de puerto –estivos o pastos de verano– de las cabeceras de los valles más occidentales del Pirineo aragonés que conforman el núcleo del Parque Natural de Los Valles Occidentales. El área de estudio está constituida por el territorio del Parque Natural y su Zona Periférica de Protección. Para abordar esta caracterización se utilizan técnicas de teledetección, con apoyo en diferentes métodos de clasificación digital de la ocupación del suelo, sirviéndonos de software específico, y el posterior tratamiento de esta información en un entorno SIG. La hipótesis inicial se plantea en términos de la idoneidad del análisis multitemporal en teledetección para la clasificación de los pastos de puerto y la identificación de diferentes tipologías de interés ganadero dentro de esta categoría. El resultado de todo ello es una cartografía de la ocupación del suelo en la que se diferencian y delimitan con cierta precisión diversas comunidades de pastos. Se utiliza, fundamentalmente, la información multiespectral de imágenes de satélite del programa Landsat; la clasificación se apoya, además, en información procedente de cartografía existente y en el conocimiento experto del área de estudio.

Palabras clave: clasificación digital, cervunal (*Nardus stricta*), ocupación del suelo.

SUMMARY

The goal of this work is the characterization of summer pastures of the western valleys of the Aragonese Pyrenees, headers that make up the Natural Park of Los Valles Occidentales. The study area corresponds with the territory of the Natural Park and its Peripheral Protection Zone. To address this characterization, remote sensing techniques are tested by applying different methods of Land Cover classification, using specific software, and further treatment of this information in a GIS environment. The initial hypothesis is stated in terms of the adequacy of multitemporal remote sensing analysis for classification of summer pastures and the identification of different types of livestock interest within this category. As a result, a mapping of Land Cover, in which it has been possible to differentiate and delineate with certain precision several grazing communities are obtained. Basically, multispectral remote sensing data from Landsat program is used, the classification is also supported by information from existing maps and expert knowledge of the study area.

Key words: digital classification, *Nardus stricta* grasslands, land cover.

INTRODUCCIÓN

En el contexto socioeconómico actual, las actividades ganaderas representan una porción marginal, máxime cuando hablamos de ganadería extensiva en áreas como los Pirineos. Ello resulta contradictorio con el hecho de que estos pastos de montaña son el resultado de un uso ancestral por los herbívoros domésticos y que su futuro y, por ende, el de la biodiversidad que sustentan depende de la continuidad de su gestión y explotación. Por otra parte, en este entorno se pretende dar a los valores medioambientales un creciente protagonismo, lo que se manifiesta en una mayor preocupación por la conservación del medio natural, que debe necesariamente ir ligada al desarrollo de la actividad ganadera.

Base de la ganadería extensiva los paisajes pastorales del Pirineo conforman territorialmente la mayor parte de los Parques Naturales pirenaicos y del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Fillat *et al.*, 2008), albergando una elevada diversidad de plantas vasculares además de mantener complejos agrobiosistemas. En estos términos se expresan Aldezábal *et al.* (2002):

Tradicionalmente, las áreas pastorales del Pirineo han constituido la base de la economía local, albergando además una parte importante de su valor paisajístico y de su riqueza biológica. Los cambios de uso de muchas de estas áreas, a veces amparadas por figuras de protección, dan lugar a numerosos interrogantes. Ello se debe a que, a diferencia de otro tipo de ambientes, la conservación de los pastos está vinculada al mantenimiento del pastoreo. Algunos estudios parecen haber demostrado que existe una relación estrecha entre el cese o declive paulatino del pastoreo y la pérdida de diversidad vegetal en las comunidades utilizadas.

El objetivo principal de este trabajo es la caracterización y clasificación de los pastos de puerto de las cabeceras de los valles occidentales del Pirineo aragonés mediante teledetección. Ello conlleva, en relación con la metodología utilizada, i) la integración de la dimensión multiestacional en el análisis, para lo que nos serviremos de escenas Landsat desde finales de la primavera a inicios del otoño; ii) la aplicación de procedimientos de clasificación, tanto “no supervisada” como “supervisada” (Chuvienco, 2010), valiéndonos de zonas de entrenamiento, delimitadas a partir de la información existente (bibliografía, cartografía) y el conocimiento experto, e integrando –junto a la información espectral– la relativa a las características topográficas del terreno, como la altitud o la iluminación; iii) la

caracterización de las comunidades de pastos a partir de la información espectral, asociada a las imágenes de satélite, y las variables topográficas.

Todo ello implica explorar cuáles son las informaciones más relevantes y abordar un análisis explicativo de los resultados obtenidos al aplicar los diversos ensayos metodológicos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio –Parque Natural de Los Valles Occidentales– se localiza en el extremo noroccidental del Pirineo aragonés, colindando al norte con Francia y al oeste con Navarra. Se extiende por las cabeceras de los ríos Veral, Aragón Subordán, Osia, Estarrún y Lubierre. Administrativamente, se ubica dentro de la Comarca de la Jacetania (Huesca), afectando a los términos municipales de Ansó, Aisa, Aragüés del Puerto, Borau y Hecho. En conjunto, el Parque ocupa 27.073 ha, a las que se añaden 7.335 ha de Zona Periférica de Protección, también incluida dentro del estudio.

Dada la elevada variabilidad fenológica de este tipo de pastos se considera como hipótesis inicial la idoneidad del uso simultáneo –en el contexto de un análisis multiestacional– de imágenes de diversos momentos del año para la correcta clasificación y la identificación de diferentes tipologías de interés ganadero. Por ello, se han utilizado 3 imágenes Landsat 5, del sensor Thematic Mapper, de las siguientes fechas: 22/06/2009, 08/07/2009 y 10/09/2009; se trata de imágenes de 30 m de resolución espacial, con registro óptico en el visible (3 bandas), infrarrojo próximo (1) e infrarrojo de onda corta (2). El software utilizado para el tratamiento de las imágenes ha sido ERDAS Imagine (2014, v. 2013); para el posterior tratamiento de la información en entorno SIG se ha usado ArcGIS (2014, v.10).

Tras la selección de las imágenes, dentro de la secuencia metodológica de procesado, se han aplicado de forma exhaustiva los debidos pretratamientos, especialmente relevantes por cuanto se trata de un área de montaña, con fuertes contrastes topográficos, y de un análisis multitemporal, que involucra varias imágenes. Por ello, se ha procedido a su corrección radiométrica, que implica la conversión de los niveles digitales originales en valores de reflectividad; de esta forma se obtiene un parámetro físico comparable para las diferentes imágenes. La reflectividad es dependiente de las características fisicoquímicas del cuerpo que refleja la energía, anulando la variabilidad en las condiciones de iluminación que impone el relieve y el momento del año. Para alcanzar este objetivo son necesarios diversos procesos

intermedios: cálculo de la radiancia espectral (introduciendo la iluminación a partir del MDT y la fecha de las imágenes), estimación de la reflectividad en el techo de la atmosfera, determinación de la dispersión atmosférica y, finalmente, normalización topográfica de las imágenes.

Una vez corregidas las imágenes se ha abordado la clasificación digital, consistente en la asignación de cada pixel a un número finito de categorías, sean éstas espectrales (modo no supervisado) o informacionales (supervisado). Con el objeto de resaltar el contenido espectral y sintetizar la información de las bandas originales se han calculado neocanales que permitieran generar información continua y mejoraran el proceso de clasificación digital; para ello nos hemos servido del Análisis de Componentes Principales para cada una de las tres imágenes.

La definición de la leyenda empleada en el proceso de clasificación se ha basado, por una parte, en el contenido espectral de las clases generadas mediante el modo no supervisado, que ha servido para evaluar el potencialidad discriminante de los diferentes tipos de pasto, así como número de éstos y, por otro lado, la bibliografía existente, fundamentalmente los trabajos de Montserrat-Recoder (1960, 1964, 1968, 1971, 1973), y las comunicaciones personales del Dr. F. Fillat (IPE-CSIC) y del ganadero Martín Gastón Aznárez, siempre completando el conocimiento experto.

Para el método no supervisado –orientado al análisis exploratorio de las categorías– se ha utilizado el algoritmo ISODATA, mientras que para el supervisado se ha aplicado el procedimiento de máxima probabilidad. En ambos casos, se ha operado sobre los tres primeros componentes principales de cada una de las tres imágenes utilizadas y la cartografía de iluminación. Para ello, se definieron áreas de entrenamiento y validación, obteniéndose finalmente un resultado que arroja un 89,2% de exactitud.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cartografía de ocupación del suelo resultante, en la que se han diferenciado con mayor detalle las comunidades de pastos, se recoge en la Figura 1; para estas últimas, se señalan a continuación algunos de sus rasgos fundamentales en los párrafos siguientes. Antes de ello debe señalarse que, debido al clima subcantábrico con tendencia submediterránea que caracteriza la zona de estudio (Montserrat-Recoder, 1964) y el papel desempeñado por el relieve, que amortigua hacia el Este la influencia atlántica, son frecuentes las situaciones de

inversión térmica, por lo que algunas comunidades vegetales se localizan altitudinalmente de forma atípica.

Cervunal

El cervunal es conocido en la zona como cerrillo, existiendo topónimos relacionados, como por ejemplo, el cerrillar de la vertiente entre La Ezpelunga y Zotarola.

El cervuno (*Nardus stricta* L.) es una gramínea basta que presenta desarrollo de micorrizas. Precisa de suelos ácidos y tolera la acumulación de restos vegetales mal humificados. Cuando es pastado, se enriquece con el regaliz (*Trifolium alpinum* L.), siendo más apreciado por el ganado (Montserrat-Recoder, 1971). En el área de estudio, la persistencia de la nieve, que contribuye al acortamiento del período vegetativo, se relaciona con el incremento de la *Festuca scoparia* A.Kern.

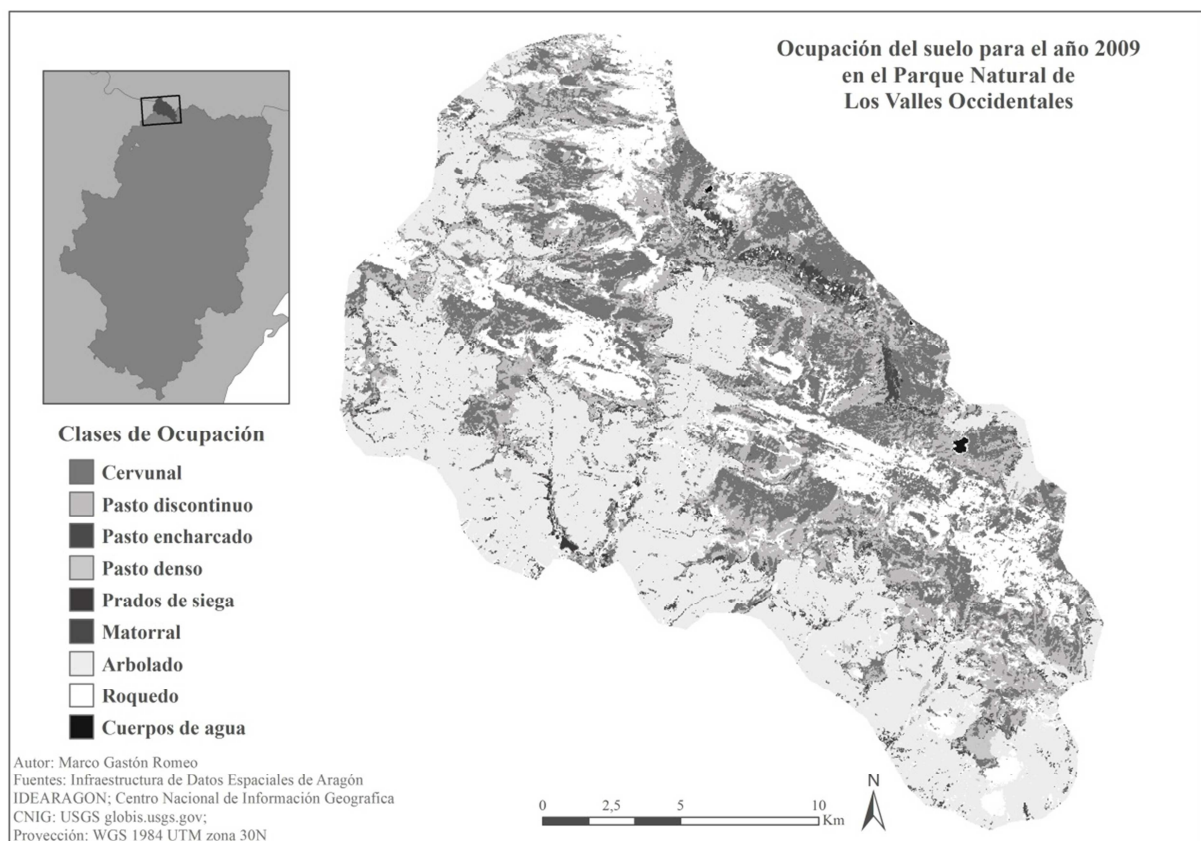


Figura 1. Ocupación del suelo en el Parque Natural de Los Valles Occidentales, 2009.

En la zona más occidental es muy necesario el pastoreo intenso y precoz para frenar el desarrollo del cervuno, pues, si por abandono o falta de pastoreo éste llega a dominar,

evoluciona hacia un pasto menos apetecible por el ovino –denominado “agrijo” o “basto” por los pastores– frente al mayor interés pastable del bien explotado o fino (Montserrat-Recoder, 1971). La recuperación del cervunal, en un escenario deseable de incremento de la cabaña ganadera, podría apoyarse en un primer desbroce del matorral, seguido de pastoreo intenso por equinos y, más tarde, por vacuno, que daría entrada al ovino, que sería capaz de mantener ese cervunal más fino, propiciando la entrada del regaliz.

Pasto discontinuo

En las vertientes empinadas, junto a gleras y canchales, domina un pasto discontinuo y punzante en el que suele dominar la *F. eskia*. En las laderas calizas más soleadas encontramos las comunidades de *F. scoparia*.

Pasto encharcado

El pasto encharcado definido en la leyenda queda reducido a la Val de Agua Tuerta y a algunas zonas cercanas a fuentes. Estas comunidades vegetales de especies higrófilas llevan una orla de pasto turboso en el que dominan los cárices. Las especies que podemos encontrar son *Saxifraga praetermissa* D.A. Webb, especie más común de los neveros pedregosos, junto con *Caltha palustris* L., *Veronica pnoae* Gouan, *Epilobium anagallidifolium* Lam., *Tofieldia calyculata* L. y *Bartsia alpina* L., entre otras.

Pasto denso

En los rellanos menos erosionados se conforma un pasto más denso y estable, tanto sobre substrato ácido como básico, que se identifica con el *Bromion erecti*, en el que aparecen acompañantes *Festuca eskiae* Ramond ex D.C. y *F. gautieri* (Hack.) K.Richt., además de otras gamíneas que densifican el pasto, junto al *Carex curvula* All. (Montserrat-Recoder, 1971).

En esta categoría de nuestra cartografía se integran también las comunidades de plantas de hoja ancha y de mayor tamaño que colonizan las zonas de suelo más rico, con exceso de materia orgánica; tal es el caso de las majadas¹, conocidas como “cubilares” en la zona de estudio, en cuya orla exterior aparece el *Bromion*.

¹ Las majadas son zonas de sesteo del ganado, fijas, abrigadas y cercanas a las cabañas de pastores. Otro tipo de majada son los acaloraderos, lugares venteados o a la sombra donde el ganado pasa las horas de más calor y el viento ayuda a librarse de los molestos insectos.

Prados de siega

Esta categoría es la menos representada en la zona de estudio y se ubica en los fondos de valle de los principales ríos. Escasamente representados en el más occidental, el Veral, donde se han incluido algunas zonas de prados de diente que son susceptibles de siega; es en el valle del Aragón Subordán donde se encuentran las mayores superficies de esta categoría, debido a la morfología más abierta del valle; también encontramos prados de siega en los ríos Osia y Estarrún.

Estas comunidades varían en composición, pero dominan principalmente forrajeras como el raigrás y el trébol blanco en los prados de diente y leguminosas como la esparceta y la alfalfa en los de siega, además de pastizales de raigrás y festucas. En estos prados de siega el redalle (pación²) se aprovecha a diente.

Matorral

Esta clase, que se sitúa en laderas del piso alpino y subalpino, se corresponde principalmente con enebrales (*Juniperus sp*), erizales (*Echinopartum horridum*) y bojedaes (*Buxus sempervivens*); además, en esta categoría se incluyen también los brezales, que en el área de estudio tienen presencia escasa y muy localizada en la ladera norte de Guarrinza. Su avance es en detrimento de los puertos de verano y de tránsito, a expensas del cervunal; un estudio previo de la dinámica de la ocupación del suelo en la zona, reveló que en 1957 estas comunidades no estaban presentes y la zona (pastada por las borregas) estaba dominada por el cervunal (Gastón y De la Riva, 2013).

CONCLUSIONES

El análisis realizado pone de manifiesto que, como se planteaba en la hipótesis de partida, la utilización de imágenes Landsat TM permite abordar con buena calidad temática y suficiente detalle espacial la cartografía y caracterización de los pastos de puerto en el área de estudio. Como consecuencia de la situación geográfica del Parque Natural de Los Valles Occidentales, la influencia de las estaciones se inicia siempre desde los puertos más occidentales, avanzando hacia los más orientales. En consecuencia, el enfoque multiestacional adoptado se revela óptimo y necesario; la integración de diferentes fechas permite cubrir el ciclo fenológico de los pastos, recogiendo los cambios en su comportamiento espectral y la

² Pación refiere a la hierba de un prado que se pasta en verano u otoño, tras la siega; equivale a lo que los ingleses denominan *aftermath* (Montserrat-Recoder, 1960).

influencia de una gestión ganadera que se adapta a las condiciones climáticas y a los diferentes estados de los pastos a lo largo del año. Además, el uso de la información de iluminación –en lugar de la directamente expresada por las altitudes del modelo digital de elevaciones– contribuye a mejorar los resultados. La clasificación “supervisada” –máxima probabilidad– de las categorías se ha alcanzado con un acierto del 89,2%, utilizándose la “no supervisada” como guía para el entrenamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDEZÁBAL A., GARCÍA-GONZÁLEZ R., GÓMEZ-GARCÍA D. Y FILLAT F. (2002) El papel de los herbívoros en la conservación de los pastos. *Ecosistemas*, **XI(3)**. Disponible en <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/254> [último acceso febrero 2015].
- ARCGIS (2014) *ArcGIS for Desktop*. Disponible en <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop> [último acceso febrero 2015].
- ERDAS (2014) *ERDAS Imagine*. Disponible en <http://www.hexagongeospatial.com/products/remote-sensing/erdas-imagine/> [último acceso febrero 2015].
- CHUVIECO E. (2010) *Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio*. Barcelona, España: Editorial Ariel.
- FILLAT F., GARCÍA-GONZÁLEZ R., GÓMEZ GARCÍA D. Y REINÉ R.(2008) *Pastos del Pirineo*. Huesca, España: CSIC-Diputación de Huesca.
- GASTÓN M. Y DE LA RIVA J. (2013) Dinámica de la ocupación del suelo -1957/2009- y gestión ganadera en el municipio pirenaico de Ansó. En: *XXXV reunião de primavera. “Pastagens e Forragens na região do Ribatejo: sistemas de produção intensivos e extensivos”*, p. 15. Santarém, Portugal: Sociedade Portuguesa de Pastagens e Forragens.
- MONTSERRAT-RECODER P. (1960) Clasificación y cartografía de pastos. En: *1ª Reunion científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, Ponencia nº 3, 16 págs. Zaragoza (España): Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- MONTSERRAT-RECODER P. (1964) Ecología del pasto (Ecología de los agrobiosistemas pastorales). *P. Cent. pir. Biol. exp.*, **1(2)**, 1-68.
- MONTSERRAT-RECODER P. (1968) Los pastos Pirenaicos y su importancia económica. *Pirineos*, **87-90**, 133 a 152.
- MONTSERRAT-RECODER P. (1971) *La Jacetania y su vida vegetal*. Zaragoza, España: Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Zaragoza, Aragón y Rioja.
- MONTSERRAT-RECODER P. (1973) Estudios florísticos en el Pirineo occidental. *Pirineos*, **108**, 49-64.

USO DE RECURSOS PASCÍCOLAS EN UNA RUTA DE OVINO TRASHUMANTE CON SEGUIMIENTO MEDIANTE GPS, ENTRE EL VALLE DEL EBRO Y EL PIRINEO DE HUESCA

SHEEP PASTURE USE ALONG A TRANSHUMANT GPS TRACKED DROVE ROAD BETWEEN THE EBRO
VALLEY AND THE HUESCA PYRENEES, SPAIN

O. BARRANTES¹, R. REINÉ², R. BETRÁN², I. BLASCO¹, A. OLAIZOLA¹, J.L. MORA¹, A. BROCA¹,
E. MANRIQUE¹ Y C. FERRER¹

¹Universidad de Zaragoza. Facultad de Veterinaria. C/ Miguel Servet 177. 50013 Zaragoza (España). ²Universidad de Zaragoza. Escuela Politécnica Superior. Ctra. de Cuarte s/n. 22071 Huesca (España). olivia.barrantes@unizar.es.

RESUMEN

El interés del mantenimiento de las vías pecuarias (VVPP) ha sido ampliamente reconocido, ya que proporcionan una amplia gama de servicios ecosistémicos que contribuyen a la conservación de la biodiversidad. No obstante, muchas VVPP están viendo comprometida su conservación. Los objetivos del trabajo presentado son: desarrollar una metodología de seguimiento de ganados trashumantes, conocer el trazado exacto de una de las vías trashumantes de Aragón y detallar los tipos de pastos que el ganado va utilizando a lo largo del tiempo. Se colocaron collares con dispositivos GPS en dos ovejas en un rebaño trashumante. Los datos de la ruta se analizaron mediante un SIG, se superpusieron sobre el mapa de los pastos de Aragón previamente generado, y se calculó el tiempo que las ovejas permanecieron en cada tipo de pasto. La duración total del desplazamiento fue de 135 horas (5,6 días), con una longitud total de 131 km. El rebaño permaneció la mayor parte del tiempo en ‘pastos de monte arbustivos’ y en ‘superficies de cultivo’ (43 y 31% del tiempo total, respectivamente). El método de seguimiento del ganado se ha adecuado bien a los objetivos del estudio, obteniendo la trayectoria que recorre el ganado con una elevada precisión.

Palabras clave: trashumancia, pastoreo de ovino, pastos arbustivos, pastos de origen agrícola.

SUMMARY

The interest of preserving the drove roads has been widely recognized, as they provide a wide range of ecosystem services that contribute to the biodiversity conservation. Nevertheless, many drove roads are being invaded by obstacles that jeopardize their conservation in Spain. The objectives of this work were to develop a method to track the transhumant flocks, to know the exact route of one of the Aragonese drove roads, and to detail the type of pastures that the sheep use during the transhumance. Collars provided with GPS were installed around the neck of two sheep of one transhumant flock. The data provided by the GPS were analyzed by a GIS and overlapped with a pastures map previously made. The time the sheep spent on each type of pasture was calculated. The transhumance lasted 135 hours (5.6 days), with a total length of 131. The sheep spent most of the time on ‘Prepyrenean grazeable shrublands’ and on ‘pastures of arable lands’, 43% and 31% of the total time, respectively. The method developed to track the flock was suitable for the objectives of the study, providing highly accurate data of the route.

Key words: transhumance, sheep grazing, shrub pastures, pastures of agricultural origin.

INTRODUCCIÓN

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 (vías pecuarias, VVPP) todos los años (“cabañeras” en Aragón, “cañadas” en España en general).

La trashumancia a pie ha conectado áreas montañosas con el llano desde hace siglos en España. Tuvo relevancia hasta el s. XIX y casi llegó a extinguirse en la década de los años 1970-80, debido a diversas razones de índole social y económico. Gran parte de la trashumancia a pie fue sustituida por trashumancias en tren (hasta la década de los años 1980) y, más recientemente, en camiones. Actualmente, algunas vías pecuarias se están reactivando con trashumancias de ganado a pie, debido a los elevados precios del transporte en camiones y a los altos costes de los alimentos para el ganado (durante el tiempo que las ovejas se desplazan a pie, su alimentación no supone costes económicos).

El interés del mantenimiento de las VVPP ha sido ampliamente reconocido por la comunidad científica, ya que proporcionan una amplia gama de servicios ecosistémicos que contribuyen a la conservación de la biodiversidad, como: conectividad ecológica entre territorios, dispersión de semillas, disminución del riesgo y propagación de incendios y mantenimiento de paisajes culturales (p.e., Ferrer *et al.*, 2001b; Gómez Sal y Lorente, 2004; Bunce *et al.*, 2006; Fernández-Giménez y Fillat, 2012; Oteros-Rozas *et al.*, 2013). Las administraciones públicas están interesadas en el conocimiento y mantenimiento de las VVPP, la Política Agraria Comunitaria ha proporcionado en algunos casos financiación para su revitalización (O’Flanagan *et al.*, 2011) y algunas vías se están rehabilitando para el turismo como “vías verdes” (Anton, 2007).

Sin embargo, y a pesar de ser bienes públicos protegidos por la legislación española, muchas VVPP están siendo invadidas por obstáculos que complican los movimientos del ganado comprometiendo su conservación, como cultivos, carreteras, usos urbanos, vertederos o campos de golf.

En la Provincia de Huesca existen unos 4200 km de VVPP entre el llano y el Pirineo, con importantes dificultades para el mantenimiento de los movimientos del ganado a través de las rutas (Pallaruelo, 1993). Los objetivos del trabajo presentado son poner a punto la metodología de seguimiento del ganado trashumante, conocer el trazado exacto de una de las vías trashumantes de Aragón y detallar las unidades de vegetación que el ganado va utilizando

a lo largo del tiempo. Este trabajo, enmarcado en un proyecto más amplio que compara 5 rutas trashumantes a pie con trashumancias en camiones desde el punto de vista ecológico, económico y social, es el primer avance de resultados. A su vez, forma parte del Proyecto Europeo CANTOGETHER Crops and Animals Together, (<http://www.fp7cantogether.eu/index.php>).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se colocaron collares con dispositivos GPS alrededor del cuello de dos ovejas en un rebaño de ovino que mantiene la trashumancia a pie entre la localidad de Las Casas (Valle del Ebro, Huesca) y el Ibón de Ip (Valle del Canfranc, Pirineo de Huesca). Las características de la trashumancia y del rebaño son: fecha de inicio de la ruta, 18 de junio de 2014; fecha final, 24 de junio; nº de ovejas, 1400; raza, Rasa Aragonesa.

Los GPS, marca Garmin, toman y almacenan datos en un data logger cada 30 seg en caso de movimiento, tienen una precisión de 2-5 m y proporcionan información espacial y temporal. Están acoplados a un conjunto de baterías que permiten una autonomía de 4-5 días. La tecnología GPS se ha utilizado para monitorizar animales domésticos en pastoreo (VVAA, 2001; Agouridis *et al.*, 2004) y analizar los patrones de pastoreo en función de los tipos de vegetación (Animut *et al.*, 2005; Gipson *et al.*, 2012).

Los datos proporcionados por los GPS se volcaron a un ordenador PC y se analizaron mediante el Sistema de Información Geográfica QGIS (Quantum GIS). Una vez depurados, los datos se superpusieron sobre el mapa de los pastos de Aragón previamente generado (Barrantes *et al.*, 2005), calculándose el tiempo que las ovejas permanecieron sobre cada tipo de pasto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra la ruta seguida por el ganado, superpuesta sobre el mapa de los pastos de Huesca. La duración total del desplazamiento del rebaño en trashumancia fue de 135 horas (5,6 días) y una longitud total de 131 km.

El rebaño permaneció alrededor de 2/3 del tiempo (66,6%) en pastos de monte y menos de 1/3 en pastos de origen agrícola (31,4%). Durante el resto del tiempo (2%), el ganado estuvo sobre superficies improductivas.

En la Tabla 1 y la Figura 1 se muestran los tipos de vegetación y el tiempo de permanencia del ganado en cada uno de ellos. En los pastos de monte, el rebaño permaneció fundamentalmente en pastos arbustivos, con un 64% del tiempo (referido al tiempo de permanencia en pastos de monte), bien sobre ‘romerales y aliagares prepirenaicos’, bien sobre ‘erizontales prepirenaicos’. También permaneció durante espacios de tiempo importantes en pastos con arbolado denso (25% del tiempo), sobre todo en ‘bosques y repoblaciones forestales densos de *Pinus nigra* en masas puras’ y en pastos con arbolado ralo (11%), principalmente en ‘bosques y repoblaciones forestales ralos de *Pinus sylvestris*’. La permanencia del rebaño en pastos de monte herbáceos (‘pastizales prepirenaicos’) fue prácticamente nula (un 0,2% del tiempo).

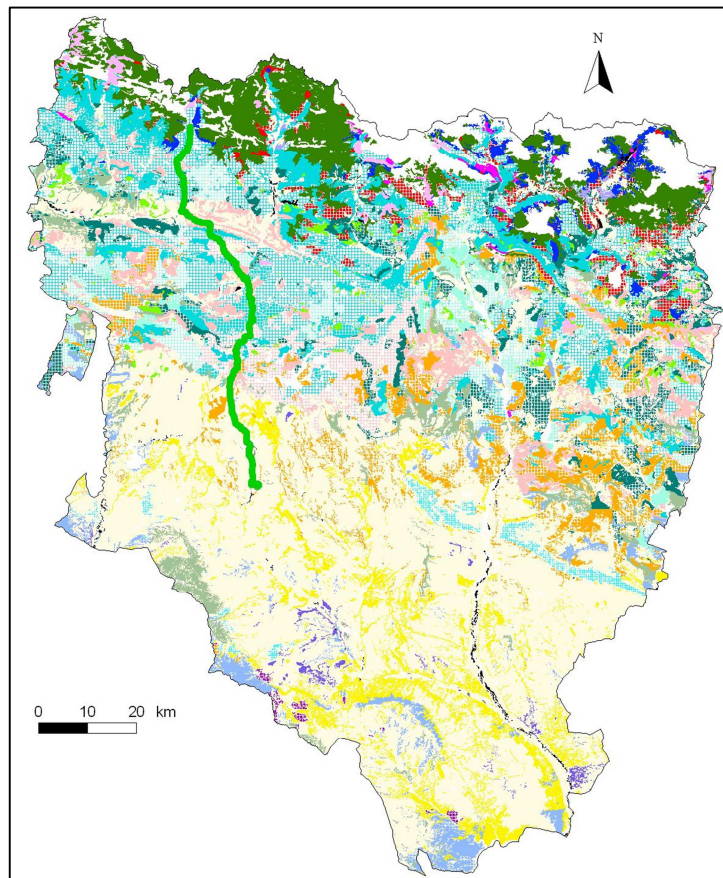


Figura 1. Mapa de los pastos de Huesca (Barrantes *et al.*, 2005) con la ruta trashumante estudiada superpuesta en color verde. Se ha omitido la leyenda del mapa.

Algunas de las principales especies pascícolas de los tipos de pastos de monte con mayor tiempo de permanencia del ganado son:

- ‘Romerales y aliagares prepirenaicos’: *Brachypodium retusum*, *Genista scorpius*, *Thymus vulgaris*, *Dorycnium pentaphyllum* (Reiné *et al.*, 2004).
- ‘Erizonales prepirenaicos’: *Anthyllis montana*, *Koeleria vallesiana*, *Ononis striata*, *Onobrychis hispanica* (Reiné *et al.*, 2004).

En cuanto a los pastos de superficies agrícolas se trata principalmente, en la época del año en que se realizó el estudio, de barbechos y rastros de cereal de invierno. El pasto de barbecho está constituido por la vegetación espontánea las especies que germinan, sean de cultivos anteriores o de malas hierbas. Los pastos de rastrojera consisten en residuos de cosecha que quedan en el campo (parte vegetativa, pero también frutos o semillas) (Ferrer *et al.*, 2001a).

Tabla 1: Tiempo de permanencia del rebaño en cada tipo de pasto. Los porcentajes expresan el tiempo de permanencia del rebaño en cada tipo de pasto respecto a la duración total del trayecto.

Tipo de pasto	Tiempo de permanencia (horas y % entre paréntesis)	
<i>Pastos de monte</i>		
PASTOS CON ARBOLADO DENSO		
Bosques de <i>Fagus sylvatica</i>	0,33	
Bosques de quejigos	1,08	
Bosques y repoblaciones forestales de <i>Pinus sylvestris</i> en masas puras	7,90	22,28 (16,5%)
Bosques y repoblaciones forestales de <i>Pinus sylvestris</i> en masas mixtas	0,25	
Bosques y repoblaciones forestales de <i>Pinus nigra</i> en masas puras	12,72	
PASTOS CON ARBOLADO RALO		
Bosques de quejigos	0,87	
Bosques de <i>Quercus ilex</i>	0,05	10,01 (7,4%)
Bosques de ribera	0,02	
Bosques y repoblaciones forestales de <i>Pinus sylvestris</i>	9,07	
PASTOS ARBUSTIVOS		
Erizonales prepirenaicos	24,72	57,40 (42,6%)
Mosaico de romerales y aliagares prepirenaicos	32,68	
PASTOS HERBÁCEOS		
Mosaico de pastizales prepirenaicos	0,18	0,18 (0,1%)
<i>Pastos de superficies agrícolas</i>		
Barbechos y rastros	42,40	42,40 (31,5%)
Superficie improductiva	2,60	2,60 (1,9%)
Tiempo total	134,87	

Las cargas ganaderas potenciales más altas corresponden a los ‘erizontales prepirenaicos’, ‘rastros y barbechos’ y ‘romerales y aliagares prepirenaicos’, con unas producciones estimadas de 524, 475 a 488 y 409 UF ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente (Reiné *et al.*, 2004; Maestro *et al.*, 2004). Las mínimas corresponderían a los ‘pastos con arbolado denso’ (Ferrer *et al.*, 2001a).

CONCLUSIONES

A lo largo de la ruta trashumante, el rebaño permaneció la mayor parte del tiempo en pastos de monte arbustivos (‘erizontales’ y ‘romerales y aliagares prepirenaicos’) y en ‘superficies de cultivo’ (barbechos y rastros principalmente), con una proporción de permanencia de un 43 y un 31%, respectivamente, sobre el tiempo total. Es precisamente en esos tres tipos de pastos donde se concentra más oferta forrajera en términos de producción (UF ha⁻¹ año⁻¹) y, por tanto, los que mayores cargas ganaderas pueden admitir. Por otro lado, se ha puesto a punto un método de seguimiento del ganado mediante GPS adecuado a los objetivos del estudio, obteniendo la trayectoria que recorre el ganado con una alta precisión.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a Carlos Oresanz, ganadero que realiza la ruta trashumante estudiada, por su colaboración al permitirnos realizar el seguimiento de su rebaño. Agradecemos a Luis Javier Cruchaga su ayuda en la solución técnica de los dispositivos GPS. 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

- AGOURIDIS C.T., STOMBAUGH T.S., WORKMAN S.R., KOOSTRA B.K., EDWARDS D.R. Y VANZANT E.S. (2004) Suitability of a gps collar for grazing studies. *Transactions of the ASAE*, **47(4)**: 1321–1329.
- ANIMUT G., GOETSCH A.L., AIKEN G.E., PUCHALA R., DETWEILER G., KREHBIEL C.R., MERKEL R.C., SAHLU T., DAWSOND L.J., JOHNSON Z.B. Y GIPSON T.A. (2005) Grazing behavior and energy expenditure by sheep and goats co-grazing grass/forb pastures at three stocking rates. *Small Ruminant Research*, **59**: 191–201
- ANTON F.J. (2007) Trashumancia y turismo en España. *Cuadernos de Turismo*, **20**: 27-54.

- BARRANTES O., REINÉ R., BROCA A., GONZALO S., ASCASO J. Y FERRER C. (2005) Tipificación de los pastos de monte en Aragón. En: *Producciones agroganaderas: gestión eficiente del medio natural*. De la Roza B., Martínez A., Carballal A. (Eds.). Ed. SERIDA, Asturias. Pp. 771-776.
- BUNCE R.G.H., DE ARANZABAL I., SCHMITZ M.F. Y PINEDA F.D. (2006) *A review of the role of drove roads (cañadas) as ecological corridors*. Alterra Reports 1428, Wageningen, The Netherlands. <http://content.alterra.wur.nl/Webdocs/PDFFiles/AlterraRapporten/AlterraRapport1428.pdf>
- FERNÁNDEZ-GIMÉNEZ M.E. Y FILLAT F. (2012) Pyrenean Pastoralists Ecological Knowledge: Documentation and Application to Natural Resource Management and Adaptation. *Human Ecology*, **40**: 287-300.
- FERRER C., SAN MIGUEL A. Y OLEA L. (2001a) Nomenclátor básico de pastos en España. *Pastos*, **31(1)**: 7-44.
- FERRER C., BARRANTES O. Y BROCA A. (2001b) La noción de biodiversidad en los ecosistemas pascícolas españoles. *Pastos*, **31(2)**: 129-148.
- GIPSON T.A., SAHLU T., VILLAQUIRAN M., HART S.P., JOSEPH J., MERKEL R.C. Y GOETSCH A.L. (2012) Use of global positioning system collars to monitor spatial-temporal movements of co-grazing goats and sheep and their common guardian dog. *Journal of Applied Animal Research*, **40**: 354-369.
- GÓMEZ SAL A. Y LORENTE I. (2004) The present status and ecological consequences of transhumance in Spain. In: *Transhumance and Biodiversity in European Mountains*. Report from the EU-FP5 project Transhumant. IALE Publication Series No. 1 (Eds. R.H.G. Bunce, M. Pérez-Soba, A. Jongman, A. Gómez Sal, F. Herzog and I. Austad). Alterra: Wageningen, The Netherlands.
- MAESTRO M., BROCA A., BARRANTES O. Y FERRER C. (2004) Evaluación de los pastos agrícolas en Aragón. En: *Pastos y ganadería extensiva*. García-Criado B., García-Ciudad A., Vázquez de Aldana B. R., Zalbagoeazcoa I. (Eds.). Ed. IRNA-CSIC, Salamanca. Pp: 597-600.
- O'FLANAGAN P., LASANTA T. Y ERREA M.P. (2011) Restoration of sheep transhumance in the Ebro Valley, Aragon, Spain. *The Geographical Review*, **101(4)**:556-575.
- 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.
- REINÉ R., BARRANTES O., ASCASO J., MENDOZA A., BROCA A. Y FERRER C. (2004) Pastos arbustivos (erizontales, romerales-aliagares-lastonares y matorrales espinosos con boj) del prepirineo en la provincia de Huesca. Tipificación, cartografía y valoración. En: *Pastos y ganadería extensiva*. (Ed. García-Criado B., García-Ciudad A., Vázquez de Aldana B. R., Zalbagoeazcoa I.), 625-630. Ed. IRNA-CSIC, Salamanca (España).
- VVAA. (2001) Tracking animals with GPS. In: *An international conference held at the Macaulay Land Use Research Institute*. Aberdeen, 12-13 march 2001.

RELACIONES ENTRE CARACTERÍSTICAS DE LAS FAMILIAS Y ESTRUCTURAS PRODUCTIVAS EN EXPLOTACIONES OVINAS QUE UTILIZAN UN ESPACIO NATURAL PROTEGIDO

RELATIONSHIPS BETWEEN FAMILIES CHARACTERISTICS AND PRODUCTIVE STRUCTURES IN SHEEP FARMS USING A NATURAL PROTECTED AREA

A. ZAMUDIO, E. MANRIQUE Y A. M. OLAIZOLA

Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural (CAMENA). Universidad de Zaragoza. Miguel Servet 177. 50013 Zaragoza (España). zamudio@unizar.es.

RESUMEN

Las explotaciones agrarias familiares son sensibles a un amplio abanico de factores y, entre ellos, a los de carácter sociodemográfico que influyen en la toma de decisiones, condicionan los sistemas de explotación y, consecuentemente, las formas de utilización del territorio. En esta comunicación se exponen los resultados parciales de una investigación sobre factores de decisión en explotaciones mixtas cultivos-ganadería que utilizan el Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara. Se utiliza información obtenida mediante encuesta a titulares de 46 explotaciones familiares y referida a características de las familias y a la localización de las explotaciones. Posteriormente, se relacionan las variables con tres grupos de explotaciones obtenidos en un trabajo anterior mediante metodología multivariante. La localización y determinadas características de las familias, aparecen ligadas, en diferente medida, a los distintos tipos de explotaciones.

Palabras clave: explotaciones ovino-cultivos, características sociodemográficas, Parque Natural de Guara.

SUMMARY

Amongst of a huge variety of factors that affect the behaviour of family farms systems, socio demographic variables determine the farmer decision making and, therefore, land use of the farm. In this work, we showed the first results of a research on decision variables in mixed crops-sheep farms using the Natural Park of Sierra y Cañones de Guara (Huesca, Spain). Data were obtained by means of direct interview of 46 farmers. The relationship between family farm characteristics, farm location and a typology of farms structure were analysed. The farmers of largest farm were younger and the importance of pluriactivity was higher. Conversely, the importance of pluriactivity was lower in the smallest sheep farms and were located a great distance of a city with some degree of services.

Keywords: sheep-crops farms, socio-demographic characteristics, Guara Natural Park.

INTRODUCCIÓN

El comportamiento de las explotaciones agrarias familiares no se ajusta a lo que prevé la hipótesis neoclásica, que considera que el decisor, tiene como único objetivo la maximización del beneficio (Etxezarreta *et al.*, 1989). Heady (1970), destacó, en la explotación agraria, las interrelaciones entre renta y consumo y la importancia de la unidad familiar como unidad decisional. Desde un punto de vista microeconómico, en este tipo de explotaciones se combinan, teóricamente, dos unidades fundamentales: la familia y la empresa, en la práctica no separables, ya que la desvinculación del trabajo y la vida familiar contradice la propia esencia de este tipo de explotaciones (Hernández Sancho, 1992).

Las explotaciones agrarias familiares son sensibles a un amplio abanico de factores de diversa naturaleza (Jones *et al.* 1997) y entre ellos las variables sociodemográficas que juegan un papel importante en la explicación de la toma de decisiones. La diversidad socioeconómica de las familias y las interacciones entre unidad familiar y explotación, además del contexto que la rodea, explican en gran medida las diferencias de comportamiento. Como consecuencia, la explotación realiza diferentes ajustes (Bryden, 1994) que dan lugar a la diversidad de sistemas de producción practicados y a las formas de utilización del territorio. De forma relevante, la peculiar estructura de las rentas familiares en el seno de la explotación, en parte de procedencia no agraria, es una de las características con mayor incidencia en la dinámica de las explotaciones (Arnalte, 1989). En concreto, la utilización del territorio es diferente dependiendo de la importancia que tiene la actividad agraria en el conjunto de dichas rentas familiares (Laurent, 1991).

En el marco de una investigación sobre factores que determinan las decisiones en explotaciones ovinas que utilizan un espacio natural protegido, en esta comunicación se exponen los resultados del análisis de la relación existente entre algunos factores sociodemográficos de las explotaciones y sus estructuras productivas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha utilizado la información referida a características familiares y de localización de las explotaciones, de un cuestionario cumplimentando mediante encuesta directa realizada en 2008 a los titulares de 46 explotaciones ovinas (87% del total del universo), que utilizan el Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara (Huesca) (81.491 has de superficie). El cuestionario incluía preguntas referidas a las características generales de la explotación y del

titular (estudios y formación, dimensión y características de la familia, trabajo familiar y asalariado); estructura de la explotación (superficie y aprovechamientos, capitales de explotación), sistema practicado (manejo y control reproductivo, alimentación, manejo sanitario, producciones y comercialización, aspectos organizativos y asociativos) y su dinámica; objetivos y aspiraciones del ganadero (empresariales y familiares); opiniones sobre la PAC, el Parque, su oficio y el sector ovino, y el futuro previsto para la explotación (en conjunto, las actividades, el capital de explotación, el sistema practicado). Además del análisis individual de las variables, éstas se han relacionado con los tres grupos o Tipos de explotaciones obtenidos en una tipología estructural previa, que fue realizada sobre la misma muestra de explotaciones mediante un Análisis de Componentes Principales (ACP) y posteriormente con un Análisis Cluster Jerárquico (Zamudio *et al.*, 2014). El Tipo I constituido por 17 explotaciones, se caracteriza por la orientación ovino-forrajera, gran dimensión de rebaño y buenas estructuras productivas. Las explotaciones de Tipo II (21) se caracterizan por la orientación ovina especializada, tradicionales y con pequeña dimensión y estructuras. El Tipo III, que es el de menor número de explotaciones (8), está caracterizado por la mayor superficie agrícola, rebaño de dimensión media y orientación productiva cereal-ovino.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características generales de las familias se exponen en la Tabla 1. El interés por el número y situación de los hijos está relacionado con el hecho de que la continuidad y reproducción de las explotaciones, viene condicionada, en buena medida, por las posibilidades de sucesión. Dieciocho de las explotaciones estudiadas (39,1% del total) no tienen hijos. Si se agrega a este grupo las que los tienen fuera o emancipados, las explotaciones sin hijos presentes suponen el 45,6%. Únicamente tres explotaciones cuentan, por lo tanto, con hijos emancipados (6,5% del total). Los que los tienen menores suponen el 16,6% del conjunto; mientras los hijos adultos (18 años) en la explotación representan el 34,8% (16 explotaciones).

Se practica la pluriactividad en 27 de las explotaciones. En 8 (17,4%) sólo por el titular; en 9 (19,6%) únicamente el cónyuge y en dos, son ambos los que desempeñan actividades remuneradas distintas a las agrarias.

Tabla 1. Características familiares de las explotaciones.

Número y situación de los hijos	N	Total %	Pluriactividad en las familias	N	Total %
No tiene	18	39,1	Serv. Medioambientales	8*	17,4*
Fuera/emancipados	3	6,5	Funcionario/empleado	3	6,5
Menores	9	19,6	Turismo rural	9*	19,6*
Mayores	16	34,8	No tiene	27	58,7
Total	46	100	Total	46	
Activos familiares con pluriactividad			Ayuda familiar en explotación		
Titular	8	17,4	Sólo cónyuge	7	15,2
Cónyuge	9	19,6	Sólo hijos	6	13,0
Ambos	2	4,4	Cónyuge+hijos	10	21,7
Ninguno	27	58,7	Ninguno	23	50,0
Total	46	100	Total	46	100

N: Número de encuestados.*Explotaciones con diversas actividades.

En lo referente al trabajo familiar en la explotación, no se ha considerado el que aportan hermanos, padres y otros familiares de los titulares, por su carácter frecuentemente aleatorio y poco regular. En la mitad de las explotaciones sólo trabaja el titular. Los cónyuges lo hacen en 17 (37%); en 7 de las cuales (15,2%) son el único familiar que colabora. Los hijos trabajan en 16 explotaciones (34,8%); en 6 de las cuales (13%) como única ayuda. Considerando el conjunto del trabajo familiar, en 36 explotaciones la familia aporta cierta cantidad de trabajo y en 10 sólo trabaja el titular. En el 41,7% de explotaciones con ayudas familiares, éstas suponen más del 50% del trabajo total y en el 33,3% no alcanzan el 35% del total.

La importancia de la accesibilidad a poblaciones comerciales y de servicios, se deriva de las necesidades de la explotación (comercialización, provisión de inputs, factores productivos, servicios) y de las necesidades sociales y condiciones de vida de la familia. Por ello, se han establecido las distancias en tiempo (coche) al centro de servicios más próximo a la explotación (Huesca o Barbastro) (Tabla 2). Algo más de un tercio de las explotaciones (17) están localizadas entre media hora y una hora de uno de estos centros de servicios. Las de mayor proximidad, a menos de media hora, suponen el 26% de las explotaciones. Otras 17, se localizan a distancias superiores a la hora, de los centros de referencia.

Tabla 2. Localización de las explotaciones. Distancia horario a centros comerciales o de servicios.

Distancia*	N explotaciones	Explotaciones (%)	Acumulado (%)
> 76 minutos	4	8,7	8,7
61 > 75 minutos	13	28,3	37,0
31 > 60 minutos	17	37	74
< 30 minutos	12	26,1	100

Tipos estructurales de explotaciones.

Distancia	Tipo I			Tipo II			Tipo III		
	N	%	% acum.	Nº	%	% acum.	N	%	% acum.
> 76 minutos	1	5,9	5,9	3	14,3	14,3	-	-	-
61 > 75 minutos	2	11,8	17,7	11	52,4	66,7	-	-	-
31 > 60 minutos	9	52,9	70,6	5	23,8	90,5	3	37,5	37,5
< 30 minutos	5	29,4	100	2	9,5	100	5	62,5	100
Total	17	100		21	100		8	100	

N: Número de encuestados. *www.viamichelin.es.

Las características familiares y de localización de las explotaciones, se han relacionado con los diferentes Tipos que se establecieron según las estructuras productivas (Tabla 3).

El 41,2% de las explotaciones del Tipo I carecen de hijos. Hay que considerar que el 35,3% de los titulares permanecen solteros y los menores de 35 años del Grupo suponen el 75% del total de esta edad en la muestra. El 17,6% tienen hijos menores. Las explotaciones pluriactivas (58,8%) son aquí más que en los otros grupos. Aquí se concentran el 62,5% de las explotaciones de toda la muestra con actividad en “servicios medioambientales” y el 55,6% en “turismo rural”. En el 52,9% de las explotaciones el titular carece de ayuda familiar en el trabajo; pero en las explotaciones que sí la tienen, son los cónyuges los que participan en mayor medida (41,2% de explotaciones con ayuda), la más elevada de todos los grupos. La participación familiar total en el trabajo, supone menos del 35% del trabajo total en el 29,4% de las explotaciones y más del 50% en el 47,1 %, los porcentajes más elevados respecto a los otros grupos. Es por tanto este grupo el que cuenta con mayor disponibilidad de trabajo de la familia del titular. En este grupo se concentra el 58,9% de las explotaciones de la muestra situada entre media y una hora de los centros de servicios. El 82% de las explotaciones del grupo se localizan a una distancia no superior a la hora y el 29,4% inferior a media hora.

El Tipo II incluye la mitad de las explotaciones sin hijos de la muestra; el 42,9% de las explotaciones del grupo no tiene hijos. Únicamente el 48% de las explotaciones del Grupo

son pluriactivas distribuyendo sus actividades entre los servicios medioambientales, el turismo rural y los funcionarios/empleados. Este Grupo es en el que mayor número de explotaciones carecen de ayuda en el trabajo familiar (57%) y en el que la participación familiar en general en el trabajo es menos intensa. Sólo en el 19% de las explotaciones los familiares desempeñan más del 50% del trabajo y, por el contrario, el 23,8% aporta menos del 35% del trabajo de la explotación. Es el Grupo en el que la localización de las explotaciones está más alejada de los centros de servicios. El 66,7% están situados a más de una hora; lo que supone el 82% de las explotaciones de todos los grupos localizados a esta distancia.

Tabla 3. Características familiares de los diferentes tipos estructurales de explotaciones.

Situación / actividades	Tipo I		Tipo II		Tipo III	
	Nº explot.	% total	Nº explot.	% total	Nº explot.	% total
Situación de los hijos						
No tiene	7	41,2	9	42,9	2	25,0
Fuera/emancipados	2	11,8	-	-	1	12,5
Menores	3	17,6	5	23,8	1	12,5
Mayores	5	29,4	7	33,3	4	50,0
Total	17	100	21	100	8	100
Pluriactividad						
Serv.medioambientales	5*	29,4	3	14,3	-	-
Funcionario/empleo	-	-	2	9,5	1	12,5
Turismo rural	5*	29,4	3	14,3	2	25,0
No tiene	8	47,1	13	61,9	5	62,5
Total	17	100	21	100	8	100
Miembros de la familia pluriactivos						
Titular	2	11,8	5	23,8	1	12,5
Cónyuge	3	17,6	4	19,0	2	25
Ambos	4	23,5	1	4,8	-	-
Ninguno	8	47,1	11	52,4	5	62,5
Total	17	100	21	100	8	100
Ayuda familiar en las explotaciones						
Sólo cónyuges	3	17,6	3	14,3	1	12,5
Sólo hijos	1	5,9	2	9,5	3	37,5
Cónyuge+hijos	4	23,5	4	19,0	2	25,0
Total Cónyuge	7	41,2	7	33,3	3	37,5
Total Hijos	5	29,4	6	28,6	5	62,5
Ninguno	9	52,9	12	57,1	2	25,0
Total	17	99,9	21	99,9	8	100
Trabajo de los familiares en las explotaciones (% del total)						
< 35	5	29,4	5	23,8	2	25,0
36 < 49	3	17,6	4	19,0	2	25,0
> 50	8	47,1	4	19,0	3	37,5
Ninguno	1	5,9	8	38,1	1	12,5
Total	17	100	21	99,9	8	100

*Explotaciones con ambos tipo de actividades

El Tipo III es en el que un menor porcentaje de explotaciones carece de hijos y, por el contrario, es mayor el porcentaje de hijos mayores que trabajan en la explotación (50%). Son también las de una mayor especialización agraria, puesto que el 62,5% del grupo no practica la pluriactividad. En este Grupo, a diferencia de los precedentes sólo el 25% de las explotaciones no dispone de trabajo familiar además del titular; cuenta con el mayor porcentaje de explotaciones en las que participan los hijos (62,5%), aspectos en los que claramente lo diferencian de los otros grupos y lo caracterizan. Las explotaciones de este Grupo están localizadas a la menor distancia de las localidades de servicios. Ninguna está situada a distancia superior a la hora. El 62,5% se localiza a menos de 30 minutos y las restantes entre 30 minutos y una hora.

CONCLUSIONES

Las explotaciones del Grupo 1, de gran dimensión de rebaño y buenas estructuras productivas se caracterizan por la mayor juventud de sus titulares y la mayor frecuencia de la pluriactividad. El trabajo familiar tiene gran incidencia y peso relativo, fundamentalmente por la aportación de los cónyuges. El 82% de las explotaciones están situadas a una distancia no superior a la hora de las localidades de servicios. Las explotaciones del Grupo 2, de pequeños rebaños y estructuras y tradicionales, son pluriactivas menos de la mitad. Es el grupo cuyas explotaciones carecen de ayudas familiares en mayor medida y éstas tienen menor peso relativo en el total del trabajo familiar. Son las explotaciones más alejadas de las poblaciones de servicios. El Grupo 3 de gran superficie y orientación cereal-ovino, es el menos numeroso. Presenta el mayor porcentaje relativo de hijos mayores trabajando en las explotaciones. La pluriactividad es poco frecuente por lo que pueden caracterizarse como de mayor especialización agroganadera. Están localizadas muy próximas a los centros de servicios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNALTE E. (1989) Estructura de las explotaciones agrarias y externalización del proceso productivo. ICE 666, 101-117.
- BRYDEN J (1994) Interaction between farm households and the rural community: effects of non-agricultural elements in farm household decision making on farming system. In: Rural and Farming system analysis. Dent, J. B. and Mac Gregor, M. J. (Eds) pp361, CABI, U.K.
- ETXEZARRETA M., ROSELL J. Y VILADOMIU L. (1989) El replanteamiento del proteccionismo agrario y la política de estructuras. ICE. 666, 57-96.

- HEADY E. (1970) Economics of Agricultural Production and Resource use. Prentice Hall 850 pp Engliwood Cliffs (USA).
- HERNÁNDEZ SANCHO F. (1992) Aproximación metodológica al fenómeno de la agricultura a tiempo parcial en la Comunidad Valenciana. Generalitat Valenciana, 118 pp
- JONES J.W., THORNTON P.K. Y HANSEN J.W. (1997) Opportunities for Systems aproachs at the farmer scale. En: Applications of systems aproachs at the farm and regional levels. 1-8. Eds. P. S. Teng et al, Kluwer Academic, UK.
- LAURENT C. (1991) Place de l'activité agricole dans l'espace rural. L'exemple d'une région agricole de Normandie: le Pays-d'Auge. Economie Rurale. n° 202-203. pp. 34-39.
- ZAMUDIO B.A., MANRIQUE E. Y OLAIZOLA A.M. (2014) Estructuras productivas y dinámicas estructurales de explotaciones ovinas en un espacio natural protegido de alto valor ambiental. En: Busqué, J., Salcedo, G., Serrano, E., Mora, MA. J., Fernández, B., (Eds.) Pastos y PAC 2014-2020, 499-506, SEEP.

ANÁLISIS INDUCTIVO DE LAS PERCEPCIONES SOCIALES ACERCA DE LOS SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS DE LA GANADERÍA DE MONTAÑA

INDUCTIVE CONTENT ANALYSIS OF SOCIAL PERCEPTIONS ON ECOSYSTEM SERVICES PROVIDED BY
MOUNTAIN LIVESTOCK

E. TELLO¹, T. RODRÍGUEZ-ORTEGA¹, R. RIPOLL-BOSCH², I. CASASÚS¹ Y A. BERNUÉS^{1*}

¹Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA). Zaragoza (España). *abernues@aragon.es.

²Animal Production Systems Group. Wageningen University. The Netherlands.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue conocer las percepciones sociales sobre las relaciones entre la ganadería y el medio ambiente en agro-ecosistemas mediterráneos de montaña. Para ello, se desarrollaron dos dinámicas de grupo con ganaderos y tres con ciudadanos sobre aspectos generales de ganadería y medio ambiente. Las dinámicas fueron analizadas mediante un análisis inductivo del contenido que ayudó, por un lado, a clasificar las ideas en prácticas agrarias y servicios de los ecosistemas, y por otro, a establecer las relaciones entre ambas. Se encontraron diferencias entre las percepciones de ciudadanos y ganaderos. Estos últimos mostraron mayor conocimiento de los servicios de los ecosistemas (sobre todo de regulación) y sus relaciones con las prácticas agrarias, entre las que destacó la presión de pastoreo. Los ciudadanos mostraron menor grado de conocimiento, sin embargo dieron mucha importancia a los servicios culturales. Globalmente, los servicios de mayor relevancia fueron el suministro de alimentos de calidad, la conservación de la biodiversidad, los aspectos estéticos del paisaje y la protección frente a incendios forestales. Los participantes reconocieron la importancia de los bienes públicos de la ganadería basada en el pastoreo, pero en general fueron críticos con la forma en que se gestionan las políticas agro-ambientales.

Palabras clave: prácticas agro-ganaderas, multifuncionalidad, ganaderos, ciudadanos, análisis de contenidos.

SUMMARY

Our aim was to determine the social perceptions about the relationship between livestock and the environment in Mediterranean mountain agro-ecosystems. Two focus groups with farmers and three with citizens were carried out. We used inductive content analysis to sort the ideas in categories (agricultural practices and ecosystem services) and to establish the relationships between them. There were differences between farmers and citizens. Farmers showed greater knowledge of ecosystem services (especially regulating) and their relationships with agricultural practices. Citizens showed lower knowledge, however gave much importance to cultural services. Overall, the most important services included the provision of quality food, conservation of biodiversity, landscape aesthetics and protection against wildfires. All stakeholders recognized the importance of public goods delivered by grazing livestock, but were critical on the way agri-environmental policies are managed.

Key words: farming practices, multifunctionality, farmers, citizens, content analysis.

INTRODUCCIÓN

Los agro-ecosistemas mediterráneos de montaña (fundamentalmente sistemas agro-pastorales) proveen un amplio rango de bienes y servicios a la sociedad que revelan el papel multifuncional de la ganadería (Rodríguez-Ortega *et al.*, 2014). Sin embargo, la ganadería tradicional, y por tanto los agro-ecosistemas sobre los que se asienta, están siendo amenazados como consecuencia de procesos opuestos, aunque con frecuencia simultáneos, de abandono e intensificación (Bernués *et al.*, 2011). Las políticas agroambientales pretenden promocionar la adopción de estrategias agrarias beneficiosas para el medio ambiente y para la provisión de servicios de los ecosistemas (SE), concepto que se define en función de los beneficios obtenidos por los humanos de la naturaleza. Por ello, tanto para el diseño de dichas políticas como para su buena aceptación por parte de toda la sociedad (que las financia) y de los ganaderos (beneficiarios y gestores del territorio), es preciso conocer cómo entienden las relaciones entre la actividad agraria y el medio ambiente (Smith y Sullivan, 2014). La literatura acerca de las percepciones de distintos beneficiarios de los SE va en aumento (Bernués *et al.*, 2013; Kelemen *et al.*, 2013; Smith y Sullivan, 2014). Sin embargo, no hemos encontrado trabajos centrados en la percepción de los efectos de prácticas agrícolas sobre los SE. El objetivo de este trabajo es analizar en profundidad las percepciones y conocimientos de ganaderos y ciudadanos sobre las relaciones entre las prácticas agrarias llevadas a cabo en los agro-ecosistemas mediterráneos de montaña basados en el pastoreo y los SE.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevaron a cabo cinco dinámicas de grupo sobre relaciones entre ganadería y medio ambiente en agro-ecosistemas de montaña Mediterránea. Dos dinámicas de grupo reclutaron ganaderos (n=11) y las otras tres ciudadanos (n=22). Las sesiones duraron aproximadamente 1,5 horas y fueron dinamizadas por un moderador, basándose en cinco preguntas: 1. ¿Conoces el término “servicios de los ecosistemas”? 2. ¿Cómo crees que afecta la ganadería al ecosistema y a la inversa? 3. ¿En qué crees que te afecta a ti personalmente la relación entre la actividad ganadera y el ecosistema? 4. ¿En qué zonas crees que se puede apreciar el efecto de la actividad ganadera sobre el ecosistema? 5. ¿Crees que se deben compensar económicamente los servicios de los ecosistemas? ¿Quién? ¿En qué forma?.

Las sesiones fueron grabadas en vídeo y transcritas para después llevar a cabo un análisis inductivo del contenido. El análisis inductivo permite describir y cuantificar un

fenómeno a través del análisis sistemático de mensajes escritos y visuales, haciendo posible identificar elementos clave (palabras, frases o conceptos) y clasificarlos en una serie de categorías (Elo y Kyngäs, 2008). En este caso, las categorías fueron las prácticas ganaderas y los SE, estos últimos clasificados a su vez en cuatro subcategorías (Rodríguez-Ortega *et al.*, 2014): i) de abastecimiento (productos obtenidos del ecosistema); ii) de regulación (beneficios derivados de la regulación de los procesos ecosistémicos); iii) de soporte (necesarios para la producción del resto de servicios); y iv) culturales (beneficios inmateriales que el ser humano obtiene de su experiencia con el ecosistema). Otras ideas que aparecieron en las discusiones se agruparon como otros factores de sostenibilidad, si bien no se presentan en este trabajo. Los resultados se representaron visualmente para ganaderos y ciudadanos por separado, y mostraron las relaciones que establecieron entre las prácticas ganaderas y las subcategorías de los SE, explicando el efecto mediador. Las prácticas ganaderas y las subcategorías de SE fueron representadas con formas y colores diferentes y su tamaño se estableció en función de la cantidad tiempo empleado en su discusión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Percepción de los ganaderos sobre los servicios de los agro-ecosistemas

Los ganaderos mostraron un amplio conocimiento de muchos SE (14), siendo capaces de conectarlos con distintas prácticas ganaderas (15) y entre sí (Figura 1). En general, demostraron gran capacidad de reconocer la complejidad de los procesos ecológicos involucrados (Kelemen *et al.*, 2013). Destacó la provisión de “alimentos de calidad”, influida por una correcta dieta animal (natural, saludable y sin aditivos) y por una producción ética (los animales criados en libertad proporcionan mejores productos que en cautiverio); atributos extrínsecos que son crecientemente demandados por la sociedad (Bernués *et al.*, 2013). Además, los “alimentos de calidad” se conectaron al servicio “cultura y arte” mediante la gastronomía. Las “materias primas” (forraje propio y frutos silvestres) también fueron consideradas como servicios de aprovisionamiento de gran importancia.

Los servicios de regulación fueron los más debatidos. Profundizaron sobre todo en la “prevención de perturbaciones” en forma de incendios forestales. Éstos y la protección de la biodiversidad fueron considerados servicios inherentes a la ganadería tal y como describió Cooper *et al.* (2009).

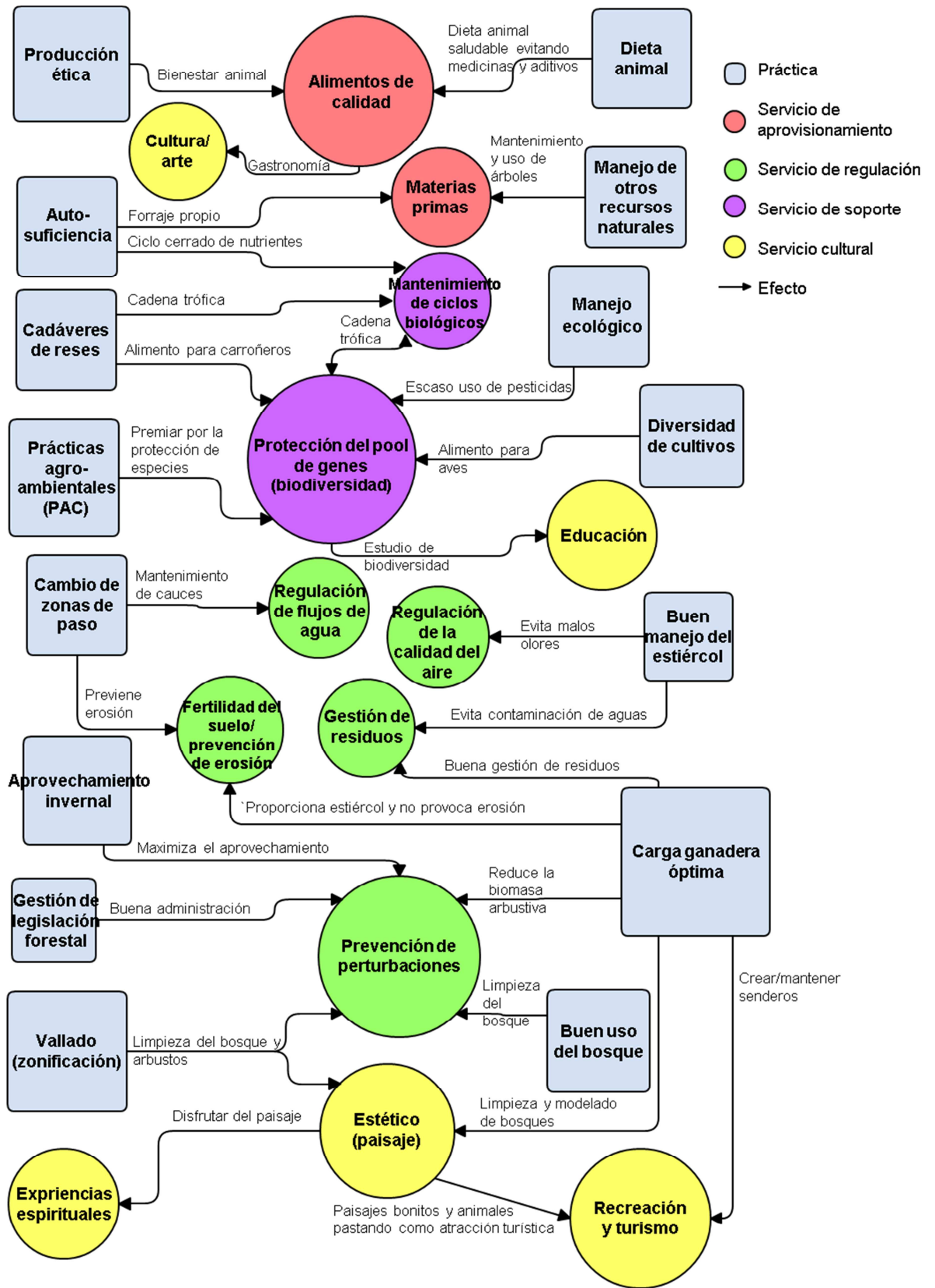


Figura 1. Percepción de los ganaderos (n=11) sobre las prácticas ganaderas y los servicios de los agroecosistemas.

Los incendios se conectaron con cinco prácticas ganaderas relacionadas con la limpieza del monte y una gestión ganadera adecuada, de acuerdo a la literatura (Ruíz-Mirazo y Robles, 2012). La carga ganadera fue la práctica más comentada y conectada con varios servicios de regulación. El cambio periódico de zonas de paso fue considerado clave en la “prevención de la erosión”. A su vez, un buen manejo del estiércol favorece la “regulación de la calidad del aire” y la “gestión de residuos”. La “protección del pool de genes (biodiversidad)” fue el servicio de hábitat más discutido. Las prácticas que interaccionan con él fueron: el manejo ecológico (evitar el uso de pesticidas favorece la biodiversidad) (Smith y Sullivan, 2014); la diversidad de cultivos (atrae aves granívoras); las ayudas agroambientales para la conservación de especies; y el abandono de reses muertas (clave en la conservación de carroñeras) (Margalida *et al.*, 2011). A su vez, la biodiversidad, a través de la cadena trófica, contribuye al “mantenimiento de ciclos biológicos”. Por otro lado, la “protección de la biodiversidad” ofrece un servicio cultural de “educación” en referencia al estudio de la misma. El servicio cultural más comentado fue el aspecto “estético” del paisaje, modulado por el ganado y sobre el que los ganaderos pueden intervenir mediante sus prácticas. Los ganaderos reconocieron que este servicio provoca “experiencias espirituales” y atrae al “turismo”. Generalmente las discusiones llevadas a cabo por ganaderos estuvieron relacionadas con sus intereses particulares y prácticas ganaderas habituales, como muestran estudios previos (Kelemen *et al.*, 2013; Smith y Sullivan, 2014).

Percepción de los ciudadanos sobre los servicios de los agro-ecosistemas

Los ciudadanos mostraron menor conocimiento acerca de los SE (13), conectándolos con las prácticas ganaderas (13) individualmente, rara vez con dos (Figura 2). El servicio más importante con diferencia fueron los “alimentos de calidad”, relacionados con las mismas prácticas comentadas por los ganaderos. Otro servicio de abastecimiento discutido brevemente fue el “mantenimiento de recursos genéticos” relacionándolo con la importancia del uso y conservación de especies autóctonas. Los servicios de regulación fueron discutidos superficialmente. Sin embargo, hicieron gran hincapié en la “prevención de incendios forestales”; conectándolo con el pastoreo como forma económica de eliminar biomasa combustible, y con los montes comunales como sistemas bien gestionados. También trataron la importancia de una carga ganadera óptima para la “gestión de residuos” y la “fertilidad del suelo”. La “protección del pool de genes” fue el servicio de hábitat más discutido, afectado por las mismas prácticas que comentaron los ganaderos, añadiendo la carga ganadera óptima.

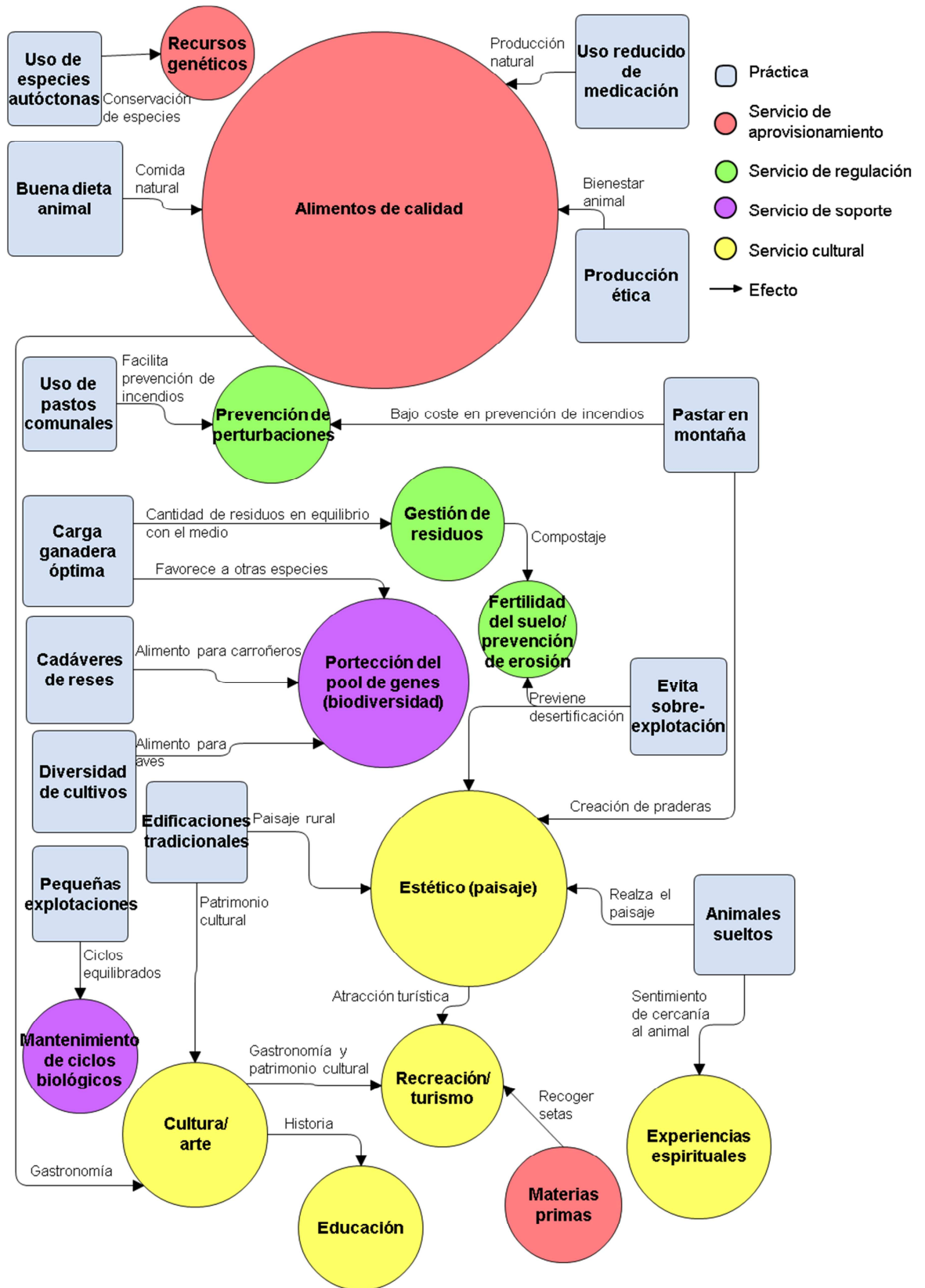


Figura 2. Percepción de los ciudadanos (n=22) sobre las prácticas ganaderas y los servicios de los agroecosistemas.

El “mantenimiento de ciclos biológicos” se relacionó con explotaciones autosuficientes a pequeña escala que mantienen los ciclos de nutrientes equilibrados, de acuerdo a los principios de la agroecología aplicada a la producción ganadera (Dumont *et al.*, 2013).

Los servicios culturales se mencionaron repetidas veces. El más debatido, igual que en los ganaderos, fue el valor “estético” del paisaje, en relación a cuatro prácticas: el pastoreo mediante la creación de praderas estéticamente atractivas; la no sobreexplotación que evita la desertificación; la presencia del ganado en la montaña; y el mantenimiento de edificaciones tradicionales. La cercanía a los animales en libertad evocó “experiencias espirituales”.

Aunque los ciudadanos no dedicaron mucho tiempo a profundizar acerca de estos servicios, conectaron unos con otros, considerando que la belleza “estética” del paisaje atrae al turismo, y que la “cultura y arte” deriva de la gastronomía (“alimentos de calidad”) y el patrimonio cultural. Además, “cultura y arte” se relacionaron con la “educación” a través de la historia.

CONCLUSIONES

Pese a las diferencias mostradas, tanto ganaderos como ciudadanos reconocen la importancia de los servicios proporcionados por los agro-ecosistemas y la necesidad de su reconocimiento a nivel social. De entre ellos, les dan especial importancia al abastecimiento de alimentos de calidad, la protección de la biodiversidad, el valor estético de los paisajes culturales y la prevención de incendios forestales. Además, son conscientes de cómo las prácticas ganaderas afectan a estos servicios, destacando la importancia de la dieta animal, la producción ética y la carga ganadera. La información obtenida es valiosa para diseñar las políticas agroambientales de acuerdo a las demandas de la sociedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNUÉS A., RUIZ R., OLAIZOLA A., VILLALBA D. Y CASASÚS I. (2011) Sustainability of pasture-based livestock farming systems in the European Mediterranean context: Synergies and trade-offs. *Livestock Science* 139, 44-57.
- BERNUÉS A., RODRÍGUEZ-ORTEGA T., RIPOLL-BOSCH R. Y CASASÚS I. (2013) A qualitative research on Spanish farmers and citizens perceptions of ecosystem services provided by mountain livestock farming, 17th Meeting of the FAO-CIHEAM Mountain Pastures Network, Pastoralism and ecosystem conservation, Trivero, Italy, 12-16.

- COOPER T., HART K. Y BALDOCK D. (2009) Provision of Public Goods through Agriculture in the European Union. Institute for European Environmental Policy, London.
- DUMONT B., FORTUN-LAMOTHE L., JOUVEN M., THOMAS M. Y TICHIT M. (2013) Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. *Animal* 7, 1028-1043.
- ELO S. Y KYNGÄS H. (2008) The qualitative content analysis process. *Journal of Advanced Nursing* 62, 107-115.
- KELEMEN E., NGUYEN G., GOMIERO T., KOVÁCS E., CHOISIS J.-P., CHOISIS N., PAOLETTI M.G., PODMANICZKY L., RYSCHAWY J., SARTHOU J.-P., HERZOG F., DENNIS P. Y BALÁZS K. (2013) Farmers' perceptions of biodiversity: Lessons from a discourse-based deliberative valuation study. *Land Use Policy* 35, 318-328.
- MARGALIDA A., COLOMER M.A. Y SANUY D. (2011) Can wild ungulate carcasses provide enough biomass to maintain avian scavenger populations? An empirical assessment using a bio-inspired computational model. *PLoS ONE* 6, e20248.
- RODRÍGUEZ-ORTEGA T., OTEROS-ROZAS E., RIPOLL-BOSCH R., TICHIT M., MARTÍN-LÓPEZ B. Y BERNUÉS A. (2014) Applying the ecosystem services framework to pasture-based livestock farming systems in Europe. *Animal* 8, 1361-1372.
- RUIZ-MIRAZO J. Y ROBLES A.B. (2012) Impact of targeted sheep grazing on herbage and holm oak saplings in a silvopastoral wildfire prevention system in south-eastern Spain. *Agroforestry Systems* 86, 477-491.
- SMITH H.F. Y SULLIVAN C.A. (2014) Ecosystem services within agricultural landscapes-Farmers' perceptions. *Ecological Economics* 98, 72-80.

ESTUDIO PRELIMINAR DE LA APLICACIÓN DE QUEMA PRESCRITA PARA LA RECUPERACIÓN DE PASTOS EN EL PARQUE NATURAL DEL MONTSENY

PRELIMINARY STUDY ABOUT THE APPLICATION OF PRESCRIBED BURNING TO RECOVERY GRASSLANDS IN THE MONTSENY NATURAL PARK

LL. MARTINEZ UJALDÓN¹, C. CASAS ARCARONS² Y J. PLAIXATS BOIXADERA³

¹Oficina Tècnica de Parcs Naturals. Diputació de Barcelona. c/ Comte d'Urgell 187. Edifici del Relloige 3ª planta. 08036 Barcelona (España). martinezul@diba.cat. ²Grup de Recerca en Biodiversitat, Ecologia, Tecnologia i Gestió Ambiental (BETA). Universitat de Vic-UCC. c/ de la Laura 13. 08500 Vic (España). carne.casas@uvic.cat. ³Departament de Ciència Animal i dels Aliments. Universitat Autònoma de Barcelona. Ed. – V. Campus de la UAB. 08193 Bellaterra (España). josefina.plaixats@uab.cat.

RESUMEN

En el Pla de la Calma, en la Reserva de la Biosfera y Parque Natural del Montseny (Cataluña), el pastoreo ha sido una actividad tradicional, básica para la economía rural y a su vez modeladora del paisaje. 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. El objetivo de este trabajo ha sido evaluar el efecto de la aplicación de la quema prescrita sobre la recuperación de la cubierta herbácea, comparado con el desbroce, así como el efecto del pastoreo, en antiguos prados de siega abandonados. Se han obtenido resultados de cobertura, altura y densidad herbácea e índices de diversidad (riqueza de especies y Shannon) y producción de materia seca. Los resultados obtenidos indican que la aplicación del fuego de baja intensidad es también una herramienta útil para la recuperación de superficies pastables, permite el mantenimiento de la diversidad y además constituye una técnica de menor coste económico.

Palabras clave: fuego controlado, desbroce, producción, diversidad, pastoreo.

SUMMARY

Grazing in the Pla de la Calma in the Biosphere Reserve and Natural Park of Montseny has been a traditional activity, central to the rural economy and landscape modelling. Changes in the economic structure in the last half century have caused depopulation and abandonment of farming practices. The evolution of ancient grasslands has led to the homogenization of the landscape, decreased diversity, and loss of surface area of meadows and pastures needed to enable farming. The aim of this study was to evaluate the use of prescribed burning in the recovery of pastures compared to mechanical work. Results of herbaceous cover, height, density, diversity indices (species richness and Shannon) and dry matter production have been obtained. The results indicate that the prescribed burning tool is a valid method to recover ancient abandoned pastures, at the same time allowing the maintenance of landscape and additionally is less expensive.

Keywords: fire, clearing, plant production, diversity, grazing.

INTRODUCCIÓN

La transformación causada por el abandono del aprovechamiento de los pastos produce la rápida extensión de las especies más competitivas provocando, en general, 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 el Parque Natural y Reserva de la Biosfera del Montseny (Cataluña), como en otras áreas mediterráneas protegidas, también se ha producido este proceso (Bartolomé *et al.*, 2005). En el Pla de la Calma, después de haber realizado sucesivas actuaciones de desbroce, se ha iniciado la aplicación de quemas prescritas. La quema prescrita se entiende como la aplicación controlada de fuego bajo unas condiciones meteorológicas, de combustible y topográficas fijadas, y debe ser ecológicamente beneficiosa para la vegetación y ser socialmente aceptada entre gestores, propietarios y usuarios del espacio forestal (Águeda *et al.*, 2004). Existe un gran consenso en considerar que la quema tiene un efecto positivo sobre la diversidad (Ascoli y Bovio, 2013, Kiersch *et al.*, 2012, Mohamad *et al.*, 2012).

El objetivo principal de este estudio ha sido evaluar la quema prescrita como tratamiento para conseguir la recuperación y desarrollo del estrato herbáceo, en antiguos prados de siega abandonados, comparado con el desbroce. También se ha evaluado el efecto del aprovechamiento a diente por el ganado tras la aplicación de los tratamientos de quema y desbroce.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en el Parque Natural y Reserva de la Biosfera del Montseny, dentro de la región mediterránea en el Noreste de la Península Ibérica. Las parcelas experimentales, se establecieron en una zona ubicada alrededor de los 1000 msn en el altiplano del Pla de la Calma (entre los 41°44' y 41°47' de latitud norte y los 2°18' y 2°22' de longitud oeste) de clima mediterráneo húmedo, con una precipitación media anual comprendida entre 700 y 1000 mm y temperatura media anual de 10°C. La vegetación, resultado del abandono del aprovechamiento como prados de siega desde mediados del siglo pasado y sometidos a presencia ocasional del ganado supera fácilmente los 40 cm de altura y fitocenológicamente estos prados corresponden a la clase Festuco-Brometea erecta (alianza Mesobromion erecta).

Tratamientos

A finales del invierno del 2013 se llevaron a cabo los tratamientos de quema y desbroce. El fuego utilizado fue de baja intensidad, descendiente y en patrón de líneas separadas un metro entre ellas, que generó llamas de longitud máxima entre 1 y 1,5 m. La quema controlada abarcó una superficie total de 2,3 ha y fue realizada por el Grup de Recolzament d'Actuacions Forestals (*GRAF*) de los bomberos de la Generalitat de Catalunya. Seguidamente se desbrozó una área contigua de 1,45 ha, mediante el uso de desbrozadora manual y se retiró la vegetación resultante. Un total de 10 parcelas de exclusión de 5 m x 5 m se distribuyeron en 4 parcelas por tratamiento (desbroce y quema) y dos control. El efecto del pastoreo se evaluó bajo la acción del rebaño mixto de 400 cabezas, (80% ovejas ripollesas y 20% cabras de Rasquera) que pastorea durante todo el año.

Estudio de la vegetación

El estudio de la composición florística se realizó en junio de 2013, siguiendo el método de intercepción lineal (Cummings y Smith, 2000). Dentro de cada parcela se realizó un transecto de 5 m de longitud, sobre la diagonal, con contactos cada 5 cm y se determinó la cobertura, la altura y la densidad de las especies herbáceas. La diversidad de especies se determinó calculando el índice de riqueza de especies (S) y el de diversidad ecológica de Shannon-Weaver [$-\sum (p_i \times \ln p_i)$]. Para determinar la producción se segó manualmente la vegetación de una subparcela de 50 cm x 50 cm dentro del área de exclusión, en junio de 2013 y 2014. El efecto del pastoreo se determinó en junio de 2014 segando la misma superficie fuera de la zona de exclusión. Las muestras fueron pesadas y sometidas a desecación en una estufa a 70°C y a continuación se determinó contenido en materia seca a 105°C durante 48 horas.

Todos los resultados obtenidos se sometieron a análisis de la varianza (ANOVA) mediante el paquete estadístico JMP de SAS. Para la comparación de medias entre tratamientos se empleó el test de Fisher del mismo paquete estadístico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición florística

En las Figuras 1 y 2 se puede observar la frecuencia de las especies en los tratamientos de quema y desbroce. La vegetación de todas las parcelas se caracteriza por una elevada presencia de *Brachypodium phoenicoides* y *Arrhenaterum elatius* excepto en las desbrozadas

donde es aún más abundante la especie *Ononis spinosa*. Las especies leñosas representan el 23,18% de la cobertura total en las parcelas desbrozadas, mientras que en las quemadas ocupan el 6,44%. La cobertura de la vegetación fue en ambos tratamientos del cien por cien.

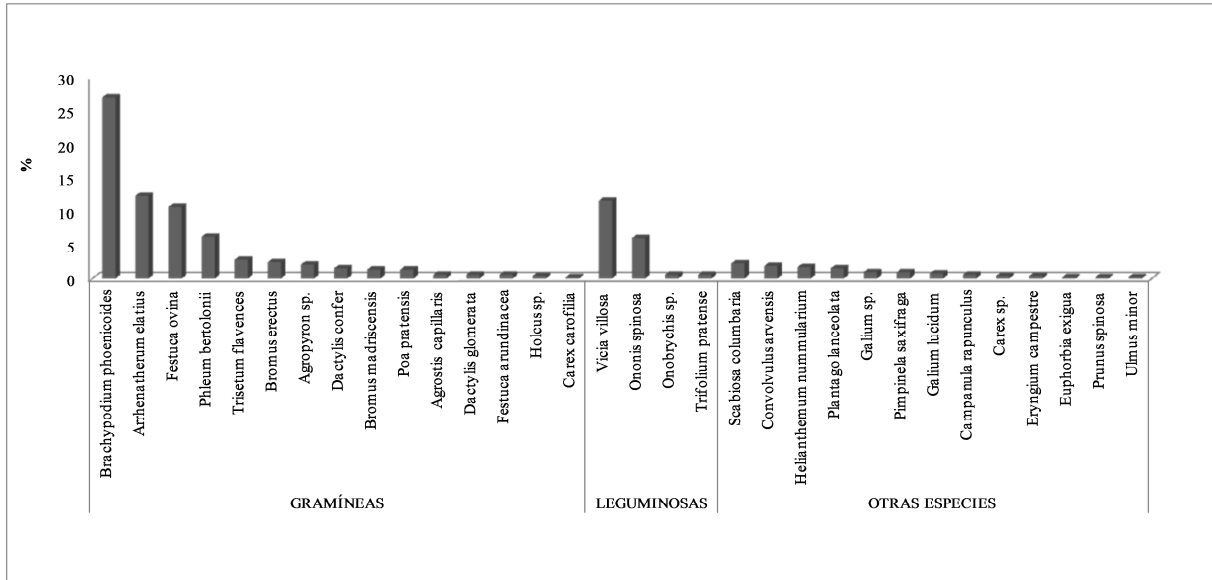


Figura 1. Porcentaje de recubrimiento de las especies observadas en las parcelas quemadas.

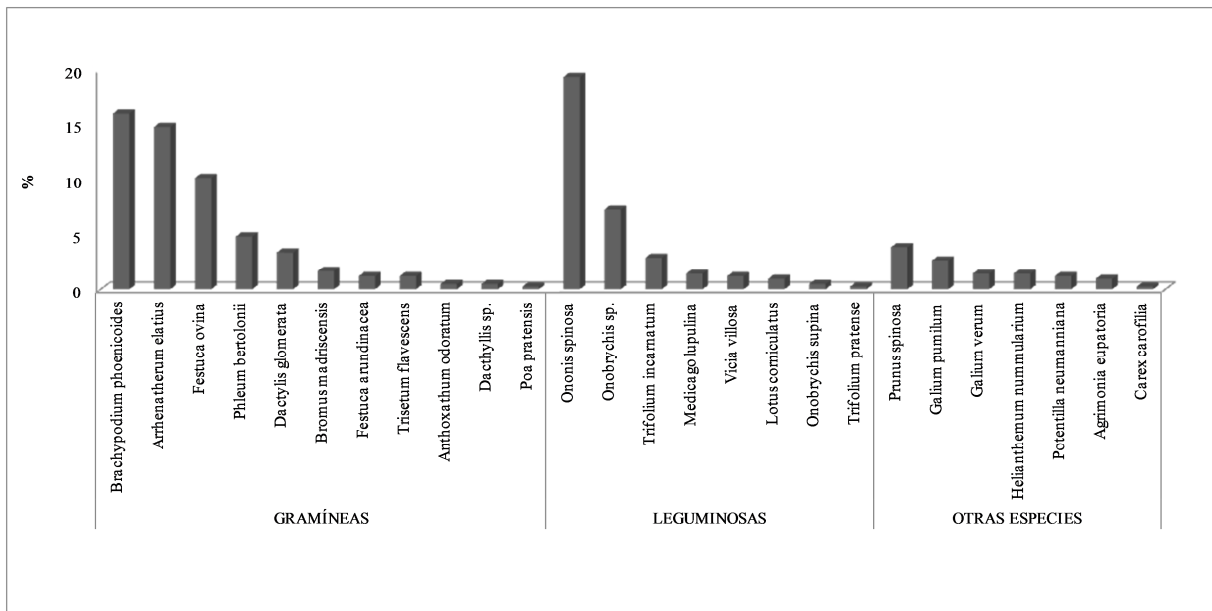


Figura 2. Porcentaje de recubrimiento de las especies observadas en las parcelas desbrozadas.

La Figura 3 muestra los porcentajes de cobertura de gramíneas, leguminosas y otras especies y no se han observado diferencias significativas ($p < 0.05$) lo que no era de esperar.

En general las gramíneas representan alrededor de 2/3 del total y son las parcelas desbrozadas las que presentan mayor porcentaje de leguminosas.

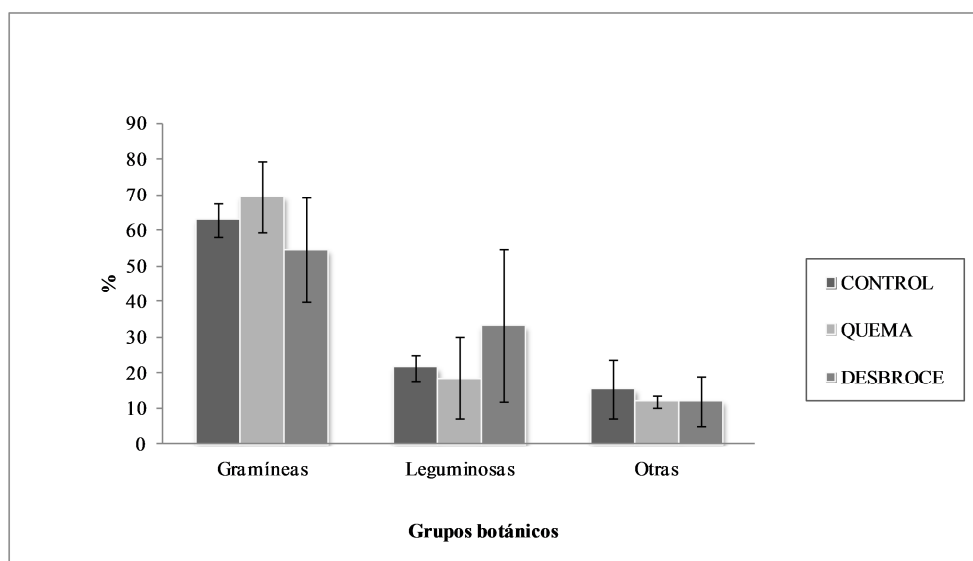


Figura 3. Cobertura de la vegetación por grupos y tratamientos. Media de los porcentajes de recubrimiento \pm E.E.

Diversidad y estructura herbácea

En la Tabla 1 se puede observar que no existen diferencias significativas en los índices de diversidad ecológica y riqueza de especies, ni entre tratamientos ni respecto al control. Sin embargo algunos autores indican que la quema los favorece (Mohammad *et al.*, 2012, Kiersch *et al.*, 2012). En relación a la estructura herbácea se observan diferencias significativas en la densidad de la vegetación siendo las parcelas desbrozadas las que presentan un valor inferior.

Tabla 4. Diversidad de la flora y estructura herbácea. Media (\pm E.E).

Tratamiento	Índice de Shanon (H)	Riqueza de especies (S)	Densidad (n° Contactos/punto)	Altura media (cm)
CONTROL	2,37 \pm 0,37	19,00 \pm 5,00	3,05 \pm 0,23 a	50,32 \pm 13,02
QUEMA	2,31 \pm 0,22	21,00 \pm 1,00	2,73 \pm 0,05 a	41,55 \pm 3,45
DESBROCE	2,02 \pm 0,17	15,00 \pm 1,50	2,08 \pm 0,04 b	54,45 \pm 25,85

Las letras diferentes en las columnas indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

Producción herbácea

Los resultados obtenidos de producción herbácea, expresados en materia seca por hectárea, no presentan diferencias significativas ($p < 0.05$) ni entre los tratamientos, ni entre las dos épocas de corte (Figura 4).

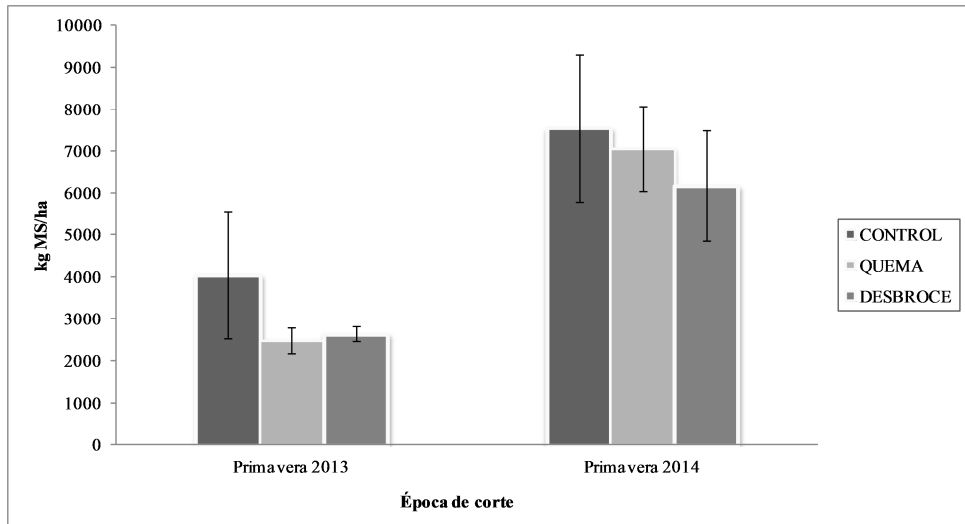


Figura 4. Producción en kg de MS/ha. Media \pm E.E.

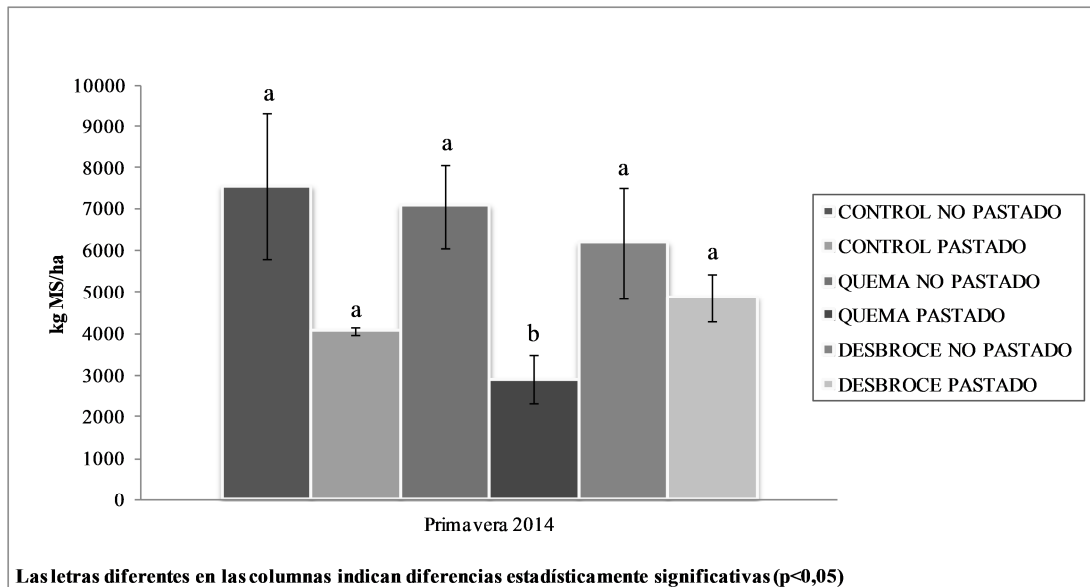


Figura 5. Efecto del pastoreo sobre la producción en kg de MS/ha. Media \pm E.E.

El efecto del pastoreo sobre la producción herbácea se determinó un año después (2014) de haber aplicado los tratamientos. En la Figura 5 se puede observar que existen diferencias significativas entre la hierba pastada y no pastada de las superficies quemadas.

Este resultado indica la preferencia del rebaño por la hierba de las superficies quemadas en relación a la hierba de las desbrozadas o no tratadas, lo que coincide con los resultados de Brady et al. (2011).

CONCLUSIONES

Tanto el tratamiento de quema controlada como el desbroce han permitido, a corto plazo, el 100% de recubrimiento del suelo. Ni la quema ni el desbroce han alterado significativamente la composición florística, la diversidad ecológica y la riqueza de especies. Sin embargo el desbroce ha reducido la densidad de la vegetación. La producción herbácea no se ha visto afectada por los tratamientos. Los animales han permanecido más tiempo de pastoreo en las zonas quemadas.

La quema controlada de baja intensidad y el desbroce mecánico constituyen dos herramientas útiles para la recuperación de prados de siega, largo tiempo abandonados, que han evolucionado a estados de la vegetación poco apetecibles para el ganado. La quema controlada probablemente presenta más ventajas como herramienta de gestión ya que presenta menor coste económico y la vegetación resultante es más consumida por los animales. Es necesario hacer el seguimiento de este estudio preliminar, en los próximos años, e iniciar otros estudios en otras formaciones vegetales para determinar cuál de los tratamientos es más eficaz para la gestión del parque.

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

- ÀGUEDA A., PÉREZ Y., GIMÉNEZ A., PASTOR E., ARNALDOS J. Y PLANAS E. (2004) Les cremes prescrites: una eina per a la investigació en incendis forestals. II Congrés d'Enginyeria en Llengua Catalana. DVD d'actes II Congrés d'Enginyeria en Llengua Catalana.
- ASCOLI D. Y BOVIO G. (2013) Prescribedburning in Italy: issues, advancesand challenges. *Forest – BiogeosciencesandForestry*, **6**, 79-89.

- 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.
- BRADY A., FUHLENDORF S., ENGLE D. Y ELMORE R. D. (2011) Ungulate preference for burned patches reveals strength of fire–grazing interaction. *Ecol Evol.* **1**, 132–144.
- CUMMINGS J. Y SMITH, D. (2000) The line-intercept method: A tool for introductory plant ecology laboratories. *Tested studies for laboratory teaching*. **22**, 234-246.
- KIERSCH K., KRUSE J., ECKHARDT K., FENDT A., STREIBEL T., ZIMMERMANN R., BROLL G. Y LEINWEBER P. (2012) Impact of grassland burning on soil organic matter as revealed by a synchrotron – and pyrolysis–mass spectrometry-based multi-methodological approach. *Organic Geochemistry* **44**, 8-20.
- MOHAMMAD N., ALHAMAD MOHAMMAD A., ALRABABAHY MAMOUN A. Y GARAIBE H. (2012) Impact of burning and fertilization on dry Mediterranean grassland productivity and diversity. *Jordan Acta Oecologica* **40**, 10-14.
- 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.

COMPOSICIÓN ANTIOXIDANTE DE BELLOTAS Y PASTOS DE DEHESA DURANTE EL PERIODO DE MONTANERA EN EXTREMADURA

ANTIOXIDANT COMPOSITION OF ACORN AND GRASS IN THE DEHESA ECOSYSTEM OF EXTREMADURA DURING THE MONTANERA PERIOD

M. CABEZA DE VACA, D. TEJERINA, S. GARCÍA-TORRES, E. PRIOR, A. GORDILLO Y E. MARTÍN-TORNERO

Instituto de Investigaciones Agrarias Finca La Orden. CICYTEX. Autovía A5, P.K. 372. 06187 Guadajira. Badajoz (España).
merycv@hotmail.com.

RESUMEN

Durante las montaneras 2012/2013 y 2013/2014, en veintisiete zonas de muestreo ubicadas en nueve dehesas distribuidas a lo largo de la región de Extremadura, se recogieron muestras de pastos (n=184) y de bellotas (n=167 de encina y n=50 de alcornoque) para la caracterización de su composición antioxidante estudiar el efecto del año y, en el caso de la bellota, también el de la especie. Se determinaron los contenidos en materia seca (MS), α -tocoferol, γ -tocoferol, taninos condensados (TC) y polifenoles totales (PT), así como la actividad antioxidante total (AAT). Respecto a la bellota, los mayores contenidos en γ -tocoferol y TC aparecen asociados a la encina y los mayores valores de PT y AAT al alcornoque ; y mientras que los PT y la AAT no se vieron afectados por el año de recolección, los restantes compuestos mostraron mayores valores en el segundo año de estudio. La composición antioxidante del pasto se vio afectada por el año de estudio. Finalmente, se observaron diversas correlaciones entre los compuestos estudiados, especialmente entre PT y AAT, tanto para el pasto como para la bellota.

Palabras claves: dehesa, bellota, pasto, montanera, *Quercus*.

SUMMARY

Over 2012/2013 and 2013/2014 montanera periods, and from twenty seven sampling areas of nine different dehesa farms located along the region of Extremadura, samples of pastures (n = 184) and acorns of holm oak (n = 167) and cork oak (n= 50) were collected. The aim of the present study was to characterize their antioxidant composition, and to study how the factors of year and specie, in the case of the acorn, affect it. The contents of dry matter (MS), α -tocopherol, γ -tocopherol, condensed tannins (TC), total polyphenols (PT) and total antioxidant activity (AAT) were determined. Regarding acorn, higher contents of γ -tocopherol and TC were linked to holm oak and higher values of PT and AAT to cork oak. Although PT and AAT contents were not affected by harvest year, the remaining compounds showed higher values in the second year of study. Antioxidant composition of pasture was affected by the year. Finally, significant correlations between some chemical parameters were observed, specially between AAT and PT on both pasture and acorns.

Key words: dehesa, acorn, grass, free-rearing, *Quercus*.

INTRODUCCIÓN

La dehesa es un sistema agroforestal característico del suroeste de la Península Ibérica, que abarca en España una superficie de 3.515.920 ha, de las cuales 1.237.000 ha (35%) se localizan en Extremadura. Se trata de un ecosistema seminatural donde los pastos anuales y la masa arbórea, dominada principalmente por *Quercus ilex* subsp. Ballota (Desf.) y *Quercus suber* L., se gestionan de manera tradicional con el fin de proporcionar forraje y frutos (bellota) para la alimentación del ganado.

De esta manera, los productos cárnicos que provienen de cerdos ibéricos engordados en su fase final con la bellota y el pasto disponible en la dehesa durante el periodo de montanera (de octubre a marzo), son especialmente valorados por los consumidores debido a su alta calidad. Esta calidad viene dada, en parte, por las características que la bellota y el pasto aportan a la carne, así como por los antioxidantes que les transmiten a la misma (Rey *et al.* 2010) y que contribuyen a evitar procesos de enranciamiento durante los periodos de maduración que pueden dar lugar a colores, olores y sabores indeseables en los productos curados. Sin embargo, la composición nutritiva de estos recursos naturales evoluciona con el tiempo y depende de diversos factores como la composición botánica o las características del entorno (Tejerina *et al.* 2011 y Vázquez de Aldana *et al.* 2008).

Con todo ello, los objetivos del presente estudio fueron: valorar los contenidos en compuestos antioxidantes y la capacidad antioxidante total de los pastos y bellotas recogidos en Extremadura durante dos periodos de montanera; estudiar el efecto del año y/o la especie sobre los parámetros determinados y evaluarla correlaciones entre los mismos.

MATERIAL Y MÉTODOS

La recolección de las muestras de pasto y de bellota tuvo lugar durante dos periodos de montanera (del 25/11/2012 al 15/02/2013, y del 15/11/2013 al 01/03/2014), tomándose muestras de pasto y bellotas en nueve dehesas de Extremadura (38°21' 03" y 39°54' 43" 'N y 6°11' 22" y 7°04' 54" 'W) (Figura 1), con una periodicidad mensual. Dentro de cada finca, se seleccionaron al azar tres zonas de muestreo

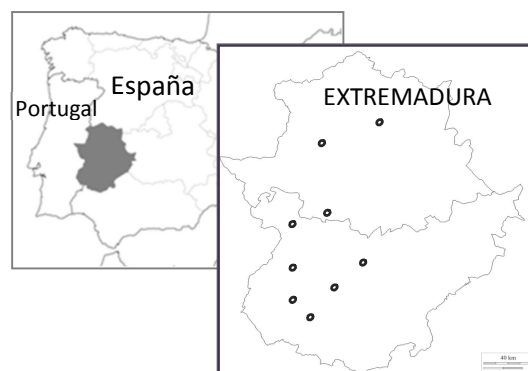


Figura 1. Localización de las fincas de recolección.

delha, que se mantuvieron constantes durante los dos años de estudio (en total 27 zonas de muestreo).

Aunque estas zonas mostraron diferencias en cuanto a clima, gestión, suelo, etc., todas ellas tuvieron en común su estructura adhesionada, así como el aprovechamiento con cerdo ibérico durante el periodo de muestreo. Cada zona de muestreo contó con una masa arbórea del género *Quercus L.*, conformada por encinas y/o alcornoques, y una cubierta continua de pastos, constituidas por pastos naturales, pastos mejorados, bonales, majadales o cultivos forrajeros, contando en algunos casos con presencia de matorral (retama o tomillo).

Encada zona de muestreo, la bellota se recolectó directamente del suelo, cogiendo frutos (2-3 kg) de diversos árboles seleccionados al azar, y los pastos se recolectaron manualmente, realizando trayectorias aleatorias y tomando una mezcla de pasto (2 kg) que representase la globalidad de la zona de recolección.

El estudio finalmente se llevó a cabo con 217 muestras de bellota (50 de encina y 167 de alcornoque) y 184 muestras de pasto. Una vez en el laboratorio, de cada muestra se separó una parte, 150 g para pasto y 40 frutos para bellota, que fue congelada a -20°C, liofilizada y molida para sus posteriores análisis químicos. En el caso de las bellotas sólo se analizó el endocarpio.

Análisis químico

Los parámetros determinados fueron: contenidos en materia seca (MS), vitamina E (α - y γ -tocoferol), taninos condensables (TC), polifenoles totales (PT) y actividad antioxidante total (AAT). Todos los análisis se realizaron por duplicado.

La MS se determinó por gravimetría a través del liofilizado de las muestras previamente congeladas a -20°C. Los contenidos α -y γ -tocoferol fueron determinados por el método definido por Cayuela *et al.* (2003) a partir del material liofilizado y molido. Los PT, TC y la AAT fueron determinados a partir del mismo extracto obtenido con una mezcla de MeOH: H₂O (80:20v/v) sobre la muestra liofilizada. Los contenidos en PT fueron analizados por el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu (Singleton y Rosi, 1965), los TC por el método espectrofotométrico descrito por Waterman y Mole (1994) y la AAT por el método del radical libre de ABTS de acuerdo con la técnica de Cano *et al.* (1998).

Análisis estadístico

Para los análisis estadísticos se empleó el paquete de software PASW Statistics 18 (SPSS Inc.), realizándose para cada parámetro: un estudio descriptivo; el estudio de los efectos de la especie y el año a través de análisis de la varianza, de una vía para el efecto año en pasto y de dos vías para los efectos especie y año en bellota; y análisis de correlaciones bivariadas de Pearson para la determinación de las relaciones entre cada uno de los parámetros estudiados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tanto para la bellota como para el pasto, los resultados obtenidos de los parámetros estudiados, a nivel global de las veintisiete zonas de muestreo durante las dos montaneras de estudio, son los recogidos en la tabla 1.

Tabla 5. Valores descriptivos de parámetros asociados a la actividad antioxidante en pastos y bellotas durante dos periodos de montanera en Extremadura.

		Media	Mínimo	Máximo	Desviación típica
BELLOTA (n° muestras encina=167) (n° muestras alcornoque=50)	MS endocarpio (g/100 g)	55,15	37,07	77,52	4,58
	α -tocoferol (μ g/g MS)	7,84	2,14	17,17	3,15
	γ -tocoferol (μ g/g MS)	44,19	22,12	68,90	10,11
	TC (mg catequina/g MS)	1,16	0,13	4,81	0,86
	PT (mg ácido gálico /g MS)	15,28	4,91	35,19	6,68
	AAT (mg Trolox/g MS)	52,65	18,54	129,85	20,92
PASTO (n° muestras =184)	MS g/100 g)	14,97	8,71	36,83	4,07
	α -tocoferol (μ g/g MS)	32,73	9,24	86,34	17,58
	γ -tocoferol (μ g/g MS)	5,73	0,40	50,39	6,25
	PT (mg ácido gálico/g MS)	11,83	4,12	29,08	4,48
	AAT (mg Trolox/g MS)	34,70	10,33	84,91	12,78

Respecto a la pulpa de **bellota**, los valores de MS concuerdan con los encontrados por Rodríguez-Estévez *et al.* (2008). Aunque los contenidos de α -tocoferol y γ -tocoferol han resultados inferiores a los encontrados en otros estudios (Tejerina *et al.* (2011), Rey *et al.* (2010), Rodríguez-Estévez *et al.* (2008), Cantos *et al.*(2003)), resultan similares a los obtenidos por López Carrasco *et al.* (2011a) en los últimos periodos de recolección. Los

contenidos de TC son similares a los encontrados por Tejerina *et al.* (2011) y Cadahía *et al.* (1993), mientras que los contenidos en PT resultaron inferiores a los mostrados por Cadahía *et al.* (1993).

En relación a los parámetros determinados en **pasto**, los contenidos en MS están en consonancia Tejerina *et al.* (2011) y Rey *et al.* (2010). Para los contenidos en vitamina E, los valores de α -tocoferol fueron inferiores a los encontrados por López Carrasco (2011 b) y Rey *et al.* (2010), aunque en niveles similares a Tejerina *et al.* (2011), mientras que, los contenidos de γ -tocoferol son similares a los mostrados en estos tres trabajos.

Todas estas diferencias respecto a trabajos similares, podrían ser explicadas por las variaciones en el periodo de recolección de cada estudio (López Carrasco *et al.* 2011a, López Carrasco *et al.* 2011b, Tejerina *et al.* 2011, Cadahía *et al.* 1993) o por el año de muestreo (Tejerina *et al.* 2011). En el caso de los pastos, podrían deberse también a la diversidad botánica de los mismos (Cabeza de Vaca *et al.* 2014).

Tabla 6. Efecto de la especie y del año en parámetros antioxidantes de bellota durante el periodo de montanera en Extremadura.

	Especie		Año		ETM	Efecto		
	Alcornoque	Encina	12/13	13/14		Especie	Año	Especie x año
MS endocarpio (g/100 g)	54,43	55,36	54,19	56,51	0,313	ns	**	ns
α -tocoferol (μ g/g MS)	7,17	8,04	7,30	8,59	0,214	ns	**	ns
γ -tocof (μ g/g MS)	37,51	46,21	46,33	41,22	0,690	***	**	ns
TC (mg catequina/g MS)	0,73	1,29	1,28	0,99	0,059	***	*	ns
PT (mg ácido gálico/g MS)	20,73	13,67	15,43	15,07	0,456	***	ns	ns
AAT (mgTrolox/g MS)	68,60	47,95	53,25	51,82	1,427	***	ns	ns

Niveles de significación del ANOVA, ns: p-valor \geq 0,05; *: p-valor<0,05, **:p-valor<0,01; ***: p-valor<0,001. ETM: error típico de la media.

Con respecto a los efectos de la especie y el año sobre la bellota (tabla 2), los contenidos en MS y α -tocoferol no se vieron afectados ($p\geq$ 0,05) por la especie. Sin embargo, los mayores contenidos de γ -tocoferol y TC aparecen asociados a la encina ($p<$ 0,001), mientras el alcornoque mostró mayores valores en PT y AAT ($p<$ 0,001). El factor año no tuvo efecto significativo ($p<$ 0,05) sobre los contenidos en PT y la AAT; mientras que, y en concordancia con Tejerina *et al.* (2011), sí se observaron variaciones significativas ($p<$ 0,05) en los contenidos de MS, α -tocoferol, γ -tocoferol y TC según el año de recolección.

Tabla 7. Efecto del año en parámetros antioxidantes del pasto de dehesa durante el periodo de montanera en Extremadura.

	Año		ETM	Efecto
	12/13	13/14		Año
MS (g/100g)	13,24	17,70	0,302	***
α -tocof(μ g/g MS)	23,75	47,16	1,310	***
γ -tocof(μ g/g MS)	4,95	7,00	0,466	*
PT (mg ácido gálico/g MS)	11,10	12,96	0,335	*
AAT (mgTrolox/g MS)	35,17	33,94	0,955	ns

Niveles de significación del ANOVA, ns: p-valor \geq 0,05; *: p-valor< 0,05; ***p-valor<0,001. ETM: error típico de la media.

Al igual que lo observado por Tejerina *et al.* (2011), el año de estudio afectó a la calidad de los pastos de montanera (Tabla 3). Así, todos los parámetros estudiados mostraron mayores valores en el segundo año (p<0,05), salvo la AAT (p \geq 0,05).

Tabla 8. Coeficientes de correlación de Pearson entre distintos parámetros antioxidantes en bellota y pastos durante el periodo de montanera en Extremadura.

		MS	α -tocopherol	γ - tocopherol	PT	TC
Bellota (n=217)	α -tocopherol	-0,103				
	γ -tocopherol	-0,301 ***	0,214 **			
	PT	-0,485 ***	0,085	-0,099		
	TC	-0,457***	0,215**	0,138*	0,476***	
	AAT	-0,443***	0,060	-0,080	0,941***	0,386***
Pasto (n=184)	α -tocopherol	0,291 ***				
	γ -tocopherol	0,047	0,204**			
	PT	-0,01	0,349 ***	-0,116		
	AAT	-0,117	0,182 *	-0,160*	0,914***	

Niveles de significación. *: p-valor< 0,05; **: p-valor<0,01; ***:p-valor<0,001.

Para las relaciones entre los parámetros determinados (tabla 4), destaca la alta correlación existente entre los contenidos en PT y la AAT, tanto en bellota (R=0,941) como en pasto (R=0,914). En bellota se observan correlaciones significativas de los TC con los PT (R=0,476) y con la AAT (R=0,386), y así como correlaciones negativas entre la MS y todos los parámetros antioxidantes estudiados, excepto el α -tocopherol; mientras que para el pasto el contenido en α -tocopherol están relacionado positivamente con la MS (R=0,291), los PT (R=0,349) y el contenido en γ -tocopherol (R=0,204).

CONCLUSIÓN

Para las zonas de dehesa de estudio en Extremadura, las bellotas de encinas presentaron mayores contenidos en γ -tocoferol y taninos condensados que las de alcornoque, mientras que estas últimas fueron más ricas en polifenoles totales y poder antioxidante total. Asimismo, tanto para las bellotas como para los pastos de montanera, los compuestos antioxidantes se vieron afectados de manera significativa por el año de estudio, observándose una fuerte correlación entre los contenidos fenólicos y la actividad antioxidante total de los mismos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CABEZA DE VACA M., GONZÁLEZ F., GARCÍA-TORRES S., TEJERINA D., PRIOR E. Y MAYA V. (2014) Efecto de la época de aprovechamiento en la calidad nutritiva de plantago *Lagopus L.*, *Biserrula pelecinus L.*, *Trifolium subterraneum* y *Medicago polymorpha*. En: Busqué Marcos *et al.* (Eds) *Pastos y PAC. 2014-2020*, pp 405-412. Potes. España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- CADAHÍA FERNÁNDEZ E., CONDE ARIAS-CAMISÓN E., CAÑELLAS REY DE VIÑAS I. Y GARCÍA VALLEJO M.C. (1993) Variación del contenido de taninos en las bellotas de *Quercus Suber L.* Y *Quercus ilex L.* durante el proceso de maduración. *I Congreso Forestal Español. Lourizán. Ponencias y comunicaciones*, (II), 485–489.
- CANO A., HERNÁNDEZ RUÍZ J., GARCÍA-CÁNOVAS F., ACOSTA M. Y ARNAO M. (1998) An end-point method for estimation of the total antioxidant activity in plant material. *Phytochemical analysis*, 9, 196-202.
- CANTOS E., ESPÍN J.C., LÓPEZ-BOTE C., DE LA HOZ L., ORDOÑEZ J.A. Y TOMÁS-BARBERAN F.A. (2003) Phenolic compounds and fatty acids from acorns (*Quercus* spp.) the main dietary constituents of free-ranged Iberian pigs. *Journal of Agricultural Food and Chemistry*, 51, 6284-6255.
- CAYUELA J., GARRIDO M., BAÑÓN S. Y ROS J. (2003) Simultaneous HPLC analysis of α -tocopherol and cholesterol in fresh pig meat. *Journal of Agricultural Food and Chemistry*, 51, 1120–1124.
- LÓPEZ-CARRASCO C., REY A.I., DAZA A. Y LÓPEZ BOTE C.J. (2011a) Composición en ácidos grasos y tocoferoles de la bellota de encina en el CIA “dehesón del encinar”, Toledo. En: López-Carrasco *et al.* (Eds) *pastos, paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI*, pp 573-578. Toledo. España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- LÓPEZ-CARRASCO C., REY A.I., DAZA A. Y LÓPEZ BOTE C.J. (2011b) Composición en ácidos grasos y tocoferoles del pasto herbáceo de otoño en una dehesa toledana. En: López-Carrasco *et al.* (Eds) *pastos, paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI*, pp 579-584. Toledo. España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

- REY A., LÓPEZ-BOTE C., DAZA A. Y LAURIDSEN C. (2010) Accumulation and evolution of tocopherols in dry-cured hams from Iberian pigs as affected by their feeding and rearing system. *Food Chemistry*, **123(4)**, 1170-1175.
- RODRÍGUEZ-ESTÉVEZ V., GARCÍA MARTÍNEZ A., MATA MORENO C., PEREA MUÑOZ J.M. Y GÓMEZ CASTRO A.G. (2008) Dimensiones y características nutritivas de las bellotas de los *Quercus* de la dehesa. *Archivos de Zootecnia*, **57(R)**, 1-12.
- SINGLENTON V. Y ROSI J. (1965) Colorimetry of total phenolics with phosphomolibdic phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, **16**, 144-158.
- TEJERINA D., GARCÍA TORRES S., CABEZA DE VACA M., VÁZQUEZ F. 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(3)**, 997-1004.
- VÁZQUEZ DE ALDANA B., GARCÍA CIUDAD A. Y GARCÍA CRIADO B. (2008) Interannual variations of above-ground biomass and nutritional quality of Mediterranean grasslands in Western Spain over a 20-year period. *Australian Journal of Agricultural Research*, **59**, 769-779.
- WATERMAN P.G. Y MOLE S. (1994) *Analysis of Phenolic Plant Metabolites*. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications.

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BELLOTA EN ENCINAS JÓVENES PROCEDENTES DE REPOBLACIÓN

ACORN PRODUCTION OF YOUNG HOLM OAK TREES IN AN AFFORESTATION

**M. FÉRRIZ NÚÑEZ¹, M.D. CARBONERO MUÑOZ², J.R. LEAL MURILLO¹, M.T. HIDALGO
FERNÁNDEZ¹, A. GARCÍA MORENO³ Y P. FERNÁNDEZ REBOLLO¹**

¹Dpto. Ingeniería Forestal. ETSIAM. Universidad de Córdoba. Córdoba (España) ir1ferep@uco.es. ²Área de Producción Agraria. IFAPA. Centro Hinojosa del Duque. Junta de Andalucía. Crta El Viso Km 15. 14270 Hinojosa del Duque. Córdoba (España). ³Área de Producción Ecológica y Recursos Naturales. IFAPA. Centro Alameda del Obispo. Junta de Andalucía. Avda Menéndez Pidal s/n. 14004 Córdoba (España).

RESUMEN

El programa de Forestación de Tierras Agrarias impulsado por la reforma de la PAC de 1992 ha tenido un gran impacto en Andalucía. Gran parte de las repoblaciones ejecutadas se realizaron con encina, y actualmente muchas de ellas están entrando en producción. A pesar del importante papel de la bellota en estos nuevos sistemas agroforestales, apenas se tienen datos de sus características productivas. En este trabajo se evalúa la producción de bellota de 40 encinas jóvenes procedentes de repoblación durante el periodo 2011-2014. Se han encontrado menores producciones por árbol que en ejemplares adultos pero mayores producciones y número de bellota por superficie de copa. También se han detectado mayores oscilaciones interanuales y mayor incidencia de la alternancia para la evolución de la producción de bellota en este grupo de encinas jóvenes.

Palabras clave: *Quercus ilex subsp. ballota*, vecería, dehesa, sincronía, forestación.

SUMMARY

The program of afforestation addressed by CAP reform of 1992 had a marked impact in Andalusia. Many areas were planted with holm oaks, and currently these trees are starting to produce acorns. Despite the important role of this fruit in the functioning of these new agroforestry systems, there are barely studies about their productive patterns. In this work we analyzed the acorn production of 40 young holm oaks in an afforestation made in 1993 during the period 2011-2014. Young holm oaks produced less acorns per tree than adult trees but more acorns per crown area. Were also found larger interannual fluctuations and a marked alternate bearing between holm oaks from the afforestation.

Key words: *Quercus ilex subsp. ballota*, masting, dehesa, synchrony, tree regeneration.

INTRODUCCIÓN

A mediados de los años 80 comenzaron a producirse cambios importantes en la forma de tratar los problemas de la agricultura dentro de la Unión Europea que culminaron en 1992 con la reforma de la PAC y la aprobación de tres programas, llamados de “acompañamiento”, entre los que estaba el de Forestación de Tierras agrarias. Entre sus objetivos figuraban generar para el agricultor una nueva actividad económica y contribuir a la disminución de excedentes agrícolas. Su andadura en Andalucía comenzó en el año 1993 y pervive en la actualidad aunque con importantes cambios en los decretos que lo regulan. Ha sido un programa de notable éxito, con 4552 solicitudes y 144.743 ha forestadas durante 1993-1998, los años de mayor demanda. De esta cantidad, 2086 expedientes y 83.511 ha corresponden a forestaciones de encina (Navarro *et al.*, 2008).

Aunque existen trabajos que han abordado el impacto de este programa en el territorio (Navarro *et al.*, 2008), apenas hay estudios que caractericen la producción de bellota de estos nuevos sistemas (Ferriz *et al.*, 2014) aun cuando la especie más empleada ha sido la encina cuya entrada en producción se estima en torno a los 15 años. Dichas producciones tienen o tendrán una importancia clave para el mantenimiento de la fauna cinegética o doméstica que aproveche estas superficies. También, y dada su menor intensidad de pastoreo y mayor boscosidad serían áreas que podrían actuar como semilleros que contribuyeran a la regeneración del arbolado en zonas aledañas (Díaz, 2014). Esta caracterización frutal resultaría de interés también, pues a diferencia de las masas procedentes de regeneración natural por semilla, en estos nuevos sistemas agroforestales sería esperable una menor diversidad dado que la procedencia de la planta de vivero utilizada procede mayoritariamente de contados individuos incluidos en rodales selectos.

Así pues en este trabajo se pretende caracterizar la producción de bellota y su vecería en encinas jóvenes procedentes de una repoblación ejecutada al amparo del programa de forestación en tierras agrarias.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la finca La Panadera, localizada en el TM de Pozoblanco, al noreste de la provincia de Córdoba. La finca presenta suelos silíceos, de carácter ácido (pH = 6,1), con baja fertilidad química, bajos contenidos en materia orgánica (1,9 %) y textura arenoso-franca. Se trata de una finca de dehesa de 84 ha, de la que 30,4 ha se forestaron con

encinas de una savia procedentes de vivero en 1995. La densidad de plantación fue de 300 pies/ha y se ajustó a lo estipulado en el Decreto 73-1993 de 25 de mayo de Forestación en Tierras Agrarias. En esta área repoblada se seleccionaron 40 encinas jóvenes situadas en una zona llana sin gradientes ambientales evidentes. La altura media de estos árboles es 3,14 (\pm 0,45) m, su diámetro de copa es 2,18 (\pm 0,36) m y su diámetro medio en la base del tallo es de 102,24 (\pm 16,93) mm (Férriz *et al.*, 2014). Durante el periodo de estudio (2011-2014) se recogió la cosecha de bellota mediante vareo a final de octubre, y posteriormente en laboratorio, se procedió al pesaje en fresco, con cáscara y sin cascabillo. Se obtuvo la producción total de bellota por árbol (Pb), la productividad de bellota (Pr) como gramos de peso fresco por metro cuadrado de superficie de copa proyectada sobre el suelo. Para la obtención del número de bellotas por metro cuadrado de copa (Nb), se pesó una submuestra de 30 bellotas para cada árbol y se obtuvo su peso medio fresco. Dividiendo Pb entre el peso medio de la bellota y la superficie de copa se obtuvo Nb. Adicionalmente, cada año se calculó el coeficiente de variación entre los árboles de la Pb, Pr y Nb.

La vecería y sincronía de la productividad de bellota (Pr) se estudiaron mediante los siguientes índices acerca de los que se puede obtener una mayor información en Monselise y Goldschmidt (1982) y Carbonero *et al.* (2012):

- a. *Comportamiento bienal (B)*: Porcentaje de ocasiones (pares de años sucesivos) donde la tendencia de incremento o descenso de la producción es de diferente signo.
- b. *Intensidad de la vecería (I)*: Valor medio del cociente entre las diferencias en valor absoluto de la producción de bellota y su suma para años consecutivos.
- c. *Coefficiente de variación entre años (CVi)*: Cociente entre la desviación estándar y la media de las producciones por árbol para el periodo estudiado.
- d. *Porcentaje de sincronización (SP)*: Porcentaje medio de árboles con idéntica tendencia de cambio respecto a la cosecha anterior durante el periodo estudiado.
- e. Promedio del coeficiente de correlación de Pearson entre árboles en años consecutivos (r_p) (Koenig *et al.* 2013).

Los datos meteorológicos se recogieron en la estación de Hinojosa del Duque, que cuenta con registros diarios y que está próxima a la finca (Tabla 1).

Tabla 1. Temperatura media (T), Temperatura máxima absoluta del mes más cálido (Tmax), Temperatura mínima absoluta del mes más frío (Tmin) y precipitación acumulada (P) durante el periodo de estudio y para un año medio en la estación meteorológica del IFAPA de Hinojosa del Duque.

	2011	2012	2013	2014	Año medio
P (mm)	345	406	523	317	433,7
T _{max} (°C)	40,4	43,3	39,1	38,3	40,4
T (°C)	15,5	14,8	14,6	16,8	15,2
T _{min} (°C)	-5	-10,8	-5,7	-2,2	-5,3

Los valores Pb, Pr y Nb referidos a sustancia fresca, se compararon entre años mediante el test de Kruskal-Wallis al no distribuirse los datos de manera normal ni poseer varianzas homogéneas. Cuando las diferencias entre años fueron significativas, se usó el test de Bonferroni para establecer grupos homogéneos. Todos los análisis se realizaron usando el software STATISTICA 6.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción media de bellota de los árboles analizados ha oscilado entre los 420 g, 101 g m⁻² de copa y 69 bellotas m⁻² en 2012 y los 2198 g, 668 g m⁻² y 284 bellotas m⁻² en 2013 (Tabla 2). Se han obtenido máximos de 6293 g, 2654 g m⁻² y 1023 bellotas m⁻² en 2013. La producción de bellota por árbol es muy inferior a la que se encuentra en árboles adultos en la misma comarca (5,6-27,0 kg árbol⁻¹ según Carbonero *et al.*, 2012), no así la productividad y número de bellotas por superficie de copa que supera a la de árboles adultos: 327 g m⁻² y 145 bellotas m⁻² de media en encinas jóvenes frente a 252 g m⁻² (Carbonero *et al.*, 2012) y 69 bellotas m⁻² en encinas adultas (Carbonero, 2011) en dehesas de Córdoba; 145,28 g m⁻² en Toledo (Cañellas *et al.*, 2007) y 221 g m⁻² en Huelva (Alejano *et al.*, 2008). Si esta producción se estima por hectárea, teniendo en cuenta que la densidad media de encinas jóvenes es de 300 pies ha⁻¹, la producción oscilaría entre 126-659 kg ha⁻¹ de bellota, cantidad similar a la 292-296 kg ha⁻¹ de bellota según Martín *et al.* (1998) y algo inferior pero comparable a la media de 674,3 kg ha⁻¹ de bellota en dehesas (Cañellas *et al.*, 2007). Existe una gran disparidad entre las producciones individuales cada año, con coeficientes de variación entre árboles superiores a los encontrados en dehesas españolas (52,4 %) y más similares a los encontrados en bosques de encina (124,4 %) (Koenig *et al.*, 2013).

El análisis estadístico señala al año 2013 (Tabla 2) como el de más producción respecto al resto. Habría que destacar también al año 2012 como el de menor producción, con un número muy importante de árboles (13 pies) que no producen bellota. Koenig *et al.* (2013) relacionan la pluviometría anual con la producción de bellota y 2013 es efectivamente el año que más llueve, aunque 2012 no es el año que menos lluvia cae (Tabla 1). Sin embargo en 2012 acaece el mes de Septiembre más seco del periodo analizado y en 2013 el más lluvioso (Sep2011=69,2 mm, Sep2012=18,0 mm, Sep2013=100,2 mm, Sep2014=40,7 mm). Así, se ha dicho (Carbonero y Fernández, 2014) que la ocurrencia de lluvias al comienzo del otoño es un factor clave para asegurar la producción al minimizarse la caída de frutos. También se detectan en 2012 las mínimas absolutas más bajas durante febrero y marzo, lo que según Carbonero y Fernández (2014) reduce la intensidad de la floración masculina y femenina y por tanto la producción de bellota. Además en 2012 se alcanzan las medias y máximas absolutas más altas lo que puede incrementar las caídas prematuras de bellota durante el verano (Koenig *et al.*, 2013). Por el contrario, en el año 2014 que es el de menor pluviometría, pero se caracteriza por unas temperaturas mínimas y máximas absolutas más suaves, se alcanza la segunda producción más alta del periodo. Ha sido citado el efecto positivo de las primaveras tempranas y suaves sobre la precocidad e intensidad de la floración (Carbonero y Fernández 2014; Ferriz *et al.*, 2014) y la menor incidencia de caídas prematuras de bellota en veranos menos rigurosos (Koenig *et al.*, 2013).

Tabla 2. Producción (Pb, g MF árbol⁻¹), Productividad (Pr, g MF m⁻² de copa) y número (Nb, número m⁻² de copa) medio, mínimo y máximo de bellota en encinas jóvenes (n=40) procedentes de repoblación durante 2011 a 2014 (EE: Error Estándar). Para cada año se incluye el coeficiente de variación entre árboles (CV). Diferentes letras minúsculas indican diferencias entre años (p<0,05). MF: Materia Fresca.

Estadísticos	Pb				Pr				Nb			
	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014
Media	849 a	420 a	2198 b	1114 a	244 a	101 a	668 b	303 a	96 a	69 a	284 b	133 a
EE	97	116	317	233	34	26	116	71	12	17	45	30
Min	54	0	0	0	11	0	0	0	7	0	0	0
Max	2587	3056	6293	5723	1140	735	2654	2249	407	463	1023	959
CV (%)	72,5	175,2	91,2	132,0	89,0	160,6	109,7	148,0	82,26	159,3	99,9	144,1

La producción de bellota en la encina se ve influenciada no sólo por la meteorología, sino también por variables endógenas al árbol (Koenig *et al.*, 2013). Así, la oscilación de la

productividad individual entre años ($CVi=101,7\%$) alcanza valores altos, a medio camino entre la que presentan encinas adultas en la dehesa ($CVi = 79,4 \%$) y en bosques ($CVi = 165,4 \%$) (Tabla 3) (Koenig *et al.* 2013). La intensidad de la vecería ($I= 64,1\%$) alcanza valores más altos que los obtenidos para encinas adultas ($I= 46,1\%$) según Carbonero *et al.* (2012), indicando que la oscilación interanual es mayor en estos árboles jóvenes. Además encontramos un acentuado comportamiento alternante ($B=84,2\%$) mayor que para árboles adultos ($B=62,8\%$) según Carbonero *et al.* (2012). La mayor productividad de estos árboles jóvenes puede estar acentuando este comportamiento bienal, ya que las altas cosechas provocan una disminución de la intensidad de floración al año siguiente, dando como resultado una reducción de la producción (Monselise y Goldschmidt, 1982).

La sincronía entre árboles la caracterizamos mediante el índice SP que cuantifica los árboles que tienen la misma tendencia de cambio entre años consecutivos. Se ha encontrado que un 78% de los árboles evoluciona a la vez (Tabla 3), valor ligeramente superior al obtenido en encinas adultas por Carbonero *et al.* (2012). Koenig *et al.* (2003) indican que unas mayores oscilaciones de las producciones medias van unidas a una mayor sincronía de la producción como aquí ocurre. Sin embargo, el coeficiente r_p alcanza valores inferiores ($r_p=0,082$) a los obtenidos por Koenig *et al.* (2013) para encinas adultas en dehesas ($r_p=0,36$) y bosques ($r_p=0,54$), indicando que a pesar de existir una cierta tendencia común en la evolución de las producciones, la cuantía de las variaciones difiere mucho más en encinas jóvenes que en adultas, quizás también por el efecto añadido de importantes tasas de crecimiento que demandan recursos nutritivos adicionales en árboles jóvenes.

Tabla 3. Valores de los índices (DE: Desviación Estándar) para la caracterización de la vecería y sincronía de la productividad de bellota de encinas jóvenes procedentes de repoblación (2011 a 2014). B, comportamiento bienal; I, intensidad de la vecería; CVi, coeficiente de variación entre años; SP, porcentaje de sincronización; r_p , promedio del coeficiente de correlación de Pearson entre árboles en años consecutivos.

Vecería						Sincronía			
B		I		CVi		SP		r_p	
Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
84,2	30	64,1	23	101,7	36	78	5	0,082	0,075

CONCLUSIONES

Como cabía esperar, se ha encontrado que la producción de bellota en encinas jóvenes es inferior a la de árboles adultos en dehesa, aunque no su productividad, que es mayor. También se han encontrado para árboles jóvenes, mayores coeficientes de variación entre años respecto a árboles adultos, y mayor incidencia de la alternancia entre años consecutivos.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el proyecto andaluz BRASPHEN (P 2010-AGR-6501). El contrato de M.D. Carbonero está financiado por el programa operativo FSE de Andalucía (2007-2013).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEJANO R., TAPIAS R., FERNÁNDEZ M., TORRES E. Y ALAEJOS D. (2008) Influence of pruning and the climatic conditions on acorn production in holm oak (*Quercus ilex* L.) dehesas in SW Spain. *Annals of Forest Science*, **65** (2), 1-5.
- CAÑELLAS I., ROIG S., POBLACIONES M.J., GEA-IZQUIERDO G. Y OLEA L. (2007) An approach to acorn production in Iberian dehesas. *Agroforest. Syst.*, **70**, 3-9.
- CARBONERO M.D. (2011) La producción de bellota de la encina en la dehesa. Tesis doctoral. ETSIAM-Universidad de Córdoba.
- CARBONERO M.D. Y FERNÁNDEZ P. (2014) Dehesas de encinas. Influencia de la meteorología en la producción de bellota. *Ecosistemas*, **23** (2), 55-63.
- CARBONERO M.D., GARCÍA A. Y FERNÁNDEZ 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.
- DÍAZ M. (2014) Distribución del arbolado y persistencia a largo plazo de las dehesas: patrones y procesos. *Ecosistemas*, **23**(2), 5-12. Doi.:10.7818/ECOS.2014.23-2.02.
- FERRIZ M., CARBONERO M.D., GARCÍA-MORENO A. Y FERNÁNDEZ P. (2014) Fenología de la encina y su relación con la producción de bellota en la dehesa. En: Busqué J. *et al.* (Eds) *Pastos y PAC 2014-2020*, pp. 129-136. Potes, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos
- KOENIG W., KELLY D., SORK V., DUNCAN R., ELKINTON J., PELTONEN M. Y WESTFALL R. (2003) Dissecting components of population-level variation in seed production and the evolution of masting behavior. *Oikos*, **102**, 581-591.
- KOENIG W.D., DÍAZ M., PULIDO M., ALEJANO R., BEAMONTE E. Y KNOPS J.M.H. (2013) Acorn production patterns. En: Campos P. *et al.* (Eds) *Mediterranean oak woodland working landscapes*, pp 181-212. Springer Verlag.

MONSELISE S. Y GOLDSCHMIDT E.E. (1982) Alternate bearing in fruit trees. *Hort. Rev.*, **4**, 128-173.

MONTOYA J.M. (1993) *Encinas y encinares*. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa.

NAVARRO R.M., MURILLO A. Y NAVARRETE M.A. (2008) Contribución de la forestación de tierras agrarias a la recuperación de las dehesas en el Valle de los Pedroches. En: Fernández P. et al. (Eds) *La dehesa en el norte de Córdoba. Perspectivas futuras para su conservación*, pp. 421-443. Córdoba, España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba.

ALGARROBO (*Ceratonia siliqua*, L.) EN DEHESAS DE SIERRA MORENA: ABUNDANCIA POBLACIONAL Y DISPERSIÓN ENDOZOÓCORA

CAROB TREE (*Ceratonia siliqua*, L.) IN SIERRA MORENA 'DEHESAS': POPULATION ABUNDANCE AND ENDOZOOCHOROUS DISPERSAL

J. GARCÍA MILLÁN^{1,5}, Á.R. QUINTANA BERLANGA^{1,5}, M. AVILÉS ARRIAGA^{1,5}, B. ACOSTA GALLO^{2,5}, C. GALÁN SOLDEVILLA¹, R. BLÁZQUEZ MADRID^{3,5} Y J. MONTALVO RODRÍGUEZ^{4,5}

¹Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal. Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales. 14071 Córdoba (España). ²Departamento de Ecología. Facultad de Biología. Universidad Complutense de Madrid. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid (España). ³IMGEMA-Real Jardín Botánico de Córdoba. 14004 Córdoba (España). ⁴Departamento de Ecología y Biología Animal. Facultad de Biología. Universidad de Vigo. 36310 Vigo. Pontevedra (España). ⁵Fundación Matrix. Investigación y Desarrollo Sostenible. 36310 Vigo. Pontevedra (España). info@fundacionmatrix.es.

RESUMEN

Este estudio preliminar pretende (1) conocer la importancia de poblaciones silvestres de algarrobo en la estructura de dehesas mediterráneas de arbolado mixto, (2) caracterizar sus frutos y semillas, y (3) evaluar la dispersión de éstas por ciervo. Se estudian la densidad y tamaño de algarrobos, y recolectan frutos y excrementos de ciervo en ambientes de diferente disponibilidad hídrica de dehesas representativas del Parque Natural Sierra de Hornachuelos y su entorno usando métodos ecológicos convencionales. Los resultados muestran una densidad relevante de algarrobo, una alta plasticidad reproductiva y una importante dispersión endozoócara por ciervo.

Palabras clave: *Cervus elaphus*, densidad de pies, Hornachuelos, reproducción, tamaño de semillas.

SUMMARY

This preliminary study is (1) to determine the importance of wild populations of carob in the structure of mixed tree Mediterranean 'dehesas', (2) characterize carob fruits and seeds, and (3) evaluate the seed dispersal by red deer. Carob tree size and density were studied, and fruits and deer droppings were collected in representative environments with different water availability in the Sierra de Hornachuelos Natural Park and its surroundings using conventional ecological methods. The results show a relevant carob tree density, high reproductive plasticity and an important endozoochorous dispersal by deer.

Key words: *Cervus elaphus*, stem density, Hornachuelos, reproduction, seed size.

INTRODUCCIÓN

El algarrobo es una especie arbórea mediterránea cultivada desde la antigüedad por sus nutritivos frutos (garrofas o algarrobas), usados para la alimentación del ganado equino, principalmente, aunque también vacuno, caprino, ovino y porcino. En Andalucía existen plantaciones monoespecíficas con un manejo agrícola –su fruto cuenta con aplicaciones en la industria alimentaria y otras – y su presencia aislada aparece también salpicando el paisaje agrícola, aunque en mucha menor proporción que antaño. Pero también es un componente del arbolado de algunos ecosistemas de dehesa de Sierra Morena. Curiosamente, no se conocen estudios sobre poblaciones silvestres de algarrobo en estos sistemas silvopastorales, donde puede desempeñar un papel estructural similar al de las encinas o alcornoques. Por otro lado, esta especie diversifica la producción de la dehesa, debido al aprovechamiento de algarrobas por el ganado y especies cinegéticas, además de su polen y néctar en apicultura.

Aunque no hay dudas del valor alimentario de las algarrobas y uso en la dieta de mamíferos domésticos y silvestres (Moh'd Khair et al, 2001), entre éstos en especial ciervo y jabalí, no se conocen las características del fruto del algarrobo en áreas no cultivadas, atributos que condicionan la diseminación de semillas de esta especie por mamíferos, ni información de endozoocoria en dehesas. Esto contrasta con el conocimiento de la dispersión de plantas herbáceas y arbustivas en dehesas (Malo et al, 2000).

Los objetivos son: (1) conocer la importancia de poblaciones silvestres de algarrobo en la estructura de dehesas mediterráneas de arbolado mixto, (2) caracterizar sus frutos y semillas, y (3) evaluar la dispersión de éstas por ciervo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio son dehesas meridionales del Parque Natural Sierra de Hornachuelos (PNSH) y su entorno, situado en la provincia de Córdoba, España (37° 54' 11.5" N y 5° 16' 06.3 " W). La superficie del PNSH es de más de 60.000 ha, y presenta clima templado mediterráneo con una precipitación total anual media de 500 a 600 mm. Además de las dehesas de alcornoques, en el sur existen dehesas de encinas y acebuches, de variable densidad, en las cuales existe presencia de poblaciones silvestres de algarrobo, en particular en áreas de sustrato calizo (Junta de Andalucía 2003).

En este trabajo se presentan los resultados preliminares obtenidos en parcelas de muestreo de 7.000 m², representativas de un ambiente con estrés hídrico moderado (sin

afloramiento de sustrato rocoso, perfil del suelo desarrollado, llano o con leve inclinación y exposición norte o este) y otro más intenso (afloramiento de sustrato calcáreo >30%, perfil del suelo poco desarrollado, pendiente moderada y exposición sur); dos parcelas por ambiente. En cada parcela se estudia el número de individuos de algarrobo, diámetro normal (DAP) y cobertura de copa (proyección horizontal sobre el suelo). Además, en una parcela que incluye la anterior y dobla su superficie, se estudia la distribución de sexos en la población. De un conjunto de pies adultos femeninos de diámetro normal mayor de 15 cm, se recogieron 120 frutos en cada ambiente para su caracterización física y la de sus semillas.

Mediante la recolección de excrementos de ciervo (*Cervus elaphus*) en parcelas de 50 m² (25 x 2 m) situadas dentro de las parcelas previas, se estiman variables relativas a la deposición de excrementos, así como a la concentración y deposición de semillas de algarrobo.

Los análisis estadísticos realizados son descriptivos y en gran parte corresponden a comparaciones de medias mediante el test t-Student o análisis de regresión realizadas con el programa IBM SPSS Statistics.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las poblaciones de algarrobo presentan densidades entre 29 y 37 pies por hectárea (entre 21 y 36 pies con DAP>15 cm por hectárea), lo que expresa una densidad relativamente importante en dehesas (Joffre et al 1988) y una regeneración natural suficiente (entre el 20 y el 60% son brinzales o juveniles; Figura 1). En los casos estudiados, la abundancia poblacional de pies adultos es similar entre ambientes (Figura 1). La distribución de clases diamétricas es asimétrica y refleja una población con dominancia de pies adultos de tamaño entre 10 y 20 cm, existiendo pies con DAP superior a 50 cm. La proporción de pies masculinos en la población es 51-59% (juveniles y adultos), lo que es coherente con una estructura sexual de una población silvestre.

Las copas de los pies adultos más frecuentes informan de la importancia de la cobertura de esta especie en dehesas. Domina la cobertura por pie entre 45 y 60 m², siendo la cobertura mayor observada próxima a los 90 m². La cobertura poblacional total de algarrobo representa, aproximadamente, entre un 10% y un 40% de la cobertura arbórea total. Además, la inmensa mayoría de los pies adultos de algarrobo presenta rebrotes basales, y más del 30%

de los pies tienen 10 o más rebrotes, lo que determina una cobertura adicional del estrato arbustivo.

A partir de la Tabla 1 es posible observar una ligera tendencia a presentar mayor longitud y ancho del fruto en la población de ambientes secos que en ambientes con menos estrés, aunque sin diferencias en peso o número de semillas. Estos resultados reflejan, probablemente la plasticidad fenotípica reproductora de esta especie, cuya asignación de recursos a la reproducción no dependería de la disponibilidad hídrica, aunque debería confirmarse con la estimación de producción total de frutos por individuo. La quinta parte del peso seco del fruto corresponde a semillas, de las cuales alrededor de 10 semillas viables por fruto en promedio, representan el 90% del total. Las características morfológicas del fruto están dentro del rango de las observadas en cultivares de algarrobo de España.

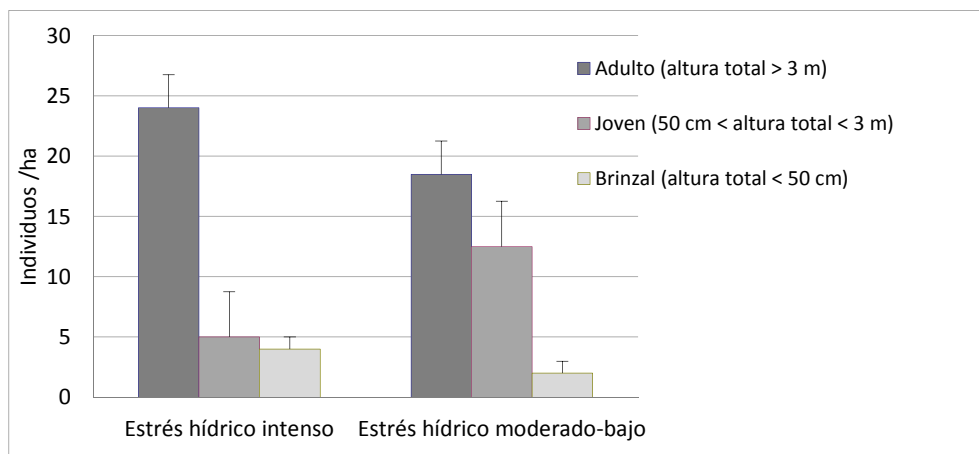


Figura 1. Estructura poblacional del algarrobo en dos ambientes de Sierra Morena.

La Figura 2 muestra que a medida que aumenta el número de semillas en el fruto tiende a aumentar el peso total de las mismas, aunque en menor proporción cuantas más semillas. Esto indica una ligera reducción del tamaño individual promedio de las semillas de algarrobo cuanto más semillas contiene el fruto, algo más pronunciada en el ambiente con más estrés hídrico (menor potencia en la ecuación). La ausencia de diferencias relevantes entre los ambientes estudiados, sugiere una alta capacidad de reproducción independiente del estrés hídrico además de una alta plasticidad reproductiva.

Tabla 1. Valores medios (\pm error típico) de características de frutos y semillas de poblaciones silvestres de algarrobo en dos ambientes de dehesas del Parque Natural Sierra de Hornachuelos y su entorno.

Variable	Estrés hídrico intenso	Estrés hídrico moderado	Valor medio
Longitud de fruto (cm)*	14,4 \pm 0,2	13,8 \pm 0,2	14,1 \pm 0,1
Ancho de fruto (mm)*	17,8 \pm 0,2	16,4 \pm 0,2	17,1 \pm 0,2
Grosor de fruto (mm)	6,4 \pm 0,1	6,4 \pm 0,1	6,4 \pm 0,1
Peso seco total de fruto (g)	6,7 \pm 0,2	6,6 \pm 0,1	6,7 \pm 0,1
Peso seco de semillas (mg/fruto)	1.376,9 \pm 29,9	1.353,7 \pm 29,6	1.365,3 \pm 21,0
Peso seco de semillas viables (mg/fruto)	1.323,1 \pm 30,0	1.297,9 \pm 32,7	1.310,5 \pm 22,2
Peso de semillas (% peso seco de fruto)	20,3 \pm 0,4	20 \pm 0,5	20,2 \pm 0,3
Nº total de semillas (nº/fruto)	11,2 \pm 0,2	10,9 \pm 0,2	11 \pm 0,1
Semillas viables (nº/fruto)	10,1 \pm 0,2	9,8 \pm 0,2	10 \pm 0,1
Semillas viables (% nº total de semillas)	90,5 \pm 1,1	90,3 \pm 1,3	90,4 \pm 0,8
Peso seco de semilla (mg/unidad)	131,7 \pm 2	134 \pm 2,6	132,8 \pm 1,6

* Diferencias significativas entre ambientes.

Existe una tendencia a valores superiores de deposición de excrementos de ciervo en el ambiente con menos estrés hídrico, aunque sin diferencias significativas. La deposición total de excrementos es irregular en las dehesas, con un rango observado entre 0,2 y 12,2 kg/ha, que corresponde a 200-900 deposiciones/ha (un valor promedio de 12,9 \pm 7,8 kg/ha). El peso medio por deposición es 18,1 \pm 5,8 g.

En la Tabla 2 se expresan los registros de deposición de semillas, observándose la tendencia comentada para la deposición de excrementos. Existen valores superiores de concentración y deposición de semillas en el ambiente con menos estrés hídrico; aunque tampoco los análisis estadísticos arrojan diferencias significativas.

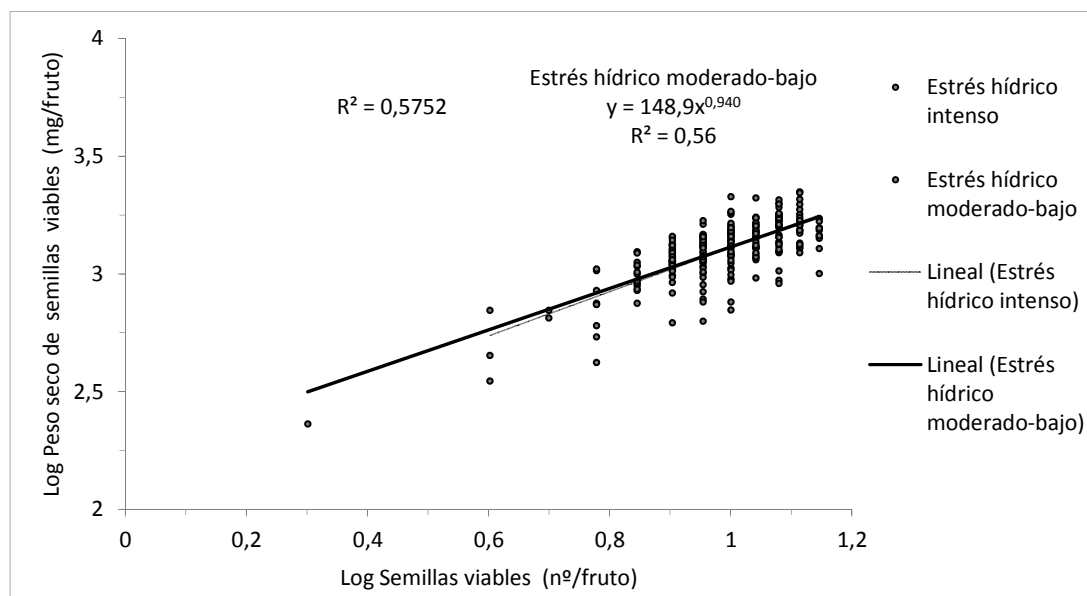


Figura 2. Relación entre peso y número de semillas viables por fruto en poblaciones silvestres de algarrobo de dos ambientes de dehesa del Parque Natural Sierra de Hornachuelos y su entorno.

La variabilidad de la deposición de semillas entre ambientes indicaría una presencia o uso mayor de determinadas áreas. Una concentración promedio de 389 semillas/kg de excremento y de tres semillas por defecación y alrededor del 7% de excrementos con una semilla ilustran la importancia cuantitativa del ciervo en la diseminación endozoócara del algarrobo, aunque no podemos hablar de eficiencia ya que depende de la calidad de la dispersión (patrones de movimiento del animal).

Tabla 2. Rango de registros de deposición de semillas de algarrobo en dos ambientes de dehesas del Parque Natural Sierra de Hornachuelos y su entorno y valores medios (\pm error típico).

	Concentración semillas total (nº/kg de excremento)	Deposición de semillas (nº/defecación)	Deposición de semillas (% excrementos con semillas)	Deposición de semillas total (nº/ha)
Estrés hídrico intenso	0-142	0-3	0-10	0-600
Estrés hídrico moderado	0-742	0-18	0-45	0-3.600
Valor medio	380 \pm 154	3 \pm 1	6,6 \pm 1,9	2.050 \pm 923

Una deposición de miles de semillas por cada hectárea de dehesa evidencia un alto potencial de dispersión por ciervo. Expresa una relación mutualista que aporta beneficios a ambos como revelan los estudios realizados en leñosas (Suárez-Esteban, 2013), que demuestra que las semillas de piruétano dispersadas por ciervo aseguraron la heterogeneidad temporal en la germinación, limitando el impacto poblacional de los daños en plántulas originados por condiciones adversas. En las dehesas de Sierra Morena, alrededor del 30% del peso fresco del fruto indehisciente del algarrobo es agua, lo que hace más atractivo su consumo.

CONCLUSIONES

La abundancia de algarrobo en determinadas dehesas es relevante, aunque heterogénea espacialmente. Presenta poblaciones con una estructura de tamaños irregular, una proporción de sexos equilibrada, y suficiente regeneración natural. Los frutos de algarrobo tienen una alta proporción de semillas viables, siendo el número de semillas por fruto un atributo sin relación con la disponibilidad hídrica. El ciervo es un importante agente de dispersión de semillas de algarrobo.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha realizado gracias a una ayuda del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente a la Fundación Matrix para desarrollar el 'Programa de Conservación y gestión sostenible de bosques autóctonos: prioridades ecosistémicas estratégicas y ante el cambio climático'. Agradecemos las facilidades ofrecidas para la investigación por los propietarios de las fincas Atalaya de San José y Los Corrales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- JOFFRE R., VACHER J., LLANOS C. Y LONG G. (1988) The dehesa: an agrosilvopastoral system of the Mediterranean region with special reference to the Sierra Morena area of Spain, *Agroforestry Systems*, **6**: 71-96.
- JUNTA DE ANDALUCÍA (2003) Plan de Ordenación de los Recursos Naturales y Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural Sierra de Hornachuelos. *BOJA* **217**: 23.658-23.734.
- MALO J.E., JIMÉNEZ B. Y SUAREZ F. (2000) Herbivore dunging and endozoochorous seed deposition in a Mediterranean dehesa. *J. Range Manage.* **53**: 322-328.

- MOH'D KHAIR J., EL-SHATNAWI Y KHALIL I. EREIFEJ (2001) Chemical composition and livestock ingestion of carob (*Ceratonia siliqua L.*) seeds. *J. Range Manage.* **54**: 669-673.
- SUÁREZ-ESTEBAN A. (2013) *Dispersión de semillas en arbustos mediterráneos de frutos carnosos: evaluando la hipótesis de escape de depredadores*. Informe técnico. *Digital.CSIC*. Estación Biológica de Doñana (EBD). <http://hdl.handle.net/10261/74370>.

EFFECTO DEL TIPO DE PASTOREO SOBRE PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN DE HIERBA Y LECHE EN UN SISTEMA DE OVINO LECHERO

EFFECT OF GRAZING MANAGEMENT ON PASTURE AND LIVESTOCK PRODUCTIVE PARAMETERS IN A DAIRY SHEEP SYSTEM

N. MANDALUNIZ, J. ARRANZ Y R. RUIZ

NEIKER-Tecnalia, Apdo. 46, 01080 Vitoria-Gasteiz (España). nmandaluniz@neiker.net.

RESUMEN

Los cambios en el uso del territorio y las prácticas de pastoreo en los últimos años han puesto en evidencia los problemas de sostenibilidad de algunos sistemas ganaderos, con implicaciones medioambientales evidentes en la degradación de los suelos. Las prácticas regenerativas promueven la viabilidad del pastoreo “rotacional” o “dirigido” debido tanto a su efectividad técnico-económica como medioambiental. El objetivo de la presente comunicación fue medir el efecto del manejo de pastoreo (D: dirigido y L: libre) sobre algunos parámetros de la hierba (cantidad y calidad nutritiva) y la leche (cantidad y composición) en un sistema de ovino lechero. De acuerdo a los resultados la cantidad (D: 1291±207 kg MS/ha y L: 1290±234 kg MS/ha) y calidad de la hierba (D: 15,6±2,5 % PB y L: 16,4±3,2) es similar en ambos manejos de pastoreo durante la primavera. En cambio, se obtiene un 14% más de MS de hierba para conservar en el manejo D. Respecto a los aspectos de producción animal, las ovejas en ambos sistemas producen la misma cantidad de leche (D: 1325±419 ml/d y L: 1295±485 ml/d) y con una composición similar (D: 6,48±1,26% GB y L: 6,73±1,13% GB). Como conclusión, el pastoreo rotacional permite una mayor producción de hierba y no afecta a los parámetros productivos de las ovejas durante el periodo de ordeño en primavera.

Palabras clave: cantidad y calidad de hierba, manejo de pastoreo (libre y dirigido), ovejas de leche, parámetros productivos.

SUMMARY

Land use and grazing management practices have changed during the last decades as result of the intensification of traditional systems. Some of the consequences of these changes are directly related to environmental impacts, such as soil quality degradation. Regenerative practices promote the viability of rotational grazing due to its technico-economic and environmental effectiveness. The main objective of the present work was to measure the effect of grazing management (rotational-D vs. free-grazing-L) on pasture (production and nutritive quality) and milk (dairy yield and composition) parameters in a dairy sheep system. According to the results, pasture production (D: 1291±207 kg MS/ha y L: 1290±234 kg MS/ha) and its nutritive quality (D: 15,6±2,5 % PB y L: 16,4±3,2) were similar in both grazing managements, but it was collected 14% more grass in D management. Referring to livestock parameters, sheep had the same dairy milk yield (D: 1325±419 ml/d y L: 1295±485 ml/d) and similar composition (D: 6,48±1,26% GB y L: 6,73±1,13% GB) in both grazing managements. In conclusion, rotational grazing stimulates higher grass production and do not affect livestock productive parameters.

Key words: pasture quantity and nutritive quality, grazing management (rotational vs. Free-grazing), ewes, production parameters.

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, la intensificación de los sistemas de producción ha llevado a una reducción del pastoreo, lo que ha conllevado a problemas evidentes de sostenibilidad de estos sistemas. En este sentido, las prácticas regenerativas que se plantean en el proyecto LIFE REGEN FARMING (LIFE12 ENV/ES/000232) promueven la viabilidad del pastoreo rotacional debido tanto a su efectividad técnico-económica como medioambiental. El pastoreo rotacional o dirigido (D) presenta ventajas como: incrementar la producción de forraje y proporcionar forraje de mejor calidad, permitir la recuperación de las plantas y controlar la oferta, y evitar la selección de los animales. Esta utilización más uniforme del pasto hace que las deyecciones también se distribuyan de forma más uniforme y mejore la salud del suelo. Además, estos pastos permanentes tienen una gran capacidad de fijar carbono. Todos estos efectos beneficiosos se consiguen ajustando las cargas ganaderas, el tiempo de permanencia de los animales en el pasto y el tiempo de recuperación de la vegetación. Existe literatura en esta línea de trabajo con vacuno de leche (Roca Fernandez *et al.*, 2014; Teague *et al.*, 2011), pero no hemos encontrado referencias para ovino de leche.

El sector de ovino lechero de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV) se ha basado tradicionalmente en la utilización de la raza Latxa mediante sistemas de producción ligados a la explotación de los recursos forrajeros locales, en gran medida en pastoreo. Durante los meses de primavera la alimentación de las ovejas en lactación se basa en el pastoreo a tiempo parcial en las praderas de valle, con mayor o menor suplementación en pesebre (Oregui *et al.*, 1997). Conocer el manejo del pastoreo que se realiza en este periodo resulta clave para plantear estrategias encaminadas a mejorar la eficiencia de estos sistemas y contribuir a su sostenibilidad. Debido a ello, el objetivo de la presente comunicación fue medir el efecto del manejo de pastoreo (“dirigido” frente a “libre”) sobre parámetros de la hierba (cantidad y calidad nutritiva) y de la leche obtenida (cantidad y composición) en un sistema de ovino lechero.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en la Granja Experimental de NEIKER en Arkaute (Vitoria-Gasteiz). El estudio se realizó sobre tres parcelas (parcela nº 1, 2 y 3, Figura 1) que presentan un índice de diversidad vegetal de $0,79 \pm 0,07$ (Mandaluniz *et al.*, 2014a) y una salud del suelo aceptable (Mandaluniz *et al.*, 2014b).

En estudio se realizó durante los meses de ordeño que coinciden con la alimentación combinada entre el pastoreo y la suplementación en pesebre, entre abril y junio de 2014. Para la realización de los dos manejos de pastoreo (L: libre y D: dirigido) cada una de las parcelas se dividió por la mitad con pastor eléctrico. Además, las 3 parcelas dedicadas a pastoreo D se dividieron a su vez en 4 subparcelas de idéntica superficie (D_1 , D_2 , D_3 , D_4). Así, el diseño experimental tuvo 12 subparcelas para pastoreo D y 3 parcelas para L. El pastoreo dirigido fue diseñado de manera que cada subparcela (D_{1-4}) tuviera un mínimo de 3 semanas de descanso mientras que el pastoreo L fue diseñado para que el grupo de ovejas L pastara en las parcelas L a criterio del pastor, en función de la oferta forrajera. En la Tabla 1 se detallan los días pastados y de descanso en cada parcela/tratamiento.



Figura 1. Foto aérea de la finca de NEIKER (Vitoria-Gasteiz). Las fincas 1, 2 y 3 son las del estudio. La división en color azul es para el manejo del pastoreo dirigido.

El rebaño se dividió en dos grupos homogéneos de 60 animales, en base a la fecha de parto-edad de la oveja, producción lechera diaria (PLd), peso vivo (PV) y condición corporal

(CC). Cada uno de los grupos de animales se repartió aleatoriamente al manejo de pastoreo L o D. El “calendario de pastoreo” se recogió en unas fichas en las que diariamente se anotaba: el número de animales por lote, hora de salida al pasto, hora de entrada en la cuadra y el manejo del pastoreo (L o D). Con esta información se calcularon las horas de pastoreo/día (diferencia entre la hora de entrada y salida al pasto).

La recogida de muestras de hierba (n=42) se realizó quincenalmente. Para la determinación de la cantidad de biomasa herbácea se utilizó el método de corte con cizalla eléctrica manual en una superficie de 0,5 m² en cada tratamiento.

Tabla 1. Calendario de pastoreo durante el periodo de estudio, en función al manejo de pastoreo (L: libre y D: dirigido).

Parámetro	Libre	Dirigido
Días pastados	6-8	8-12
Días descanso	15	24
Nº pasadas	4	3

Así, se determinó la biomasa de hierba (kg MS/ha) que crece entre dos muestreos consecutivos y que corresponde al crecimiento vegetal bajo la influencia del manejo de pastoreo L o D. Tras su secado (60°C/48h), las muestras de hierba se enviaron a laboratorio para la determinación de su calidad nutritiva: cenizas, materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra ácido detergente (FAD) y fibra neutro detergente (FND). Finalmente, como durante la etapa de máximo crecimiento de la hierba la oferta supero a la demanda, en el mes de mayo se realizó un corte de hierba en las parcelas 2 y 3. Para el cálculo de biomasa de hierba conservada se anotaron el número de pacas de hierba recolectados en las parcelas de cada manejo (L y D).

Respecto al muestreo animal, quincenalmente se monitorizaron la producción diaria de leche individual (PLd), la composición de esta leche (porcentaje de grasa-GB y proteína-PB), y el peso vivo (PV) y la condición corporal (CC) de las ovejas, coincidiendo con el muestreo vegetal. Los datos de producción lechera se estandarizaron (PLs) según los porcentajes de grasa y proteína mediante la ecuación de Boquier y Caja (1993): $PLs = PLd \times (0,071 \times GB + 0,043 \times PB + 0,2224)$.

Todos los parámetros tanto vegetales como animales se trabajaron con el paquete estadístico SAS, 9.3 (2012). Las fichas de pastoreo se trabajaron con estadística descriptiva; los parámetros de producción tanto vegetal como animal se trabajaron con el Modelo Lineal Generalizado, tomando como efecto fijo el manejo del pastoreo (L y D) y el momento de muestreo (quincenal, entre abril y junio).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la información recogida en las fichas de pastoreo, las horas de pastoreo se fueron incrementando en ambos manejos a medida que la primavera avanzaba; 4-6 horas/día en abril, 6-8 h/d en mayo y 15-18 h/d en junio. El periodo que duró el estudio, el lote de pastoreo D realizó 3 pasadas por cada parcela, con tiempos de permanencia de 2-3 días por cada trozo D₁₋₄ y tiempos de descanso de 24±2 días. En el caso del manejo L, las ovejas permanecen menos días en cada parcela (6-10 días), realizan una pasada más por cada una y el tiempo de descanso de cada parcela L es menor, 15±3 días. Coincidiendo con el trabajo de Teage *et al.* (2011), este mayor tiempo de descanso de las parcelas D permitiría una mayor recuperación del suelo, con una mejor salud y fijación de carbono, que el proyecto LIFE REGEN FARMING va a monitorizar durante tres primaveras consecutivas.

Durante el periodo que duró el ensayo la cantidad de hierba media fue de 1290±219 g MS/ha/control, sin diferencias significativas debidas al manejo de pastoreo (P=0,99). En cambio, se obtuvo significativamente (P<0,001) más hierba en los controles de mayo (Tabla 2). Respecto a la calidad nutritiva de la hierba, los valores medios fueron de 16,0±2,8% PB, 9,7±0,8% cenizas, 24,8±5,1% FAD y 48,5±9,9% FND. La calidad nutritiva no presentó diferencias significativas (P>0,05) debidas al manejo, pero sí por el control, con una reducción de la proteína e incremento de las fibras a medida que avanza la primavera (Tabla 2). Finalmente, en el corte de hierba de mayo se recogieron 4712 kg/control en las parcelas D y 4062 kg/control en las parcelas L, lo que hace que en el manejo D se recoja un 14% más de hierba. Este hecho puede deberse al mayor tiempo de recuperación que tienen las parcelas D frente a L (24 días vs. 15 días), permitiéndoles una mayor producción de hierba. Este resultado supone un ahorro en la compra de forraje para la explotación, gracias a un cambio en el manejo del pastoreo. Pero además, la suma de manejos regenerativos aplicados en este sistema de ovino lechero (entre ellos el pastoreo dirigido y el incremento de hierba conservada,) permitió reducir la huella de carbono del sistema (Mandaluniz *et al.*, 2015).

Tabla 2. Producción y calidad de la hierba en función del manejo del pastoreo y el mes.

Parámetro	Manejo pastoreo			Mes			
	Libre	Dirigido	Valor P	Abril	Mayo	Junio	Valor P
PH (kg/ha)	1290±234	1291±207	0,99	1194±220 ^a	1487±188 ^b	1239±85 ^{ab}	0,001
PB (%)	16,4±3,1	15,6±2,5	0,26	17,3±2,7 ^a	16,5±1,7 ^{ab}	13,6±2,5 ^b	0,001
FAD (%)	25,0±6,6	24,6±3,0	0,73	21,5±1,6 ^a	29,1±3,0 ^b	25,4±2,4 ^{ab}	0,001
FND (%)	48±9,0	48±6,0	0,85	42,3±4,4 ^a	56,4±6,2 ^b	46,7±5,4 ^{ab}	0,001

siendo PH: producción de hierba (kg/ha), PB (%): proteína bruta; FAD (%): fibra ácido detergente y FND (%): fibra neutro detergente. ^a: Los distintos superíndices indican diferencias significativas por fila (P>0,05).

Respecto a los parámetros animales, tanto la producción media de leche (PLd) como la leche corregida (PLs) fueron similares para ambos manejos de pastoreo (P=0,95), siendo 1346±420 ml/d/oveja en D y 1344±453 ml/d/oveja en L. Respecto a la composición de la leche, el porcentaje de grasa tampoco presentó diferencias significativas debidas al manejo de pastoreo (P=0,12) y fue de 6,51±1,03% GB en D y 6,63±0,96% en L (Tabla 3). En cambio, en ambos parámetros se vieron diferencias estadísticamente significativas por el efecto del control; en el caso de PLd se dio una reducción significativa (P<0,001) de la producción lechera y un incremento de la GB (P>0,001), sobre todo en los dos últimos controles de junio (Tabla 3), lo cual coincide con la evolución fisiológica de la curva de lactación. Finalmente, el PV de los animales no presentó diferencias significativas por manejo de pastoreo (P=0,19), pero sí por control (P=0,0012), con una recuperación del peso en junio (Tabla 3).

Tabla 3. Producción y composición de la leche en función del manejo de pastoreo y mes.

Parámetro	Manejo pastoreo			Mes			
	Libre	Dirigido	Valor P	Abril	Mayo	Junio	Valor P
PLd (ml/d)	1346±420	1343±453	0,99	1544±466 ^a	1229±401 ^b	1110±323 ^b	0,001
PLs (ml/d)	1193±351	1218±382	0,39	1334±383 ^a	1132±328 ^b	1081±324 ^b	0,001
GB (%)	6,63±0,9	6,50±1,0	0,12	6,21±0,9 ^a	6,57±0,8 ^a	7,32±0,8 ^b	0,001
PV (kg)	60,8±7,6	61,7±8,8	0,19	60,0±8,0 ^a	61,6±7,8 ^b	63,3±7,6 ^c	0,001

siendo PLd: producción de leche individual y diaria, PLs: producción de leche corregida; GB: grasa bruta de la leche y PV: peso vivo. ^a: Los distintos superíndices indican diferencias significativas por fila (P>0,05).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, las parcelas en pastoreo dirigido presentan la misma oferta y calidad nutritiva de la hierba para aprovechamiento a diente, pero un 14% más de hierba conservada en el corte de mayo. Esta producción de hierba “extra” puede suponer un ahorro en la compra de forraje para una explotación, gracias a un cambio en el manejo del pastoreo. Aunque estos resultados deberían confirmarse en años sucesivos.

Las ovejas manejadas en pastoreo dirigido presentan la misma producción y composición lechera que las manejadas en pastoreo libre. De acuerdo a los resultados de este trabajo, la efectividad técnico-económica del pastoreo dirigido se debería al incremento de producción de forraje. En esta comunicación no se han tratado las ventajas del pastoreo dirigido debidas al mayor descanso de las parcelas D.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el programa europeo LIFE (LIFE12 ENV/ES/000232) y el Gobierno Vasco. Nuestro más sincero agradecimiento a las personas que colaboraron en la toma de datos y muestras en campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOQUIER F. Y CAJA G. (1993) Recent advances on nutrition and feeding on dairy sheep. In: *Proc. 5th international symposium on machine milking of small ruminants* (Ed. S.Kukovics), pp: 580-607.
- MANDALUNIZ N., IMAZ M., SAEZ J., ETXEBERRIA A., ALDEZABAL A., ARRANZ J. Y RUIZ R. (2014a) Propuesta de una alternativa de gestión sostenible del pastoreo en explotaciones ganaderas. En: Busqué *et al.* (Eds). *Pastos y PAC 2014-2020*; pp 81-88. Potes, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- MANDALUNIZ N., ARRANZ J., RUIZ R., SAEZ J., ANZA M. Y MIJANGOS I. (2014b) Impacto de diferentes sistemas de pastoreo en ovino lechero según las TSAP-tarjetas de salud de los agroecosistemas pascícolas. En: *XI Congreso SEAE: Agricultura ecológica familiar*, pp. 138. Vitoria-Gasteiz, España: Sociedad Española Agricultura Ecológica.
- MANDALUNIZ N., ARRANZ J. Y RUIZ R. (2015) Efecto de las prácticas de manejo del pastoreo sobre la huella de carbono en un sistema de ovino lechero. Aceptado para: *Workshop de la Red Remedía*, 23- 25 de Marzo de 2015 (Madrid).
- OREGUI L.M., GARRO J., VICENTE M.S. Y BRAVO M.V. (1997) Estudio del sistema de alimentación en las razas ovinas Latxa y Carranzana: utilización de los pastos comunales y suplementación en pesebre. ITEA vol. 93A- nº3, 173-182.

- ROCA-FERNÁNDEZ A.I., O'DONOVAN M., CURRAN C. Y GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ A. (2014) Efecto de la oferta y de la disponibilidad diaria sobre la cantidad de pasto ingerido y sobre su composición química y sobre la producción y composición química de la leche. En: Busqué *et al.* (Eds). *Pastos y PAC 2014-2020*; pp 81-88. Potes, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- TEAGE W.R., DOWOHOWER S.L., BAKER S.A., HAILE N., DeLAUNE P.B. Y CONOVER D.M. (2011) Grazing management impacts on vegetation, soil biota and soil chemical, physical and hydrological properties in tall grass prairie. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 141: 310– 322.

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL USO DE PRADERAS CULTIVADAS POR PRODUCTORES DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA DEL ALTIPLANO CENTRAL MEXICANO

FACTORS INFLUENCING THE USE OF CULTIVATED GRASSLAND BY SMALL-SCALE DARY FARMERS
FROM THE HIGHLANDS OF CENTRAL MEXICO

M. JUÁREZ-MORALES¹, J.D. GARCÍA-VILLEGAS¹, E. SÁNCHEZ-VERA¹, C.M. ARRIAGA-
JORDAN¹, A.A. RAYAS-AMORP² Y C.G. MARTINEZ-GARCIA¹

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). Instituto Literario100, Col. Centro. 50000 Toluca. Estado de México (México). cgmartinezg@uaemex.mx. ²Departamento de Ciencias de la Alimentación. División de Ciencias Biológicas y de la salud. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma. Av. Hidalgo poniente 46, Col. La Estación. 52006 Lerma de Villada. Estado de México (México).

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue realizar un estudio comparativo entre productores (n=106) de leche en pequeña escala del Altiplano Central Mexicano, para identificar variables socioeconómicas, de la unidad de producción, factores cognoscitivos y sociales que influyen en el uso o no de praderas cultivadas. El análisis de los datos se realizó mediante la Teoría del Comportamiento Planeado (TPB), que mostró que la presión social de los referentes sociales influyó en la intención de los productores del Grupo 1 (productores con 49 años de edad y 26 años de experiencia) para usar praderas cultivadas; mientras que la intención de los productores del Grupo 2 (productores con 42 años de edad y 20 años de experiencia) estuvo influenciada de forma negativa por las creencias que fueron percibidas como dificultades tales como: tener que pagar el servicio de riego, no recuperación de la inversión inicial con la venta de la leche, falta de asesoría y conocimiento para su uso. Se concluye que las creencias positivas y referentes sociales identificados en el trabajo deberían ser considerados por los servicios de extensión, como fuentes de conocimiento y canales de comunicación para la promoción de praderas cultivadas, especialmente con productores que no están familiarizados con la innovación, como fue el caso de los productores del Grupo 2.

Palabras clave: Teoría del Comportamiento Planeado (TPB), factores socio-psicológicos, intención de productores, extensión, uso de praderas.

SUMMARY

In order to identify variables that describe farmers, farms, as well as cognitive (beliefs), social psychological factors (social norms) and difficulties associated with the use or not of cultivated grassland, a comparative study was conducted between farmers who use and not use cultivated grassland. The data were collected from 106 farmers who use and not use the innovation. The analysis of the data with the Theory of Planed Behaviour (TPB) showed that social pressure of the social referents played an important role on the users' intention (Group 1, farmers with 49 years of age and 26 years of experience) to use cultivate pastures in the farm; whereas, non-users' intention (Group 2, farmers with 42 years of age and 26 years of experience) was negative influenced by the beliefs perceived as difficulties such as payment for the irrigation service, the initial investments is not recover with the milk sell and lack of training and knowledge to use the innovation. It is concluded that the positive beliefs and social referents identified in the research could be taken into account by government in the design of extension activities for cultivated pastures to small-scale dairy farmers as the case of Group 2.

Key words: Theory of Planed Behaviour (TPB), social psychological factors, farmer's intention, extension, innovations.

INTRODUCCIÓN

En México, los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) juegan un papel importante en la producción de leche nacional, la contribución de empleos a tiempo completo y la generación de ingresos diarios; por lo que han sido considerados como una alternativa de desarrollo rural (Arriaga-Jordán *et al.*, 2002). La problemática que presentan estos sistemas son los altos costos de producción; ya que por concepto de alimentación representan hasta el 70% (Espinoza-Ortega *et al.*, 2005). Fadul-Pacheco *et al.* (2011) afirman que el uso de praderas cultivadas ofrece una mayor sustentabilidad económica de los sistemas de producción de leche en pequeña escala. Así mismo, se trata de una innovación que ha sido adoptada por los pequeños productores de leche del noroeste del Estado de México (Martínez-García *et al.*, 2012). En la adopción de esta innovación, las creencias (ventajas y desventajas de la innovación) de los productores y la presión social juegan un papel importante (Garforth *et al.*, 2004). Por tanto, el objetivo de este trabajo fue realizar un estudio comparativo entre productores de leche en pequeña escala del Altiplano Central Mexicano, que hacen uso y no de praderas cultivadas, para identificar variables socioeconómicas, de la unidad de producción, factores cognoscitivos y sociales que influyen en el uso de las praderas cultivadas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en el municipio de Aculco, el cual está localizado al noroeste del Estado de México. La producción media diaria de leche alcanza los 49000 litros (con 4084 cabezas), lo que representa el 8,7% de la producción total diaria del Estado de México (INEGI, 2007).

Selección de productores y toma de datos

El criterio de selección de los productores entrevistados se basó en dos características: a) productores que estuvieran usando o no praderas cultivadas en sus unidades de producción, y b) productores con un tamaño de hato de 3 a 30 animales. Se realizó el estudio sobre 106 productores, representado el 11,4% de productores del área de estudio. Los participantes se identificaron a través de un muestreo de bola de nieve (Vogt, 2005). Los datos fueron recogidos en dos fases siguiendo lo establecido en el marco teórico de la Teoría del

Comportamiento Planeado (Ajzen, 2005). En la primera fase se realizaron entrevistas semi estructuradas con 20 productores que hacen uso de praderas cultivadas y 20 productores que no. Las entrevistas permitieron obtener las creencias (ventajas y desventajas del uso de praderas cultivadas), referentes sociales (personas u organizaciones) y las dificultades que los productores perciben sobre el uso y no uso de praderas cultivadas (control conductual percibido). Obteniéndose en esta primera fase, 10 creencias, 7 referentes sociales y 4 dificultades, que fueron utilizados para la elaboración del cuestionario que se aplicó a los 106 productores (los cuales incluyen a los 20 que hacen uso de praderas y a los 20 que no hacen uso) participantes en la segunda fase de colección de datos. El cuestionario también recabó información referente a características del productor y de la unidad de producción.

Análisis de los datos

La muestra total (n=106) fue dividida en productores que hacen uso de praderas cultivadas (n=55) y en productores que no hacen uso (n=51). Para identificar diferencias entre grupos, 3 variables socioeconómicas (edad, educación y experiencia) y 9 variables que describen a la unidad de producción (número de integrantes de la familia, mano de obra familiar, tamaño de hato, número de vacas en producción, producción total de leche por hato y día, litros de leche vendida por día, precio de la leche, número de hectáreas, área utilizada para praderas cultivadas) fueron analizadas a través de la prueba de Mann-Whitney U. La mediana y el rango intercuartil se utilizaron como medida de tendencia central y dispersión (Field, 2009). Correlaciones de Spearman (Field, 2009) fueron realizadas para identificar variables que describen al productor y la unidad de producción que estuvieran correlacionadas con la intención de los productores de cada grupo de usar praderas cultivadas. Los componentes de la Teoría del Comportamiento Planeado: a) creencias hacia el comportamiento (Actitud), b) creencias normativas (norma subjetiva) y c) dificultades para realizar el comportamiento (control conductual percibido), fueron analizados de forma independiente, a través de correlaciones de Spearman. La prueba de Mann-Whitney U fue utilizada para identificar diferencias entre grupos con respecto a la percepción del uso de praderas cultivadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características generales de los grupos de productores

La Tabla 1 describe las características generales y las diferencias entre grupos de productores que usan y no usan praderas cultivadas en su unidad de producción.

Tabla 1. Características generales y diferencias entre los dos grupos de productores que usan y no usan praderas cultivadas.

Variables	Grupo 1 Usan praderas cultivadas (n=55)		Grupo 2 No usan praderas cultivadas (n=51)		P ²
	Mediana	RIC ¹	Mediana	RIC ¹	
Características del productor					
Edad del productor, años	49,0	20,0	42,0	21,0	<0,029
Educación del productor, años	6,0	3,0	6,0	4,0	0,879
Experiencia del productor, años	26,0	20,0	20,0	20,0	<0,006
Características, unidad de producción					
Miembros de la familia, individuos	5,0	2,0	4,0	2,0	0,149
Mano de obra familiar, individuos	2,0	2,0	2,0	3,0	0,070
Tamaño del hato, cabezas	15,0	10,0	6,0	7,0	<0,000
Vacas en producción, cabezas	8,0	7,0	3,0	4,0	<0,000
Producción de leche por vaca y día, litros	15,0	8,0	12,0	7,0	<0,002
Leche vendida por día, litros	120,0	128,0	36,0	58,0	<0,000
Precio de la leche, pesos mexicanos	5,2	0,4	5,0	0,2	<0,039
Número total de hectáreas, Ha	5,0	6,0	1,5	2,8	<0,000
Área utilizada para praderas cultivadas, Ha	1,0	1,0	0,0	0,0	---

¹RIC: Rango Intercuartil; ²P valor de la prueba de Mann Whitney U (P<0,05).

Intención de los productores para el uso de praderas cultivadas

La prueba de Mann Whitney U mostró que la intención de usar praderas introducidas en los siguientes 12 meses por los productores (Mediana=4,0) no presentó diferencias significativas U=1165 (P>0,05) con respecto a la intención de los productores que no las usan (Mediana = 3,0). Sin embargo, el 60% de los productores que usan praderas cultivadas manifestaron una intención positiva, ya que el 31% mencionó que su intención es muy fuerte y el 29% fuerte; mientras que el 16% manifestó una intención poco débil, el 18% muy débil y sólo el 6 indicó no saber. Por otro parte, el 36% de los productores que no usan la innovación manifestaron una intención positiva, es decir, el 20% indicó tener una intención muy fuerte y el 16% fuerte; sin embargo, una considerable proporción (41%) manifestó una intención poco débil; mientras que para el 14% fue muy débil y solo el 9% manifestó no saber si tenía intención de usar praderas introducidas.

Variables correlacionadas con la intención del productor para el uso de praderas

La intención de los productores para utilizar praderas introducidas en los próximos 12 meses no estuvo correlacionada con las variables que describen al productor y a la unidad de producción de ambos grupos (Tabla 2); sin embargo, la intención de los productores que no han usado la innovación, presentó una correlación positiva significativa ($P < 0,05$) con la variable precio de la leche ($r = 0,307$, $P < 0,05$). Por lo tanto, la intención de los productores del Grupo 2 para usar praderas introducidas en los próximos 12 meses, es mayor en aquellos productores que obtienen un mejor precio por litro de leche.

Creencias que influyen en la actitud del productor para usar praderas cultivadas

La mayoría de los productores manifestó que el uso de praderas cultivadas permite tener forraje de buena calidad, con bajo coste, aumento de la producción de leche, reducción de gasto en alimentación, requerimiento de poco trabajo, mínima inversión para su mantenimiento, permite el uso del estiércol producido en la unidad de producción, no requiere tiempo y mano de obra para su corte cuando se utilizan para pastoreo. Así mismo, algunas creencias negativas también fueron reconocidas; las cuales fueron: requerimiento de varios riegos durante el invierno y primavera, ofrece poca disponibilidad de forraje durante el invierno y requiere de mayor superficie de tierra para alimentar a todo el hato.

Barreras y conductores del uso de praderas cultivadas

Las barreras cognitivas son creencias negativas que impiden de alguna manera la adopción de la innovación; por el contrario, los conductores son las creencias positivas que favorecen el uso o adopción de una innovación (Martínez-García *et al.*, 2013). En este estudio se identificaron dos creencias que actuaban como barrera para la adopción de praderas cultivadas en ambos grupos, las cuales fueron: el uso de praderas cultivadas requiere de una mayor superficie para alimentar a todo el hato y requiere de varios riegos durante el invierno y primavera. Por otra parte, se encontraron cinco creencias que actúan como conductores, las cuales fueron: el uso de praderas cultivadas permite tener forraje de buena calidad y bajo costo, aumentar la producción de leche, no se invierte en la compra de forraje durante la época de lluvias, requieren de poco trabajo y una mínima inversión para su mantenimiento. Por lo tanto, el uso de praderas cultivadas puede ser promovido a través de la comunicación de sus ventajas en la unidad de producción; así mismo combatir las creencias que fueron identificadas como barreras, como lo indica Garforth *et al.* (2004).

Referentes sociales que influyen en la intención de los productores

De los 7 referentes sociales identificados (otro productor, prestador de servicios profesionales, vendedor de forrajes, universidad, padre, hermano y tío), únicamente el vendedor fue el referente social sin ninguna influencia para motivar a los productores del Grupo 1 para usar praderas cultivadas en su unidad de producción. Mientras que los productores del Grupo 2, ninguno de los referentes sociales mostró influencia para el uso de praderas cultivadas. Por lo tanto, los referentes sociales que mostraron influencia en el Grupo 1, deberían ser considerados como la principal fuente de comunicación y difusión de la innovación en el Grupo 2, como lo establece Garforth *et al.*, (2004).

Dificultades que influyen en la intención de los productores para usar praderas

Las cuatro dificultades identificadas en el uso de praderas cultivadas fueron: compra de semilla, pago del servicio de riego, no recuperación de la inversión inicial con la venta de la leche, falta de asesoría y conocimiento para su uso. Sin embargo estas dificultades no presentaron influencia en la intención de los productores del Grupo 1 para usar praderas cultivadas; en el caso de los productores del Grupo 2 se observó lo contrario, ya que las creencias percibidas como dificultades, tales como: realizar el pago del riego ($r = 0,239$, $P < 0,05$), no recuperación de la inversión inicial con la venta de la leche ($r = 0,420$, $P < 0,01$) y la falta de asesoría y conocimiento para su uso primera ($r = 0,620$, $P < 0,01$), mostraron una correlación significativa ($P < 0,05$) con la intención del productor, lo que indica que los productores con estas creencias son limitantes para el uso de praderas cultivadas, y por lo tanto, su intención de uso será menor.

CONCLUSIONES

Los resultados muestran que las variables que describen al productor y a la unidad de producción no mostraron influencia sobre la intención de los productores para usar praderas cultivadas en los 12 meses siguientes; sin embargo, si a los productores del Grupo 2 se les pagara un mejor precio por litro de leche, su intención sería mayor para usar praderas cultivadas. Por otra parte, la intención de los productores del Grupo 1 se vio principalmente influenciada por la presión de los referentes sociales tales como otro productor, prestador de servicios profesionales, universidad, padre, hermano y tío, mientras que la intención de los productores del Grupo 2 se vio limitada por las dificultades que los productores perciben.

AGRADECIMIENTOS

Los agradecen a todos los productores por su participación en el estudio. El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de maestría y a la Universidad Autónoma del Estado de México por el apoyo en la realización de la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AJZEN I. (2005) *Attitudes, Personality and Behaviour*. 2nd ed. Open University Press. Milton Keynes. England.
- 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.
- ESPINOZA-ORTEGA A., ÁLVAREZ-MACÍAS A., DEL VALLE M.C. Y CHAUVETE M. (2005) La economía de los sistemas campesinos de producción de leche en el Estado de México. *Técnica Pecuaria México*, **43**, 39-56.
- FADUL-PACHECO L., ALFONSO-ÁVILA R.A., ESPINOZA-ORTEGA A., SÁNCHEZ-VERA E. Y ARRIAGA-JORDÁN C.M. (2011) Evaluación de la sustentabilidad en sistemas de producción de leche en pequeña escala. En: Cavallotti-Vázquez B.A., Marcof-Álvarez C.F. y Ramírez-Valverde B. (eds). *La ganadería ante el agotamiento de los paradigmas dominantes, volumen 2*, pp 173-186. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- FIELD A. (2009) *Discovering statistics using SPSS*. 3rd ed. Thousand Oaks, California: SAGE Publications.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2007) Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. Unidades de producción con bovinos y producción media de leche según actividad zootécnica del ganado por entidad y municipio.
- GARFORTH C., REHMAN T., MCKEMEY K., TRANTER R., COOKE R., YATES C., PARK J. Y DORWARD P. (2004) Improving the design of knowledge transfer strategies by understanding farmer attitudes and behaviour. *Journal of Farm Management*, **12**, 17-32.
- MARTÍNEZ-GARCÍA C.G., DORWARD P. 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.
- 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.
- VOGT W.P. (2005) *Dictionary of statistics and methodology: a non-technical guide for the social sciences*. 3rd ed. United States of America: Sage publications.

ÍNDICE DE AUTORES

ACOSTA GALLO B.	341
ADROVER M.	105
AFIF-KHOURI E.	113
AGUÍN O.	275
ALBIZU I.	87
ÁLVAREZ-PASCUA A.	23
ANZA HORTALÁ M.	87, 217
ARRANZ J.	349
ARRIAGA-JORDÁN C.M.	251, 357
ASCASO J.	121
AVILÉS ARRIAGA M.	341
BÁEZ BERNAL D.	185, 267
BAIZÁN S.	225
BANDE-CASTRO M.J.	201, 275
BARAZA E.	39, 71, 79
BARRANTES O.	121, 293
BARTOLOMÉ FILELLA J.	71, 79
BERBIELA L.	19
BERNUÉS A.	309
BETRÁN R.	293
BLANCO M.	235
BLASCO I.	293
BLÁZQUEZ MADRID R.	341
BOTANA A.	161, 169
BOU M.	63
BROCA A.	121, 293
BRONCANO M.J.	79

BUSQUÉ J.	31
BUXADÉ-CARBÓ C.	17
CABALLERO J.C.	15
CABEZA F.M.	129
CABEZA DE VACA M.	325
CALERO R.	105
CAMPO L.	145, 153
CANALS R.M.	47
CAPÓ RODRIGUEZ A.	71
CARBONERO MUÑOZ M.D.	193, 333
CASAL C.	259
CASAS ARCARONS C.	317
CASASÚS I.	309
CASTRO INSUA J.	185, 267
CESPEDES M. A.	243
CIFRE J.	39, 137
DAGNAC T.	161
DE HARO BAILÓN A.	193
DE LA RIVA FERNÁNDEZ J.	285
DE LA ROZA DELGADO B.	225, 259
DELGADO F.	129
DÍAZ N.	169
DURÁN M.	47
EPELDE L.	87
ESEVERRI P.	243
ESPUNYA C.	79
FANLO R.	63
FERNÁNDEZ E.	105
FERNÁNDEZ-LORENZO B.	161, 169
FERNÁNDEZ REBOLLO P.	193, 333
FERREIROA V.	275
FERRER C.	121, 293

FÉRRIZ NÚÑEZ M.	333
FLORES-CALVETE G.	161, 169
GALÁN SOLDEVILLA C.	341
GARBISU CRESPO C.	87, 217
GARCÍA-LATORRE C.	97
GARCÍA MILLÁN J.	341
GARCÍA MORENO A.M.	193, 333
GARCÍA POMAR M.I.	185, 267
GARCÍA-TORRES S.	325
GARCÍA-VILLEGAS J.D.	357
GARCÍA-WHITE T.	97
GARCÍA-WINDER L.R.	251
GASTÓN ROMEO M.	285
GILSANZ REY C.	185, 267
GONZÁLEZ C.	225
GONZÁLEZ L.	161
GONZÁLEZ M.A.	225
GONZÁLEZ-ARRÁEZ A.	169
GONZÁLEZ-REBOLLAR J.L.	129
GORDILLO A.	325
GULÍAS J.	39, 137
HEREDIA-NAVA D.	251
HIDALGO FERNÁNDEZ M.T.	333
JANER I.	137
JIMÉNEZ S.	31
JOY M.	235, 243
JUÁREZ-MORALES M.	357
LANZÉN A.	87
LEAL MURILLO J.R.	193, 333
LEGUA M. A.	243
LLEDÓ S.	209
LOBÓN S.	235, 243

MAESTRO M.G.	31
MANDALUNIZ N.	349
MANRIQUE E.	293, 301
MANSILLA J.P.	275
MARTÍNEZ E.	55
MARTÍNEZ T.	55
MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A.	217, 225, 251, 259
MARTÍNEZ-GARCÍA C.G.	251, 357
MARTINEZ UJALDÓN LL.	317
MARTÍN SÁNCHEZ I.	87
MARTÍN-TORNERO E.	325
MEDRANO H.	13
MENDARTE AZKUE S.	87
MIJANGOS I.	87, 217
MILLÁN A.	121
MODROÑO S.	217, 259
MOLARES X.	137
MOLINO F.	243
MONTALVO RODRÍGUEZ J.	341
MORA J.L.	293
MORENO-GONZÁLEZ J.	145, 153
MOYÀ G.	105
MÚGICA L.	47
MULET S.	105
NICOLAS E.	105
NIETO M.	39
OBREGÓN S.	193
OLAIZOLA A.	293, 301
OLEA L.	97
OLIVEIRA-PRENDES J.A.	113, 177
PALENCIA P.	113
PEREIRA-CRESPO S.	161, 169

PLAIXATS BOIXADERA J.	317
POBLACIONES M.J.	97, 209
PRIOR E.	325
QUINTANA BERLANGA Á.R.	341
QUINTELA M.	201
RAMOS M.E.	129
RAYAS-AMORP A.A.	357
REINÉ R.	121, 293
RESCH C.	161, 169, 217
RIERA A.	11
RIOS CASTAÑO P.	193
RIPOLL-BOSCH R.	309
RIVERA-SÁNCHEZ L.	79
ROBLES A.B.	129
RODRIGO S.	97, 209
RODRÍGUEZ J.R.	31
RODRÍGUEZ-ORTEGA T.	309
RUIZ R.	349
SAINZ M.J.	275
SAINZ-SÁNCHEZ P.A.	251
SALAS-BUSTAMANTE A.	177
SÁNCHEZ M.E.	193
SÁNCHEZ-VERA E.	357
SAN EMETERIO L.	47
SANTAMARÍA O.	97, 209
SANZ A.	235
SOLDADO A.	225, 259
SOLIVELLAS J.	105
SOTO-BARAJAS M.C.	23
TEJERINA D.	325
TELLO E.	309
VADELL J.	105

VALLADARES-ALONSO J.	161, 169
VÁZQUEZ DE ALDANA B.R.	23
VICENTE F.	217, 225, 251
VIGUERA F.J.	97
ZABALGOGUEAZCOA I.	23
ZAMUDIO A.	301



Universitat
de les Illes Balears



Govern de les Illes Balears
Serveis Millora Agrària i Pesquera



SERRA DE **TRAMUNTANA** MALLORCA
PATRIMONI MUNDIAL



¹ Organització de Congressos
Fundació Universitat-Empresa
de les Illes Balears