

Innovación Sostenible en Pastos: Hacia una Agricultura de Respuesta al Cambio Climático

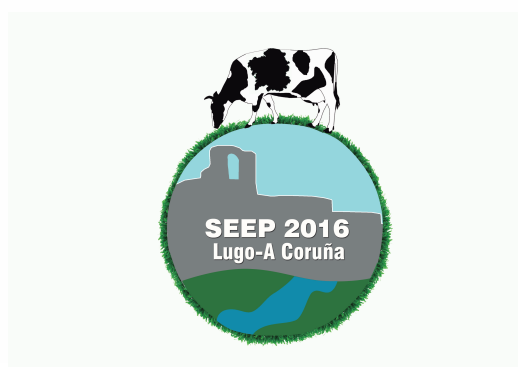
*M^a Dolores Báez Bernal
Laura Campo Ramírez
Sonia Pereira Crespo
María J. Bande Castro
Julio E. López Díaz*



Innovación Sostenible En Pastos: Hacia una Agricultura de Respuesta al Cambio Climático

**55ª Reunión Científica de la Sociedad Española
para el Estudio de los Pastos**

Lugo-A Coruña, 26 a 29 Abril 2016



© Los autores

© De la presente Edición

Edita: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos

Edición coordinada por:

M^a Dolores Báez Bernal

Laura Campo Ramírez

Sonia Pereira Crespo

María J. Bande Castro

Julio E. López Díaz

Maquetación: A. Román y coordinadores

Imágenes portada: Gonzalo Flores Calvete y Bruno Fernández Lorenzo

ISBN: 978-84-608-7722-6



ÍNDICE

COMITÉ ORGANIZADOR	XI
ENTIDADES COLABORADORAS	XI
COMITÉ CIENTÍFICO	XIII
PRESENTACIÓN	XV

BOTÁNICA Y ECOLOGÍA

PASTOS DEL NO IBÉRICO EN LA RED NATURA 2000	3
A. RIGUEIRO RODRÍGUEZ Y M.R. MOSQUERA LOSADA	
EFFECTO DE LA BIOFORTIFICACIÓN CON ZINC SOBRE <i>Trifolium subterraneum</i> L. CRECIDO EN SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO	9
M.J. POBLACIONES Y Z. RENGEL	
VARIACIÓN EN LA CONCENTRACIÓN DE ALCALOIDES FÚNGICOS EN <i>Festuca rubra</i> DEL NORTE Y SUR DE EUROPA	15
B.R. VÁZQUEZ DE ALDANA, M. HELANDER, K. SAIKKONEN, A. ALVAREZ-PASCUA Y E.I. ZABALGOGEAZCOA	
MÉTODOS PARA LA REDUCCIÓN DE LA DUREZA SEMINAL EN LEGUMINOSAS SILVESTRES DEL ESPACIO NATURAL SIERRA NEVADA.....	21
M.E. RAMOS FONT, A.B. ROBLES CRUZ, M.T. TOGNETTI BARBIERI Y J.L. GONZÁLEZ REBOLLAR	
EFFECTO DEL PASTOREO SOBRE LA VEGETACIÓN HERBÁCEA: PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y CALIDAD DE PASTO	27
T. MARTÍNEZ Y A. ÁLVAREZ	
EL USO DE LA FLORA NATIVA EN UN SISTEMA SILVOSPASTORIL DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA....	33
M. FIGUEROA MEDINA, J. ZARATE ESCOBEDO, M.E. OROZCO HERNÁNDEZ, O.A. CASTELÁN ORTEGA Y J.G. ESTRADA FLORES	
INFLUENCIA DE LA TIPOLOGÍA DEL MARGEN EN LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA DE PRADOS PIRENAICOS	39
C. CHOCARRO Y A. JUAREZ	
PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EVALUAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE PASTOS HERBÁCEOS.....	47
A. SALVAT SALADRIGAS Y C. CASAS ARCARONS	
RELACIONES ENTRE LA DIVERSIDAD VEGETAL Y LA DIVERSIDAD MICROBIANA EDÁFICA EN PASTOS DE MONTAÑA CON Y SIN PASTOREO.....	53
L. EPELDE, H. ARRIAGA, I. ALBIZU, I. MIJANGOS, S. MENDARTE, M. ANZA, N. MANDALUNIZ, A. LANZÉN Y C. GARBISU	

EFFECTO DEL ABANDONO DEL PASTOREO EN LOS ATRIBUTOS FUNCIONALES DE LOS PASTOS ATLÁNTICOS DE MONTAÑA	59
A. ALDEZABAL, N. VITORES, I. ODRIOZOLA, U. PÉREZ-LÓPEZ Y N.A. LASKURAIN	

MODELOS PREDICTIVOS DE DISTRIBUCIÓN DE TIPOS DE VEGETACIÓN EN CANTABRIA	65
M.G. MAESTRO Y J. BUSQUÉ	

PRODUCCIÓN VEGETAL

LA MEJORA GENÉTICA VEGETAL COMO HERRAMIENTA PARA ENCARAR LOS RETOS DE SOSTENIBILIDAD QUE SE PLANTEAN COMO CONSECUENCIA DE LOS CAMBIOS AMBIENTALES PARA LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE	75
J. MORENO-GONZÁLEZ	

LAS MEZCLAS DE LEGUMINOSAS ANUALES PUEDEN MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA ROTACIÓN RAIGRÁS ITALIANO-MAÍZ FORRAJERO	81
A. BOTANA, J. VALLADARES, S. PEREIRA-CRESPO, N. DÍAZ, C. RESCH, B. FERNÁNDEZ-LORENZO, T. DAGNAC, M. VEIGA Y G. FLORES-CALVETE	

IMPORTANCIA DEL USO DE ADITIVOS EN LA CALIDAD Y ESTABILIDAD DE LOS ENSILADOS DE LEGUMINOSAS	87
A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, F. VICENTE, B. DE LA ROZA DELGADO, A. SOLDADO, J. GARCÍA, J.M. ALONSO Y M. PELÁEZ	

PREDICCIÓN DE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE MEZCLAS FORRAJERAS CON LEGUMINOSAS ANUALES Y RAIGRÁS MEDIANTE NIRS	93
S. PEREIRA-CRESPO, J. VALLADARES, N. DÍAZ, D. DÍAZ, B. FERNÁNDEZ-LORENZO, C. RESCH, T. DAGNAC, A. BOTANA, M. VEIGA Y G. FLORES-CALVETE	

EN UN SISTEMA DE ROTACIÓN ANUAL DE DOS CULTIVOS ¿INFLUYEN LAS LEGUMINOSAS FORRAJERAS DE INVIERNO EN EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DEL MAÍZ FORRAJERO?	99
S. BAIZÁN, F. VICENTE, D. CELIS, I. SALVADOR LORETO, C. GONZÁLEZ, S. MODROÑO Y A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ	

CALIDAD DE LOS ENSILADOS DE HIERBA Y DE MAÍZ EN LAS EXPLOTACIONES LECHERAS GALLEGAS	105
S. PEREIRA-CRESPO, R. LORENZANA, M. BARREAL, M. RODRÍGUEZ Y G. FLORES-CALVETE	

CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE ENSILADOS DE MAÍZ (<i>Zea mays</i> L.) UTILIZADOS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE A PEQUEÑA ESCALA EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE MÉXICO.....	111
A. SAINZ-RAMÍREZ, F. LÓPEZ-GONZÁLEZ, I.A. DOMÍNGUEZ-VARA Y C.M. ARRIAGA-JORDÁN	

EFFECTO ENCALANTE Y FERTILIZANTE DE ESTIÉRCOL DE POLLO DESHIDRATADO Y GRANULADO APLICADO EN UNA ROTACIÓN DE MAÍZ FORRAJERO-RAIGRÁS ITALIANO	117
M.J. BANDE-CASTRO, M.J. SAINZ Y M.E. LÓPEZ-MOSQUERA	

EVALUACIÓN DE VERMICOMPOST APLICADO A SUELO CULTIVADO CON PASTO TANZANIA (<i>Panicum maximum</i>)	123
O. INCLAN AGUILAR, P. MIRELES LEZAMA, O.A. CASTELÁN ORTEGA Y F. AVILES NOVA	
COMPORTAMIENTO DE <i>Trifolium pratense</i> L. FRENTE A LA FERTILIZACIÓN FOSFÓRICA EN AMBIENTE MEDITERRÁNEO DE LA PROVINCIA DE LEÓN	129
R. GARCÍA Y A. CALLEJA	
RESPUESTA DE <i>Rumex crispus</i> L. A LA FERTILIZACIÓN NPK EN PRADOS DE LA MONTAÑA DE LEÓN	135
R. GARCÍA, M. RODRÍGUEZ Y A. CALLEJA	
PRODUCCIÓN Y VALOR NUTRITIVO DE ESPARCETA INOCULADA CON DOS CEPAS DE <i>Rhizobium sp.</i> EN ASTURIAS	141
J.A. OLIVEIRA-PRENDES, P. PALENCIA, E. AFIF-KHOURI, I. DELGADO Y F. TEMPRANO	
INFLUENCIA DEL INHIBIDOR 3,4 DIMETILPIRAZOL FOSFATO (DMPP) SOBRE LAS PRODUCCIONES Y EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE UN CULTIVO DE RAIGRÁS ITALIANO	147
C. GILSANZ, M.D. BÁEZ Y M.I. GARCÍA	
ESTUDIO DE LOS FLUJOS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN CULTIVOS HERBÁCEOS DE SECANO (CEBADA Y ALFALFA)	153
A. GONZÁLEZ DE INZA, C. CANTERO-MARTÍNEZ, J. ALVARO-FUENTES Y R. FANLO	
LA HUELLA DE CARBONO EN LOS FORRAJES DE CANTABRIA	159
G. SALCEDO DÍAZ	
SELECCIÓN DE HÍBRIDOS FORRAJEROS DE MAÍZ PRECOCES ADAPTADOS A LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE LA CORNISA CANTÁBRICA	167
L. CAMPO Y J. MORENO-GONZÁLEZ	
EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE HERBICIDAS Y ESCARDA MECÁNICA EN EL CONTROL DE ADVENTICIAS EN MAÍZ FORRAJERO EN GALICIA	175
M.J. BANDE-CASTRO Y J. VALLADARES	
CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DE ESPECIES DE LOS PRADOS DEL PIRINEO CENTRAL	181
J. ASCASO, R. REINÉ, A. BROCA, O. BARRANTES Y C. FERRER	
ANTIOXIDANTES Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN PRATENSES LIGADAS A LA DEHESA: EFECTO DE LA FECHA DE RECOLECCIÓN Y LA ESPECIE	189
M. CABEZA DE VACA, F. GONZÁLEZ, S. GARCÍA-TORRES, D. TEJERINA Y V. MAYA	

BIOMASA RADICAL INCORPORADA AL SUELO TRAS EL CULTIVO DE *Brassica carinata* Y *Brassica juncea* EN LA DEHESA. CONCENTRACIÓN Y PERFIL DE GLUCOSINOLATOS 195
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

COMPORTAMIENTO CESPITOSO, RECUENTO CROMOSÓMICO Y CONTENIDO DE ADN NUCLEAR EN VARIEDADES VEGETALES OBTENIDAS EN LA UNIVERSIDAD DE OVIEDO 201
J.A. OLIVEIRA-PRENDES, P. PALENCIA Y J.M. GONZALEZ-TRIGUERO

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y LA PERSISTENCIA EN ESPECIES PERENNES PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES 207
I. JANER, J. GULÍAS, J. SERRA Y J. CIFRE

PRODUCCIÓN ANIMAL

LEGUMINOSAS ANUALES PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN GALICIA 217
G. FLORES-CALVETE

IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE VACUNO EN BASE A FORRAJES A PARTIR DE LA COMPOSICIÓN DE LA LECHE 221
F. VICENTE, C. SANTIAGO, M.A. GONZÁLEZ, J.D. JIMÉNEZ-CALDERÓN Y A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ

PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN LA LECHE DE VACAS PASTANDO TRITICALE CON O SIN *Trifolium incarnatum* 227
G. SALCEDO DÍAZ, A. VILLAR BONET Y J. DOLTRA BREGÓN

COMPARACIÓN DE UNA MEZCLA DE TRÉBOLES ANUALES CON RAIGRÁS INGLÉS EN UN SISTEMA DE PASTOREO CON VACAS DE LECHE 235
M. VEIGA, A. BOTANA, C. RESCH, S. PEREIRA-CRESPO, T. DAGNAC, J. VALLADARES, N. DÍAZ, B. FERNÁNDEZ-LORENZO Y G. FLORES-CALVETE

EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE ENSILADO DE LEGUMINOSAS ANUALES EN LA RACIÓN DEL GANADO VACUNO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA LECHE..... 241
A. BOTANA, C. RESCH, L. GONZÁLEZ, T. DAGNAC, S. PEREIRA-CRESPO, B. FERNÁNDEZ-LORENZO, J. VALLADARES, M. VEIGA Y G. FLORES-CALVETE

GRANO DE MAÍZ MOLIDO COMO SUPLEMENTO PARA VACAS LECHERAS EN PASTOREO O BAJO SIEGA DE PRADERAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE A PEQUEÑA ESCALA EN MÉXICO 247
J. VELARDE-GUILLÉN, J.G. ESTRADA-FLORES, A.A. RAYAS-AMOR, F. VICENTE, A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, D. HEREDIA-NAVA Y C.M. ARRIAGA-JORDÁN

CONTRIBUCIÓN DEL METANO ENTÉRICO AL TOTAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO GENERADOS POR EL CULTIVO DE MAÍZ Y SU USO COMO ENSILADO EN LA ALIMENTACIÓN DE VACAS LECHERAS	253
G. SALCEDO DÍAZ	
IDENTIFICACIÓN DE FACTORES QUE INFLUYEN EN LA INTENCIÓN DE USO DE ENSILADO DE MAÍZ POR PRODUCTORES DE LECHE A PEQUEÑA ESCALA EN EL ALTIPLANO CENTRAL MEXICANO	259
J.D. GARCÍA-VILLEGAS, C.M. ARRIAGA-JORDAN, E. SÁNCHEZ-VERA, M. JUÁREZ-MORALES, A.A. RAYAS-AMOR Y C.G. MARTINEZ-GARCIA	
APLICACIÓN DEL ANÁLISIS FACTORIAL A LA TIPIFICACIÓN DE LAS EXPLOTACIONES LECHERAS DE CANTABRIA EN FUNCIÓN DEL MANEJO DEL TERRITORIO	265
A. VILLAR, R. MOROS, J. DOLTRA, G. SALCEDO, I. VÁZQUEZ, B. FERNÁNDEZ Y J. BUSQUÉ	
LA PRODUCCIÓN DE CARNE DE RAZA TUDANCA EN CANTABRIA DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS GANADEROS Y OTROS ESLABONES DE LA CADENA DE VALOR	271
I. VÁZQUEZ, A.M. OLAIZOLA, H. RESANO, L. LÓPEZ Y E. SERRANO	
DISCRIMINACIÓN DEL TIPO Y NIVEL DE FORRAJE DE LA DIETA DE TERNEROS ACABADOS EN ESTABULACIÓN UTILIZANDO EL CONTENIDO EN CAROTENOIDES EN PLASMA Y TEJIDO ADIPOSO	279
E. SERRANO, M.J. HUMADA, S. GUTIÉRREZ Y J. MATEO	
EVALUACIÓN COMPARATIVA DE <i>Festulolium</i> CON DOS VARIEDADES DE <i>Lolium perenne</i> L. EN PRADERAS DEL ALTIPLANO CENTRAL DE MÉXICO	285
F. LÓPEZ-GONZÁLEZ, M. ROSAS-DAVILA, I.A. DOMINGUEZ-VARA Y C.M. ARRIAGA-JORDÁN	
EVALUACIÓN DE <i>Bromus catharticus</i> Vahl COMO RECURSO PARA PRADERAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE MÉXICO.....	291
D.A. PLATA-REYES, A. GÓMEZ-MIRANDA, F. LÓPEZ-GONZÁLEZ, I.A. DOMÍNGUEZ-VARA Y C.M. ARRIAGA-JORDÁN	
ENSILADO DE AVENA-VALLICO PARA SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE MÉXICO.....	297
M.D. CELIS-ALVAREZ, F. LÓPEZ-GONZÁLEZ, C.G. MARTÍNEZ-GARCÍA, J.G. ESTRADA-FLORES Y C.M. ARRIAGA-JORDÁN	
RACIONES OBTENIDAS EN PASTOREO SOBRE UNA ROTACIÓN DE CULTIVOS FORRAJEROS ADAPTADA AL SECANO SEMIÁRIDO EN NAVARRA.....	303
J.M. MANGADO	
DIMENSIONAMIENTO DE FOSAS DE PURÍN PARA OPTIMIZAR SU VALOR FERTILIZANTE EN EXPLOTACIONES DE VACUNO DE LECHE GALLEGAS.....	311
J.F. CASTRO, M.D. BÁEZ Y M.I. GARCÍA	



SISTEMAS Y RECURSOS SILVOPASTORALES

SISTEMAS SILVOPASTORALES EN GALICIA Y SU VINCULACIÓN A LA POLÍTICA EUROPEA	321
M.R. MOSQUERA-LOSADA Y A. RIGUEIRO RODRÍGUEZ	
INTEGRACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS PASTOS DE MONTAÑA DEL NORTE PENINSULAR	325
J. BUSQUÉ, R. ROSA GARCÍA, R. CELAYA, I. ALBIZU, N. ALDAI, J. ALDAZ, F.J. SESMA, D. SOLA, K. OSORO Y OTROS DEL GPMN	
PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL FORRAJE DE VARIEDADES DE TRITICALE CULTIVADAS EN CONDICIONES DE SOMBRA, PARA SU UTILIZACIÓN EN SISTEMAS AGROFORESTALES.....	331
O. SANTAMARÍA, S. RODRIGO, A. ALBARRÁN, G. MORENO Y L. OLEA	
CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LOS PASTOS HERBÁCEOS EN LA DEHESA DEL PARQUE NACIONAL DE LAS TABLAS DE DAIMIEL	339
C. LÓPEZ-CARRASCO, C. RUÍZ DE LA HERMOSA Y S. ROIG	
DIFERENCIAS EN LA CUBIERTA DE PASTOS HERBÁCEOS DE DEHESA POR INFLUENCIA DEL ARBOLADO Y LA GESTIÓN GANADERA	345
A. LÓPEZ-SÁNCHEZ, C. LÓPEZ-CARRASCO Y S. ROIG	
SIEMBRA DE ESPECIES HERBÁCEAS DE INTERÉS FORRAJERO (SILVESTRES Y AGRÍCOLAS) EN ÁREAS CORTAFUEGOS DE ANDALUCÍA ORIENTAL	351
A.B. ROBLES, M.E. RAMOS, J. RUIZ MIRAZO Y J.L. GONZÁLEZ REBOLLAR	
EXPERIENCIA DEMOSTRATIVA DE CONTROL DEL MATORRAL EN RONCESVALLES (NAVARRA): EFECTOS DEL FUEGO EN EL SUELO	357
R.M. CANALS TRESSERRAS, L. SAN EMETERIO GARCIANDIA, L. MÚGICA AZPILICUETA, J.L. SAEZ ISTILART Y I. VERGARA HERNÁNDEZ	
EFFECTO DEL MANEJO DE LA ALIMENTACIÓN SOBRE EL BALANCE DE CARBONO EN EXPLOTACIONES DE OVINO LECHERO	363
N. MANDALUNIZ, A. PASCUAL, I. BATALLA, O. DEL HIERRO, J.L. SAEZ, J. ARRANZY R. RUIZ	
EFFECTO DE LA CARGA GANADERA SOBRE LA PRODUCCIÓN Y LA CALIDAD DE PASTO EN UN SISTEMA SILVOPASTORAL ESTABLECIDO BAJO CEREZO	369
M.R. MOSQUERA-LOSADA, I. URBAN-MARTINEZ, J.J. SANTIAGO-FREIJANES, N. FERREIRO-DOMÍNGUEZ Y A. RIGUEIRO-RODRÍGUEZ	
PODER REPELENTE DE DISTINTOS PRODUCTOS EN GANADO OVINO	375
P. FERNÁNDEZ REBOLLO, M.D. CARBONERO MUÑOZ, J.R. LEAL MURILLO, J.E. BOLÍVAR GONZÁLEZ, M.T. HIDALGO FERNÁNDEZ Y A.M. GARCÍA MORENO	

LA ACUMULACIÓN NETA DE FITOMASA Y CALIDAD NUTRITIVA DE PASTIZALES EN EL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA NEVADO DE TOLUCA PARA LA PRODUCCIÓN OVINA.....	381
J. MARTÍNEZ HERNÁNDEZ, C.M. ARRIAGA JORDÁN, C. GONZÁLEZ REBELES ISLAS, R. ROSA GARCÍA, G.B. HERNÁNDEZ-LUNA, J. VALDÉS REYNA Y J.G. ESTRADA FLORES	
RESULTADOS PRELIMINARES DE ACTIVIDAD DEL GANADO VACUNO DE RAZA MORUCHA EN EXTENSIVO MEDIANTE DISPOSITIVOS GPS-GPRS	387
R. POSADO, R. BODAS, B.R. VÁZQUEZ-DE-ALDANA, J.L. HERNÁNDEZ, R. ARROYO Y J.J. GARCÍA	
ATRIBUTOS DE CALIDAD NUTRICIONAL DEL ARBUSTO <i>Lavatera assurgentiflora</i> K.....	393
U.F. JUÁREZ ZEBADÚA, P.A. MARTÍNEZ HERNÁNDEZ, E. CORTES DÍAZ Y L.A. MIRANDA ROMERO	
PREFERENCIA DEL GANADO BOVINO POR LOS PRINCIPALES ÁRBOLES FORRAJEROS DEL TROPICO SECO CENTROAMERICANO	399
K. LÓPEZ BENAVIDES, L.R. ROCHA MOLINA, E. SERRANO FERRON', M.C. ESPUNYA PRAT Y J. BARTOLOMÉ FILELLA	
ÍNDICE DE AUTORES	405

COMITÉ ORGANIZADOR DE LA 55ª REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA SEEP

María Dolores Báez Bernal, INGACAL-Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo
María Isabel García Pomar, INGACAL-Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo
Laura Campo Ramírez, INGACAL-Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo
Julio Enrique López Díaz, INGACAL- Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo
Sonia Pereira Crespo, Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite
María J. Bande Castro, INGACAL- Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo
Juan Castro Insua, INGACAL- Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo
Gonzalo Flores Calvete, INGACAL- Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo

COLABORADORES DEL COMITÉ ORGANIZADOR

Xosé Eloi Villada Legaspi, Sociedad Gallega de Pastos y Forrajes-SGPF
Manuel Antonio Rodríguez Guitián, Escuela Politécnica Superior de Lugo-USC
Rosa María Mosquera Losada, Escuela Politécnica Superior de Lugo-USC
Víctor Álvarez Arias, Servicio de explotaciones-Lugo, Consellería do Medio Rural
Tomás S. Cuesta García, Escuela Politécnica Superior de Lugo-USC

ENTIDADES ORGANIZADORAS



ENTIDADES COLABORADORAS



ENTIDADES PATROCINADORAS



COMITÉ CIENTÍFICO

Adela Martínez Fernández

SERIDA. Asturias

Agustín del Prado Santeodoro

BC3-Basque Centre for Climate Change. Bilbao. Bizkaia

Alfonso San Miguel Ayanz

Universidad Politécnica de Madrid

Ana Belén Robles Cruz

Estación Experimental del Zaidín-CSIC. Granada

Ana Villar Bonet

CIFA-Gobierno de Cantabria

Arantza Aldezabal Roteta

Euskal Herriko Unibertsitatea. Leioa. Bizkaia

Beatriz Rodríguez-Vázquez de Aldana

IRNASA-CSIC. Salamanca

Begoña de la Roza Delgado

SERIDA. Asturias

Celia López-Carrasco Fernández

Junta de Comunidades de Castilla La Mancha

César Resch Zafra

INGACAL-CIAM. Xunta de Galicia

Cristina Chocarro Gómez

Universitat de Lleida

Eduardo Chinaa Correa

Universidad de la Laguna. Tenerife

Fernando Vicente Mainar

SERIDA. Asturias

Gregorio Salcedo Díaz

CIFP La Granja-Gobierno de Cantabria

Haritz Arriaga Sasieta

NEIKER-TECNALIA. Derio. Bizkaia

Isabel Albizu Beitia

NEIKER-Tecnalia. Derio. Bizkaia

Jesús María Mangado Urdániz

INTIASA-Gobierno de Navarra

Jordi Bartolomé Filella

Universitat Autònoma de Barcelona

Jordi Doltra Bregón

CIFA-Gobierno de Cantabria

José Alberto Oliveira Prendes

Universidad de Oviedo

José Luis González Rebollar

Estación Experimental del Zaidín-CSIC. Granada

Josep Cifre Llompart

Universitat de les Illes Balears.
Palma de Mallorca

Juan Busqué Marcos

CIFA-Gobierno de Cantabria

Juan Castro Insua

INGACAL-CIAM. Xunta de Galicia

Julio Enrique López Díaz

INGACAL-CIAM. Xunta de Galicia

Laura Campo Ramírez

INGACAL-CIAM. Xunta de Galicia

María Dolores Báez Bernal

INGACAL-CIAM. Xunta de Galicia

María J. Bande Castro

INGACAL-CIAM. Xunta de Galicia

María Jesús Sainz Osés

Escuela Politécnica Superior de Lugo-USC

María José Poblaciones Suárez

Universidad de Extremadura

María Rosa Mosquera Losada

Escuela Politécnica Superior de Lugo-USC

Nerea Mandalúniz Astigarraga

NEIKER-TECNALIA. Vitoria-Gasteiz

Óscar Santamaría Becerril

Universidad de Extremadura

Pilar Fernández Rebollo

ETSIAM- Universidad de Córdoba

Pilar Merino Pereda

NEIKER-TECNALIA. Derio. Bizkaia

Ramón Reiné Viñales

Universidad de Zaragoza

Rosa María Canals Tresserras

Universidad Pública de Navarra

Sara Morales Rodrigo

Universidad de Extremadura

Sonia Pereira Crespo

Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite. A Coruña

Sonia Roig Gómez

Universidad Politécnica de Madrid

Teodora Martínez Martínez

IMIDRA. Alcalá de Henares

Teresa Moreno López

Fundación Centro Tecnológico da Carne. Ourense



PRESENTACIÓN

Galicia, posee un elevado potencial para la producción de pastos. En el año 2014, el 54% de la superficie cultivada fue dedicada a praderas, 72% si añadimos el maíz forrajero. Los pastos permanentes (prados, pastizales y pastos arbustivos), con 444 000 ha, suponen más del 50% de la superficie agraria útil de Galicia. Sólo las provincias de A Coruña y Lugo tienen 189 000 ha de praderas, casi el 70% del total del Estado. Estas cifras ponen de manifiesto la importancia de los pastos en la comunidad, y como tal que Lugo-A Coruña haya sido la sede elegida para la celebración de la 55ª Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

Las producciones de leche y de carne de vacuno en Galicia tienen una importancia fundamental en la economía de la comunidad así como en la ocupación y vertebración del territorio, la conservación del paisaje de alto valor estético y cultural, y el mantenimiento de la biodiversidad asociada a hábitats de alto valor natural. Galicia figura actualmente entre las 10 primeras regiones lácteas de la UE y las explotaciones especializadas en la leche y las bovinas mixtas (leche-carne) suman más del 50% de la SAU y casi el 50% del output agrario de Galicia. Las limitaciones estructurales de la mayoría de las explotaciones de ganado vacuno (entre otras la reducida superficie y la fragmentación parcelaria) dificultaron históricamente el incremento de su base territorial y consolidaron como dominante un modelo productivo de perfil intensivo, fuertemente dependiente de las compras de alimentos para el ganado, que se hizo dominante sobre todo en las explotaciones lecheras.

En el escenario actual de mercados liberalizados, con bajos precios para la leche y la carne de vacuno y precios de insumos agrarios con proyección al alza y sumamente volátiles, este modelo productivo se enfrenta a crecientes dificultades, por lo que se hace necesaria su reorientación a sistemas basados en pastos producidos en la explotación, de forma económica, con alto valor nutricional y eficientemente utilizados en la alimentación del ganado. La elevada potencialidad forrajera que posee la mayor parte de Galicia constituye, por tanto, uno de los puntos fuertes del sector, mientras que la disponibilidad de tierras en las explotaciones, junto con la producción y la utilización eficiente de los recursos forrajeros en la alimentación del ganado supone uno de los desafíos tecnológicos más importantes a los que se enfrenta la ganadería de vacuno gallega, particularmente la de leche, como factor clave para su competitividad.

De ahí la necesidad de poner en práctica nuevos conocimientos derivados de las investigaciones en pastos, y de promover la innovación de forma sostenible dando respuesta a uno de los principales retos que la sociedad actual se plantea: disponer de alimentos de calidad, producidos de forma sostenible, que ambientalmente protejan nuestro entorno. Con estos objetivos, a los que se une la necesidad de dar respuesta al cambio climático, el manejo de los pastos ofrece grandes oportunidades y nuevos objetivos a la investigación en líneas como son el secuestro de carbono en el suelo, la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero y la formulación de herramientas que reduzcan las emisiones en la cadena productiva: cultivos-animal-explotación. Otro aspecto fundamental en la adaptación al cambio climático es aprovechar los bancos de germoplasma para utilizar las variedades autóctonas, que por su naturaleza están mejor adaptadas a la sequía y son más resistentes a las enfermedades.

Por todo ello, la 55ª Reunión Científica de la SEEP bajo el lema de *“Innovación Sostenible en Pastos: Hacia una Agricultura de Respuesta al Cambio Climático”*, ha tratado de recoger las investigaciones en estas cuestiones y proporcionar el marco idóneo de intercambio de información en estos temas.

Comité Organizador





Botánica y Ecología

PASTOS DEL NO IBÉRICO EN LA RED NATURA 2000

A. RIGUEIRO RODRÍGUEZ Y M.R. MOSQUERA LOSADA.

Universidad de Santiago de Compostela. Departamento de Producción Vegetal. Escuela Politécnica Superior de Lugo. antonio.rigueiro@usc.es; mrosa.mosquera.losada@usc.es.

Natura 2000 es la red de espacios naturales protegidos a escala de la Unión Europea creada en virtud de la Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres (Directiva hábitats), con el objeto de proteger los hábitats, las especies y los espacios naturales más importantes de Europa. Incluye los lugares de importancia comunitaria (LIC), que más tarde pasaron a denominarse zonas especiales de conservación (ZEC), que fueron propuestos por los Estados miembros en base a la Directiva sobre hábitats y también las zonas especiales de protección para las aves (ZEPA) de acuerdo con la Directiva aves (Directiva 79/409/CEE del Consejo, de 2 de abril de 1979, relativa a la conservación de las aves silvestres). El 29 de diciembre de 2004, la Decisión de la Comisión del 7 de diciembre de 2004 aprobaba la lista de lugares de importancia comunitaria de la región biogeográfica atlántica. Y el 21 de septiembre de 2006, la Decisión de la Comisión del 19 de julio de 2006 hacía pública, de acuerdo con la Directiva 92/43/CEE del Consejo, la lista de lugares de importancia comunitaria de la región biogeográfica mediterránea.

En el apartado 6 del Anexo I de la Directiva 92/43/CEE (FORMACIONES HERBOSAS NATURALES Y SEMINATURALES) se incluyen diversos tipos de hábitats naturales y seminaturales de formaciones herbáceas que merecen atención desde el punto de vista de la conservación. En algunos casos son formaciones herbáceas de origen natural (ajenas a la actividad humana) y en otros mantienen su composición florística y estructura debido a la intervención humana, que las aprovecha como pasto para el ganado doméstico. En las naturales se conservan numerosos endemismos y las seminaturales se integran en muchos casos en paisajes culturales valiosos en riesgo de desaparición - de hecho han desaparecido ya en algunos países europeos- como consecuencia de la regresión demográfica de las comarcas rurales, actuaciones de concentración parcelaria o las políticas de fomento de la repoblación forestal de tierras agrarias.

Los hábitats herbosos contemplados en el apartado 6 de la Directiva 92/43/CE se agrupan en cinco categorías, de las cuales cuatro están representadas en Galicia y el noroeste Ibérico: 61 Prados naturales, 62 Formaciones herbosas secas seminaturales y facies de matorral, 64 Prados húmedos seminaturales de hierbas altas y 65 Prados mesófilos. En esas cuatro categorías se incluyen 10 tipos de hábitats de interés comunitario de la Red Natura 2000 presentes en el noroeste Ibérico, de los cuales tres de ellos (señalados con un asterisco) son prioritarios:

61. PASTOS NATURALES

Se trata de formaciones herbáceas adaptadas a condiciones climáticas muy rigurosas (presencia de nieve, período de heladas prolongado, temperaturas medias anuales bajas). Tipos de hábitats:

Nat2000 6160 Pastos orófilos ibéricos silíceos de *Festuca indigesta*

Son comunidades de los termotipos criorotemplado (alpino), orotemplado (subalpino), supratemplado (altimontano), oromediterráneo y crioromediterráneo, es decir de zonas muy frías de la alta montaña mediterránea o eurosiberiana. Son pastos crioxerófilos que se disponen en fajas o

pequeñas terrazas debido a los fenómenos de crioturbación. Vegetación de aspecto graminoide con zonas de suelo desnudo. Especies de plantas vasculares indicadoras para Galicia y el noroeste Ibérico son, entre otras, *Dianthus langeanus* Willk., *Festuca summilusitana* Franco & Rocha Afonso, *Juncus trifidus* L., *Luzula cespitosa* (L.) DC y *Teesdaliopsis conferta* (Lag.) Rothm.

Nat2000 6170 Pastos de alta montaña caliza

Son herbazales basófilos de alta montaña que se desarrollan sobre suelos poco profundos con procesos de crioturbación. En Galicia su presencia es muy escasa y aparecen puntualmente en el piso supratemplado superior, por encima de 1200 m de altitud, en laderas y espolones rocosos. Suelen ser abundantes *Koeleria vallesiana* (Honckeny) Gaudin, *Koeleria crassipes* Lange, *Erodium glandulosum* (Cav.) Willd., *Helianthemum canum* (L.) Baumg., *Anthyllis vulneraria* L. subsp. *pyrenaica* (Beck) Cullen y *Bromus erectus* Hudson, con presencia de algunas especies leñosas de bajo porte (*Lithodora diffusa* (Lag.) I. M. Johnston, *Sideritis hyssopifolia* L. subsp. *caureliana* Obón & Rivera, *Santolina rosmarinifolia* L. subsp. *semdentata* (Hoffmans & Link) Valdés).

62. FORMACIONES HERBOSAS SECAS SEMINATURALES Y FACIES DE MATORRAL

En estos hábitats no suele darse en la actualidad una presión humana excesiva. En el pasado se aprovecharon de forma poco intensiva mediante pastoreo estacional con ganado vacuno y ganado menor, aprovechamiento que aún se realiza en algunas localidades. Tipos de hábitats:

Nat2000 6210 Pastos seminaturales vivaces mesofíticos y mesoxerofíticos sobre sustratos calcáreos de *Festuco-Brometea* y facies de matorral (* parajes con notables orquídeas)

Formaciones herbáceas calcícolas desarrolladas sobre suelos de mediana profundidad, en laderas más o menos pronunciadas, dentro de los pisos mesomediterráneo, mesotemplado y supratemplado inferior bajo ombroclima húmedo a ultrahiperhúmedo con dominio de *Bromus erectus* Hudson, *Anthyllis vulneraria* L., *Dianthus monspessulanum* L. y *Sanguisorba minor* Scop. sobre los suelos más someros, y de *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv. subsp. *rupestre* (Host) Schübler & Martens en los enclaves con suelos más profundos. Suelen ser ricos en orquídeas (*Aceras antropophorum* (L.) Aiton fil., *Orchis morio* L., *Orchis italica* Poir., *Hymantoglossum hircinum* (L.) Sprengel, *Ophrys apifera* Hudson, etc.).

Nat2000 6220* Pastizales xerofíticos mediterráneos de vivaces y anuales (zonas subestépicas de gramíneas y anuales de *Thero-Brachypodietea*)

Se trata de pastizales xerofíticos generalmente abiertos, dominados por gramíneas vivaces y anuales, entre las cuales se desarrollan otros terófitos, hemicriptófitos y especialmente geófitos, albergando una elevada diversidad. Crecen en general sobre sustratos silíceos o calcáreos medianamente profundos e incluso superficialmente pedregosos, a lo sumo con hidromorfía muy temporal. Se desarrollan preferentemente en los termotipos mesomediterráneo y mesotemplado y con un ombrotipo amplio desde semiárido hasta subhúmedo y excepcionalmente húmedo. En zonas silíceas entran especies como *Filago minima* (Sm.) Pers., *Aira praecox* L., *Galium parisiense* L., *Logfia minima* (Sm.) Dumort., *Sedum arenarium* Brot., etc, mientras que en los sustratos calcáreos suelen dominar *Saxifraga tridactylites* L., *Hornungia petraea* (L.) Reichenb., *Campanula erinus* L., *Brachypodium distachyon* (L.) Beauv., etc.

Nat2000 6230* Formaciones herbosas con *Nardus*, con numerosas especies, sobre sustratos silíceos de zonas montañosas (y de zonas submontañosas de Europa continental)

Formaciones herbáceas graminoides densas en las que domina *Nardus stricta* L. acompañada de otras especies como *Trifolium alpinum* L., *Campanula hermini* Hoffmanns. & Link, *Phyteuma hemisphaericum* L., *Meum athamanticum* Jacq., *Jasione montana* L., *Avenula lodunensis* (Delastre) Kerguelen o *Poa legionensis* (Láinz) Fern. Casas & Láinz. Se extienden por los pisos supra y orotemplado en suelos ricos en materia orgánica sobre sustrato silíceo en depresiones del terreno o áreas higroturbosas.

64. PRADOS HÚMEDOS SEMINATURALES DE HIERBAS ALTAS

Son comunidades que suelen asociarse a diversos tipos de bosques hidrófilos (bosques riparios, aluviales y pantanosos). Tipos de hábitats:

Nat2000 6410 Prados-juncales con *Molinia caerulea* sobre suelos húmedos gran parte del año sobre sustratos calcáreos, turbosos o arcilloso-limosos (*Molinion caeruleae*)

Formaciones herbáceas densas de hasta un metro de altura, dominadas por *Molinia caerulea* (L.) Moench. (raramente por *Deschampsia hispanica* (Vivant) Cervi & Romo). Son prados higrófilos de fondo de valle con hidromorfía permanente que se desarrollan sobre suelos oligotrofos sobre todo en los pisos termo y mesotemplado. En el noroeste ibérico es frecuente que entren en estos prados *Caltha palustris* L., *Juncus effusus* L., *Lotus pedunculatus* Cav., *Senecio aquaticus* Hill, *Senecio doria* L., etc.

Nat2000 6420 Comunidades herbáceas higrófilas mediterráneas de hierbas altas de *Molinion-Holoschoenion*

Comunidades de juncos y grandes hierbas de carácter higrófilo (agua dulce o con escasa salinidad) que prosperan sobre suelos de muy distinta naturaleza con freatismo de carácter estacional. Son formaciones herbáceas altas (hasta metro y medio de altura) dominadas por *Juncus maritimus* Lam., *Scirpus holoschoenus* L. y *Schoenus nigricans* L., acompañadas con frecuencia de *Oenanthe lachenalii* C. C. Smelin, *Salix atrocinerea* Brot. y otras especies que crecen en áreas húmedas formadas en la parte posterior de sistemas dunares actuales o fósiles. Son comunidades azonales, ligadas a especiales condiciones de humedad del suelo.

Nat2000 6430 Megaforbios eutrofos hidrófilos de las orlas de llanura y de los pisos montano a alpino

Formaciones de especies herbáceas perennes de gran talla (1-2 m de altura), sobre todo de las familias Umbelliferae, Liliaceae, Rosaceae y Compositae, con elevada cobertura y biomasa. Casi siempre son comunidades lineales siguiendo los cursos de agua o las orlas de los bosques, en los pisos termotemplado, mesotemplado, supratemplado y orotemplado. En zonas bajas son frecuentes *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *Sparganium erectum* L. subsp. *neglectum* (Beeby) Schinz & Thell. in Schinz & R. Keller, *Iris pseudacorus* L., *Oenanthe crocata* L. y *Eupatorium cannabinum* L. y en las zonas más altas *Adenostyles alliariae* (Gouan) A. Kern. subsp. *hybrida* (Vill.) DC., *Allium victorialis* L., *Aconitum napellus* L. subsp. *neapolitanum* (Ten.) Muñoz Garnendia, *Chaerophyllum hirsutum* L., *Ranunculus aconitifolius* L., *Trollius europaeus* L., *Valeriana pyrenaica* L. y *Veratrum album* L.



65. PRADOS MESÓFILOS

Son formaciones herbáceas que se mantienen debido a la intervención humana con el fin de que produzcan pasto destinado a la alimentación del ganado. Actividades frecuentes son el pastoreo, la siega, la fertilización, el encalado, la distribución de las deyecciones, la eliminación de especies invasoras, el riego, el drenaje, etc. Tipos de hábitats:

Nat2000 6510 Prados de siega de baja altitud (*Arrhenatherion*)

Prados de siega situados en los fondos de valle de los pisos termo y mesotemplado, sobre sustratos silíceos, que se mantienen mediante tratamientos culturales diversos: riegos, drenajes, fertilización, encalado, siega, pastoreo, eliminación de malas hierbas. Son formaciones herbáceas densas que pueden alcanzar un metro de altura, en las que dominan gramíneas como *Anthoxanthum odoratum* L., *Arrhenatherum elatius* (L.) Beauv. ex J. & C. Presl. subsp. *bulbosum* (Willdenow) Schübler & Martens, *Bromus hordeaceus* L., *Cynosurus cristatus* L., *Dactylis glomerata* L., *Gaudinia fragilis* (L.) Beauv., *Holcus lanatus* L., *Lolium perenne* L., *Trisetum flavescens* (L.) Beauv., etc. y leguminosas como *Trifolium dubium* Sibth, *Trifolium pratense* L., *Trifolium repens* L. y *Lotus pedunculatus* Cav.

Nat2000 6520 Prados de siega de montaña (*Trisetum-Polygonion bistortae*)

Formaciones herbáceas densas de cobertura total y altura próxima a un metro de los pisos mesotemplado superior y supratemplado inferior, generalmente por encima de los 600 m de altitud. Especies frecuentes son *Anthoxanthum odoratum* L., *Arrhenatherum elatius* (L.) Beauv. ex J. & C. Presl. subsp. *bulbosum* (Willdenow) Schübler & Martens, *Bromus hordeaceus* L., *Cynosurus cristatus* L., *Dactylis glomerata* L., *Holcus lanatus* L., *Lolium perenne* L., *Trisetum flavescens* (L.) Beauv., *Trifolium pratense* L., *Trifolium repens* L., *Trifolium dubium* Sibth, *Arnica montana* L., *Astrantia major* L., *Bellis perennis* L., *Chaerophyllum hirsutum* L., *Geranium sylvaticum* L., *Heracleum sphondylium* L., *Malva moschata* L., *Narcissus asturiensis* (Jordan) Pugsley, *Narcissus pseudonarcissus* L. subsp. *pseudonarcissus*, *Plantago lanceolata* L., *Pimpinella major* (L.) Hudson, *Polygonum bistorta* L., *Primula elatior* (L.) L., *Rhinantus minor* L., *Silene dioica* (L.) Clairv. y *Silene vulgaris* (Moench) Garcke.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EUROPEAN COMMISSION DG Environment (2013) Manual of European Union habitats.

Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente, Dirección General de Conservación de la Naturaleza (2003) Atlas y Manual de los hábitats de España. Madrid.

Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente (2016) Fichas Tipos de Hábitat de Interés Comunitarios de España: http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/rn_tip_hab_esp_espana_acceso_fichas.aspx.

RAMIL REGO P., RODRÍGUEZ GUITIÁN M.A., HINOJO SÁNCHEZ B.A., RODRÍGUEZ GONZÁLEZ P.M., FERREIRO DA COSTA J., RUBINOS ROMÁN M., GÓMEZ-ORELLANA RODRÍGUEZ L., DE NÓVOA FERNÁNDEZ B., DÍAZ VARELA R.A., MARTÍNEZ SÁNCHEZ S. Y CILLERO CASTRO C. (2008) Os hábitats de interese comunitario en Galicia. Descripción e valoración territorial. Monografías do Ibader. Universidade de Santiago de Compostela. Lugo.

RAMIL REGO P., RODRÍGUEZ GUITIÁN M.A., FERREIRO DA COSTA J., RUBINOS ROMÁN M., GÓMEZ-ORELLANA L., DE NÓVOA FERNÁNDEZ B., HINOJO SÁNCHEZ B.A., MARTÍNEZ SÁNCHEZ S., CILLERO CASTRO C., DÍAZ VARELA R.A., RODRÍGUEZ GONZÁLEZ P.M. Y MUÑOZ SOBRINO C.



- (2008) Os Hábitats de Interese Comunitario en Galicia. Fichas descritivas. Monografías do Ibader. Universidade de Santiago de Compostela. Lugo.
- VV.AA. (2009) Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

EFFECTO DE LA BIOFORTIFICACIÓN CON ZINC SOBRE *Trifolium subterraneum* L. CRECIDO EN SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO

M.J. POBLACIONES^{1,2} Y Z. RENGEL².

¹Departamento de Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal, Universidad de Extremadura, Avda. Adolfo Suárez s/n, 06007, Badajoz (España). majops@unex.es. ²School of Earth and Environment, The University of Western Australia, 35 Stirling Highway, Crawley, WA 6009, Perth (Australia). zed.rengel@uwa.edu.au.

RESUMEN

Mientras que el zinc (Zn) es un nutriente esencial para plantas, animales y humanos, el cadmio (Cd) es uno de los contaminantes más peligrosos que existen en la naturaleza. Debido a su similitud química, el Zn es ampliamente utilizado para aliviar la toxicidad en Cd. En este ensayo de invernadero se estudió el efecto de la aplicación foliar de disoluciones al 0, 0,25 y 0,5% de $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ sobre *Trifolium subterraneum* L. crecido en suelos con niveles de 0, 2,5 y 5 mg Cd kg⁻¹. Se observó una disminución en las concentraciones iniciales de Cd-DTPA en el suelo del 31-37%. La aplicación foliar de Zn, a ambas dosis estudiadas, disminuyó significativamente la concentración de Cd en los brotes en los suelos más contaminados. Destacó la aplicación foliar de 0,25% de $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ya que disminuyó significativamente el contenido de Cd-DTPA en el suelo mientras que aumentó significativamente el crecimiento tanto radicular como aéreo. Por tanto, se observa el potencial de la aplicación foliar de Zn como herramienta eficaz para la remediación de Cd en suelos contaminados.

Palabras clave: biofortificación agronómica, deficiencia zinc, fertilizantes.

INTRODUCCIÓN

Cerca de un tercio de la población mundial presenta una ingesta deficiente en zinc (Zn), constituyendo una de las malnutriciones en micronutrientes más comunes (Alloway, 2008; Cakmak *et al.*, 2010). El Zn es un nutriente esencial para plantas, animales y humanos y su entrada en la cadena alimentaria está directamente relacionada con la solubilidad del Zn en el suelo (Cakmak, 2000; Alloway, 2008). En algunas áreas de Australia, con una baja solubilidad del Zn en el suelo, se ha encontrado deficiencia en Zn en ganado y humanos (Alloway, 2009). Esta deficiencia puede causar serios problemas en las cosechas ya que el Zn es requerido para diferentes procesos fisiológicos y bioquímicos como la fotosíntesis o la síntesis de proteínas (Cakmak, 2000; Alloway, 2008). En animales y humanos, una baja ingesta se asocia a complicaciones severas en la salud, incluyendo daños en el ADN, debilitamiento del sistema inmune, aumento en la incidencia de diversos tipos de cáncer (Alloway, 2008; Graham *et al.*, 2012). Para alcanzar niveles adecuados, la aplicación foliar de Zn se ha constatado como la técnica más eficiente de biofortificación agronómica para aumentar significativamente los contenidos de Zn en las partes comestibles de muchos cultivos (Cakmak *et al.*, 2010; Zou *et al.*, 2012).

Otro beneficio muy importante y bien documentado es su utilización para aliviar la toxicidad de cadmio (Cd) debido a su similitud química (Hassan *et al.*, 2005; Moustakas *et al.*, 2011). El Cd se acumula en los suelos principalmente debido a fuentes antropogénicas y presenta efectos adversos en la actividad biológica y una alta toxicidad. De hecho, se sitúa como la séptima sustancia más tóxica de la naturaleza (Han *et al.*, 2007). En plantas inhibe la germinación, el crecimiento, la conductividad

hidráulica de las raíces (Benavides *et al.*, 2005; Popova *et al.*, 2009). En animales y humanos se asocia con problemas renales, neurológicos, esqueléticos y otros efectos tóxicos (Bulat *et al.*, 2008). A pesar de su toxicidad, se han encontrado niveles crecientes de Cd en suelos agrícolas australianos debido a la aplicación de fertilizantes fosfóricos y lodos de depuradoras en tierras agrícolas (Nursita *et al.*, 2005). Como la alimentación es la principal vía de entrada en animales y humanos, reducir la entrada de Cd en la cadena trófica es un objetivo crucial para las Autoridades (Sarwar *et al.*, 2010).

En esta lucha, la aplicación de Zn es una práctica relativamente barata, rápida y efectiva para evitar la contaminación de Cd de los alimentos (Hassan *et al.*, 2005; Moustakas *et al.*, 2011). El hecho de que el Cd sea un contaminante tóxico y el Zn un micronutriente esencial hace esta relación muy interesante. El efecto de la aplicación de Zn al suelo para disminuir la toma, translocación y acumulación de Cd en las plantas está bien documentada (Adiloglu, 2002). Sin embargo, existe poca información sobre el efecto de la aplicación foliar de Zn, con objetivos biofortificadores, en la acumulación de Cd. El objetivo de este estudio fue evaluar el potencial de aplicación foliar de Zn en *Trifolium subterraneum* L. crecido en diferentes suelos contaminados con Cd en términos de acumulación de Cd y Zn en el sistema radicular y aéreo, y su efecto en la producción de la biomasa producida.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo entre mayo y julio de 2015, en un invernadero iluminado con luz natural, localizado en la Universidad de Western Australia, Perth (31°57' S, 115°47' E). La temperatura media y humedad relativa durante el periodo de crecimiento fue entre 18 y 24 °C y 70%, respectivamente. Se utilizó un suelo arenoso sin Cd detectable que fue secado al aire y tamizado a 2 mm, con pH al agua de 6,4 y conductividad eléctrica de 0,0328 dS m⁻¹. El contenido de Cd y Zn extractables del suelo se determinó siguiendo el método de Lindsay y Norvell (1978) mediante extracción con DTPA (ácido dietilenotriamina pentaacético) utilizando un ratio suelo:solución 1:2 y un tiempo de agitación de 2 horas. Posteriormente se determinó mediante espectroscopía de emisión óptica junto a un plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES, Vista-Pro Axial, Varian Pty Ltd, Mulgrave, Australia). Todos los resultados se han expresado en materia seca.

El Cd, como CdCl₂·2 1/2H₂O, se disolvió en agua Mili-Q y añadió al suelo a las concentraciones de 0, 2,5 ó 5 mg Cd kg⁻¹. Una solución nutritiva fue añadida a todos los tratamientos en los niveles siguientes (en mg kg⁻¹ suelo): 33,3 N; 20,5 P; 88,7 K; S 34,2; Ca 41,0; Cl 72,5; Mg 3,95; Mn 3,26; Cu 0,51; B 0,12; Co 0,11; Mo 0,08 y fueron uniformemente mezclados. Los suelos enmendados se colocaron en bolsas de plástico y equilibraron en un cuarto oscuro a 25 °C durante 10 días.

El experimento se dispuso en un diseño completamente al azar con tres concentraciones de Cd: 0, 2,5 y 5 mg Cd kg⁻¹ y la aplicación foliar de 10 ml maceta⁻¹ de una solución de 0, 0,25% y 0,5% de ZnSO₄·7H₂O con cuatro repeticiones. Los tratamientos foliares de Zn consistieron en pulverizar la solución a las 4 semanas de edad de las plantas, al final de la tarde hasta que la mayoría de las hojas estaban cubiertas. Las macetas fueron cubiertas con polietileno en la base de las plantas de modo que la solución no goteara en el suelo. Durante el crecimiento de las plantas, cada 14 días se realizaron aplicaciones de 33,3 mg N kg⁻¹.

Las semillas de *Trifolium subterraneum* cv Seaton Park se sembraron en macetas de 3,3 L (140 mm de diámetro en la parte superior y 140 mm de altura), con una capacidad de 2,6 kg de suelo por maceta. Las semillas fueron esterilizadas superficialmente por inmersión en etanol al 80% durante 60 s y lavadas con agua destilada. Dos semanas después de la emergencia, las plántulas fueron aclaradas hasta dejar diez plantas por maceta. El contenido de humedad se mantuvo próximo

a la capacidad de campo regando cada 2-3 días con agua destilada. No hubo incidencias de plagas o enfermedades durante el desarrollo del experimento. Las plantas se cosecharon a las ocho semanas de crecimiento. La parte aérea se cortó justo por encima de la superficie del suelo y su base se lavó con agua destilada. Se recogieron muestras de suelo para analizar el Cd y el Zn extraíble al final del experimento. Las raíces fueron separadas del suelo mediante lavado con agua corriente del grifo sobre una malla y enjuagada con agua destilada tres veces. Las muestras se secaron al aire a 60 °C durante 72 h en una cámara de aire forzado hasta peso constante y se registró la materia seca (MS) de la parte aérea y radicular. El contenido total de Zn y Cd se determinó por ICP-OES como se ha descrito anteriormente para las muestras de suelo, después de digerir el material vegetal en una mezcla de ácidos nítrico y perclórico concentrado (Simmons, 1978).

Los datos de Zn y Cd-DTPA del suelo, de biomasa aérea y radicular del trébol y del Cd y Zn totales en la biomasa del trébol fueron analizados mediante ANOVA de dos vías incluyendo 'niveles de Cd' (NoCd, 2,5Cd y 5Cd), 'aplicación foliar de Zn' (0Zn, 0,25Zn y 0,5Zn) y su interacción. Cuando se encontraron diferencias significativas, las medias se compararon mediante el test de Fisher de mínima diferencia significativa (MDS). Los análisis se realizaron con el paquete Statistix v. 8.10.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis inicial de los suelos utilizados en el estudio mostró que el contenido de Zn-DTPA fue 0,26 mg kg⁻¹ y los de Cd-DTPA 0, 2,02 y 4,35 mg kg⁻¹ en los tratamientos con 0, 2,5 y 5 mg Cd kg⁻¹, respectivamente. Una vez realizada la cosecha, el nivel de Cd sólo influyó significativamente en el Cd-DTPA (Tabla 1), siendo, como era de esperar, la concentración de Cd-DTPA mayor a medida que el nivel inicial de Cd fue mayor aunque el cultivo absorbió un 37 y un 31% del Cd-DTPA en los tratamientos 2,5Cd y 5Cd, respectivamente (Tabla 2).

Tabla 1. Estadístico F y significación resultante de la ANOVA de dos vías para los parámetros estudiados.

g.l.	Niveles de Cd (Cd)	Zn Foliar (Zn)	Cd*Zn
	2	2	4
Cd-DTPA	981,4***	4,4*	1,9
Zn-DTPA	2,8	18,2***	1,6
Cd total	733,0***	3,3	3,1*
Zn total	16,6***	494,0***	3,2*
Raíces planta-1	2,3	15,5***	3,2*
Brotos planta-1	20,3***	14,2***	4,0*

g.l. grados de libertad; Nivel de significación * $P \leq 0,05$; *** $P \leq 0,001$.

La aplicación foliar de Zn influyó significativamente tanto en las concentraciones de Cd como de Zn extraíbles en el suelo (Tabla 1). El contenido de Cd-DTPA en el suelo disminuyó significativamente con la dosis 0,25Zn (1,32 mg Zn-DTPA kg⁻¹) frente a los tratamientos 0Zn (1,52 mg Zn-DTPA kg⁻¹) y 0,5Zn (1,46 mg Zn-DTPA kg⁻¹) aunque sin diferencias significativas con este último. En cuanto al Zn-DTPA, la aplicación foliar de Zn aumentó significativamente su contenido, aunque sin diferencias significativas entre la dosis 0,25Zn (3,44 mg Zn-DTPA kg⁻¹) y 0,5Zn (3,79 mg Zn-DTPA kg⁻¹), pero mayor que la dosis 0Zn (2,39 mg Zn-DTPA kg⁻¹).



Tabla 2. Concentración de Cd-DTPA en el suelo, Cd y Zn en los brotes, biomasa radicular y aérea influida por el contenido en Cd del suelo así como por la interacción contenido Cd en el suelo por la aplicación foliar de Zn.

Tratamiento	Cd-DTPA (mg kg ⁻¹)	Cd total (mg kg ⁻¹)	Zn total (mg kg ⁻¹)	Raíces planta ⁻¹ (g MS)	Brotes planta ⁻¹ (g MS)
NoCd	0,01 C	0,03 C	131,6 B	0,14	0,14 A
0Zn	0,01	0,02 d	38,5 d	0,12 b	0,15 ab
0,25Zn	0,01	0,03 d	137,3 c	0,18 a	0,16 a
0,5Zn	0,01	0,05 b	218,9 b	0,11 b	0,12 cd
2,5Cd	1,28 B	95,7 B	164,4 A	0,13	0,12 B
0Zn	1,32	93,1 c	58,2 d	0,11 b	0,10 e
0,25Zn	1,16	94,9 c	154,4 c	0,16 a	0,14 bc
0,5Zn	1,34	95,9 c	280,6 a	0,12 b	0,12 de
5Cd	3,02 A	196,2 A	165,3 A	0,12	0,11 B
0Zn	3,23	218,6 a	55,9 d	0,11 b	0,10 e
0,25Zn	2,79	184,4 b	157,8 c	0,13 b	0,12 d
0,5Zn	3,04	158,6 b	282,4 a	0,12 b	0,11 de

Letras mayúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$) de acuerdo con el test de Fisher de MDS para el contenido en Cd. Letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$) de acuerdo con el test de Fisher de MDS para la interacción Cd*Zn.

La concentración de Cd total en los brotes aumentó significativa y proporcionalmente respecto al contenido en Cd-DTPA (Tablas 1 y 2). Dentro del nivel alto de contaminación por Cd, la aplicación foliar de Zn, tanto a dosis de 0,25 como 0,5% ZnSO₄·7H₂O, redujeron significativamente el contenido de Cd total en los brotes entre un 16 y un 27%, respectivamente. Esto implica que el Zn puede actuar como antagonista con la toma de Cd a cierta concentración. Saifullah *et al.* (2014), en un experimento con trigo, encontraron como la aplicación foliar de 0,3% de ZnSO₄ disminuyó el contenido de Cd en el grano. En el caso del Zn total, la aplicación de la mayor dosis de Zn foliar provocó mayores concentraciones de Zn en los brotes, siendo la acumulación algo mayor en las macetas con contenidos medios o altos de Cd-DTPA (Tabla 2) lo que mostraría un efecto sinérgico entre el Cd y el Zn aplicado a dosis más altas, de acuerdo, de nuevo con Saifullah *et al.* (2014). Para todos los contenidos de Cd, se puede considerar la biofortificación eficaz, con aumentos medios de 100 mg kg⁻¹ de la dosis 0Zn a la dosis 0,25Zn y de 110 mg kg⁻¹ de la dosis 0,25Zn a la de 0,5Zn.

La disminución del crecimiento tanto radicular como aéreo es el primer indicador de toxicidad en Cd (Sandaglio *et al.*, 2001), sólo observándose un efecto significativo en los brotes (Tabla 1). Se observa, sin embargo, un efecto positivo y significativo de la aplicación de la dosis 0,25Zn, tanto en las macetas sin Cd-DTPA como en las que tienen una concentración media en el mismo, así como una disminución significativa del crecimiento aéreo debido al mayor contenido en Cd-DTPA en el suelo (Tablas 1 y 2). Estos resultados están de acuerdo con los obtenidos por Stravinskiene y Racaite (2014), quienes observaron un aumento significativo en el crecimiento de *Trifolium repens* crecido en suelos contaminados con Cd al aplicarle una dosis baja de Zn al suelo.

CONCLUSIONES

Del presente estudio se puede concluir que la aplicación foliar de Zn a dosis de 0,25% de ZnSO₄·7H₂O, puede mejorar tanto los efectos adversos a la exposición de Cd disminuyendo la acumulación del mismo en la parte comestible del *Trifolium subterraneum* L., como mejorando la concentración de Zn en los brotes y mejorando el crecimiento radicular y aéreo del mismo. Haría falta más investigación en campo e invernadero sobre suelo naturalmente contaminado, para evaluar las interacciones Cd-Zn y determinar la concentración óptima de Zn para minimizar la acumulación del Cd en las partes comestibles.



AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer la beca de movilidad concedida por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España (José Castillejo CAS14/00146) a la Dra. Poblaciones en la School of Earth and Environment (University of Western Australia).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADIOGLU A. (2002) The effect of Zinc (Zn) application on uptake of cadmium (Cd) in some cereal species. *Archives of Agronomy and Soil Science*, **48**, 553-556.
- ALLOWAY B.J. (2008) *Zinc in soils and crop nutrition*. Bruselas, Bélgica: Edición de International Zinc Association (2nd ed.).
- ALLOWAY B.J. (2009) Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans. *Environmental Geochemistry and Health*, **31**, 537-548.
- BENAVIDES M.P., GALLEGO S.M. Y TOMARO M.L. (2005) Cadmium toxicity in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, **17**, 21-34.
- BULAT P.Z., DJUKIĆ-ĆOSIĆ D., MALIČEVIĆ Ž., BULAT P. Y MATOVIĆ V. (2008) Zinc or magnesium supplementation modulates Cd intoxication in blood, kidney, spleen, and bone of rabbits. *Biological Trace Element Research*, **124**, 110-117.
- CAKMAK I (2000) Role of zinc in protecting plant cells from reactive oxygen species. *New Phytology*, **146**, 185-205.
- CAKMAK I., KALAYCI M., KAYA Y., TORUN A.A. Y AYDIN N. (2010) Biofortification and localization of zinc in wheat grain. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **58**, 9092-9102.
- GRAHAM R.D., KNEZ M. Y WELCH R.M. (2012) How much nutritional iron deficiency in humans globally is due to an underlying zinc deficiency? *Advances in Agronomy*, **115**, 1-40.
- HAN Y.L., YUAN H.Y., HUANG S.Z., GUO Z., XIA B. Y GU J. (2007) Cadmium tolerance and accumulation by two species of *Iris*. *Ecotoxicology*, **16**, 557-563.
- HASSAN M.J., SHAO G.S. Y ZHANG G.P. (2005) Influence of cadmium toxicity on antioxidant enzyme activity in rice cultivars with different grain cadmium accumulation. *Journal of Plant Nutrition*, **28**, 1259-1270.
- LINDSAY W.L. Y NORVELL W.A. (1978) Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science of Society of American Journal*, **42**, 421-428.
- MOUSTAKAS N.K., AKOUMIANAKI A.I. Y BAROUCHAS P.E. (2011) The effects of cadmium and zinc interactions on the concentration of cadmium and zinc in pot marigold (*Calendula officinalis* L.). *Australian Journal of Crop Science*, **5**, 277-282.
- NURSITA A.I., SINGH B. Y LEES E. (2005) The effect of cadmium on population, growth and cadmium of *Proisotoma minuta* in some Australian soils. *Australasian Journal of Ecotoxicology*, **11**, 73-83.
- POPOVA L., MASLENKOVA L., YORDANOVA R., IVANOVA A., KRANTEV A. Y SZALAI G. (2009) Exogenous treatment with salicylic acid attenuates cadmium toxicity in pea seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*, **47**, 224-231
- SAIFULLAH M., SARWAR N., BIBI S., AHMAD M. Y OK Y.S. (2014) Effectiveness of zinc application to minimize cadmium toxicity and accumulation in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Environmental Earth Science*, **71**, 1663-1672.
- SANDALIO L.M., DALURZO H.C., GÓMEZ M., ROMERO-PUERTAS M.C. Y DEL RÍO L.A. (2001) Cadmium-induced changes in the growth and oxidative metabolism of pea plants. *Journal of Experimental Botany*, **52**, 2115-2126.



- SARWAR N., SAIFULLA H., MALHI S.S., ZIA M.H., NAEEM A., BIBI S. Y FARID G. (2010) Role of mineral nutrition in minimizing cadmium accumulation by plants. *Journal of Science and Food Agriculture*, **90**, 925-937.
- SIMMONS W.J. (1978) Background absorption error in determination of copper in plants by flame atomic absorption spectrometry. *Analytical Chemistry*, **50**, 870-873.
- STRAVINSKIENE V. Y RACAITE M. (2014) Impact of Cadmium and Zinc on the growth of white clover (*Trifolium repens* L.) shoots and roots. *Polish Journal of Environmental Studies*, **23**, 1355-1359.
- ZOU C.Q., ZHANG Y.Q., RASHID A., RAM H. Y SAVASLI E. (2012) Biofortification of wheat with zinc through zinc fertilization in seven countries. *Plant and Soil*, **361**, 119-130.

FOLIAR ZINC BIOFORTIFICATION IN *Trifolium subterraneum* L. UNDER CADMIUM-CONTAMINATED SOILS

SUMMARY

Zinc (Zn) is an essential nutrient for plants, animals and humans, but cadmium (Cd) is one of the most pollutants in the environment. Due to their chemistry similarity, Zn is widely used to alleviate Cd contamination. In this study 3 foliar Zn dose (0, 0.25 and 0.5 % v/w ZnSO₄·7H₂O) were applied on *Trifolium subterraneum* L. grown in soils with three different Cd contents (0, 25 y 5 mg Cd kg⁻¹). The concentration of soil Cd-DTPA decreased between 24 to 36% after growth. Foliar Zn application, in both dose, significantly decreased total Cd concentration in forage biomass. The dose of 0.25% highlighted because produced a significant decrease in soil Cd-DTPA concentration, as well as significantly increased root and shoot biomass. Therefore, foliar Zn application showed potential as efficient tool to remediate Cd in Cd-contaminated areas.

Key words: agronomic biofortification, zinc deficiency, fertilizers.



VARIACIÓN EN LA CONCENTRACIÓN DE ALCALOIDES FÚNGICOS EN *Festuca rubra* DEL NORTE Y SUR DE EUROPA

B.R. VÁZQUEZ DE ALDANA¹, M. HELANDER², K. SAIKKONEN³, A. ALVAREZ-PASCUA¹ Y E.I. ZABALGOGEAZCOA¹.

¹IRNASA-CSIC, 37008 Salamanca, España. beatriz.dealdana@irnasa.csic.es. ²Section of Ecology, Department of Biology, University of Turku, 20014 Turku, Finland. ³Natural Resources Institute Finland (LUKE), Finland.

RESUMEN

Los hongos endófitos del género *Epichloë* infectan de forma asintomática varias especies de gramíneas. Las plantas de *Festuca rubra* infectadas por *Epichloë festucae* pueden contener dos tipos de alcaloides, uno tóxico para el ganado (ergovalina) y otro tóxico para insectos (peramina). En este trabajo se estudia el efecto de la procedencia de la planta y de las condiciones de crecimiento (parcela) en el contenido de alcaloides en plantas de *F. rubra* procedentes de pastos del sur (España) y del norte de Europa (Islas Faroe y Finlandia), en un ensayo experimental de campo llevado a cabo de forma simultánea en tres parcelas experimentales localizadas en España (Salamanca) y en Finlandia (Ruissalo y Kevo). El alcaloide peramina se detectó en un 53% de las plantas procedentes de España, pero en las plantas procedentes del norte de Europa (Islas Faroe o Finlandia) no se detectó. El alcaloide ergovalina se detectó en plantas de las tres procedencias y en las tres parcelas experimentales. La mayor concentración de ergovalina se encontró en las plantas de Finlandia y respecto a la parcela experimental, la mayor concentración se encontró en ambas parcelas de Finlandia, que fueron significativamente superiores a la de la parcela de España.

Palabras clave: gramíneas, peramina, ergovalina, variabilidad geográfica, *Epichloë*.

INTRODUCCIÓN

Festuca rubra L. es una gramínea perenne frecuente en pastos y adaptada a diferentes condiciones ambientales. Los órganos aéreos de esta gramínea son infectados sistémicamente por el hongo endofítico *Epichloë festucae*, que se transmite eficientemente por semilla. Así, se han encontrado plantas de *F. rubra* infectadas en pastos de toda Europa, desde pastos españoles en la dehesa salmantina (Zabalgogezcoa *et al.*, 1999) a diversos hábitats en los países nórdicos (Wäli *et al.*, 2007).

Las asociaciones entre endófitos *Epichloë* y gramíneas son de tipo mutualista, debido principalmente a que el hongo no causa síntomas visibles, pero produce varios tipos de alcaloides tóxicos para herbívoros que protegen a la planta huésped (Bush *et al.*, 1997). Las plantas de *F. rubra* infectadas por *Epichloë* pueden contener dos tipos de alcaloides, uno tóxico para el ganado (ergovalina) y otro tóxico para insectos (peramina). La concentración de estos alcaloides en la planta depende del genotipo del hongo y de la planta, así como de las condiciones ambientales (Schardl *et al.*, 2013). Actualmente existen endófitos que se utilizan en la mejora de gramíneas, siendo de especial interés para la mejora de variedades forrajeras aquellas cepas que no producen alcaloides tóxicos para el ganado.

En este trabajo se estudia el efecto de la procedencia de la planta y de las condiciones ambientales de crecimiento en el contenido de alcaloides en plantas de *F. rubra* infectadas por *Epichloë*. Para ello se consideraron plantas procedentes de pastos del sur (España) y del norte de

Europa (Islas Faroe y Finlandia), en un ensayo experimental de campo llevado a cabo de forma simultánea en España (Salamanca) y en Finlandia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un muestreo de plantas de *F. rubra* en pastos de España, Islas Faroe y Finlandia. El muestreo en España se realizó en pastos de dehesa en la provincia de Salamanca (40°58'N, 6°7'O; 40°58'N, 5°57'O; 40°21'N 5°49'N). En las Islas Faroe, se muestreó una pradera (61°59'N, 6°48'O). En Finlandia se muestrearon dos puntos: una pradera a la orilla del mar en la zona más meridional (Ruissalo; 59°50'N, 23°13'E) y una rivera en la zona más septentrional del país (Utsjoki, Laponia; 69° 55' N, 27° 2' E). En cada una de las cuatro localidades, se recogieron un total de 90 plantas de *F. rubra* en tres zonas distantes un mínimo de 20 km (30 plantas en cada zona). Las plantas se llevaron al laboratorio y se verificó la presencia del hongo endofítico *Epichloë festucae* por microscopía y mediante su aislamiento directo de trozos de tallo en agar de patata y dextrosa (Bacon y White, 1994).

Todas las plantas recogidas (155 plantas infectadas por *Epichloë* (E+) y 205 plantas no infectadas (E-) se dividieron vegetativamente en clones y se trasplantaron a semilleros con una mezcla de turba y perlita (2:1), de forma que se pudieran tener tres copias completas de toda la colección de plantas (360) para trasplantar en tres parcelas geográficamente diferentes. En octubre de 2012, se realizó el trasplante del total de 360 plantas en tres parcelas experimentales: España (Salamanca, finca experimental Muñovela), sur de Finlandia (Ruissalo) y norte de Finlandia (Kevo). Cada una de las parcelas contenía un total de 360 plantas, con el mismo diseño de distribución al azar y distancia entre las plantas. Las plantas se regaron durante el primer mes de establecimiento, pero no posteriormente. En junio de 2013, se cortó la biomasa aérea de todas las plantas en cada una de las parcelas, y las muestras se liofilizaron para posterior análisis químico.

Se seleccionaron 50 plantas E+, de forma que de cada una hubiera una cantidad de materia seca suficiente en las muestras recogidas en las tres parcelas experimentales para llevar a cabo el análisis químico de alcaloides. Hay que señalar que en la parcela del norte de Finlandia el crecimiento de las plantas es menor en comparación a la parcela de España. Así que las plantas E+ seleccionadas fueron: 14 plantas procedentes de Faroe, 21 plantas de Finlandia, 15 plantas de España. Las plantas no infectadas seleccionadas procedían de Faroe (4), Finlandia (7) y España (4). En la mayor parte de los casos se pudieron analizar muestras de estas plantas de las tres parcelas.

Para el análisis de peramina se siguió el método descrito por Barker *et al.* (1993). Se realizó una extracción de 100 mg de muestra vegetal (seca y molida) con 3 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 ml de ácido fórmico al 5%. La cuantificación se realizó por HPLC con una columna C18 3,9 mm x 150 mm; 4 µm (Nova Pack, Waters) con un detector PDA (matriz de fotodiodos) Waters 2996, a $\lambda=280$ nm. La fase móvil fue isocrática compuesta de acetonitrilo al 18% en tampón de ácido fórmico en carbonato de guanidina (10 mM) con un flujo de 0,7 ml min⁻¹.

El análisis de ergovalina se realizó según el procedimiento descrito por Yue *et al.* (2000). Se realizó una extracción de 500 mg de planta en 10 ml de cloroformo y 0,5 ml de hidróxido de sodio 5 mM. El extracto fue filtrado y lavado con 3,0 ml de cloroformo, y posteriormente purificado con columnas de gel de sílice HL (Ergosil, Analtech) preconditionadas con 5,0 ml de cloroformo. Se eliminaron los pigmentos con 5,0 ml de cloroformo: acetona (75:25 v/v), y el residuo se eluyó con 3,0 ml de metanol. La cuantificación de ergovalina se realizó por HPLC con un módulo Waters 2596, una columna de C18 150 mm x 4,6 mm; 2,7 µm (Agilent Poroshell) y un detector de fluorescencia

(Waters 4570) con $\lambda_{exc}=250$ nm; $\lambda_{em}=420$ nm. La fase móvil fue acetonitrilo con acetato amónico 0,01M y flujo de 0,8 ml min⁻¹.

Los datos se analizaron estadísticamente mediante un ANOVA de dos vías considerando los factores 'procedencia de la planta' y 'parcela experimental'.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje de plantas infectadas por *Epichloë* fue de 40-80% en España, 4-71% en Islas Faroe, 0% en el sur Finlandia y 52-68% en el norte de Finlandia. La incidencia de *Epichloë* en gramíneas silvestres es variable y se desconoce a qué factores concretos se debe, pero las altas frecuencias encontradas sugieren que en las condiciones ambientales en esas localidades el endófito puede proporcionar beneficios selectivos a la planta huésped (Clay y Holah, 1999; Wali *et al.*, 2007).

El alcaloide peramina se detectó en un 53% de las plantas procedentes de España, pero en las plantas procedentes del norte de Europa (Islas Faroe o Finlandia) no se detectó dicho alcaloide en ninguna de las tres parcelas. En la mayoría de los casos, las plantas de España que producen peramina lo hicieron en las tres parcelas experimentales donde crecieron (Salamanca, Ruissalo y Kevo), y las concentraciones fueron similares en dichas parcelas (Tabla 1).

Tabla 1. Concentración del alcaloide peramina en plantas españolas de *Festuca rubra* infectadas por *Epichloë* creciendo en tres parcelas experimentales, Salamanca (España), Ruissalo (Finlandia sur) y Kevo (Finlandia norte).

Procedencia de la planta	Código planta	Peramina (mg/kg)		
		Parcela experimental		
		Salamanca	Ruissalo	Kevo
SP	GD31	2,09	2,51	2,27
SP	LV3	3,79	0	NA
SP	LV6	2,12	2,02	0
SP	LV8	4,38	1,63	0
SP	LV18	3,02	3,47	NA
SP	POR3	2,12	2,68	1,47
SP	POR4	2,15	2,10	2,2
SP	POR12	3,15	2,21	2,55
SP	POR14	0	0	2,48
	MEDIA	2,85	2,37	2,19

NA = no se analizó la muestra por no haber suficiente cantidad.

El alcaloide ergovalina se detectó en plantas procedentes de los tres sitios (España, Islas Faroe y norte de Finlandia) y en las tres parcelas experimentales (Tabla 2). Considerando la procedencia de la planta, un 73,8% de las plantas procedentes de Finlandia produjeron ergovalina, así como el 23,1% de las procedentes de Islas Faroe y el 19,5% de las procedentes de España. Considerando las parcelas experimentales, estos porcentajes fueron del 60,9% de las plantas de Ruissalo, 44,4% de las de Kevo y 28,0% de las de Salamanca. Las plantas procedentes de Islas Faroe no produjeron ergovalina en la parcela de Salamanca, pero sí en el resto de las parcelas, y las plantas procedentes de España no produjeron ergovalina en la parcela de Kevo (norte de Finlandia) pero sí en el resto (Tabla 2).



Tabla 2. Porcentaje de plantas que producen ergovalina y concentración media ($\mu\text{g}/\text{kg}$) en plantas de *Festuca rubra* infectadas por *Epichloë festucae* de distinta procedencia (España, norte de Finlandia e Islas Faroe) creciendo en parcelas experimentales de España (Salamanca) y Finlandia (Ruissalo y Kevo). Entre paréntesis se indica número de plantas en las que se detectó el alcaloide y el total analizado.

Procedencia de la planta	Parcela experimental										
	Salamanca			Ruissalo			Kevo			TOTAL	
	%	$\mu\text{g}/\text{kg}$	SE	%	$\mu\text{g}/\text{kg}$	SE	%	$\mu\text{g}/\text{kg}$	SE	%	$\mu\text{g}/\text{kg}$ media
España	6,7(1/15)	5,47	5,47	50,0(7/14)	149,8	56,2	0(0/12)	0		19,5(8/41)	62,3
Finlandia	61,9(13/21)	146,3	33,6	76,2(16/21)	292,0	68,2	84,2(16/19)	292,7	41,1	73,8(45/61)	242,1
Islas Faroe	0(0/14)	0	0	45,5(5/11)	117,1	55,9	27,2(4/14)	83,4	52,8	23,1(9/39)	63,0
Total/Media	28,0	64,4		60,9	207,2		44,4	179,6			

Analizando los datos de concentración de ergovalina, se encontró un efecto significativo de la procedencia de la planta ($gl=2$; $F=15,3$; $P<0,0001$) y de la parcela experimental ($gl=2$; $F=5,99$; $P=0,003$), pero la interacción entre ambos factores no fue significativa ($gl=4$; $F=0,612$; $P=0,655$). La mayor concentración de ergovalina se encontró en las plantas procedentes de Finlandia, no habiendo diferencias significativas entre las procedentes de España e Islas Faroe. Respecto a la parcela experimental, la mayor concentración se encontró en ambas parcelas de Finlandia ($207,2 \mu\text{g}/\text{kg}$ y $179,6 \mu\text{g}/\text{kg}$ en las parcelas de Ruissalo y Kevo, respectivamente), que fueron significativamente superiores a la de la parcela de España (Tabla 2).

Si consideramos los dos alcaloides en el conjunto en las plantas procedentes de España (que son las únicas que producen peramina), creciendo en las tres parcelas experimentales, un 20% de las plantas contienen los dos alcaloides en alguna de las tres parcelas, un 33% solo contienen peramina, un 27% solo contienen ergovalina y un 20% ninguno de los alcaloides. Estas plantas que producen peramina, con actividad insecticida, pero no ergovalina, tóxico para ganado, pueden tener interés para su uso como forrajeras.

Los resultados obtenidos sugieren que la concentración de peramina es menos variable que la de ergovalina. La concentración de ergovalina parece ser más dependiente de factores ambientales, ya que una misma planta varía en la concentración de dicho alcaloide dependiendo de la parcela experimental, y por tanto las condiciones ambientales. Sin embargo, la concentración de peramina en las plantas no tiene grandes variaciones entre parcelas experimentales, y parece ser más dependiente del genotipo de la planta o del hongo. Así por ejemplo solo se detectó peramina en las plantas procedentes de España. Resultados similares se encontraron en estudios realizados con *Festuca rubra* de dehesas de la provincia de Salamanca (Vázquez de Aldana *et al.*, 2010).

Resulta curioso que la concentración de ergovalina tienda a incrementar en la parcela de Ruissalo. En ninguna de las localidades de muestreo hay una elevada presión de pastoreo, que pudiera inducir a elevados niveles de este alcaloide como protección contra ganado (Bony y Delatour, 2001). Esto también podría indicar que este alcaloide tiene otras funciones además de la protección contra herbívoros (Bush *et al.*, 1997; Panaccione *et al.*, 2014). Hay trabajos que indican que la concentración de alcaloides fúngicos aumenta en condiciones de estrés ambiental, como por ejemplo la sequía (Hahn *et al.*, 2008). Esto sugiere que las condiciones ambientales de la parcela de Ruissalo puedan ser más estresantes para las plantas. Hay una importante diferencia en las horas de luz entre las parcelas y en la duración del período de crecimiento. Así en la temporada de crecimiento de las plantas, el día en Ruissalo es más largo que en Salamanca, y en Kevo apenas hay

noche. Por otro lado, el periodo de crecimiento en Finlandia es más corto que en España. Estas diferencias podrían inducir a una mayor concentración de alcaloides en las plantas de las parcelas de Finlandia.

En la mayor parte de los casos, la concentración de ergovalina se encontró por debajo del nivel considerado como crítico en la dieta (400 µg/kg), por encima del cual se pueden observar síntomas clínicos de toxicidad en ganado vacuno (Zabalgogezcoa y Bony, 2008). Un 9% de las plantas produjo concentraciones por encima de este nivel en alguna de las parcelas experimentales, la mayoría de los casos corresponden a plantas procedentes de Finlandia creciendo en las parcelas de Finlandia.

CONCLUSIONES

Las plantas de *Festuca rubra* infectadas por *Epichloë* tienen concentraciones de alcaloides fúngicos que varían con la procedencia de la planta y las condiciones de crecimiento entre el norte y sur de Europa. La concentración de peramina, insecticida, parece más dependiente de la procedencia de la planta. La concentración de ergovalina, tóxico para mamíferos, puede estar más relacionada con los factores ambientales ya que su concentración en la planta varía con la parcela experimental.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de colaboración ha sido financiado con el proyecto International Network for Terrestrial Research and Monitoring in the Arctic (INTERACT), el Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España (proyecto AGL2011-22783) y Academy of Finland (proyecto 137909).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACON C.W. Y WHITE J.F. (1994) Stains, media and procedures for analyzing endophytes. En: Bacon C.W. y White J.F. (Eds) *Biotechnology of endophytic fungi of grasses*, pp. 47-56. Boca Raton, FL: CRC Press.
- 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. et al. (Eds) *Proceedings of the Second International Symposium on Acremonium/Grass Interactions*, pp. 67-71. Palmerston North, New Zealand: AgResearch.
- BONY S. Y DELATOUR P. (2001) Relevance and impact of grass endophyte toxins in Europe. En: Paul V.H.Y. y Dapprich P.D. (Eds) *The Grassland Conference 2000 Soest*, pp. 207-218. Soest, Germany: Paderborn University.
- BUSH L.P., WILKINSON H.H. Y SCHARDL C.L. (1997) Bioprotective alkaloids of grass-fungal endophyte symbioses. *Plant Physiology*, **114**, 1-7.
- CLAY K. Y HOLAH J. (1999) Fungal endophyte symbiosis and plant diversity in successional fields. *Science*, **285**, 1742-1744.
- HAHN H., MCMANUS M.T., WARNSTORFF K. Y SCOTT B. (2008) *Neotyphodium* fungal endophytes confer physiological protection to perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) subjected to a water deficit. *Environmental and Experimental Botany*, **63**, 183-199.
- PANACCIONE D.G., BEAULIEU W.T. Y COOK D. (2014) Bioactive alkaloids in vertically transmitted fungal endophytes. *Functional Ecology*, **28**, 299-314.
- 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**, 480-488.



- VÁZQUEZ DE ALDANA B.R., ZABALGOGÉAZCOA I., RUBIO DE CASAS R., GARCÍA-CIUDAD A. Y GARCÍA-CRIADO B. (2010) Relationships between the genetic distance of *Epichloë festucae* isolates and the ergovaline and peramine contents of their *Festuca rubra* hosts. *Annals of Applied Biology*, **156**, 51-61.
- WÄLI P.R., AHLHOLM J.U., HELANDER M. Y SAIKKONEN K. (2007) Occurrence and genetic structure of the systemic grass endophyte *Epichloë festucae* in fine fescue populations. *Microbial Ecology*, **53**, 20-29.
- YUE Q., JOHNSON CICALÉSE J., GIANFAGNA T.J. Y MEYER W.A. (2000) Alkaloid production and chinch bug resistance in endophyte-inoculated chewings and strong creeping red fescues. *Journal of Chemical Ecology*, **26**, 279-292.
- ZABALGOGÉAZCOA I., VÁZQUEZ DE ALDANA B.R., GARCÍA CRIADO B. Y GARCÍA CIUDAD A. (1999) The infection of *Festuca rubra* by the fungal endophyte *Epichloë festucae* in Mediterranean permanent grasslands. *Grass and Forage Science*, **54**, 91-95.
- ZABALGOGÉAZCOA I. Y BONY S. (2008) Neotyphodium research and application in Europe. En: Roberts C.A. *et al.* (Eds) *Neotyphodium in Cool-Season Grasses*, pp. 23-33. Iowa, USA: Blackwell Publishing.

VARIATION OF FUNGAL ALKALOID CONTENTS IN *Festuca rubra* FROM NORTH AND SOUTH EUROPE

SUMMARY

Several pasture grasses are commonly infected by *Epichloë* fungal endophytes. *Festuca rubra* plants infected by *Epichloë festucae* may have two types of alkaloids, one toxic to livestock (ergovaline) and other toxic to insects (peramine). In this study, the effect of plant origin and environmental growth conditions on the concentration of alkaloids in plants of *F. rubra* from south (Spain) and northern Europe (Faroe islands and Finland) pastures was studied in an experimental field trial conducted simultaneously in three experimental plots located in Spain (Salamanca) and Finland (Ruissalo and Kevo). The peramine alkaloid was detected in 53% of the plants from Spain, but was not detected in any plot from northern Europe (Faroe Islands or Finland) was not detected in any plot. Ergovaline was detected in plants from the three sites and the three experimental plots. The highest ergovaline concentration was found in plants from Finland. Comparing experimental plots, the highest ergovaline content was found in both plots from Finland which were significantly higher than that of the Spanish plot.

Key words: grasses, peramine, ergovaline, geographical variability, *Epichloë*.

MÉTODOS PARA LA REDUCCIÓN DE LA DUREZA SEMINAL EN LEGUMINOSAS SILVESTRES DEL ESPACIO NATURAL SIERRA NEVADA

M.E. RAMOS FONT, A.B. ROBLES CRUZ, M.T. TOGNETTI BARBIERI Y J.L. GONZÁLEZ REBOLLAR.

Grupo de Pastos y Sistemas Silvopastorales Mediterráneos. Estación Experimental del Zaidín. C/Profesor Albareda, 118008 Granada (España). eugenia.ramos@eez.csic.es.

RESUMEN

Las semillas de leguminosas presentan frecuentemente una dormancia física, o dureza seminal, que implica porcentajes de germinación muy bajos. Este trabajo evalúa distintos métodos de ablandamiento de cubiertas de semillas de 15 leguminosas silvestres (*Lathyrus* spp., *Lens nigricans*, *Lupinus angustifolius*, *Medicago* spp., *Trifolium* spp. y *Vicia* spp.) recolectadas en el Espacio Natural de Sierra Nevada, y que serán utilizadas en planes de mejora de pastos. Los tratamientos ensayados fueron: inmersión en agua caliente a 70 °C (15 minutos) y 80 °C (5 minutos), escarificación con arena durante 15, 30 ó 60 minutos, inmersión en agua oxigenada (8 horas) y lixiviación en agua fría (24 horas). Para la mayoría de las especies de *Lathyrus*, *Trifolium* y *Vicia*, así como para *L. nigricans*, la inmersión en agua caliente tuvo un efecto promotor de la germinación, aunque, para muchas de ellas no se alcanzó el 50% de germinación. Por el contrario, en tres especies del género *Medicago*, los tratamientos en agua caliente tuvieron un efecto negativo sobre la germinación. Por tanto, es necesario seguir ensayando tratamientos asequibles que ayuden a facilitar la germinación y, por tanto, la implantación en campo de estas leguminosas.

Palabras clave: germinación, *Lathyrus*, *Medicago*, *Vicia*, *Trifolium*.

INTRODUCCIÓN

Las leguminosas anuales tienen un gran potencial para mejorar los pastos naturales de las zonas semiáridas, gracias a sus buenas aptitudes pascícolas, fundamentalmente, debidas a altas concentraciones de proteína, a sus bajos requerimientos para la implantación y a su capacidad de fijación de N. Sin embargo, su utilización en planes de mejora y de restauración en Espacios Naturales Protegidos debería restringirse a especies y ecotipos autóctonos, para lo cual es necesario disponer de semillas recolectadas en estas zonas.

Numerosas especies de leguminosas presentan semillas con cubiertas impermeables al agua, lo que se denomina dormancia física o dureza seminal (Baskin *et al.*, 2000). La impermeabilidad de las cubiertas es debida a la presencia de una o más capas de células en empalizada y células de Malpigio lignificadas estrechamente empaquetadas e impregnadas con sustancias hidrófugas (Baskin, 2003). Esta característica hace que las semillas permanezcan latentes hasta que algún factor haga que las cubiertas se vuelvan permeables al agua. La dormancia física es un mecanismo ecológico fundamental para la supervivencia de las especies en ambientes mediterráneos, puesto que alarga la vida de las semillas y permite su germinación progresiva y escalonada a lo largo del tiempo (Argel y Paton, 1999). En dichos ambientes, episodios de lluvias torrenciales estivales podrían hacer germinar todo el pool de semillas comprometiendo la viabilidad de las poblaciones naturales. Sin embargo, la dormancia constituye un impedimento para la producción de forraje y semilla para los planes de mejora y revegetación, puesto que implica bajos porcentajes de germinación.

Existen diversos métodos artificiales para estimular la germinación de las semillas duras: escarificación mecánica y química, inmersión en agua caliente o fría, choques de calor, alternancia de temperaturas, etc. Sin embargo, las distintas especies, incluso diferentes lotes de la misma especie,

reaccionan de forma distinta frente a los tratamientos (Argel y Paton, 1999). En este contexto, este trabajo tiene como objetivo ensayar distintos métodos (térmicos, mecánicos y químicos) de ruptura de la dormancia física de 15 leguminosas silvestres del Espacio Natural Sierra Nevada con el fin de incrementar su germinación y facilitar su establecimiento en campo para su utilización en los programas de mejora de pastos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las especies utilizadas en el estudio fueron: *Lathyrus cicera* L., *L. clymenum* L., *L. tingitanus* L., *Lens nigricans* (M. Bieb.) Godr., *Lupinus angustifolius* L., *Medicago minima* (L.) L., *M. polymorpha* L., *M. rigidula* (L.) All., *M. truncatula* Gaertn., *M. orbicularis* (L.) Bartal., *Trifolium cherleri* L., *T. glomeratum* L., *Vicia disperma* DC., *V. monantha* Retz. y *V. lutea* L. Éstas fueron recolectadas en la cara sur de Sierra Nevada (desde Lanjarón hasta Trevélez) entre mayo y junio de 2013. Una vez secas las plantas, se extrajeron las semillas con ayuda de una trilladora, y se aventaron para limpiarlas. Se almacenaron a 4 °C hasta que comenzaron los ensayos de germinación (noviembre de 2013).

Los tratamientos aplicados a las semillas fueron:

1. Control, semillas intactas sin tratar (C).
2. Inmersión en agua caliente a 70 °C, durante 15 minutos (70).
3. Inmersión en agua caliente a 80 °C, durante 5 minutos (80).
4. Escarificación mecánica con lija durante 15 minutos (E15).
5. Escarificación mecánica con lija durante 30 minutos (E30).
6. Escarificación mecánica con lija durante 60 minutos (E60).
7. Inmersión en peróxido de hidrógeno (3%), durante 10 minutos (Oxi).
8. Lixiviación en flujo de agua fría durante 24 horas (Lix).

La escarificación mecánica (E15, E30, E60) se realizó mediante un dispositivo diseñado *ad-hoc* que consistió en un cilindro de lata (12,3 cm de altura y 10 de diámetro) forrado con papel de lija dentro del cual se introdujeron las semillas junto con arena de cuarzo, cuya cantidad varió en función de la cantidad y del tamaño de las semillas a escarificar. Los cilindros se colocaron en un agitador de rotación (Heidolph Reax 2) a máxima potencia (100 r.p.m) durante 15, 30 ó 60 minutos (E15, E30, E60, respectivamente).

Tras la aplicación de los distintos tratamientos, las semillas fueron desinfectadas por inmersión en una solución al 1% de hipoclorito sódico durante 10 minutos y, posteriormente, fueron enjuagadas en agua destilada. A continuación fueron colocadas en placas de Petri de 5 ó 10 cm según el tamaño de la semilla, que contenía un disco de papel de filtro y 3 ó 5 ml de agua, respectivamente. Finalmente, las placas se sellaron con parafilm. Se colocaron 25 semillas por placa y 6 placas por cada tratamiento para cada especie. Todo el material estaba en condiciones estériles y se trabajó en todo momento en una campana de flujo laminar. Las placas permanecieron en una cámara de germinación con un fotoperíodo de 16 h de día/8 h de noche a 23/16 °C, durante 30 días. Los muestreos se hicieron diariamente durante los 15 primeros días y cada 2 días a partir del día 16. El porcentaje de germinación se calculó dividiendo el número total de semillas germinadas por el número de semillas sembradas (25) y el tiempo medio de germinación (TMG, días), según la siguiente fórmula:

$$TMG = \frac{\sum(nT)}{\sum n}$$

Donde, n fueron las semillas germinadas por primera vez en el tiempo T, T los días transcurridos desde el día de siembra y $\sum n$ el número total de semillas germinadas.

Para evaluar la efectividad de los tratamientos aplicados, tanto para el porcentaje de germinación como para el TMG, se realizó para cada especie un análisis de la varianza (ANOVA) y se aplicó el test *post hoc* de Dunnett, que determina si existen diferencias entre el control y cada uno de los tratamientos aplicados. Cuando no se cumplían los requisitos de homogeneidad de la varianza se utilizó el test T3 de Dunnett. Todos los análisis fueron realizados mediante el software SPSS Statistics v. 23.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La eliminación de la dureza seminal implica una ruptura en la cubierta seminal y, a continuación, una absorción de agua y gases por parte de la semilla que conlleva el inicio de la germinación cuando la semilla no presenta otro tipo de dormancia (Argel y Paton, 1999). Los tratamientos de agua caliente pueden ser muy efectivos a la hora de eliminar la dureza, provocando la separación del estrofiolo del resto de la semilla y la rotura de la testa (Argel y Paton, 1999).

En las especies estudiadas, los tratamientos en agua caliente fueron los únicos que fueron capaces de ablandar las semillas. En el caso de los *Lathyrus*, *L. cicera* mostró los valores más elevados de germinación pero no fue sensible a ninguno de los tratamientos aplicados (Tabla 1). En cambio, *L. clymenum* y *L. tingitanus* mostraron una respuesta positiva frente a los tratamientos de agua caliente (a 70 y 80 °C), aunque los valores siguieron siendo bastante bajos (entre el 16 % y el 25 %) (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentaje de germinación (%) ± error estándar para 15 especies de leguminosas y 8 tratamientos de semilla. 70: agua caliente a 70 °C, 80: 23dem a 80 °C, E15: escarificación mecánica (15 min), E30: 23dem 30 min, E60: 23dem 60 min, Ox: agua oxigenada, Lix: agua fría durante 24 h. Los asteriscos indican diferencias significativas respecto al control (test de Dunnett, p<0,05) para los datos transformados (arcoseno).

	C	70	80	E15	E30	E60	Ox	Lix
<i>L. cicera</i>	44,0±3,7	44,7±4,3	44,7±4,6	36,0±3,4	36±2,9	44,7±5,2	39,3±1,2	34,4±4,2
<i>L. clymenum</i>	10,0±4,2	25,0±4,7*	25,3±4,0*	12, 7±1,9	8,0±3,1	9,3±2,5	5,3±2,0	6,7±2,5
<i>L. tingitanus</i>	4, 7±1,2	21,3±4,1*	16,0±2,7*	6,0±1,7	11,3±3,2	8,7±1,6	4,0±2,1	6,7±1,7
<i>L. angustifolius</i>	14,7±3,4	11,3±1,2	16,0±3,4	10,0±1,7	8, 7±1,2	10,7±2,7	11,4±3,2	8,7±2,6
<i>L. nigricans</i>	10,7±3,0	41,3±3,7*	76,0±5,0*	10,7±2,2	17,3±3,7	25,3±3,0	3,3±1,6*	6,0±2,7
<i>M. minima</i>	24,7±4,3	8,7±0,7*	5,3±2,0*	32,0±3,6	28,7±3,2	31,3±1,9	20,7±3,3	30,0±3,1
<i>M. orbicularis</i>	4,0±1,8	2,0±1,4	4,0±1,8	0,7±0,7	1,3±0,8	4,7±1,2	2,0±0,9	0
<i>M. polymorpha</i>	71,3±1,2	26,0±6,4*	24, 7±6,5*	75,3±3,0	68,7±2,8	83,3±5,6	77,3±5,5	71,3±3,8
<i>M. rigidula</i>	30,7±3,2	23,3±5,4	16,0±1,8	35,3±3,9	34,7±5,3	37,3±5,3	32,0±6,7	37,3±4,1
<i>M. truncatula</i>	96,7±2,2	17,3±5,8*	23,3±5,6*	98,0±0, 9	97,3±1,9	98,0±1,4	95,3±1,9	97,3±1,7
<i>T. cherleri</i>	12,0±3,3	15,3±2,4	21,3±4,5	12,0±2,3	10,7±3,7	8,0±2,3	20,7±4,3	20,0±5,4
<i>T. glomeratum</i>	2,0±1,4	23,3±4,3*	60,7±5,1*	3,3±2,6	2,0±1,4	1,3±0,8	2,0±0,9	1,3±0,8
<i>V. disperma</i>	4,7±1,6	36,0±5,7*	46,7±1,3*	4,7±1,2	8,7±1,6	6,7±3,0	6,7±2,7	8,2±1,4
<i>V. lutea</i>	10,7±3,2	35,3±3,6*	22,0±3,4	10,0±3,5	21,3±3,4	18,0±3,1	16,7±2,6	16,7±1,9
<i>V. monantha</i>	33,3±5,3	42,0±3,1	56,0±5,2*	37,3±4,8	34, 7±2,0	46,0±5,1	29,3±3,4	32,7±4,3



L. angustifolius no respondió a ninguno de los tratamientos (Tabla 1). Por el contrario, la germinación en *L. nigricans* fue 4 veces superior para el tratamiento 70 y alrededor de 7 veces y media para el tratamiento 80, alcanzando un 75% de germinación (Tabla 1). Por otro lado, el agua oxigenada perjudicó la germinación respecto al control para esta especie.

Los tratamientos en agua caliente redujeron la germinación respecto al control en tres especies de *Medicago*: *M. minima*, *M. polymorpha* y *M. truncatula* (Tabla 1). Estos datos son contradictorios con los obtenidos por otros autores que obtuvieron mayor germinación en *M. polymorpha* (Can *et al.*, 2009; Khaef *et al.*, 2011; Olea *et al.*, 1989), con agua caliente. Por otro lado, en *M. polymorpha* y *M. truncatula* los porcentajes de germinación del control fueron muy elevados (71,3% y 96,7%, respectivamente), probablemente debido a que durante el trillado sus semillas habrían sido escarificadas. Considerando este hecho, el agua caliente podría haber provocado daños en los embriones al aplicarse en semillas que ya habían sido escarificadas previamente.

Dentro del género *Trifolium*, en *T. cherleri* no se apreciaron diferencias significativas entre tratamientos y control, aunque los valores más elevados fueron para el tratamiento 80 (Tabla 1). Por el contrario, en *T. glomeratum* se observó un drástico incremento para los tratamientos 70 y 80 respecto al control (10 y 30 veces, respectivamente) (Tabla 1), coincidiendo con los resultados obtenidos por Olea *et al.* (1989), que también encontraron una respuesta positiva de la germinación al tratamiento con agua caliente.

Tabla 2. Tiempo medio de germinación (días)± error estándar para 15 especies de leguminosas y 8 tratamientos de semilla. 70: agua caliente a 70 °C, 80: idem a 80 °C, E15: escarificación mecánica (15 min), E30: idem 30 min, E60: idem 60 min, Ox: agua oxigenada, Lix: agua fría durante 24 h. Los asteriscos indican diferencias significativas respecto al control (test de Dunnett, $p < 0,05$) para los datos transformados (arcoseno).

	C	70	80	E15	E30	E60	Ox	Lix
<i>L. cicera</i>	6,5±0,8	6,2±0,8	8,3±1,4	6,3±0,8	9,7±2,1	12,5±3,0*	8,7±0,7	9,0±0,6
<i>L. clymenum</i>	12,6±4,2	19,5±2,9	14,5±2,0	11,4±2,3	10,9±3,01	7,7±2,0	10,2±2,9	10,5±4,2
<i>L. tingitanus</i>	14,4±4,8	20,3±1,9	15,1±2,0	11,8±2,7	9,62±2,3	14,8±4,7	8,5±3,5	19,0±5,4
<i>L. angustifolius</i>	8,9±2,0	10,0±2,0	8,7±1,6	9,8±2,1	10,2±1,4	13,2±2,7	7,3±0,5	6,9±0,9
<i>L. nigricans</i>	19,0±2,6	21,9±0,8	17,1±0,7	19,2±2,5	22,6±1,8	19,9±1,2	21±0,9	16,8±2,4
<i>M. minima</i>	3,3±0,3	5,0±1,8	4,2±2,3	3,7±1,0	4,2±0,9	3,7±1,3	3,9±1,1	3,3±0,8
<i>M. orbicularis</i>	17,5±3,5	10,0±3,0	14,7±7,1	29,0±0	15,0±12,0	8,2±3,5	2,0±0,0	-
<i>M. polymorpha</i>	4,2±0,9	4,4±0,6	5,1±1,9	6,0±1,2	4,1±0,7	5,4±0,7	4,9±0,8	2,7±0,5
<i>M. rigidula</i>	9,7±2,2	11,5±1,5	9,2±1,3	8,4±1,5	7,2±1,1	10,5±1,3	8,3±1,3	8,1±0,8
<i>M. truncatula</i>	4,1±1,1	6,3±1,4	7,2±1,7	3,4±0,2	2,4±0,2	2,9±0,3	2,4±0,2	2,2±0,2
<i>T. cherleri</i>	6,9±2,2	7,9±1,6	8,5±0,7	6,6±0,7	7,6±1,1	9,9±1,1	4,1±0,3	5,3±1,6
<i>T. glomeratum</i>	21,5±9,5	17,0±2,6	7,5±1,2	16,8±5,8	17,4±6,4	5,5±3,5	6,3±2,0	10,5±8,5
<i>V. disperma</i>	10,1±5,6	5,0±0,7	6,2±1,2	11,6±5,0	7±2,1	6,7±2,2	12,5±4,8	15,2±3,6
<i>V. lutea</i>	13,0±2,3	18,6±1,2	16,0±2,0	18,7±4,1	16,7±2,1	17,3±2,2	20,3±1,8	17,6±1,2
<i>V. monantha</i>	5,7±1,5	10,8±1,4*	7,5±1,2	7,2±1,5	6,8±1,9	6,3±1,2	3,9±0,3	4,2±0,7

Los tratamientos de agua caliente favorecieron la germinación en todas las especies de *Vicia*, aunque sólo para *V. monantha* se superó el 50% de germinación (Tabla 1). *V. disperma* incrementó su germinación entre 7 y 9 veces con los tratamientos 70 y 80, respectivamente. En *V. lutea* sólo el agua a 70 °C fue capaz de estimular la germinación significativamente (3 veces respecto al control), mientras que en *V. monantha* lo hizo el agua a 80 °C (Tabla 1).

En líneas generales el tiempo medio de germinación (TMG) no se vio afectado por los

tratamientos. Tan sólo se registraron diferencias en *L. cicera*, donde E60 resultó tener un mayor TMG (Tabla 2) y *V. monantha*, donde el agua a 70 °C incrementó el TMG.

CONCLUSIONES

El agua caliente fue el tratamiento más efectivo para 7 de las 15 especies utilizadas, mientras que perjudicó a tres especies de *Medicago*, probablemente, debido a que en el proceso de trillado ya habían sido escarificadas. Particularmente efectivo fue el tratamiento de inmersión a 80 °C para *L. nigricans* y *T. glomeratum*, que alcanzaron valores que rondaban el 75 y 60%, respectivamente, siendo la germinación del control inferior al 10%. No obstante, para muchas de las especies, a pesar de mejorar la germinación, los valores continuaron siendo bajos (20-40%), y para más de la mitad, ninguno de los tratamientos resultó ser eficaz para el ablandamiento de cubiertas. En cualquier caso, el agua caliente ofrece otras ventajas como son los escasos recursos que requiere y su facilidad de uso. Sin embargo, las temperaturas y tiempos óptimos de inmersión deben ser calibradas para cada especie (o incluso lote de semillas).

A pesar de que en la literatura se cita el tratamiento de escarificado mecánico como un sistema muy eficaz para la ruptura de la dormancia, el sistema diseñado por nuestro grupo no lo fue. Serán necesarios nuevos ensayos para encontrar otros tratamientos que mejoren de forma significativa la ruptura de la dormancia física para estas leguminosas silvestres.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido financiado por el Organismo Autónomo de Parques Nacionales a través del proyecto “Investigaciones sobre la flora forrajera natural en mejoras de pastos, restauración forestal y silvicultura preventiva con ganado: una experiencia piloto en Sierra Nevada” (Ref. 748).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARGEL P.J. Y PATON C.J. (1999) Overcoming legume hardseededness. En: Loch D.S. y Ferguson J.E. (Eds) *Forage Seed Production, Volume 2: Tropical and subtropical species*, pp. 247-259. Oxford, UK: CAB International.
- BASKIN C.C. (2003) Breaking physical dormancy in seeds—focussing on the lens. *New Phytologist*, **158**(2), 229-32.
- BASKIN J.M., BASKIN C.C. Y LI X. (2000) Taxonomy, anatomy and evolution of physical dormancy in seeds. *Plant Species Biology*, **15**(2), 139-152.
- CAN E., ÇELIKTAŞ N., HATIPOĞLU R. Y AVCI S. (2009) Breaking seed dormancy of some annual *Medicago* and *Trifolium* species by different treatments. *Turkish Journal of Field Crops*, **14**(2), 72-78.
- KHAEF N., SADEGHI H. Y TAGHVAEI M. (2011) Effects of new strategies for breaking dormancy of two annual medics (*Medicago scutellata* and *Medicago polymorpha*). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, **11**, 626-632.
- OLEA L., DEL POZO J., ANARTE J.M., Y PAREDES J. (1989) Eliminación de la dureza seminal en las leguminosas pratenses anuales autóctonas. En: SEEP y SPPF. *Actas de la II Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes*, pp. 205-212. Badajoz y Elvas, España y Portugal: SEEP.

METHODS FOR REDUCING HARDSEEDNESS IN WILD LEGUMES FROM SIERRA NEVADA NATURAL AREA (GRANADA, SPAIN)

SUMMARY

Legume seeds frequently exhibit physical dormancy or hardseedness which entails very low germination percentages. This work evaluates different methods for reducing hardseedness in 15 wild legumes (*Lathyrus* spp., *Lens nigricans*, *Lupinus angustifolius*, *Medicago* spp., *Trifolium* spp. and *Vicia* spp.) which were harvested in Sierra Nevada Natural Area, and that will be used in plans for the improvement of pastures. The treatments tested were: hot water at 70 °C (15 minutes) and 80 °C (5 minutes), sand scarification during 15, 30 or 60 minutes, immersion in hydrogen peroxide (8 hours) and cold water lixiviation (24 hours). For most species from the genera *Lathyrus*, *Trifolium* and *Vicia*, as well as for *L. nigricans*, hot water treatments promoted germination; although for many of them the percentage of germination was below 50%. On the contrary, in *Medicago* species, hot water treatments had a negative effect on germination. Further research on affordable methods is still required to facilitate germination and, consequently, field establishment of these legumes.

Key words: germination, *Lathyrus*, *Medicago*, *Vicia*, *Trifolium*.



EFFECTO DEL PASTOREO SOBRE LA VEGETACIÓN HERBÁCEA: PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y CALIDAD DE PASTO

T. MARTÍNEZ Y A. ÁLVAREZ.

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

RESUMEN

Se evalúa el efecto del pastoreo sobre la producción de biomasa total y de los grupos funcionales, así como sobre la calidad del pasto en áreas pastadas (P) y excluidas al pastoreo (NP) en un sistema silvopastoral de la Sierra de Madrid. Se estudia en cinco zonas diferentes por el tipo de gestión o características ecológicas. La producción de biomasa fue menor en las áreas excluidas al pastoreo, mientras que la calidad de pasto fue mayor. La elevada biomasa de vegetación seca en pie y depositada en el suelo del año anterior en las áreas no pastadas impide o retrasa el rebrote y crecimiento de la vegetación nueva, lo que habría afectado a la producción y la calidad de los pastos en las áreas de exclusión. Las mayores diferencias las marcan la producción de leguminosas y del grupo de otras que fueron más abundantes en las áreas pastadas, especialmente en las zonas de encinar.

Palabras clave: pastos, exclusión al pastoreo, grupos funcionales, proteína.

INTRODUCCIÓN

El pastoreo tiene un papel esencial social, económico y medioambiental en distintos ecosistemas globales (Gordon *et al.*, 2004). Por otra parte, la diversidad de bacterias, hongos, plantas y animales está fuertemente influenciada por los efectos que los herbívoros ejercen sobre la estructura y composición de la vegetación, la alteración del suelo y el ciclo de nutrientes (Van Wieren, 1991). De esta forma, los herbívoros cumplen múltiples funciones en los ecosistemas que conviene conocer, ya que resultan valiosas para una buena gestión del territorio. Una función fundamental que desempeñan es extraer y reducir la biomasa del pasto al final de cada estación o periodo de pastoreo. Conocer cómo repercutirá la utilización o no, de las comunidades pascícolas es fundamental para evaluar los posibles cambios en la vegetación. En la Sierra de Madrid los pastos han sido utilizados por el ganado, especialmente el vacuno, a lo largo del tiempo, contribuyendo a modelar los actuales paisajes serranos y a configurar social y económicamente los sistemas rurales. En la actualidad, el abandono o disminución del pastoreo como en otros territorios nacionales o europeos, puede repercutir en distintos procesos como las emisiones de gases efecto invernadero (Mijangos *et al.*, 2015), cambios en las cubiertas vegetales, suelos y biodiversidad que conviene evaluar, ya que los efectos no serán los mismos dependiendo del hábitat, la carga ganadera, el tipo de animal que pascie. Así pues, el objetivo de este trabajo ha sido estudiar el efecto del pastoreo del ganado vacuno sobre la producción de biomasa total y de los grupos funcionales, así como la calidad del pasto en áreas con dos tipos de manejo, pastoreo y exclusión al pastoreo, en cinco zonas diferentes, en una finca adhesada de la Sierra de Madrid. El estudio forma parte de un proyecto más amplio que estudia el efecto del pastoreo sobre distintos parámetros de la vegetación herbácea, el suelo, la comunidad microbiana y los flujos de carbono.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica en la finca de Riosequillo (Buitrago de Lozoya) en la sierra de Guadarrama, donde pastan 50 vacas y sus crías correspondientes en una superficie adehesada de 147,7 ha, en pastoreo rotacional y continuo a lo largo del año. La vegetación corresponde a la serie meso-supramediterráneo Guadarrámico-Ibérica de encinares sobre suelos ácidos, que se enriquece con componentes propios de la serie riparia mesomediterránea sobre esos mismos suelos (fresnedas y saucedas) (Rivas Martínez, 1982). En la finca se definieron 5 zonas distintas (zonas A, B, C, D y E) por características ecológicas y de gestión. Las zonas A, B y C se ubican en los encinares (zona A, en las zonas más altas, zona B en zonas de media-baja ladera y con más humedad que la anterior y zona C en zonas de vaguada con bastante humedad), la zona D comprende áreas de fresnedas y prados de siega, y la zona E se riega, henifica y pasta.

En cada zona de estudio se seleccionaron los pastizales más representativos y sin cubierta arbórea, seguidamente se instaló un cercado de exclusión al pastoreo de 20 X 20 m de lado en enero del 2013. El muestreo de vegetación se realizó en mayo de 2014 fuera y dentro de los cercados, es decir en áreas pastadas y no pastadas (excluidas al pastoreo) en los días previos a entrar las vacas a pastar. En cada zona, tanto en el área pastada como en la no pastada, se distribuyeron al azar 15 cuadrados de 50 cm de lado donde se cortó la hierba a ras del suelo. En las zonas de exclusión también se cortó por separado la vegetación seca en pie del año anterior para estimar su biomasa. En las zonas pastadas, no se evaluó este tipo de vegetación al no ser necesario, dado que no queda vegetación en pie del año anterior debido a que ha sido prácticamente consumida o destruida por pisoteo. En las áreas pastadas la distribución de los marcos de muestreo fue próxima a las áreas cercadas para evitar los mínimos cambios u interferencias que pudieran alterar el efecto pastoreo-no pastoreo; no obstante se respetó al menos 1 m a cada lado del cercado para evitar el efecto borde. Todas las muestras de vegetación en el laboratorio fueron pesadas en fresco y mediante separación manual se evaluaron los grupos funcionales: gramínoides (gramíneas y ciperáceas-juncáceas), leguminosas y otras familias que se pesaron en fresco y se secaron en estufa a 60 °C hasta obtener peso seco constante. Las muestras de gramínoides, leguminosas y otras, se mezclaron para unificar las muestras de pasto en conjunto para los análisis químicos, posteriormente se molieron en molino Culatti con un tamiz de 1 mm de malla. Para los análisis químicos se utilizaron 50 muestras, 20 de cada una de las zonas de estudio, 10 del área pastada y 10 del área excluida. La proteína bruta (PROTEINA) se obtuvo mediante el método Kjeldahl y el resto de componentes: fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina (LIG) mediante los métodos oficiales en el laboratorio del IMIDRA. Los datos de biomasa total y de cada grupo funcional, así como los distintos parámetros de composición química analizados se trataron mediante análisis de modelos generales lineales (ANOVA), considerando como factores el tipo de manejo (pastoreo (P) y no pastoreo (NP)) y la zona (5 zonas)). Gran parte de las variables analizadas cumplieron las asunciones de distribución normal y homocedasticidad originalmente. En las que no se cumplían estos requisitos se llevó a cabo una transformación logarítmica. Las diferencias entre medias se probaron mediante el test Tukey ($P < 0,05$), utilizando el programa STATISTICA v.8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del tipo de manejo: Pastoreo y exclusión al pastoreo

Producción de Biomasa

Tras un año de exclusión, la producción total de biomasa presentó efecto del tipo de manejo (P-NP) ($F_{1-140}=51,8$; $P<0,0001$), la zona ($F_{4-140}=12,3$; $P<0,0001$), así como la interacción de ambos factores ($F_{4-140}=14,8$; $P<0,0001$). La producción de biomasa fue muy superior en las áreas pastadas que en las no pastadas, duplicándose incluso en algunas de las zonas del encinar (Figura 1). En las áreas pastadas la mayor producción de biomasa se obtuvo en la zona C, la más húmeda del encinar y en la zona D de las fresnedas, que presentaron una biomasa cercana a los 300 g MS/m²; por el contrario, la más baja se observó en la zona A, la más alta del encinar con 206,9 g MS/m², que presentó diferencias significativas. En las áreas excluidas al pastoreo la producción de biomasa más alta se obtuvo en la zona E que se pasta y henifica (347,3 g MS/m²) y la menor en la zona B del encinar (96,3 g MS/m²), que presentaron diferencias significativas.

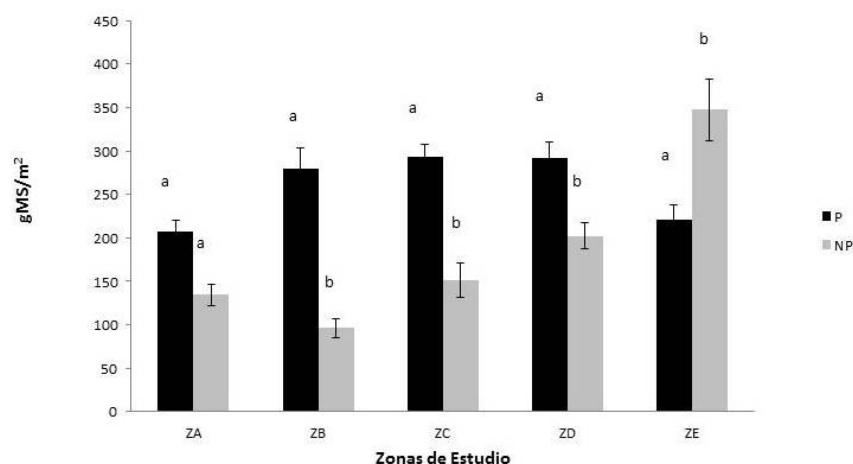


Figura 1. Biomasa total (g MS/m²) en áreas pastadas y excluidas al pastoreo en las cinco zonas de estudio en la Finca de Riosequillo. Medias con letras distintas difieren significativamente entre el tipo de manejo pastoreo (P) y no pastoreo (NP).

El efecto del tipo de manejo y la zona se manifestó igualmente sobre la producción de biomasa de los grupos funcionales, observando mayor cantidad de leguminosas y del grupo de otras en las áreas pastadas que en las no pastadas, excepto en la zona E que se obtuvieron cantidades similares (Tabla 1). La producción del grupo de las gramíneas presentó efecto del tipo de manejo (P-NP) ($F_{1-140}=21,5$; $P<0,0001$), la zona ($F_{4-140}=28,2$; $P<0,0001$), así como la interacción de ambos factores ($F_{4-140}=10,3$; $P<0,0001$). Las gramíneas mostraron mayores diferencias en las zonas más húmedas y de mayor producción de biomasa, mientras que las leguminosas y el grupo de otras manifestaron mayores diferencias en las zonas del encinar (Tabla 1). La producción de leguminosas presentó igualmente efecto del tipo de manejo ($F_{1-140}=27,3$; $P<0,0001$), la zona ($F_{4-140}=6,4$; $P=0,0001$) y la interacción de ambos factores ($F_{4-140}=4,8$; $P=0,001$). Este grupo presentó cantidades de 29,7 g MS/m² en la zona B del encinar en las áreas pastadas frente a los 0,3 g MS/m² que se obtuvieron en la exclusión. También el grupo de otras manifestó efecto del tipo de manejo ($F_{1-140}=17,3$; $P<0,0001$), la zona ($F_{4-140}=12,1$; $P<0,0001$) y la interacción de ambos factores ($F_{4-140}=5,4$; $P<0,001$), presentando el grupo en la zona B, 122,3 g MS/m² en las áreas pastadas frente a los 38,3 g MS/m² de las no pastadas (Tabla 1).

Tabla 1. Biomasa (g MS/m²) de los distintos grupos funcionales de las áreas pastadas y de exclusión al pastoreo en las zonas de estudio. Medias con letras distintas difieren significativamente entre el tipo de manejo pastoreo (P) y no pastoreo (NP).

Zonas	Graminoides		Leguminosas		Otras	
	P	NP	P	NP	P	NP
Zona A	139,1a	112,2a	14,8a	0,4b	53,1a	22,2b
Zona B	127,7a	57,8b	29,7a	0,3b	122,3a	38,3b
Zona C	229,6a	87,5b	5,9a	1,1a	57,9a	62,9a
Zona D	228,1a	177,1a	9,5a	1,9a	54,1a	23,1b
Zona E	192,1a	320,6b	19,3a	17,2a	10,2a	9,5a

La producción de biomasa en general, fue más elevada en las áreas pastadas que en las excluidas al pastoreo, lo que estaría relacionado con el hecho de que en las áreas de exclusión permanece en pie sin degradarse o en el suelo en distintos procesos de degradación gran cantidad de vegetación seca del año anterior, impidiendo rebrotar y crecer a la vegetación cualitativa y cuantitativamente al mismo ritmo y en el mismo tiempo que en las áreas pastadas. De acuerdo con Canals *et al.* (2015) la elevada acumulación de materia vegetal sobre el suelo podría dificultar el establecimiento de otras especies y la dinámica de la vegetación en las zonas excluidas al pastoreo. En el mes de mayo la vegetación seca del año anterior en las áreas no pastadas presentó cantidades muy elevadas de biomasa. En las zonas B y C duplicó a la biomasa verde, y fue similar en la zona A. Así pues, superó el 50% del conjunto de la vegetación de las áreas de exclusión (verde del año + seca del año anterior). La vegetación seca fluctuó del 64,4%, en la zona C la más húmeda del encinar, al 21,7% en la zona E. En esta zona se obtuvo menor cantidad de biomasa seca en pie, pero en cambio se observó gran cantidad de necromasa depositada en el suelo producto también del encamado de la vegetación del año anterior. Esta necromasa incrementaría la biomasa seca, pero no fue evaluada por encontrarse en distintos procesos de degradación con abundantes hongos. La abundancia de hongos dentro de las áreas de exclusión también fue observada por Mijangos *et al.* (2015) atribuyéndoles diversos beneficios. En nuestro caso, la vegetación depositada en el suelo podría haber protegido al suelo de pérdidas de humedad en la zona E, en este año que el riego fue muy escaso por falta de agua, lo que habría favorecido la mayor producción de biomasa en el área de exclusión 347,3 g MS/m² frente a los 221,5 g MS/m² del área que se pasta y henifica (Figura 1). Producciones no obstante, muy bajas este año si se comparan con las del 2013 y las del 2015 (trabajo en preparación).

Calidad del pasto

Después de un año de exclusión al pastoreo, los parámetros de composición química: proteína, FAD y lignina mostraron diferencias significativas del tipo de manejo (P-NP), la zona y la interacción de ambos factores (Tabla 2).

La comparación de medias para la proteína y la FAD mostró diferencias entre áreas pastadas y no pastadas en las 3 zonas del encinar, pero no se observaron diferencias en la zona de las fresnedas y en la que se henifica (Tabla 2). La lignina presentó diferencias sólo en la zona B del encinar que fluctuó entre 3,2% en el área no pastada y 5,9% en la pastada, contribuyendo a éste aumento la abundancia del grupo de otras, que generalmente puede incrementar el contenido en proteína, pero que en función de la madurez de sus tallos puede disminuir el contenido en proteína y aumentar el contenido en lignina. La FND no mostró diferencias ente áreas pastadas y excluidas al pastoreo, pero si se observaron diferencias significativas entre zonas y la interacción de ambos

factores; los contenidos de fibra fluctuaron entre 56,1%-63,6% en áreas pastadas y 53,2%-60,1% en las no pastadas.

Tabla 2. Parámetros químicos de las comunidades pascícolas de las zonas de estudio. Medias con letras distintas difieren significativamente entre el tipo de manejo pastoreo (P) y no pastoreo (NP). Valores de F y su significación de los factores y su interacción.

ZONAS	% PROTEINA		% FAD		% FND		% LIGNINA	
	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP
Zona A	13,5a	16,5b	30,1a	30,4a	57,8a	59,8a	2,9a	3,2a
Zona B	12,2a	18,3b	31,6a	28,9b	53,6a	56,2b	5,8a	3,2b
Zona C	10,7a	16,0b	34,1a	29,5b	63,1a	54,2b	3,0a	3,1a
Zona D	10,5a	11,8a	32,8a	32,6a	58,5a	60,1a	2,9a	2,7a
Zona E	14,9a	14,6a	28,2a	27,5a	56,1a	56,1a	2,8a	2,5a
P-NP	(F1-90=99,7; P<0,0001)		(F1-90=15,7; P<0,0001)		(F1-90=0,37; NS)		F1-90=20,6; P=0,0002)	
Zona (Z)	(F4-90=24,7; P<0,0001)		(F4-90=17; P=0,0001)		(F4-90=4,17; P=0,004)		(F4-90=31,8; P<0,0001)	
Z*P-NP	(F4-90=15,9; P<0,0001)		(F4-90=5,4; P=0,001)		(F4-90=6,4; P<0,001)		(F4-90=19,6; P<0,0001)	

PROTEINA- Proteína bruta, FAD- Fibra ácido detergente, FND- Fibra neutro detergente.

Es importante destacar, que en 4 de las 5 zonas de estudio los valores más elevados de proteína se observaron en las zonas excluidas al pastoreo. Esto sugiere que el estado fenológico de la vegetación en las áreas no pastadas se encontraría menos avanzado que en las pastadas, debido a que el exceso de vegetación seca del año anterior habría retrasado el rebrote de la vegetación de la primavera siguiente. De esta forma, la vegetación de las áreas excluidas al pastoreo en las mismas fechas de muestreo fue más tierna y de mejor calidad que la de las áreas pastadas. De hecho, en las zonas de encinar, donde el área de exclusión mantenía mayor cantidad de vegetación seca en pie, fue donde los pastos tuvieron mayor contenido en proteína y mostraron más diferencia con los pastos de las áreas pastadas. Por otra parte, la cantidad de humedad de la vegetación se considera como un índice de calidad de la vegetación (Soriguer *et al.*, 2001); en nuestros resultados el porcentaje de humedad de la vegetación de las áreas excluidas al pastoreo fue un 5% más elevado de media que el de la vegetación de las zonas pastadas. Los resultados son datos del primer año de exclusión, según avanza el tiempo de exclusión se irá observando la calidad de los pastos excluidos al pastoreo, que según Fanlo y Bou (2015) es menor, lo que podría ocurrir en nuestras zonas de estudio por las tendencias de nuestros resultados en las áreas de exclusión: disminución de la biomasa del grupo de otras y sobre todo del de las leguminosas.

CONCLUSIONES

La producción de biomasa fue menor en las áreas excluidas al pastoreo, mientras que la calidad de pasto fue mayor. En ello podría haber influido la vegetación seca en pie y depositada en el suelo del año anterior que retrasa el rebrote y crecimiento de la vegetación nueva. La producción de leguminosas y del grupo de otras fue más abundante en las áreas pastadas, especialmente en las zonas del encinar. Para ver la evolución de los distintos parámetros estudiados conviene seguir estudiándolos a lo largo del tiempo.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo forma parte de un proyecto de investigación del IMIDRA: FP14-15PR.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CANALS R.M., DURÁN M., MÚGICA L. Y SAN EMETEREO L. (2015) Evolución de nutrientes de *Brachypodium pinnatum* en cubiertas multiespecíficas y cubiertas degradadas. En: Cifré J. *et al.* (Eds) *Pastos y forrajes en el siglo XXI*, pp. 47-54. Mallorca, España: SEEP.
- FANLO R. Y BOU M. (2015) Efectos de la retirada del pastoreo en pastos de alta montaña: El caso de pastos de *Festuca eskia*, Ram. en el PN de Aigüestortes (Lleida). En: Cifré J. *et al.* (Eds) *Pastos y forrajes en el siglo XXI*, pp. 63-70. Mallorca, España: SEEP.
- GORDON I.J., HESTER A.J. Y FESTA-BIANCHET, M. (2004) The management of wild large herbivores to meet economic, conservation and environmental objectives. *Journal of Applied Ecology*, **41**, 1021-1031.
- MILANJOS I., EPELDE L., ALBIZU I., ANZA M., MARTÍN I., MENDARTE S., LANZÉN A. Y GARBISU C. (2015) Efecto del abandono del pastoreo sobre la salud de los agrosistemas en el parque natural de Gorbea. En: Cifré J. *et al.* (Eds) *Pastos y forrajes en el siglo XXI*, pp. 87-94. Mallorca, España: SEEP.
- RIVAS MARTINEZ S. (1982) *Mapa de las series de vegetación de Madrid*. Madrid, España: Diputación Provincial de Madrid.
- SORIGUER R.C., RODRIGUEZ A. Y DOMINGUEZ L. (2001) Análisis de la incidencia de los grandes herbívoros en la marisma y vera del PN de Doñana. Madrid, España: OA Parques Nacionales.
- VAN WIEREN S.V. (1991) The management of populations of large mammals. En: Spellerberg I. *et al.* (Eds) *The scientific management of temperate plant communities for conservation*, pp. 103-128. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications.

EFFECT OF GRAZING ON VEGETATION: BIOMASS PRODUCTION AND PASTURE QUALITY

SUMMARY

This study analyses the effect of grazing on total biomass production, functional groups and pasture quality in grazed (P) and enclosure (NP) areas were evaluated in five zones of a mid-altitude mountain sylvopastoral system in the Madrid region, differentiated by management and ecological characteristics. Biomass production was lower and pasture quality was higher in the enclosures. The large amount of biomass that was standing or lying on the ground in the ungrazed zones prevented or delayed vegetation regrowth, thus influencing biomass production and pasture quality in the enclosures. The greatest differences were found in legumes and the others group, which were more abundant in the grazed areas, particularly holm oak woodlands.

Key words: grassland, grazing enclosure, functional groups, protein.

EL USO DE LA FLORA NATIVA EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA

M. FIGUEROA MEDINA¹, J. ZARATE ESCOBEDO², M.E. OROZCO HERNÁNDEZ², O.A. CASTELÁN ORTEGA³ Y J.G. ESTRADA FLORES¹.

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales. jgestradaf@uaemex.mx. ²Facultad de Planeación Urbana y Regional. ³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario No. 100. Col. Centro Toluca Estado de México. México. CP. 50000.

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue identificar la flora presente en potreros, con restos de selva baja caducifolia, pastoreados por vacas lecheras para conocer su estatus migratorio, así como las especies de plantas que la población aprovecha y sus formas de uso. Se encontraron 98 especies, de las cuales 10 son exóticas y 9 de ellas corresponden a la familia *Poaceae* componentes de los pastos. Se utilizan 37 especies y los usos más comunes son como alimento, medicinal y ornamental. A pesar de que el sistema de selva baja caducifolia se ha modificado para la producción pecuaria, la mayoría de las especies son nativas. Sin embargo, los productores están muy interesados en que sus potreros tengan pastos de mejor calidad nutritiva y ésta característica la proporcionan los pastos introducidos. **Palabras clave:** pastoreo, producción de leche, *Poaceae*, otras especies.

INTRODUCCIÓN

La selva baja caducifolia es el ecosistema tropical de mayor extensión a nivel mundial (42%), y en México representa el 60% de la vegetación tropical (García *et al.*, 2005). Sin embargo, alrededor del 30% de estas selvas presenta algún tipo de perturbación, en este caso, la comunidad vegetal en estudio se encuentra sometida a perturbación por actividades pecuarias, como la producción de carne y leche. Según Rzedowski (2006) se incluye bajo la denominación de selva baja caducifolia o bosque tropical caducifolio un conjunto de bosques propios de regiones de climas cálidos y dominados por especies arborescentes que pierden sus hojas en la época seca del año durante un lapso variable de tiempo, que por lo general oscila alrededor de seis meses.

La importancia de la selva baja caducifolia radica en su riqueza florística, y también en su elevada proporción de endemismo, lo que la convierte en una de las áreas que deben ser conservadas prioritariamente. Esta zona se desmontó para establecer potreros para el pastoreo de vacas lecheras. Los potreros están dominados especies de pastos introducidas (López-González *et al.*, 2015) y otras especies que representan reminiscencias de la selva baja caducifolia (SBC). Los árboles y arbustos sólo se presentan en forma de barreras verdes principalmente para delimitar potreros.

A nivel mundial, regional y local existe una gran demanda de productos alimentarios, medicinales, condimentos y de madera para la construcción, la actividad artesanal y la obtención de leña (Zulueta *et al.*, 2006). Estos productos en muchos casos se obtienen de los sistemas naturales que les rodean. El objetivo de este estudio fue conocer la flora presente en los potreros que son pastoreados por vacas lecheras y su estatus migratorio, así como las especies de plantas que la población aprovecha y su forma de uso.

MATERIAL Y MÉTODOS

El bosque tropical caducifolio se desarrolla en México entre 0 y 1900 m de altitud, más frecuentemente por debajo de la cota de 1500 m. Un factor ecológico de mucha significación que define la distribución geográfica del bosque tropical caducifolio es la temperatura y en especial la mínima extrema, que en general no es menor de 0 °C. La temperatura media anual es del orden de 20 a 29 °C, siendo más alta en algunas depresiones interiores y no necesariamente al nivel del mar. En cuanto a la humedad, el aspecto de mayor importancia es su distribución desigual a lo largo del año, dividiéndose éste en dos estaciones bien marcadas: la lluviosa y la seca. El número de meses secos consecutivos varía de 5 a 8, lo cual da idea de lo acentuado de la aridez entre diciembre y mayo. La precipitación media anual varía entre 300 y 1800 mm (Rzedowski, 2006).

El trabajo se realizó durante el 2009 en la comunidad de Rincón de Aguirre, municipio de Tejupilco, México, ubicado al suroeste del Estado de México, entre los paralelos 18°45'30" y 19°04'32", meridianos 99°59'07" y 100°36'45". Su clima es cálido sub-húmedo con lluvias en verano y con un porcentaje menor de lluvias en invierno, de tipo A (c) w2 (w) (i') g según Köppen. Tiene una altitud de 1340 m, la precipitación pluvial es de 1200 mm. Las lluvias se distribuyen de forma diferencial, lo que permite distinguir dos épocas, la de lluvias (junio-octubre) y la de secas (noviembre-mayo), con temperatura media anual de 21 °C. El municipio de Tejupilco se encuentra en la zona norte de la provincia de la Depresión del Balsas, perteneciente a la región caribeña del reino neotropical. Corresponde al ecosistema de bosque tropical caducifolio (o SBC), en agrupación con otras especies vegetales introducidas (Juan y Madrigal, 2004).

Para determinar el estatus migratorio de las plantas se ha llevado a cabo el estudio de la riqueza florística en potreros, se llevaron a cabo visitas mensuales en los tres potreros seleccionados para este estudio y se colectaron las especies en estado de floración para su identificación. Los potreros pertenecientes a diferentes productores tenían una superficie de 1 ha y la carga animal era de 3 vacas. Las categorías consideradas en este estudio fueron: exótica (especie que se encuentra fuera de su área de distribución original o nativa), nativa (especie que se encuentra dentro de su área de distribución natural u original) e incierto (especies de origen desconocido).

Para determinar los usos que la población hace de las plantas presentes en los potreros se seleccionaron 10 informantes clave, que no tuvieran parentesco entre ellos. La información se obtuvo a través del conocimiento tradicional empírico. Cada informante se visitó una vez al mes durante un año de evaluación, y se hicieron recorridos a los potreros con los ellos para obtener las muestras de las especies utilizadas.

Todas las plantas fueron herborizadas para su posterior identificación, las determinaciones fueron cotejadas en el Herbario del Instituto Politécnico Nacional de México. La nomenclatura de los géneros y las especies fue estandarizada de acuerdo con la base de datos del International Plant Name Index y de la base de datos Trópicos del Jardín Botánico de Missouri, y los autores fueron abreviados de acuerdo con Brummitt y Powell (1992).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los sitios de muestreo de los pastizales nativos pastoreados por ganado bovino se registraron 98 especies de plantas vasculares, de éstas, 96 fueron identificadas hasta especie y dos hasta género. 92 fueron angiospermas, pertenecientes a 30 familias y 76 géneros, y 6 pteridofitas (*Pteridaceae*, *Blechnaceae*, *Dryopteridaceae*, *Schizeaceae* y *Selaginellaceae*). Las familias mejor representadas en el número de especies fueron *Asteraceae* (19), *Poaceae* (18), *Fabaceae* (6) y *Cyperaceae* (6), que constituyen el 50% de todas las especies registradas en los pastos. Se encontró

que 77 especies de las 98 registradas en los pastizales son nativas, 3 posiblemente nativas, 8 de origen incierto y 10 exóticas (9 de estas especies son gramíneas). Los taxones encontrados en los pastizales del sur del Estado de México son de origen nativo (74%) y en menor cantidad de origen exótico (10%), indican que los pastos inducidos, a pesar de ser zonas perturbadas y condicionadas por la acción del ganado lechero están dominados por especies nativas.

Las gramíneas en este estudio son de vital importancia ya que de 18 especies, 9 son de origen exótico (Tabla 1), lo que indica que el área de estudio tiene un grado de perturbación, que es una amenaza creciente reconocida como la segunda causa de pérdida de la biodiversidad y degradación del hábitat. Algunas gramíneas presentan un comportamiento invasivo con el potencial de establecerse y causar impactos en las especies nativas (Kutt y Kemp, 2012), en relación al desplazamiento, eliminación y competencia por espacio, agua y nutrientes. Además algunas especies exóticas poseen sustancias alelopáticas que impiden el establecimiento de las especies nativas a su alrededor, alterando la estructura, composición y funcionalidad de los ecosistemas (Renne *et al.*, 2004; Herrera y Cortés, 2009).

Tabla 1. Especies de la familia Poaceae y su estatus migratorio en México.

Nombre Científico	Estatus	Nombre Científico	Estatus
<i>Andropogon gayanus</i> Kunth	exótica	<i>Oplismenus hirtellus</i> (L.) P.Beauv.	nativa
<i>Aristida glauca</i> Steud.	incierto	<i>Panicum trichoides</i> Sw.	nativa
<i>Bouteloua radicata</i> Griffiths	nativa	<i>Paspalum conjugatum</i> C.Cordem. ex Cordem.	nativa
<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	exótica	<i>Paspalum dilatatum</i> Poir.	nativa
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	exótica	<i>Paspalum notatum</i> Flügge	nativa
<i>Cynodon plectostachyus</i> (K.Schum.) Pilg.	exótica	<i>Paspalum prostratum</i> Scribn. & Merr.	nativa
<i>Digitaria longiflora</i> Pers.	exótica	<i>Pennisetum alopecuroides</i> (L.) Spreng.	exótica
<i>Eragrostis maypurensis</i> Steud.	nativa	<i>Rhynchelytrum repens</i> (Willd.) C.E.Hubb.	exótica
<i>Melinis minutiflora</i> P.Beauv.	exótica	<i>Setaria pallide fusca</i> (Schumach.) Stapf & C. E. Hubb.	exótica

Las plantas utilizadas por el hombre fueron 37 especies y los usos más comunes que se identificaron fueron el de alimento, medicinal, y ornamental. El hábitat de todas ellas es la selva baja caducifolia y solo el *Rhynchelytrum repens* (zacate) es considerada como exótica. El 97% de las especies tienen un estatus migratorio en México como nativo, lo que significa que son abundantes (Tabla 2). Sin embargo, la distribución de algunas de las especies pertenece a lugares perturbados por el cambio de uso de suelo, cuando la vegetación nativa de la selva baja caducifolia fue modificada para el establecimiento de potreros, dando lugar al crecimiento de nuevas especies, alguna de ellas exóticas.

En esta zona la base de la alimentación familiar se cubre con productos que compran en el centro de Tejupilco, principalmente carne de res, ya que el resto del municipio se dedica a la producción de carne, contrario a lo que pasa en la localidad donde la actividad económica está destinada a la producción de leche y subproductos como crema y queso.

Las plantas para alimento humano son recolectadas por niños o mujeres, lo mismo que el pastoreo del ganado en los potreros, generalmente es de 10 horas diarias. En ocasiones, solo van a dejar al ganado y regresan a sus hogares, para posteriormente, cumplidas las horas volver por el ganado, es en estos trayectos cuando van recolectando las plantas y frutas silvestres. Las plantas las usan únicamente cuando se necesitan. A partir del conocimiento tradicional que los habitantes tienen de las plantas, se establece una estrecha relación con la naturaleza estableciendo una interacción con su ambiente y entorno social. Las plantas silvestres que se utilizan se obtienen de

sistemas con mayor diversidad para el consumo humano y animal (actividad pecuaria). Hay que tender a complementar la producción a partir de ecosistemas especializados de mínima diversidad (monocultivo agrícola, plantación, ganadería extensiva y monoproducción, extracción pesquera y silvícola de una sola especie) (Toledo *et al.*, 2000).

Tabla 2. Plantas útiles presentes en potreros: nombre, hábitat y uso (tipo/fecha).

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Hábitat	Sitio de recolección	Uso	Momento de uso
Acanthaceae	<i>Justicia sp.</i>	Ahuitule	SBC	SBC, Pt	Md	Todo el año
Acanthaceae	<i>Justicia spicigera</i> Schldl.	Muicle	R,SBC	Pt	Md	Todo el año
Anemiaceae	<i>Anemia karwinskyana</i> (C. Presl)	Helecho o tecata	BPE	SBC	O	Todo el año
Apiaceae	<i>Eryngium carlinae</i> F. Delaroché	Hierba del sapo	A,M,P	R	Md	Todo el año
Asteraceae	<i>Ageratum corymbosum</i> Zuccagni	Flor moradita	R	Pt	O	Nov
Asteraceae	<i>Stevia salicifolia</i> Cav.	Pericón blanco	B,SP	Pt	O	Julio-Dic
Asteraceae	<i>Porophyllum ruderale</i> (Jacq.) Cass	Pápalo	A	Pt, R	Al	Sept-Nov
Asteraceae	<i>Tagetes filifolia</i> Lag.	Anís	R	Pt, R	Al	Ago-Dic
Asteraceae	<i>Tagetes erecta</i> L.	Flor de muerto	SP,R,A	Pt	O	Sep-Dic
Asteraceae	<i>Tagetes subulata</i> Cerv.	Winar	A,R	Pt, R	D	Ago-Dic
Asteraceae	<i>Tagetes lucida</i> Cav.	Pericón amarillo	R,P	Pt	OMd	Jul-Dic
Blechnaceae	<i>Blechnum appendiculatum</i> Willd.	Helecho	BPE	SBC	O	Todo el año
Caprifoliaceae	<i>Sambucus nigra</i> L.	Sauco	BPE	Pt	Md	Todo el año
Convolvulaceae	<i>Ipomoea murucoides</i> Roem. & Schult.	Cazahuate	SBC	SBC, Pt	AMd	Jul-Ago
Curcubitaceae	<i>Melothria guadalupensis</i> Spreng.	Sandiitas	SBC,M,P	SBC, Pt	Al	Jul-Nov
Dryopteridaceae	<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott	Helecho o tecata	BPE	SBC	O	Todo el año
Fabaceae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> Jacq.	Parota	SBC	Pt	Al	Abr-Jul
Fabaceae	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Pinzan	SBC	SBC, Pt	Al	Mar-Ago
Malpighiaceae	<i>Aspicarpa hirtella</i> Rich.	Flor amarillita	BPE,SBC, SP	R	O	Nov
Melastomataceae	<i>Miconia reducens</i> Triana	Capulín	SBC	Pt	Al	Jul-Ago
Myrtaceae	<i>Psidium sartorianum</i> (O. Berg) Nied.	Guayabilla	SBC	Pt	Al	Ago-Nov
Myrtaceae	<i>Myrtus communis</i> L.	Arrayan	SBC	SBC, Pt	AMd	Todo el año
Onagraceae	<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) P.H. Raven	Garañona	LH	Pt	Md	Jul-Oct
Poaceae	<i>Rhynchelytrum repens</i> (Willd.) C.E. Hubb.	Zacate	A,R,VS	Pt	D	Todo el año
Pteridaceae	<i>Adiantum patens</i> Willd.	Helecho	BPE	SBC	O	Todo el año
Pteridaceae	<i>Cheilanthes kauffussii</i> Kunze	Helecho	BPE	SBC	O	Todo el año
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i> (L.) Jacq.	Zacate	VS	Pt	D	Todo el año
Selaginellaceae	<i>Selaginella kraussiana</i> (Kunze) A. Braun	Helecho	BPE	SBC	O	Todo el año
Sin identificar	<i>Sin identificar</i>	Jocoyoles	VS	Pt	Al	Nov
Sin identificar	<i>Sin identificar</i>	Camotes resbalosos	SBC	SBC	Al	Nov
Solanaceae	<i>Solanum sp.</i>	Chicatana	SBC	SBC, Pt	Al	Nov
Solanaceae	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.	Tomatillo	VS,SP,R	R	AMd	Julio-Nov
Solanaceae	<i>Solanum lanceolatum</i> Ruiz & Pav	Sosa	R	R	Md	Todo el año
Solanaceae	<i>Cestrum nocturnum</i> Duss	Huele de noche	R	R	OMd	Jun-Sep
Sterculiaceae	<i>Waltheria americana</i> L.	Tapacolita	SP	Pt, R	Md	Todo el año
Verbenaceae	<i>Vitex mollis</i> Kunth	Nanche de perro	SBC	SBC	Md	Todo el año
Verbenaceae	<i>Lantana cámara</i> L.	Frutilla	R, P	Pt	Al	Jun-dic

SBC=Selva baja caducifolia, R=ruderal, BPE=bosque de pino encino, A=arvense, M=matorral, SP=sitios perturbados, B=bosque, LH=Lugares húmedos, VS=Vegetación secundaria, TC=Terrenos de cultivo, P=pastizal, Pt=Potrero, Md=medicinal, O=Ornamental, Al=Alimento, D=doméstico, OMd=Ornamental y medicinal, AMd=Alimento y medicinal.



CONCLUSIONES

A pesar de que el sistema de SBC se ha modificado para la producción pecuaria, la mayoría de las especies presentes son nativas. Sin embargo, este panorama puede cambiar en los próximos años ya que los productores a pesar de que hacen un uso intensivo de los pastos en los potreros y que el pastoreo es la mayor actividad en éstos, las plantas presentes igualmente se usan como alimento para la población, también tienen un uso medicinal e incluso ornamental; los productores están apostando a la introducción de pastos de mejor calidad que les ayuden a mejorar la alimentación de las vacas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al proyecto PIFI Clave: FE058/2008 por los recursos otorgados para la realización del proyecto de investigación. Al CONACYT por la beca para estudios de posgrado otorgada a la primera autora y al proyecto CONACYT 54706 por la beca otorgada a la segunda autora. Así también se agradece a Beatriz Matías González, Rosaura Greter González, Heike Vibrans y Leticia Pacheco por su apoyo en la identificación del material botánico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRUMMITT R.K. Y POWELL C.E. (1992) Authors of Plant Names. *Royal Botanic Gardens Kew*, **134**, 256-185.
- GARCÍA-ROMERO A., MENDOZA ROBLES K. Y GALICIA SARMIENTO L. (2005) Valoración del paisaje de la selva baja caducifolia en la cuenca baja del río Papagayo (Guerrero), México (parte A). *Investigaciones geográficas (Mx)*, **56**, 77-100.
- HERRERA A.Y. Y CORTÉS A.O. (2009) Diversidad de las gramíneas de Durango, México. *Polibotanica*, **28**, 49-68.
- JUAN P.J.I. Y MADRIGAL U.D. (2004) Huertos, diversidad y alimentación en una zona de transición ecológica del estado de México. *Ciencia Ergo Sum*, **12**, 54-63.
- KUTT A.S. Y KEMP J.E. (2012) Native plant diversity in tropical savannas decreases when exotic pasture grass cover increases. *The Rangeland Journal*, **34**, 183-189.
- LÓPEZ-GONZÁLEZ F., SÁNCHEZ-VALDÉS J.J., CASTELÁN-ORTEGA O.A., ALBARRÁN PORTILLO B. Y ESTRADA-FLORES J.G. (2015) Agronomic and nutritional characteristics of three grass species in the southern región of Mexico. *Indian Journal of Animal Sciences*, **85(3)**, 271-274.
- RENNE J.I., RIOS B.G., FEHMI J.S. Y TRACY B.F. (2004) Low allelopathic potential of an invasive forage grass on native grassland plants: a cause for encouragement?. *Basic and Applied Ecology*, **5**, 261-269.
- RZEDOWSKI J. (2006) *Vegetación de México*. Cd. México, México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- TOLEDO V.M., CARABIAS J., MAPES C. Y TOLEDO C. (2000) *Ecología y autosuficiencia alimentaria: Hacia una opción basada en la diversidad biológica, ecológica y cultural de México*. Cd. México, México: Siglo Veintiuno Eds.
- ZULUETA RODRÍGUEZ R., TREJO AGUILAR D., LARA CAPISTRÁN L., LÓPEZ MOCTEZUMA H. Y MOREIRA ARANA C.E. (2006) ¿Es útil la flora baja caducifolia de México? *La Ciencia y El Hombre*, **19(1)**, 45-48.



THE USE OF NATIVE VEGETATION IN A SILVOPASTORAL SYSTEM OF TROPICAL DRY FOREST

SUMMARY

The objective was identify the vegetation in paddocks with traces of tropical dry forest grazed by dairy cows in order to know their migration status, also the vegetation that used by population and the ways of use. 98 species were found of which 10 are exotic and 9 of these are grasses. People use 37 species and the most common uses are for food, medicinal and ornamental. Although the tropical dry forest has been modified for livestock production, most of the species are natives, however producers are interested in their paddocks have grasses with better nutritional quality.

Key words: grazing, milk production, *Poaceae*, other species.

INFLUENCIA DE LA TIPOLOGÍA DEL MARGEN EN LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA DE PRADOS PIRENAICOS

C. CHOCARRO Y A. JUAREZ.

Agrotecnio. Universidad de Lleida. C/ Rovira Roure 191. 25198. Lleida (España). chocarro@pvcf.udl.es.

RESUMEN

La ubicación de los prados en ambientes de montaña así como su entorno es importante ya que repercute en su composición florística y, por tanto, en su producción y calidad. En este trabajo se realizaron 270 inventarios fitosociológicos en 30 prados de siega, con tres tipos de márgenes diferentes (muro, camino y bosque), en la localidad de San Juan de Plan (Huesca). En cada prado se seleccionaron tres zonas diferenciadas (borde, medio y centro de la parcela). El objetivo fue analizar la influencia del tipo de margen que rodea a los prados de siega en la composición florística y su producción así como en la heterogeneidad dentro de los mismos. Las parcelas con margen boscoso presentaron una mayor diversidad y menor producción, con especies umbrófilas y de mayor necesidad hídrica. Los prados que lindaban con caminos destacaron por su menor diversidad y mayor producción asociada a gramíneas, que toleran mejor la luz y nitrógeno, siendo especies más tolerantes a las perturbaciones. Los márgenes de muro mostraron una mayor abundancia de leguminosas que el resto. Estos márgenes contribuyen al mantenimiento de un paisaje heterogéneo por lo que deben ser gestionados de cara a su conservación.

Palabras clave: pradería, borde, índice de Shannon, montaña.

INTRODUCCIÓN

Dentro del paisaje de montaña, juega un papel fundamental la distribución de los prados y pastos como elementos importantes en la preservación del patrimonio cultural y en la gestión de los recursos naturales. En la actualidad, parte de estas superficies se encuentra en un proceso de abandono o transformación, amenazando un patrimonio que es necesario mantener con el fin de salvaguardar los elementos, estructuras o caracteres funcionales, productivos o estéticos que los han mantenido valiosos a través del tiempo. El valle de Gistaín (Pirineo oscense) conserva todavía la huella de los paisajes rurales tradicionales. Los prados se asientan en pequeñas parcelas ocupando laderas y fondos de valle, separados por árboles, setos, muros de piedra, caminos, formando un mosaico de diversos tipos de prados con diferente gestión. Además, gran parte de ellos pertenecen a comunidades incluidas en la directiva de hábitats de interés comunitario, de ahí el interés en su conservación y mantenimiento.

Nuestro objetivo se centró en analizar el efecto del tipo de margen que presentan las parcelas de prados de siega sobre su diversidad, riqueza y composición florística, y consecuentemente sobre la producción forrajera. Los bordes o márgenes son zonas de contacto que se forman entre dos comunidades vegetales o cubiertas del suelo distintas en composición y estructura, contacto que genera marcadas diferencias ecológicas (Cadenasso *et al.*, 2003). El efecto de borde supone la aparición de nuevas propiedades y dinámicas, que a la postre convierten a los bordes en hábitats diferentes de los que existen en el interior de los fragmentos (Hansson, 2000; Cadenasso *et al.*, 2003).

MATERIAL Y MÉTODOS

Los prados estudiados se sitúan en la ladera de San Juan de Plan (Valle de Gistaín) en el Pirineo Aragonés, entre 1200 y 1500 m de altitud. Se seleccionaron 30 parcelas de prados de siega, teniendo en cuenta su representatividad desde el punto de vista florístico. Del total de parcelas, diez estaban rodeadas de muro de piedra, otras diez estaban junto a la pista forestal y finalmente diez rodeadas de bosque o matorral desarrollado. En cada una de ellas, se realizaron nueve inventarios fitosociológicos, siguiendo la metodología de Braun-Blanquet (1979) en cuadros de 5 m x 5 m, separados 20 m entre sí, en un gradiente de distancia al margen: tres en el borde, tres intermedios y tres en el medio de la parcela. La producción en materia seca se obtuvo al mismo tiempo, coincidiendo con el máximo desarrollo de la vegetación, con muestras de 0,5 x 0,5 m en las repeticiones situadas en el centro de la parcela. Las muestras se secaron en estufa de aire forzado a 60 °C, durante 48h.

A partir de la información florística, para cada inventario, se calculó la riqueza (número de especies), el índice de diversidad de Shannon-Weaver y el índice de equitatividad de Pielou y se asignó a cada especie su forma biológica y sus requerimientos ecológicos a partir de los índices de Ellenberg de luz (L), humedad (F), acidez edáfica (R), nitrógeno (N) y salinidad (S). Estos datos se analizaron en función de los tipos de margen y de la posición en el campo mediante análisis de varianza (ANOVA) y las comparaciones de medias mediante el test de Tukey, usando el paquete estadístico SPSS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desde el punto de vista de la vegetación, prácticamente todas las parcelas están consideradas como hábitats de interés comunitario, ya que pertenecen a la alianza *Arrhenatherion* (hábitat 6.510) o a la alianza *Trisetum-Polygonion* (hábitat 6520). Las características de algunos parámetros de las parcelas estudiadas se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Características de las parcelas estudiadas (n=270).

	Media	Desviación típica	Valor máximo	Valor mínimo
Número de especies (S)	20,05	5,30	34,00	9,00
Índice de Shannon (H')	2,35	0,24	2,92	1,33
Equitatividad (J')	0,80	0,07	0,96	0,56
% Gramíneas	38,65	13,16	73,78	5,71
% Leguminosas	26,20	10,58	61,24	2,00
% Otras familias	34,86	13,03	74,374	0,13
% Fanerófito	0,00	0,00	0,50	0,00
% Camefíto	7,87	8,78	62,86	0,00
% Hemicriptófito	86,96	12,80	100,00	31,62
% Geófito	0,12	0,73	7,99	0,00
% Terófito	4,69	7,51	47,35	0,00
Índice Ellenberg (L)	7,04	0,19	7,59	6,09
Índice Ellenberg (F)	4,70	0,30	5,64	3,91
Índice Ellenberg (R)	6,53	0,36	7,34	5,32
Índice Ellenberg (N)	4,59	0,58	6,04	3,02
Índice Ellenberg (S)	0,22	0,17	1,00	0,00
Producción (kg MS/ha)	4534,93	1680,28	9196,84	1454,76

Luz (L), humedad (F), acidez (R), nitrógeno (N) y salinidad (S).

Tanto la riqueza media de especies (20 especies) como la diversidad de Shannon (2,35) fueron moderadamente inferiores a las encontradas en anteriores estudios en prados de siega del

Pirineo de Huesca (Gómez, 2008; Chocarro *et al.*, 2009), mientras que la equitatividad fue bastante uniforme, en consonancia con lo propuesto por Reiné *et al.* (2009) en distintos valles pirenaicos. La cobertura total de especies estuvo ligeramente dominada por gramíneas, siendo los hemicriptófitos los mejor adaptados a la siega. La distribución por familias también se observó en un gradiente vertical, donde las gramíneas alcanzaron los valores máximos de altura (104 cm), mientras que leguminosas y el resto de familias dominaron en los estratos medios (49 cm). Los requerimientos ecológicos de las especies indican que se encontraban en suelos frescos pero no encharcados, de pH neutro, moderadamente ricos en nitrógeno, y baja salinidad, coincidiendo con Reiné *et al.* (2009). La producción media fue de 4534 kg MS/ha, valores habituales en prados pirenaicos instalados alrededor de los 1300-1400 m.

Composición florística

Aunque las especies más abundantes (*Trisetum flavescens*, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Dactylis glomerata* y *Agrostis capillaris*) fueron comunes a las tres posiciones analizadas (Tabla 2), los bordes resultaron ser las zonas con mayor número de especies (120 especies) frente a las posiciones intermedias (104) y al centro (96). Aunque ni la posición ni la interacción entre tipo de margen y posición dieron lugar a diferencias significativas en las variables de diversidad, el ANOVA indicó que, tanto los valores de riqueza como de diversidad de Shannon, fueron mayores en las parcelas con margen forestal respecto a aquellas limitadas por muros (Tabla 3).

Tabla 2. Cobertura de las principales especies en función de la situación en el prado y en función de la tipología de margen.

POSICIÓN					
Borde (B)	%	Borde-Centro (BC)	%	Centro (C)	%
<i>Trisetum flavescens</i>	8,61	<i>Trifolium pratense</i>	9,57	<i>Trifolium pratense</i>	8,62
<i>Trifolium pratense</i>	7,80	<i>Trisetum flavescens</i>	7,84	<i>Trisetum flavescens</i>	8,24
<i>Achillea millefolium</i>	6,38	<i>Trifolium repens</i>	6,02	<i>Trifolium repens</i>	7,60
<i>Trifolium repens</i>	5,32	<i>Dactylis glomerata</i>	5,61	<i>Agrostis capillaris</i>	6,72
<i>Agrostis capillaris</i>	5,29	<i>Agrostis capillaris</i>	4,96	<i>Dactylis glomerata</i>	5,10
Nº de Especies	20,81	Nº de Especies	19,31	Nº de Especies	20,11
Índice de Shannon	2,37	Índice de Shannon	2,35	Índice de Shannon	2,35
Equitatividad	0,79	Equitatividad	0,81	Equitatividad	0,80
TIPOLOGÍA DE MARGEN					
Bosque	%	Camino	%	Muro	%
<i>Trifolium pratense</i>	8,76	<i>Trifolium pratense</i>	9,17	<i>Agrostis capillaris</i>	10,40
<i>Trisetum flavescens</i>	6,74	<i>Trisetum flavescens</i>	9,05	<i>Trisetum flavescens</i>	8,87
<i>Festuca rubra</i>	6,18	<i>Trifolium repens</i>	7,57	<i>Trifolium pratense</i>	8,15
<i>Achillea millefolium</i>	5,97	<i>Dactylis glomerata</i>	5,37	<i>Lotus corniculatus</i>	6,47
<i>Trifolium repens</i>	5,92	<i>Arrhenatherum elatius</i>	4,89	<i>Achillea millefolium</i>	6,03
Nº de Especies	21,05a	Nº de Especies	20,25ab	Nº de Especies	18,93b
Índice de Shannon	2,42a	Índice de Shannon	2,35b	Índice de Shannon	2,31b
Equitatividad	0,79	Equitatividad	0,81	Equitatividad	0,79

Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas $P < 0,05$. Test de Tukey.

Este resultado indica que la vegetación propia de las zonas forestales es capaz de integrarse en los prados, aumentando su riqueza y diversidad, mientras que los muros presentan una vegetación muy especializada a ese tipo de hábitat y no es capaz de desarrollarse en otro entorno, como puede ser el prado. Por tanto los márgenes de muros, si bien tienen un valor patrimonial y paisajístico elevado, y pueden funcionar como un elemento que aporte diversidad vegetal a nivel



paisajístico, no tienen un papel tan destacado como ecotono, a diferencia de los márgenes forestales.

Tabla 3. Análisis de varianza de las variables de diversidad.

Diversidad	Variables explicativas	DF	F ratio	Prob
Número de especies	Posición	2	1,78	n.s.
	Tipología de margen	2	3,60	*
	Posición x Tipología de margen	4	0,84	n.s.
Índice de Shannon	Posición	2	0,14	n.s.
	Tipología de margen	2	5,65	*
	Posición x Tipología de margen	4	2,37	n.s.
Equitatividad	Posición	2	1,71	n.s.
	Tipología de margen	2	1,48	n.s.
	Posición x Tipología de margen	4	0,65	n.s.

DF: grados de libertad; F ratio: valor de F de Fisher; Prob : nivel de significación (n.s.: no significativa; *: $p < 0,05$).

Aavic *et al.* (2008) y Jacot *et al.* (2012) obtuvieron valores de riqueza y equitatividad mayores en los bordes que en el centro de la parcela en prados destinados solamente a pastoreo. En nuestro caso la siega supone una perturbación mucho más importante y que ocasiona una mayor homogeneidad florística en el prado. Por otro lado nuestros resultados coinciden con ambos autores en cuanto a la mayor diversidad en los márgenes de bosques. Estas zonas son de gran interés en el mantenimiento de la biodiversidad en los sistemas agroforestales y deben ser conservados, ya que el abandono podría provocar un reemplazo por especies más generalistas, nitrófilas e incluso invasoras (Aavic *et al.*, 2008).

En la cobertura de los grupos funcionales (Tabla 4), no se encontraron diferencias significativas ni en función de la posición ni en tipología de márgenes ni en su interacción, si bien las gramíneas tienden a presentar mayores valores de recubrimiento en los prados situados en el camino frente al resto.

Tabla 4. Porcentaje de cobertura media de los grupos funcionales según su posición y tipología del margen.

% Cobertura	Posición			Tipología de margen		
	B	BC	C	Bosque	Camino	Muro
Gramíneas	38,50	39,37	39,17	36,22	40,59	39,23
Leguminosas	26,21	27,54	25,54	27,63	25,93	28,73
Otras familias	35,50	33,69	35,29	36,15	33,48	32,04

B= Borde, BC= Borde-Centro, C=Centro.

El comportamiento ecológico de las especies, determinado a través de los índices de Ellenberg (Tabla 5), indicó que los márgenes de los prados contenían plantas más heliófilas que el centro de la parcela y, además, las especies cercanas al camino fueron significativamente más heliófilas que las próximas al muro. Los requerimientos de humedad del suelo indicaron que las especies próximas al bosque necesitan suelos más frescos y además presentaron una tendencia decreciente desde del margen hacia el centro de la parcela. Sin embargo, los prados junto a caminos y muros, mostraron un patrón diferente (siendo la interacción posición-tipología de margen significativa, $p < 0,05$), ya que, en los márgenes fueron más tolerantes a la sequía, siendo más exigentes en agua hacia el centro del prado. Hemos podido constatar que las muestras próximas al camino fueron moderadamente más ricas en nitrógeno que en el muro y además, que en el margen de la parcela se encontraron suelos moderadamente más ricos que en la posición centro.

Tabla 5. Índices de Ellenberg de las parcelas según su posición y tipología del margen.

Índices de Ellenberg	Posición			Tipología de margen		
	B	BC	C	Bosque	Camino	Muro
Luz (L)	7,08 a	7,03 ab	7 b	7,04 ab	7,1 a	6,98 b
Humedad (F)	4,66	4,71	4,74	4,74	4,70	4,67
Acidez (R)	6,57	6,53	6,49	6,54 b	6,7 a	6,36 c
Nitrógeno (N)	4,70 a	4,61 ab	4,47 b	4,59 ab	4,78 a	4,41 b
Salinidad (S)	0,26 a	0,21 ab	0,19 b	0,19 b	0,29 a	0,18 ab

B= Borde, BC= Borde-Centro, C=Centro. Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas $P < 0,05$.

Finalmente, los márgenes de caminos presentaron plantas más halófilas que las del muro y bosque, existiendo además un gradiente decreciente hacia el centro de la parcela. Estos resultados demuestran el papel fundamental de los márgenes en la configuración funcional de la vegetación pascícola. Aquellos márgenes representados por caminos configuran comunidades con especies más nitrohalófilas, resistentes a las perturbaciones, correspondientes a la estrategia ruderal descrita por Grime (1979), del mismo modo que los márgenes de muro favorecen la presencia de especies resistentes al estrés hídrico (estrategia S de Grime), mientras que los márgenes de bosque aportan especies más características del ambiente umbrófilo de sotobosque.

Producción

El análisis de la producción forrajera de los prados se ha realizado en las parcelas centrales y comprobando que existió una mayor producción de materia seca en los prados que lindan con caminos frente a los que se encontraban cerca de bosques o de muros (Tabla 6).

Tabla 6. Producción de materia seca (kg/ha) en función de la tipología del margen.

	Tipología de margen		
	Bosque	Camino	Muro
Producción de materia seca (kg/ha)	3693 b	5176 a	4595 b

Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas $P < 0,05$.

La producción de materia seca obtenida mostró una correlación positiva con las alturas máximas y medias de la vegetación y negativa con la riqueza de especies y el índice de Shannon (datos no mostrados), obteniendo resultados parecidos a otros autores (Reiné *et al.*, 2009). De forma que, los prados de borde de bosque presentan menor producción, pero contribuyen de forma importante a la diversidad de los prados.

CONCLUSIONES

Los prados de siega del valle de Gistaín conservan una alta riqueza y diversidad específica, estando caracterizados por la alta proporción de gramíneas hemicriptófitas. Existe una heterogeneidad tanto composicional como funcional según la tipología del margen y del gradiente de distancia al mismo, ya que en los márgenes aparecen las especies más tolerantes a la luz, más nitrohalófilas y adaptadas a las perturbaciones. En el centro de las parcelas nos encontramos con plantas menos heliófilas y con menos requerimientos de humedad, nitrógeno y salinidad.

El entorno donde se instalan estos prados también afecta a la diversidad y productividad de estas comunidades. Los prados con margen de bosque presentan mayor diversidad, tanto de especies como de familias, menor producción y se relaciona con plantas más umbrófilas y de mayor

necesidad hídrica. Los prados que lindan con caminos, en cambio, se caracterizan por una menor diversidad, pero mayor producción en biomasa seca, y mayor porcentaje en cobertura de gramíneas. Se asocian a especies más heliófilas, nitrófilas y halófilas, esto es, especies tolerantes a las perturbaciones.

En resumen, los prados del pirineo aragonés representan un alto valor patrimonial, ya que los diferentes tipos de márgenes dentro del conjunto de la pradería aportan un importante incremento de la variabilidad de especies.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAVIK T., AUGENSTEIN I., BAILEY D., HERZOG F., ZOBEL M. Y LIIRA J. (2008) What is the role of local landscape structure in the vegetation composition of field boundaries? *Applied Vegetation Science*, **11**, 375-386.
- BRAUN-BLANQUET J. (1979) *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Madrid, España: Blume Ediciones.
- CADENASSO M.L., PICKETT S.T.A., WEATHERNS K.C. Y JONES C.G. (2003) A framework for a theory of ecological boundaries. *BioScience*, **53(8)**, 750-759.
- CHOCARRO C., REINÉ R., JUÁREZ A., BARRANTES O., BROCA A. Y FERRER C. (2009) Clasificación florística de los prados de siega del Pirineo de Huesca. En: Reine R. *et al.* (Eds) *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp. 109-115. Huesca, España: SEEP.
- GÓMEZ D. (2008) Aspectos ecológicos de los pastos. En: Fillat F. *et al.* (Eds) *Pastos del Pirineo*, pp. 61-7. Madrid, España: CSIC.
- GRIME J.P. (1979) *Plant strategies and vegetation process*. Chichester. New York: John Wiley.
- HANSSON L. (2000) Landscape and edge effects on population dynamics: approaches and examples. En: Sanderson J. y Harris L. (Eds) *Landscape Ecology. A top-down approach*, pp 246-278. New York, EEUU: Lewis Publishers.
- JACOT K., EGGENSCHWILER L., BEERLI C., BOSSHARD A. Y SUTER M. (2012) Significance of different types of meadow edges for plant diversity in the Swiss Alps. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **153**, 75-81.
- REINÉ R., CHOCARRO C., JUAREZ A., BARRANTES O., BROCA A. Y FERRER C. (2009) Características de la producción herbácea en los prados de siega del Pirineo de Huesca. En: Reiné R. *et al.* (Eds) *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp. 101-107. Huesca, España: SEEP.

EDGE EFFECT ON FLORISTIC DIVERSITY OF PYRENEAN MEADOWS

SUMMARY

The floristic composition of mountain meadows, and consequently their forage production and quality, depends largely on the location. In this work we surveyed 30 mountain meadows in San Juan de Plan (Huesca), with three different kinds of edges: wall, path and forest. A total of 270 phytosociological inventories were performed. For each meadow, three different zones (edge, medium and central zone) were surveyed. Our objective was to study the influence of the edge on the floristic composition and forage production of the meadows and on the heterogeneity within them. The meadows with forest in their edges showed a higher diversity but lower production, well represented by shade species with high moisture requirements. The meadows with paths in some of



their edges showed a lower diversity and higher production, mainly composed by grasses highly tolerant to light, nitrogen and disturbances. The meadows with walls in their edges exhibited larger amount of legumes than the others. As a conclusion, the different kinds of edges in Pyrenean meadows have a strong influence in the floristic composition, contributing to a more heterogeneous landscape. Therefore, in order to conserve this high rate of diversity at local, regional and landscape level, both the meadows and the typology of edges should be protected.

Key words: grassland, margin, Shannon index, mountain.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EVALUAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE PASTOS HERBÁCEOS

A. SALVAT SALADRIGAS¹ Y C. CASAS ARCARONS².

¹Aprèn, Serveis Ambientals, SL. L'Estació s/n. 08590 El Figueró. andreu@apren.cat. ²Grup de Recerca BETA. Departament de Biociències. Facultat de Ciències i Tecnologia. Universitat de Vic-Universitat Central de Catalunya. C. de la Laura, 13. 08500 Vic. carme.casas@uvic.cat.

RESUMEN

Los pastos son hábitats con un alto valor ecológico y productivo. En este trabajo presentamos un método simple que permite evaluar la conservación de la biodiversidad a partir de un protocolo ensayado con éxito en Centroeuropa. Este se ha adaptado a las características de los pastos herbáceos del noreste de Cataluña (*Aphyllanthion*, *Arrhenatherion*, *Brachypodium phoenicoidis*, *Bromion* y *Xerobromion*).

El diagnóstico del estado de conservación de los pastos obtenido mediante esta metodología coincide con lo que se puede deducir a partir de los inventarios de vegetación, con la ventaja de resultar un método mucho más sencillo y rápido de aplicar.

Palabras clave: estado ecológico, diversidad florística, pastizales, prados de siega, praderas.

INTRODUCCIÓN

Los pastos son hábitats con un elevado valor patrimonial tanto desde el punto de vista ecológico como productivo. Su importancia es evidente para la conservación de la diversidad florística de cualquier territorio. La ganadería extensiva es la responsable de mantener la mayoría de tipos de pastos y de su manejo deriva el estado de conservación de estos hábitats. Los pastos herbáceos bien conservados desde el punto de vista biológico se pueden definir según los siguientes atributos: predominan especies no sembradas; hay poca presencia de especies ruderales o arvenses, y en los pisos colino y montano se han originado y se mantienen por la acción humana.

Una de las dificultades más importantes para poder efectuar una gestión correcta de estos pastos herbáceos es la falta de metodologías de evaluación de su estado de conservación como hábitats naturales. Si bien es obvio que con la realización de inventarios y transectos florísticos se puede conocer de forma detallada la cubierta vegetal (composición florística, diversidad y estructura) de una parcela, su realización requiere un esfuerzo y un nivel de formación que no permiten que se pueda aplicar de forma general en un conjunto de parcelas de un territorio extenso. Así pues, existe la necesidad de disponer de metodologías estándar y simples que puedan ser aplicadas por personas con una mínima formación en botánica, incluidos los mismos ganaderos.

En este trabajo presentamos la adaptación y una primera evaluación de una metodología que se ha ensayado con éxito en distintos parques naturales del norte de Francia y de Alemania (Mestelan *et al.*, 2007), la cual permite evaluar de forma sencilla la riqueza florística de un pasto. Se ha establecido un protocolo adaptado a las características de las zonas del noreste de Cataluña (comarcas de la Garrotxa y de Osona), en el cual se incluye una propuesta de lista de especies de flora indicadora a utilizar en este territorio.

MATERIAL Y MÉTODOS

Protocolo de muestreo

Se trata de una metodología muy simple, consistente en realizar un transecto siguiendo la diagonal más larga de la parcela que se quiere muestrear, dividida en tres tramos de igual longitud. En una anchura de un metro a ambos lados del eje de muestreo (más o menos la anchura de los brazos extendidos) se anotan todas las especies presentes de flora indicadoras de pastos en buen estado de conservación. Quedan excluidos del muestreo los 3 metros más cercanos a los márgenes del prado y también, en el transecto, las zonas ecológicamente no representativas del pasto (márgenes de taludes, fragmentos de matorral, zonas rocosas, etc.). Se ha establecido una longitud mínima del transecto de 60 metros, por debajo de la cual se considera que el tamaño de la muestra no permite aplicar el índice. En la medida de lo posible, se intenta que la longitud sea superior a los 80 metros.

En el caso de parcelas de pastos muy extensos, en vez de la diagonal más larga se propone hacer un transecto de entre 200 y 300 metros de longitud que pase por el centro de la parcela. En el caso de pastos de poca extensión, se pueden enlazar varias parcelas vecinas, siempre y cuando presenten características similares.

Es muy importante localizar el transecto mediante GPS o ubicación del mismo en un ortofotomapa, de modo que se pueda repetir en el futuro. Hay que tomar también nota de otros datos relevantes, como el porcentaje de recubrimiento arbustivo, de suelo desnudo o de helechos, del conjunto de la parcela evaluada. Para facilitar la aplicación de la metodología por parte de personas no especializadas en botánica, se ha preparado una guía fotográfica de las especies indicadoras, que estará próximamente disponible en la página web del Parque Natural de la Zona Volcánica de la Garrotxa. En Francia se disponen de diversos ejemplos en este sentido http://prairiesfleuries.espaces-naturels.fr/documents/site/prairies_fleuries_2015_fiches_experts.pdf

Selección de las especies indicadoras locales a considerar

A partir de las indicaciones del protocolo de referencia (Mestelan *et al.*, 2007) se ha definido la lista de taxones indicadores (Tabla 1) del buen estado ecológico de los pastos herbáceos presentes en la zona. Esta lista se ha establecido a partir de datos obtenidos en inventarios florísticos realizados por los mismos autores y de la información sobre el comportamiento ecológico de cada taxón de las obras botánicas de referencia para el territorio de estudio y de Cataluña (Bolòs y Masalles, 1983; Bolòs y Vigo, 1984-2001; Casas, 2008; Oliver y Font, 2008). También se han hecho algunos ajustes al protocolo para minimizar los posibles errores en su aplicación y aumentar la precisión del diagnóstico. Según los autores originales de la metodología (Mestelan *et al.*, 2007), es recomendable que la lista comprenda entre 20 y 30 taxones, porque un mayor número complicaría en exceso su aplicación.

Por otra parte, hay que garantizar que las especies seleccionadas cumplan los siguientes requisitos: a) que sean especies características de las diversas tipologías de pastos seminaturales existentes en la zona de aplicación del protocolo; para las zonas de estudio (la Garrotxa y Osona) son prados de siega y pastos húmedos (*Molinio-Arrhenatheretea*), pastos mesófilos (*Bromion* y puntualmente *Xerobromion*), y pastizales mediterráneos (*Aphyllanthion* y *Brachypodium phoenicoidis*); b) que las especies tengan sensibilidad ecológica a los cambios en el medio como resultado de la intensificación agrícola; aquellos taxones que son tolerantes al sobrepastoreo y / o pisoteo intenso o a la nitrificación del suelo, no resultan adecuados; c) que sean especies de fácil detección e identificación (excluir gramíneas y ciperáceas) y preferentemente con un periodo largo de floración. Todo ello debe

permitir aplicar el índice con mayor facilidad y evitar la confusión con especies con requerimientos ecológicos contrapuestos. En este sentido, si el valor indicador de las diferentes especies del mismo género es similar, se puede emplear este como indicador; d) que tengan una distribución más o menos amplia en el territorio de aplicación del protocolo; e) que el listado contemple el equilibrio agro-ecológico, dado que los objetivos de gestión deben ser tanto ecológicos como productivos. Para ello se recomienda, por ejemplo, considerar algunas leguminosas.

La lista que presentamos en esta propuesta (Tabla 1) ha sido ensayada durante tres años en distintos tipos de pastos herbáceos del noreste de Cataluña: en el Parque Natural de la Zona Volcánica de la Garrotxa, en el valle de Bas (Garrotxa) y en el Collsacabra (Osona).

Evaluación

En la evaluación del estado ecológico de los pastos herbáceos se establecen tres niveles de calidad o estado de conservación: 1. Bueno; 2. Regular y 3. Malo.

Tabla 1. Lista de las especies indicadoras para la evaluación del estado ecológico de los pastos herbáceos del nordeste de Cataluña: comarcas de la Garrotxa y Osona.

Especies	Prados de siega (<i>Arrhenatherion</i>)	Pastos mesófilos (<i>Bromion erecti</i>)	Pastizales mediterráneos (<i>Aphyllanthion</i>)
<i>Anacamptis pyramidalis</i>		X	X
<i>Anthyllis vulneraria s.l.*</i>		X	X
<i>Aphyllanthes monspeliensis</i>			X
<i>Briza media</i>		X	
<i>Campanula sp.*</i>	X	X	X
<i>Catananche caerulea</i>			X
<i>Centaurea montana/nigra/jacea*</i>	X	X	
<i>Chamaespartium sagittale</i>		X	
<i>Dianthus sp.*</i>		X	X
<i>Galium verum</i>	X	X	
<i>Helianthemum nummularium</i>		X	X
<i>Hypericum sp.</i>			X
<i>Knautia sp.* Scabiosa sp*</i>	X	X	X
<i>Lathyrus pratensis*</i>	X		
<i>Leucanthemum vulgare*</i>	X	X	
<i>Linum usitatissimum</i>	X		
<i>Lotus corniculatus*</i>	X	X	
<i>Lychnis flos-cuculi*</i>	X		
<i>Onobrychis supina</i>			X
<i>Ononis spinosa</i>		X	X
<i>Ophrys sp.</i>		X	X
<i>Orchis sp.*</i>	X	X	X
<i>Peucedanum oreoselinum</i>		X	
<i>Polygala sp.</i>		X	X
<i>Ranunculus sp.</i>	X		
<i>Rhinanthus sp.*</i>	X	X	
<i>Salvia pratensis*</i>		X	X
<i>Sanguisorba sp.*</i>		X	X
<i>Stachys officinalis</i>	X	X	
<i>Teucrium pyrenaicum</i>		X	X
<i>Thymus serpyllum* s.l.</i>		X	X
<i>Tragopogon sp. (T. pratensis*)</i>	X	X	X
<i>Vicia cracca s.l.</i>	X		

*Taxones utilizados como indicadores en el norte de Francia y en Alemania (Mestelan y Vansteelant, 2007).



Se considera que el pasto herbáceo presenta un estado ecológico BUENO cuando se detecten un mínimo de seis especies indicadoras en cada uno de los tres tramos del transecto. Las especies observadas en cada tramo no tienen por qué ser las mismas. El estado es REGULAR cuando en los tres tramos se localizan cuatro o más especies indicadoras pero alguno de ellos se encuentra por debajo de las seis: se considera que corresponde a un pasto herbáceo con síntomas de alteración (sobrepastoreo, resiembras, nitrificación del suelo, etc.) o bien que presenta poca diversidad florística. Por último, el estado se define como MALO cuando alguno de los tres tramos presenta menos de cuatro especies indicadoras: se considera que el pasto, o bien no corresponde a un pasto seminatural o bien presenta un estado ecológico deficiente. La descripción de la metodología se puede consultar en: <http://parcsnaturals.gencat.cat/ca/garrotxa/coneixeu-nos/centre-documentacio/fons-documental/biblioteca-digital/agricultura-ramaderia/>.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esta metodología se ha ensayado en un total de 47 parcelas correspondientes a tres proyectos de estudio y evaluación del estado de conservación de pastos del noreste de Cataluña (Casas y Salvat, 2011; Salvat y March, 2010; 2014). En 11 de estas parcelas también se realizaron inventarios de vegetación.

En el estudio realizado en una finca agroforestal del Collsacabra (Osona), Casas y Salvat (2011) compararon los resultados obtenidos en la evaluación del estado ecológico mediante transectos (metodología propuesta) con la caracterización florística y evaluación del estado de conservación mediante inventarios florísticos. De los cuatro tipos de pastos herbáceos presentes en la finca (Tabla 2), los pastizales de *Aphyllanthion*, el prado de siega y algunos pastos mesófilos son los más ricos y diversos florísticamente, tanto en número de especies como en el índice de diversidad de Shannon y son también los mejor conservados, con una presencia elevada de taxones característicos de los pastos semi-naturales. Mientras que en las praderas sometidas a una mayor intensidad de pastoreo, con predominio de las plantas forrajeras procedentes de siembra y plantas ruderales, la riqueza de especies es mucho menor y disminuye el índice de diversidad de Shannon (Tabla 2).

El estado ecológico de estos pastos evaluado mediante la metodología propuesta de los transectos, es *bueno* para los pastizales de *Aphyllanthion*, el prado de siega y los pastos mesófilos con poca intensidad de pastoreo, *regular* para los pastos mesófilos con mayor presión de pastoreo y *malo* para las praderas (Tabla 2). En estas últimas, la intensidad de pastoreo es elevada y la presencia de especies características de los pastos semi-naturales es baja o nula.

Tabla 2. Comparación entre los resultados del transecto y la riqueza florística del inventario (número total de especies e índice de diversidad de Shannon), en las parcelas de Osona (Barcelona) (Casas y Salvat, 2011).

Tipo de pasto	Código Parcela	Inventarios		Transectos			
		Nº total especies	Índice diversidad Shannon	estado ecológico	Nº taxones indicadores en cada tercio del transecto		
Pastizal (<i>Aphyllanthion</i>)	5-J	51	5,332	1.Buena	9	6	6
	8-J	48	5,654	1.Buena	10	8	9
Pasto mesófilo (<i>Bromion</i>)	2-M	39	4,234	2. Regular	8	7	5
	6-M	20	2,148	2. Regular	4	4	7
	9-M	44	5,775	1.Buena	12	13	11
	10-M	38	4,62	1.Buena	8	8	8
Prado de siega (<i>Arrhenatherion</i>)	3-D	38	4,336	1.Buena	6	9	9
Praderas	1-S	28	2,441	3. Malo	3	2	1
	4-S	19	0,539	3. Malo	2	0	1
	7-S	19	0,949	3. Malo	0	1	1
	11-S	30	2,077	2. Regular	4	4	4

Después de constatar que hay una buena correlación entre los resultados obtenidos en la evaluación del estado ecológico mediante transectos y el resultado de los inventarios florísticos, se ha evaluado el estado ecológico de otras parcelas de pastos en la misma finca del Collsacabra (Osona) (Casas y Salvat, 2011) y en pastos de la Garrotxa (Salvat y March, 2014). De los 47 transectos realizados, solo en un 25,5% el estado ecológico es *bueno*; el resto presentan un estado ecológico regular (36,2%) o malo (38,3%) (Tabla 3).

Tabla 3. Resultados de los transectos realizados en Osona y en la Garrotxa (Casas y Salvat, 2011; Salvat y March, 2014).

Estado ecológico	Osona		Garrotxa			
	Nº transectos	%	Nº transectos	%	Nº transectos	%
BUENO	12	25,53	8	40,00	4	14,81
REGULAR	17	36,17	7	35,00	10	37,04
MALO	18	38,30	5	25,00	13	48,15

CONCLUSIONES

El diagnóstico del estado de conservación de los pastos obtenido mediante los transectos coincide con lo que se puede deducir a partir de los inventarios de vegetación y con el criterio experto botánico, con la ventaja de resultar un método mucho más sencillo y rápido de aplicar.

Para validar definitivamente el protocolo sería necesario disponer de más muestras donde se realicen en paralelo las dos metodologías para poder analizar y evaluar las correspondencias mediante un análisis estadístico.

Una de las posibles líneas de trabajo para ajustar el índice es considerar el porcentaje de suelo desnudo, el recubrimiento arbustivo y las diez especies más abundantes.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOLÒS O. Y MASALLES R.M. (1983) *Memòria del Full núm. 33: Banyoles. Mapa de la vegetació de Catalunya. Escala 1:50 000*. Barcelona, España: Generalitat de Catalunya.
- BOLÒS O. Y VIGO J. (1984-2001) *Flora dels Països Catalans*. Barcelona, España: Barcino.
- CASAS C. (2008) *Estudi tipològic, ecològic i funcional de la Plana de Vic*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans. Arxius de les seccions de ciències, Secció de Ciències Biològiques, **139**.
- CASAS C. Y SALVAT A. (2011) *Caracterització de les pastures de la finca Els cingles de l'Avenc (Tavertet)*. Documento inédito. Fundació Catalunya Caixa.
- MESTELAN P., SAINTE MARIE C. Y VANSTEELANT J.Y. (2007) *Guide pour la mise en oeuvre de l'engagement unitaire agroenvironnemental "maintien de la richesse floristique d'une prairie naturelle" (Herbe 07)*. Avignon, France: INRA.
- OLIVER X. Y FONT J. (2008) *Catàleg de flora vascular de la Garrotxa*. Catàlegs del Patrimoni Natural: 1. Olot, España: Delegació de la Garrotxa de la ICHN.
- SALVAT A. Y MARCH S. (2010) *Caracterització de les pastures d'especial interès del Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa. Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa*. Documento inédito. Generalitat de Catalunya, España.
- SALVAT A. Y MARCH S. (2014) *Avaluació de l'estat ecològic de parcel·les de prat del Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa*. Documento inédito. Generalitat de Catalunya, España.

PROPOSED METHODOLOGY FOR ASSESSING CONSERVATION STATUS OF GRASSLANDS

SUMMARY

Grasslands are habitats with a high ecological and productive value. Their importance is evident for the conservation of the floristic diversity of any territory.

In this paper we present a simple method that allows relating the conservation of biodiversity with the agronomic values of pastures. It is an adaptation of a methodology that has been tested successfully in different natural parks of the North of France and Germany, which easily allows the evaluation of pasture floristic richness. A protocol adapted to the characteristics of the areas in the northeast of Catalonia (regions of la Garrotxa and Osona) has been established, including a proposal for a list of flora species indicators of good ecological status of the existing grassland types (*Aphyllanthion*, *Arrhenatherion*, *Bromion* and *Xerobromion*).

The diagnosis of the state of conservation of pastures obtained with this method matches that deduced from vegetation relevés, with the advantage of being more simple and fast.

Key words: ecological status, floristic diversity, grasslands, meadows, sown meadows.

RELACIONES ENTRE LA DIVERSIDAD VEGETAL Y LA DIVERSIDAD MICROBIANA EDÁFICA EN PASTOS DE MONTAÑA CON Y SIN PASTOREO

L. EPELDE, H. ARRIAGA, I. ALBIZU, I. MIJANGOS, S. MENDARTE, M. ANZA, N. MANDALUNIZ, A. LANZÉN Y C. GARBISU.

Departamento de Conservación de Recursos Naturales. NEIKER-Instituto Vasco de I+D Agrario. c/ Berreaga, 1. 48160 Derio (Bizkaia). lepelde@neiker.eus.

RESUMEN

En el País Vasco, los pastos de montaña son resultado de una práctica ganadera de tipo extensivo que data del Neolítico. Actualmente, se está produciendo un abandono del pastoreo que puede provocar cambios significativos en estos agroecosistemas, tanto a nivel superficial como a nivel edáfico. Nuestro objetivo fue estudiar los vínculos entre la diversidad vegetal y microbiana edáfica en pastos de montaña con y sin pastoreo, mediante el estudio de doce áreas pastoreadas *versus* no-pastoreadas (simuladas mediante exclusiones), en el Parque Natural de Gorbeia. En todas estas áreas, se registraron las especies de plantas (mediante cobertura visual en lanzamientos de cuadrados al azar) y se cuantificó la diversidad florística, así como la diversidad de microorganismos del suelo (mediante secuenciación masiva de amplicones de ARNr 16S y región ITS).

Se observó una correlación positiva entre la diversidad de plantas y comunidades fúngicas únicamente en las áreas pastoreadas. En términos de composición, los taxones con mayor abundancia y las asociaciones positivas entre taxones de las distintas comunidades se diferenciaron principalmente en función del tipo de material parental (calcáreo o silíceo). La comprensión de estas relaciones supondría un paso importante para avanzar en nuestro conocimiento de muchos de los servicios de los ecosistemas que proporcionan los pastos permanentes.

Palabras clave: exclusión de pastoreo, hongos, procariotas, secuenciación masiva.

INTRODUCCIÓN

En las zonas de montaña del País Vasco el pastoreo ha sido una de las actividades económicas más importantes desde el Neolítico (Barandiaran y Manterola, 2000). Estos pastos semi-naturales proporcionan muchos servicios de "apoyo" (productividad primaria y ciclo de nutrientes), "provisión" (producción de alimentos, preservación de la diversidad genética de las especies silvestres y abastecimiento de agua dulce), "regulación" (mantenimiento de un clima uniforme, almacenamiento de agua, regulación de plagas y polinización) y "culturales" (estado de conservación, apreciación del medio ambiente y recreación) (Bullock *et al.*, 2011). Sin embargo, los cambios detectados en la gestión de estos pastos hacen esperar un progresivo abandono del pastoreo a medio-largo plazo (Strijker, 2005).

Hay abundante información respecto a la influencia del pastoreo sobre la composición y productividad vegetal (Milton, 1940; Hill *et al.*, 1992). Del mismo modo, se sabe del papel clave que juegan las comunidades microbianas del suelo en muchos procesos del reciclaje de la materia y en la provisión de servicios de los ecosistemas esenciales (Jeffery *et al.*, 2010), además de que influyen en la composición y productividad de la comunidad vegetal, junto con otros factores relevantes para los sistemas de producción pastorales (Barrios, 2007).

Los recientes avances tecnológicos en secuenciación genética posibilitan el estudio de la

estructura de la comunidad microbiana (Lanzén *et al.*, 2015). Aún así, la interacción entre las comunidades vegetales y microbianas permanece inexplorada, sobre todo en lo que se refiere a la influencia del pastoreo en dicha interacción. El objetivo del trabajo fue estudiar estas interacciones en pastos de montaña con y sin pastoreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y muestreos

El área de estudio se ubicó en el entorno del Parque Natural 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 12 exclusiones permanentes al ganado de 10 m x 10 m en tres tipos de pastos de montaña (cuatro por cada pasto) del parque representativos de los hábitats de interés comunitario 6230a, 6230c, y 6170 (Directiva 92/43/CEE). Los pastos objeto de estudio se encuentran entre los 890 y 1100 metros, los suelos tienen un valor de pH medio de 4,5 y el material parental es silíceo (hábitats 6230a y 6230c) o calcáreo (hábitat 6170).

En la primavera de 2014 (tras dos años de exclusión del ganado), tanto fuera (en una zona de similares proporciones adyacente a cada exclusión) como dentro de las exclusiones, se determinaron las especies vegetales presentes y el porcentaje de cobertura se determinaron lanzando al azar un cuadrado de 50 cm x 50 cm (5 veces por área de muestreo). En cada zona pastoreada y no pastoreada, se tomaron muestras de suelo a 10 cm de profundidad (24 muestras en total, compuestas a su vez por 10-15 pinchazos de la sonda). En el laboratorio, las muestras se tamizaron (2 mm) para la posterior extracción de ADN de procariotas y hongos de suelo.

Extracción, amplificación y secuenciación de DNA

La extracción de ADN de procariotas y hongos se realizó a partir de 0,25 g de suelo con el PowerSoil DNA Isolation Kit (Mo-Bio Laboratories, Carlsbad CA). A continuación, se prepararon librerías de amplicones del gen codificante para ARNr 16S utilizando los primers 515F y 806R, propuestos por Caporaso *et al.* (2012) para la región hipervariable V4 de los procariotas, y de la región ITS fúngica mediante los primers ITS1F (Gardes y Bruns, 1993) e ITS2R (White *et al.*, 1990). La secuenciación se llevó a cabo en un Illumina MiSeq con el kit V2 (StarSeq, Mainz, Alemania).

Tratamiento de datos

El procesamiento de los datos de secuenciación y la clasificación taxonómica se llevaron a cabo según Lanzén *et al.* (2015). Brevemente, las lecturas de los amplicones se filtraron según su calidad y se superpusieron utilizando *usearch*. A continuación, todas las secuencias se agruparon en OTUs con un 97% de similitud de secuencia utilizando *vsearch*. Los OTUs representativos se alinearon con la base de datos de referencia SilvaMod v106 utilizando *blastn* y taxonómicamente utilizando CREST. Finalmente, las abundancias relativas de OTUs y taxones se usaron para el tratamiento de datos posterior.

Los resultados obtenidos en relación a la composición de las comunidades vegetales y microbianas se utilizaron para calcular los índices de diversidad (diversidad mediante índice Shannon, equidad mediante Pielou, dominancia mediante Simpson y riqueza), mediante el paquete de análisis Vegan del software R (Oksanen *et al.*, 2015) y realizar análisis canónicos de co-correspondencias mediante el software Canoco v. 5.0 (Ter Braak y Šmilauer, 2012).

RESULTADOS

En las exclusiones, la única correlación significativa (Tabla 1) fue aquella entre los índices de diversidad de Shannon de plantas y procariotas, mientras que en las áreas pastoreadas se encontró una correlación positiva entre los valores de riqueza de plantas y procariotas, además de entre todos los índices de diversidad calculados para plantas y hongos del suelo (*i.e.*, Shannon, Pielou, Simpson y riqueza).

Cabe reseñar que los índices de diversidad calculados para los procariotas (bacterias y arqueas) y hongos fueron más elevados dentro de las exclusiones, mientras que la tendencia fue contraria para las especies vegetales (datos no mostrados).

Tabla 1. Coeficientes de correlación de Pearson (*r*) entre distintos índices de diversidad calculados para plantas y microorganismos del suelo (procariotas y hongos). Nivel de significación: * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$). N=12.

		Entre plantas y procariotas	Entre plantas y hongos
Exclusión	Shannon	0,70*	-0,02
	Pielou	0,37	-0,37
	Simpson	-0,05	-0,41
	Riqueza	0,52	0,49
Pastoreado	Shannon	0,49	0,72**
	Pielou	0,12	0,64*
	Simpson	-0,49	0,63*
	Riqueza	0,71**	0,72**

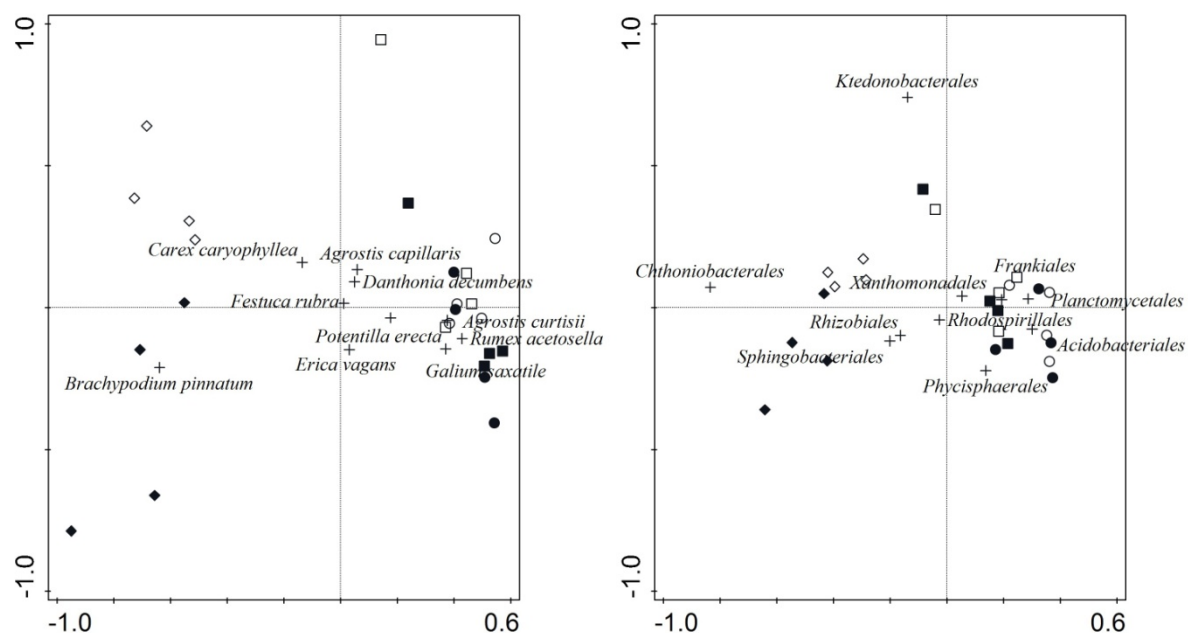
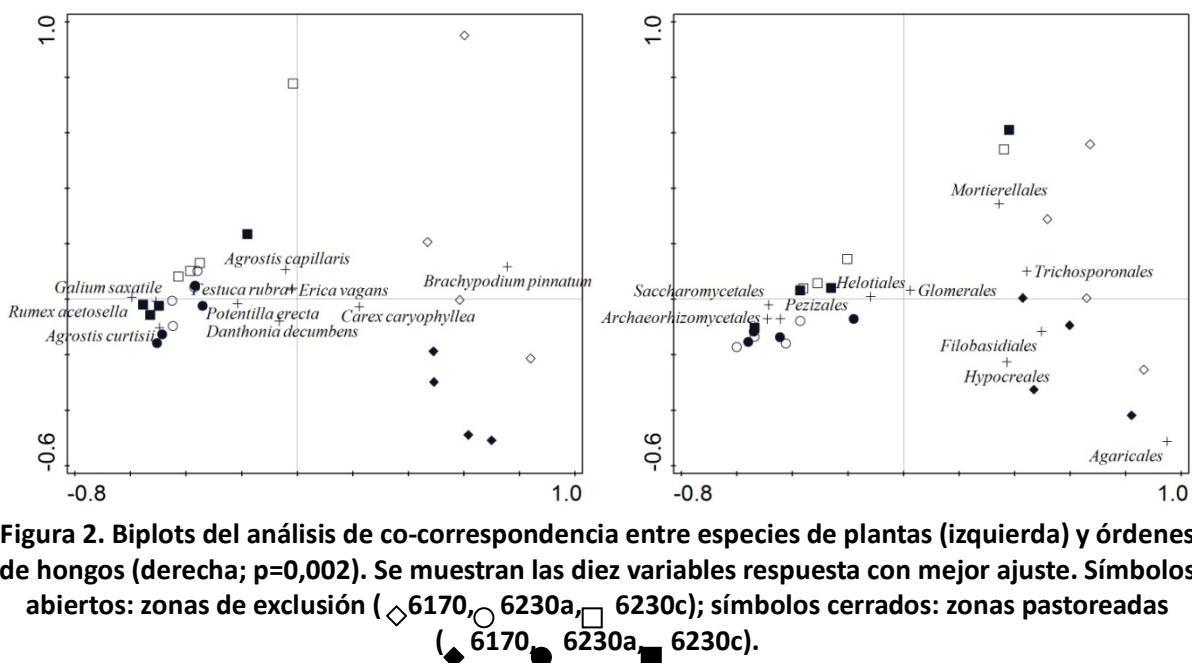


Figura 1. Biplots del análisis de co-correspondencia entre especies de plantas (izquierda) y órdenes de procariotas (derecha; $p=0,002$). Se muestran las diez variables respuesta con mejor ajuste. Símbolos abiertos: zonas de exclusión (◇ 6170, ○ 6230a, □ 6230c); símbolos cerrados: zonas pastoreadas (◆ 6170, ● 6230a, ■ 6230c).





Los análisis de co-correspondencia que resumen la covarianza en la composición de especies vegetales y procariotas se muestran en la Figura 1, y en la de plantas y hongos edáficos en la Figura 2. La variación fue mayor en los datos de vegetación (inercia de 2,26) que en los datos de hongos (inercia de 0,83) y procariotas (inercia de 0,22). Estos valores de inercia están relacionados con el propio tamaño de los individuos pertenecientes a dichas comunidades (*i.e.*, el tamaño de las plantas es mayor que el de los microorganismos, y a su vez el tamaño de los hongos es mayor que el de los procariotas).

Para los tres conjuntos de datos, las muestras más diferentes fueron aquellas del hábitat 6170, que se separaron espacialmente de las muestras de los hábitats 6230a y 6230c a lo largo del eje horizontal, independientemente de si correspondieron a muestras de dentro o fuera de las exclusiones. Al mismo tiempo, a lo largo del eje vertical, sobre todo en la comunidad de especies vegetales y únicamente en el hábitat 6170, se observó una segregación de las zonas pastoreadas y no pastoreadas.

Estos análisis también permitieron observar: (i) los taxones de las diferentes comunidades que estaban positivamente relacionados (*e.g.*, la especie vegetal *Brachypodium pinnatum* L. y el orden de hongos Trichosporonales), (ii) las muestras en las que un taxón en particular tuvo una frecuencia mayor (*e.g.*, también *Brachypodium pinnatum* dentro de las exclusiones del hábitat 6170), y (iii) los taxones de una misma comunidad que estaban positivamente correlacionados (*e.g.*, las especies vegetales *Rumex acetosella* L., *Agrostis curtisii* Kerguelén y *Galium saxatile* L. y los órdenes de hongos Pezizales, Saccharomycetales y Archaeorhizomycetales en los hábitats 6230a y 6230c).

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio indicaron la existencia de una correlación positiva entre las plantas y las comunidades fúngicas edáficas en las áreas pastoreadas. Esta evidencia se suma a las muchas existentes en la literatura sobre la diversidad de microorganismos edáficos que contribuyen significativamente a la diversidad vegetal aérea y al funcionamiento de los ecosistemas (Bardgett y Van der Putten, 2014). El hecho de que la relación se haya observado particularmente en las áreas pastoreadas nos da pie a especular que la dependencia de las comunidades vegetales hacia los

hongos podría ser mayor en un contexto de estrés, como puede ser el causado por un pastoreo. Muchos hongos cumplen procesos clave en la cadena trófica como descomponedores, convirtiendo la materia orgánica difícil de digerir a formas más utilizables. Otros como el orden Glomerales detectado en este estudio forman asociaciones micorrícicas con las plantas, incrementando el volumen de la raíz y favoreciendo la adquisición de nutrientes y agua.

Además, los índices calculados señalan que el pastoreo ejerce un impacto negativo sobre la diversidad microbiana y positivo sobre la diversidad vegetal. Aun así, la principal variable afectando a las relaciones entre las tres comunidades estudiadas (plantas, hongos y procariotas) en términos de composición fue el tipo de hábitat y no el manejo (pastoreado *versus* no-pastoreado). Los taxones con mayor abundancia relativa y las asociaciones positivas entre taxones de distintas comunidades son diferentes en estos tipos de hábitats. El hábitat 6170 corresponde a un material parental calcáreo, mientras que los hábitats 6230a y 6230c corresponden a un material parental silíceo. Es muy plausible que las divergentes propiedades físico-químicas edáficas asociadas a estos materiales parentales tengan una influencia significativa sobre la biodiversidad y sobre las relaciones entre las comunidades presentes en ellas.

Finalmente, queda patente que, a pesar de su importancia en el funcionamiento de los ecosistemas pastorales, hace falta más conocimiento sobre los roles de plantas y microorganismos específicos, para realizar una interpretación mecanística de las interacciones entre ellas.

CONCLUSIONES

Se observó una correlación positiva entre la diversidad de plantas y comunidades fúngicas edáficas únicamente en las áreas pastoreadas. En términos de composición, los taxones con mayor abundancia y las asociaciones positivas entre las distintas comunidades se diferenciación en función del tipo de material parental del hábitat, y no en función de la presencia o ausencia de pastoreo.

Avanzar en el conocimiento de las relaciones entre la diversidad florística y la diversidad microbiana supondría un paso importante para la comprensión de muchos de los servicios de los ecosistemas que proporcionan los pastos permanentes.

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

- BARANDIARAN J.M. Y MANTEROLA A. (2000) *Ganadería y Pastoreo en Vasconia*. Bilbao, España: Eusko Jaurlaritzza.
- BARDGETT R.D. Y VAN DER PUTTEN W.H. (2014) Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature*, **515**, 505-511.
- BARRIOS E. (2007) Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecological Economics*, **64**, 269-285.
- BULLOCK J.M., JEFFERSON R.G., BLACKSTOCK T.H., PAKEMAN R.J., EMMETT B.A., PYWELL R.J., GRIME J.P. Y SILVERTON J. (2011) Chapter 6: Semi-natural grasslands. En: UK National Ecosystem Assessment (Ed) *The UK National Ecosystem Assessment Technical Report*. Cambridge, UK: UNEP-WCMC.
- CAPORASO J.G., LAUBER C.L., WALTERS W.A., BERG-LYONS D., HUNTLEY J., FIERER N., OWENS S.M., BETLEY J., FRASER L., BAUER M., GORMLEY N., GILBERT J.A., SMITH G. Y KNIGHT R. (2012)

- Ultra-high-throughput microbial community analysis on the Illumina HiSeq and MiSeq platforms. *The ISME Journal*, **6**, 1621-1624.
- GARDES M. Y BRUNS T.D. (1993) ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes-application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular Ecology*, **2**, 113-118.
- HILL M.O., EVANS D.F. Y BELL S.A. (1992) Long-term effects of excluding sheep from hill pastures in North Wales. *Journal of Applied Ecology*, **80**, 1-13.
- JEFFERY S., GARDI C., JONES A., MONTANARELLA L., MARMO L., MIKO L., RITZ K., PERES G., RÖMBKE J. Y VAN DER PUTTEN W.H. (2010) *European Atlas of Soil Biodiversity*. Luxembourg, Belgium: Publications Office of the European Union.
- LANZÉN A., EPELDE L., GARBISU C., ANZA M., MARTÍN-SÁNCHEZ I., BLANCO F. Y MIJANGOS I. (2015) The community structures of prokaryotes and fungi in mountain pasture soils are highly correlated and primarily influenced by pH. *Frontiers in Microbiology*, **6**, 1321.
- MILTON W.E.J. (1940) The effect of manuring, grazing and cutting on the yield, botanical and chemical composition of natural hill pastures: I. Yield and botanical section. *Journal of Ecology*, **28**, 326-356.
- OKSANEN J., BLANCHET F.G., KINDT R., LEGENDRE P., MINCHIN P.R., O'HARA R.B., SIMPSON G.L., SOLYMOS P, STEVENS M.H.H. Y WAGNER H. (2015) *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.3-1.
- STRIJKER D. (2005) Marginal lands in Europe-causes of decline. *Basic and Applied Ecology*, **6**, 99-106.
- TER BRAAK C.J.F. Y ŠMILAUER P. (2012) *Canoco Reference Manual and User's Guide: Software for Ordination, version 5.0*. Ithaca, USA: Microcomputer Power.
- WHITE T., BRUNS T., LEE S., Y TAYLOR J. (1990) Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. En: Innis M. *et al.* (Eds), *PCR-protocols a guide to methods and applications*, pp. 315-322. New York, USA: Academic Press.

RELATIONSHIPS BETWEEN PLANT DIVERSITY AND SOIL MICROBIAL DIVERSITY IN GRAZED AND UNGRAZED MOUNTAIN PASTURES

SUMMARY

Mountain pastures in the Basque Country are a consequence of permanent extensive grazing practice since the Neolithic. The current abandonment of grazing can cause significant changes in these agroecosystems, both at aboveground and belowground levels. Our main objective was to study the relationships between plant diversity and soil microbial diversity in mountain pastures with and without grazing, by studying twelve grazed versus non-grazed areas (simulated by exclusions), in the Gorbeia Natural Park. In all these areas, the number of plant species was quantified (by throwing squares at random) and the floristic diversity estimated, as well as the diversity of soil microorganisms (by next generation sequencing of 16S rRNA and fungal ITS amplicons). A positive correlation between diversity of plant and fungal communities was found only in grazed areas. In terms of composition, taxa with greater abundance and positive associations between different communities' taxa differed primarily according to the type of parent material (calcareous or siliceous). Understanding these links would be an important step forward in our knowledge of many of the ecosystem services that provide permanent pastures.

Key words: grazing exclusion, fungi, prokaryotes, next generation sequencing.



EFFECTO DEL ABANDONO DEL PASTOREO EN LOS ATRIBUTOS FUNCIONALES DE LOS PASTOS ATLÁNTICOS DE MONTAÑA

A. ALDEZABAL, N. VITORES, I. ODRIOZOLA, U. PÉREZ-LÓPEZ Y N.A. LASKURAIN.

Dpto. Biología Vegetal y Ecología, Universidad del País Vasco/EHU, Barrio Sarriena s/n, 48940 Leioa (Bizkaia).
arantza.aldezabal@ehu.eus.

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo fue evaluar el efecto del cese del pastoreo en los atributos funcionales de especies pascícolas en pastos atlánticos, a nivel de comunidad. El estudio se realizó en el Parque Natural de Aralar (País Vasco), donde se instalaron dos cercados permanentes en junio de 2005 con el fin de excluir el pastoreo. Tras un muestreo de vegetación, se determinaron las especies vegetales más importantes y estructurales del pasto. La caracterización funcional se basó en los siguientes atributos: altura de la planta, área específica foliar (SLA) y relación C/N foliar. Los atributos fueron medidos a nivel individual. Los resultados mostraron que las comunidades no pastadas presentaban valores más bajos del SLA en comparación con las pastadas. Sin embargo, las diferencias en la altura y la relación C/N dependieron del lugar experimental. El SLA parece ser el atributo más sensible al abandono del pastoreo.

Palabras clave: altura, SLA, relación C/N, exclusión, media ponderada de la comunidad.

INTRODUCCIÓN

En el contexto del cambio global, el abandono del pastoreo debido a la progresiva disminución del ganado es uno de los cambios de usos del suelo más esperados en los agroecosistemas atlánticos (Rounsevell *et al.*, 2006), especialmente en las zonas de montaña afectadas por la supresión de las subvenciones de la Unión Europea (Strijker, 2005). Por otra parte, se espera que tanto el calentamiento como la disminución de la precipitación en verano sean dos de los principales factores del cambio climático, los que a su vez, incrementarán el riesgo de que las plantas sufran sequía (Weißhuhn *et al.*, 2011). Para comprender los efectos de estos cambios climáticos y de usos del suelo sobre la dinámica vegetal, los enfoques basados en los atributos funcionales han surgido recientemente como una herramienta prometedora (Jung *et al.*, 2010). Estos enfoques se centran en los atributos funcionales de las especies (es decir, características de un organismo, medibles a nivel individual), que tienen vínculos demostrables con la aptitud (*fitness*) y las funciones del organismo. Dichos atributos han sido identificados como el mecanismo clave mediante el cual especies individuales actúan en (atributos de efecto) y reaccionan a (atributos de respuesta) en su entorno (De Bello *et al.*, 2010).

El análisis de atributos individuales a nivel específico y de comunidad (incluyendo medidas de la media ponderada de la comunidad CWM, “community weighted mean”) permite modelar la respuesta funcional de los ecosistemas (Mason *et al.*, 2005). En este estudio elaboramos los siguientes objetivos: *i*) Analizar el efecto del abandono del pastoreo en atributos funcionales individuales (altura de la planta, SLA y relación foliar C/N) a nivel de especie; *ii*) Examinar el efecto del lugar y del cese del pastoreo en los atributos funcionales seleccionados a nivel de comunidad.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Parque Natural de Aralar (42° 59' 48" N y 2° 06' 51" O), donde las condiciones climáticas son oceánicas (temperatura media anual de 12,4 °C, y precipitación media anual de más de 1400 mm). Este parque sustenta ganado manejado en un sistema de pastoreo mixto en régimen extensivo (principalmente 18 000 ovejas lecheras de la raza latxa), con una carga ganadera que oscila entre 2,3 y 4,5 UA (ha/día) según la zona. En concreto, el área que tradicionalmente utiliza el ganado doméstico está dominada por pastos seminaturales incluidos en la Directiva Hábitats. Uno de los más relevantes para el mantenimiento del ganado es *Jasiono-Danthonietum* (código 6230, subtipo a), que está formado principalmente por *Festuca gr. rubra-nigrescens* y *Agrostis capillaris*.

En junio de 2005, se eligieron dos lugares experimentales (Alotza y Uzkuiti) con características ambientales similares (zonas planas sobre suelos básicos, fuera del dosel arbóreo, a 1250 y 1300 m de altitud, respectivamente) dentro del *Jasiono-Danthonietum*. En cada lugar, se erigió un cercado permanente de 50 x 50 m para excluir el ganado (tratamiento “no pastado, NG”). Alrededor de cada cercado, definimos la parcela “pastada, G”, donde las ovejas, las vacas y los caballos podían pastar continuamente durante el periodo vegetativo (desde principios de mayo hasta finales de octubre).

Muestreo de la vegetación y medición de los atributos

En junio de 2012 (después de siete años de exclusión), se determinó la composición florística de las cuatro parcelas experimentales. La abundancia relativa de las especies en cada parcela se registró dentro de un área de 10 x 10 m colocado al azar. Este área se dividió longitudinalmente en cinco transectos de 10 x 0,5 m (subparcelas), en el que se colocaron 20 cuadrículas de 50 x 50 cm. La composición específica de cada cuadrícula se determinó mediante observación directa (método de cobertura). Usamos el siguiente índice para estimar la cobertura: presencia (<1%), 1 (1-10%), 2 (11-20%), ... , 9 (81-90%) y 10 (91-100%). La composición florística de cada parcela se obtuvo calculando la media de las 100 cuadrículas para cada especie. La determinación de la composición florística de la comunidad vegetal en cada parcela nos permitió identificar que especies formaban el 85-90% de la comunidad.

Para la medición de los atributos, elegimos todas las especies que formaban el 85-90% de la comunidad en cada parcela. Para la caracterización funcional de las especies en las parcelas pastadas, se colocaron varias jaulas de exclusión de 1 m² (cuatro en cada lugar experimental, separadas por al menos 20 m) en mayo de 2012 antes de comenzar el periodo de pastoreo, con el fin de recolectar ejemplares vegetales no comidos. Después de dos meses (en julio de 2012), se quitaron las jaulas y se recogieron las plantas asumiendo que habían alcanzado su estado óptimo de crecimiento. Todos los individuos se muestrearon en la misma fecha para evitar un retraso o desfase fenológico.

Los atributos medidos fueron la altura de la planta, el SLA y relación C/N foliar. La altura se midió en 25 individuos por especie, en plantas adultas bien desarrolladas. El SLA se definió como el área de una hoja fresca dividido por su peso seco. Para cuantificar el SLA, elegimos 10 plantas adultas sin síntomas evidentes de patógenos o ataques de herbívoros, incluyendo el peciolo. En cada individuo se midieron todas las hojas nacidas en el periodo vegetativo en estudio (mayo-julio 2012) totalmente desarrolladas. Escaneamos las hojas hidratadas y expandidas, y medimos el área de cada imagen con un analizador de imágenes (Win Folia 2008, Ontario, Canada). Las mismas hojas se

pesaron con una balanza de precisión después de secarlas al horno a 60 °C al menos 72 h. Todas estas medidas se realizaron siguiendo los protocolos recomendados por Cornelissen *et al.* (2003). Tras quitar a estas muestras cualquier peciolo o raquis, las molimos para determinar el contenido de carbono (C) y nitrógeno (N) de las hojas mediante el análisis de combustión elemental (CHN analysis, AOAC, 1990). La relación C/N foliar se obtuvo dividiendo la cantidad total de C por unidad de peso seco de la hoja, entre la del N. Para este atributo, se analizaron 7 muestras por especie debido a la limitada cantidad de material seco obtenido en algunos individuos.

Análisis numérico

Para explorar el efecto del lugar y del abandono del pastoreo en los atributos seleccionados a nivel de comunidad, primero se calculó el valor de la Media Ponderada de la Comunidad (CWM) para cada atributo. El cálculo consiste en obtener la media de los valores del atributo para la comunidad, ponderado por la abundancia relativa de las especies. La CWM se estimó en 10 de los 100 cuadrados utilizados en el muestreo de vegetación, los cuales fueron elegidos de forma aleatoria en cada parcela experimental. Esta métrica agregada de la comunidad representa el valor del atributo funcional que se espera de una muestra aleatoria de la comunidad, a menudo entendida como el valor dominante del atributo en la comunidad. Posteriormente, en primer lugar, realizamos una prueba U de Mann-Whitney por cada atributo en cada lugar experimental para testar las diferencias entre los valores de las parcelas pastadas (G) y las no pastadas (NG). En segundo lugar, realizamos una ordenación de *Escalamiento multidimensional no paramétrica* (NMDS, del inglés “Nonmetric multidimensional scaling”, Legendre y Legendre, 1998) con los datos de CWM, permitiéndonos identificar qué lugar y/o tratamiento explicaba mejor la variabilidad de los atributos. Todos los análisis estadísticos se realizaron con R 3.0.1 (R Core Team, 2013) usando el paquete *vegan*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, podemos observar que las comunidades vegetales G y NG se segregaron notablemente en Uzkuiti, pero no tanto en Alotza. En la comunidad no pastada de Uzkuiti (compuesta por un 80% de gramínoideas, 17% de dicotiledóneas no-leguminosas y 3% de leguminosas herbáceas) las plantas fueron más altas y mostraron mayor relación de C/N foliar, pero valores inferiores de SLA. Por el contrario, en la comunidad pastada (compuesta por un 61% de gramínoideas, 25% de dicotiledóneas no-leguminosas y 13% de leguminosas herbáceas) dominaron las plantas de menor talla, con menor relación C/N foliar y mayor SLA. En Alotza, las diferencias fueron menores, debido a que la abundancia relativa de las gramínoideas fue similar en las comunidades G (69%) y NG (60%). Aún así, la leve segregación que se aprecia en el diagrama de ordenación (Figura 1) viene explicado por la diferencia en la abundancia de las dicotiledóneas (15% en G vs. 31% en NG de dicotiledóneas no-leguminosas, y 16% en G vs. 9% en NG de leguminosas herbáceas). Nuestros resultados confirman que el SLA está inversamente correlacionado con la altura de la planta y la relación foliar C/N a nivel de comunidad. No obstante, la diferencia entre las comunidades pastadas y no pastadas dependió del lugar experimental.

La mediana de la altura de la planta en Alotza fue similar en ambos tratamientos (6,5 cm en ambos), pero el rango fue ligeramente mayor en la parcela NG (Tabla 1). Sin embargo, en Uzkuiti, la mediana de la altura fue significativamente mayor en la parcela NG, y así como la amplitud del rango (2 cm en G y 8 cm en NG). Por consiguiente, el efecto del cese del pastoreo en el rango de la altura de la planta dependió de las características particulares del lugar experimental, especialmente de la composición florística.

Tabla 1. Rango y mediana para la altura de la planta, área específica foliar (SLA) y relación C/N foliar de cada parcela experimental. Tamaño muestral: 10 cuadrados por parcela. Me: mediana; AG: Alotza pastado; ANG: Alotza no pastado; UG: Uzkuiti pastado; UNG: Uzkuiti no pastado.

Parcela	Altura de la planta (cm)		SLA ($\text{mm}^2 \text{mg}^{-1}$)		Relación foliar C/N	
	Rango	Me	Rango	Me	Rango	Me
AG	5,0 – 10,5	6,5a	10,4 – 45,4	24,2a	12,0 – 39,5	24,2a
ANG	5,0 – 13,0	6,5a	7,8 – 44,8	20,9b	12,6 – 42,8	22,2a
UG	5,0 – 7,0	6,5a	9,9 – 62,3	30,7a	10,0 – 38,4	20,3a
UNG	5,0 – 13,0	7,5b	7,3 – 36,1	12,0b	10,4 – 71,3	26,4b

Los resultados de la Prueba U de Mann-Whitney se han indicado mediante superíndices: dentro de cada lugar experimental, las diferentes letras indican una diferencia significativa ($p < 0,05$).

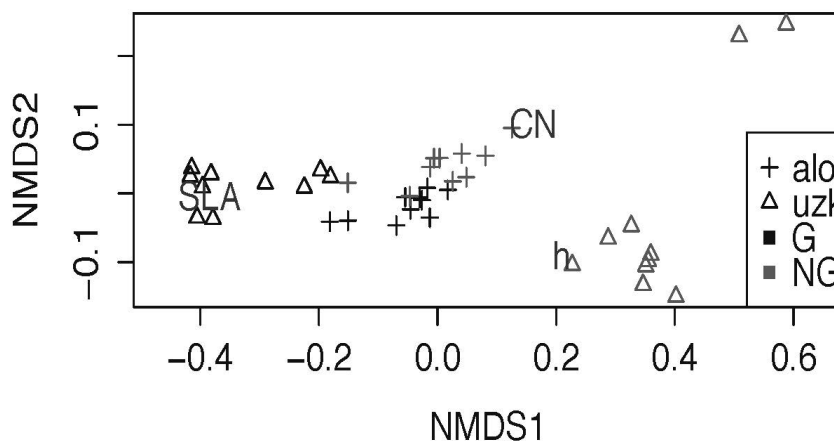


Figura 1. Diagrama de ordenación NMDS de los valores de la media ponderada de la comunidad (CWM) para tres atributos vegetales (altura de la planta -h-, área específica foliar -SLA- y relación C/N foliar -CN-) medidos en los tratamientos pastado (G) y no pastado (NG) en los dos lugares experimentales (Alotza -alo- y Uzkuiti -uzk-).

En cuanto al SLA, las medianas de las parcelas NG fueron significativamente menores tanto en Alotza como Uzkuiti (Tabla 1), siendo las diferencias más notables en Uzkuiti. En la parcela NG de Uzkuiti hubo una reducción del nicho funcional (conjunto de valores de SLA) de las especies, provocando una disminución del rango (de $28,8 \text{ mm}^2 \text{mg}^{-1}$ en NG vs. $52,4 \text{ mm}^2 \text{mg}^{-1}$ en G) y un desplazamiento de los valores hacia la izquierda del nicho funcional (valores más bajos). Por lo tanto, el efecto del abandono del pastoreo en el rango del SLA también depende del lugar experimental. La disminución del rango de este atributo puede implicar tanto, un mayor grado de solapamiento entre las especies (como consecuencia de un uso más restringido de los recursos potencialmente disponibles en la comunidad), como la presencia de un menor número de especies explotando y compitiendo por los mismos recursos (Mason *et al.*, 2005). En el caso de Uzkuiti, donde surgió un claro patrón a nivel de comunidad, el cese del pastoreo promovió un desplazamiento de SLA hacia valores más bajos. Las plantas con SLA bajos tienden a ser gruesas y lignificadas (mayor cantidad de compuestos celulares), tienen un alto contenido de materia seca (alta densidad tisular), y por lo general, tiene bajas tasas fotosintéticas (asociadas a la alta resistencia de difusión de gas), lo que inevitablemente da como resultado una menor pérdida de agua.

En lo que respecta a la relación C/N foliar, la magnitud del efecto del abandono del pastoreo varió según el lugar (Tabla 1). En Alotza, se observaron pequeñas diferencias en la mediana y el rango entre ambos tratamientos, mientras que en Uzkuiti se encontraron valores más altos de la relación C/N foliar en la parcela NG. La amplitud del rango de distribución de las especies fue mayor en NG ($60,9$ comparado con $28,4$ de la parcela G). En Uzkuiti el valor situado en la mitad (es decir, la

mediana) de la relación foliar C/N era más pequeño en la parcela G que en NG. En consecuencia, la distribución de las especies se desplazó hacia la derecha del espacio del funcional/nicho, teniendo especies con proporciones C/N foliares mayores comparando con la parcela G. Esta tendencia podría explicarse mediante los cambios ocurridos en la composición florística, donde las gramíneas de Uzkuiti, con valores mayores de la relación C/N foliar (Tabla 1), se hicieron más dominantes bajo condiciones de NG.

CONCLUSIONES

Nuestro estudio indica que el cese del pastoreo tiende en general a favorecer el desarrollo de comunidades con menor SLA, y parece que tanto la relación C/N como la altura responden de diferente manera dependiendo del lugar experimental.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a Jon Miranda (UPV/EHU) por la ayuda prestada en los análisis de laboratorio y a Joxe Antonio Irastortza (guarda del Parque Natural de Aralar) por su apoyo en el trabajo de campo y logística del muestreo. Este trabajo ha sido financiado por el Gobierno Vasco (IT299-10 y IT577-13) y por el MINECO (ref.: AGL2013-48361-C2-1-R).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC (1990) *Official methods of analysis*. 15th edition. Washington, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- CORNELISSEN J.H.C., LAVOREL S., GARNIER E., DÍAZ S., BUCHMANN N., GURVICH D.E., REICH P.B., TER STEEGE H., MORGAN H.D., VAN DER HEIJDEN M.G.A., PAUSAS J.G. Y POORTER H. (2003) A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, **51**, 335-380.
- DE BELLO F., LAVOREL S., DÍAZ S., HARRINGTON R., CORNELISSEN J.H.C., BARDGETT R.D., BERG M.P., CIPRIOTTI P., FELD C.K., HERING D., DA SILVA P.M., POTTS S.G., SANDIN L., SOUSA J.P., STORKEY J., WARDLE D.A. Y HARRISON P.A. (2010) Towards an assessment of multiple ecosystem processes and services via functional traits. *Biodiversity and Conservation*, **19**, 2873-2893.
- JUNG V., VIOLLE C., MONDY C., HOFFMANN L. Y MULLER S. (2010) Intraspecific variability and trait-based community assembly. *Journal of Ecology*, **98**, 1134-1140.
- LEGENDRE P. Y LEGENDRE L. (1998) *Numerical ecology*. Second English edition. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Science.
- MASON N.W.H., MOUILLOT D., LEE W.G. Y WILSON J.B. (2005) Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. *Oikos*, **111**, 112-118.
- R CORE TEAM (2013) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.
- ROUNSEVELL M.D.A., REGINSTER I., ARAÚJO M.B., CARTER T.R., DENDONCKER N., EWERT F., HOUSE J.I., KANKAANPÄÄ S., LEEMANS R., METZGER M.J., SCHMIT C., SMITH P. Y TUCK G. (2006) A coherent set of future land use change scenarios for Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **114**, 57-68.
- STRIJKER D. (2005) Marginal lands in Europe—causes of decline. *Basic and Applied Ecology*, **6**, 99-106.

WEIßHUHN K., AUGE H. Y PRATI D. (2011) Geographic variation in the response to drought in nine grassland species. *Basic and Applied Ecology*, **12**, 21-28.

EFFECT OF GRAZING ABANDONMENT ON THE FUNCTIONAL TRAITS OF ATLANTIC MOUNTAIN GRASSLANDS

SUMMARY

The main objective of this work was to evaluate the effect of grazing cessation on plant functional traits of Atlantic mountain grasslands at species and community level. The study was located in the Aralar Natural Park (Basque Country, SW Europe), where two permanent fenced plots were installed in June of 2005 in order to exclude livestock grazing. After vegetation sampling, the most important and structural plant species were defined and functionally characterized. The functional characterization was based on the following traits: plant height, specific leaf area (SLA), and leaf C/N-ratio. Traits were measured at individual level. Results showed that non-grazed plant communities tended to have lower SLA values than grazed communities. However, differences in height and C/N ratio depended on experimental site. SLA seems to be the most sensitive trait to grazing abandonment.

Key words: height, SLA, C/N ratio, exclusion, community weighted mean.

MODELOS PREDICTIVOS DE DISTRIBUCIÓN DE TIPOS DE VEGETACIÓN EN CANTABRIA

M.G. MAESTRO Y J. BUSQUÉ.

Centro de Investigación y Formación Agrarias. Cantabria. juanbusque@cifacantabria.org.

RESUMEN

Conocer la distribución regional de la vegetación es importante para la investigación y la gestión del territorio. Una alternativa a la cartografía de vegetación clásica es la modelización probabilística. Este trabajo presenta un ejemplo de esta metodología con un muestreo estratificado-aleatorio de vegetación de Cantabria, una ordenación de variables ambientales en seis dimensiones ortogonales, y las bandas espectrales de imágenes del satélite RapidEye. Cada uno de los 11 tipos de vegetación definidos previamente se ha relacionado mediante regresión logística con las variables ambientales y las satelitales de dos fechas diferentes. Esto ha permitido determinar la probabilidad de cada tipo de vegetación-fecha de aparecer en cada celda de 5 x 5 m del territorio estudiado. Se han utilizado los valores del área debajo de la curva ROC (AUC) y estadísticos derivados de la matriz de confusión a umbrales fijos de probabilidad para evaluar la capacidad predictiva de los modelos. Las predicciones globales de todos los modelos fueron siempre altas (AUC y aciertos con $P > 0,5$ siempre mayores a 70%), pero diferentes según tipos de vegetación y fechas. Entre las dos fechas de cada tipo de vegetación se observó generalmente mayor constancia en las variables ambientales incluidas en los modelos y variación en las de reflectancia.

Palabras clave: regresión logística múltiple, bandas espectrales, RapidEye, variables ambientales, AUC.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la distribución de especies o grupos funcionales vegetales a nivel regional es de gran valor en ecología (evaluación de la distribución potencial, modelización de nichos ecológicos, predicción de respuestas a perturbaciones: incendios, pastoreo, etc.) y en ordenación del territorio (valoración productiva y ambiental, determinación de medidas de conservación y de restauración, etc.). La cartografía de vegetación clásica ha sido hasta ahora el método más habitual de alcanzar este conocimiento, basándose en el reconocimiento en campo, con el apoyo de ortofotografía, de todo el territorio a estudiar. Según como sea el territorio, los costes de este tipo de cartografía pueden ser muy elevados, tal como fue, por ejemplo, la reciente cartografía de vegetación del Parque Nacional de los Picos de Europa (Jardín Botánico Atlántico, 2010). Esta cartografía a escala 1:10 000 de un territorio de 64 000 ha, la mayoría de difícil topografía, fue realizado por un equipo de trabajo de 21 técnicos cualificados y más de 20 colaboradores durante un periodo de cuatro años. Este gran esfuerzo hace casi imposible su repetición con una frecuencia adecuada.

El uso de métodos probabilísticos que relacionen un muestreo representativo de la vegetación de la región a estudiar con información ambiental y espectral de todo el territorio, se presenta como una alternativa a la cartografía de vegetación clásica, que alcanza ya resultados muy buenos y con costes asumibles (Morán-Ordóñez *et al.*, 2010; Bedia *et al.*, 2011). El continuo avance en la generación de modelos ambientales de gran resolución, en información proveniente de teledetección, en herramientas de aprendizaje estadístico supervisado y en capacidad computacional, promete una creciente mejora en la cartografía vegetal de territorios grandes a un

coste razonable, siempre que se apoye en un muestreo de la vegetación en campo que recoja fehacientemente la variabilidad existente.

En este trabajo presentamos los mejores modelos de regresión logística obtenidos para cada uno de los 11 tipos en que se ha clasificado la vegetación de Cantabria, utilizando variables ambientales y satelitales como variables explicativas, y considerando para estas últimas dos fechas diferentes. El uso de ciertos estadísticos nos ha permitido juzgar e interpretar la capacidad predictiva de los modelos obtenidos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Información de partida

En 2013 se realizó un muestreo estratificado-aleatorio de la vegetación de Cantabria en 104 cuadrados de 500 x 500 m cada uno (Busqué *et al.*, 2015) (Figura 1). Para este análisis, los 47 grupos vegetales inicialmente cartografiados se agruparon en 11 tipos de vegetación según criterios ecológicos y estructurales, cada uno de los cuales ha servido como variable respuesta cualitativa (presencia/ausencia) en modelos de regresión logística múltiple. Las variables explicativas de partida utilizadas en cada modelo han sido de dos tipos: ambientales y satelitales. Para la obtención de las variables ambientales se realizó una ordenación (análisis factorial múltiple) de las 28 variables climáticas, topográficas y edáficas de toda Cantabria a escala de 25 x 25 m utilizadas en un trabajo previo (Busqué *et al.*, 2014). Las variables satelitales correspondieron a las cinco bandas espectrales de dos imágenes del satélite RapidEye (resolución espacial de 5 m; Figura 1) de mayo y julio de 2012, así como a los índices NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), GreenNDVI (NDVI calculado con la banda del verde) y EVI (Enhanced Vegetation Index) derivados. Mediante interpolación lineal, todas las variables se pasaron a las mismas coordenadas con una resolución de 5 x 5 m. En todos los modelos realizados se escogió como área de análisis la superficie en común de las dos imágenes de RapidEye (aproximadamente 350 000 ha), y como muestra de vegetación la de los cuadrados contenidos en ambas imágenes (Figura 1).

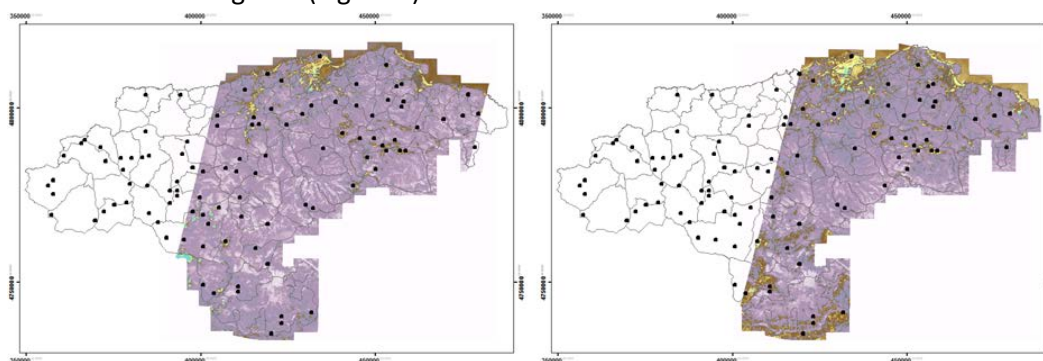


Figura 1. Cobertura espacial de las imágenes del satélite RapidEye usadas (izquierda: 23/5/2012 y derecha: 23/7/2012). En puntos negros, ubicación de los 104 cuadrados con muestreos de vegetación.

Modelos predictivos

Para cada variable respuesta (tipo de vegetación en cada una de las dos fechas: 11 x 2) se escogió el modelo de regresión logística múltiple usando el método de selección del mejor subconjunto, y utilizando el menor valor de BIC (Criterio de Información Bayesiano) como criterio de elección del mejor modelo (James *et al.*, 2013). Para cada uno de estos modelos se calculó su curva ROC (Figura 2) y AUC y, fijando un umbral de probabilidad de 0,5, su matriz de confusión para

calcular la precisión global (PG) (Verdaderos Positivos + Verdaderos Negativos / Total de Observaciones) y otro estadístico no afectado por el grado de presencia del tipo de vegetación como es el TSS (True Skill Statistic) (Bedia *et al.*, 2011).

Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico R (R Core Team, 2015) utilizando las librerías “data.table”, “FactoMineR”, “gmb”, “raster”, “pROC” y “bestglm”.

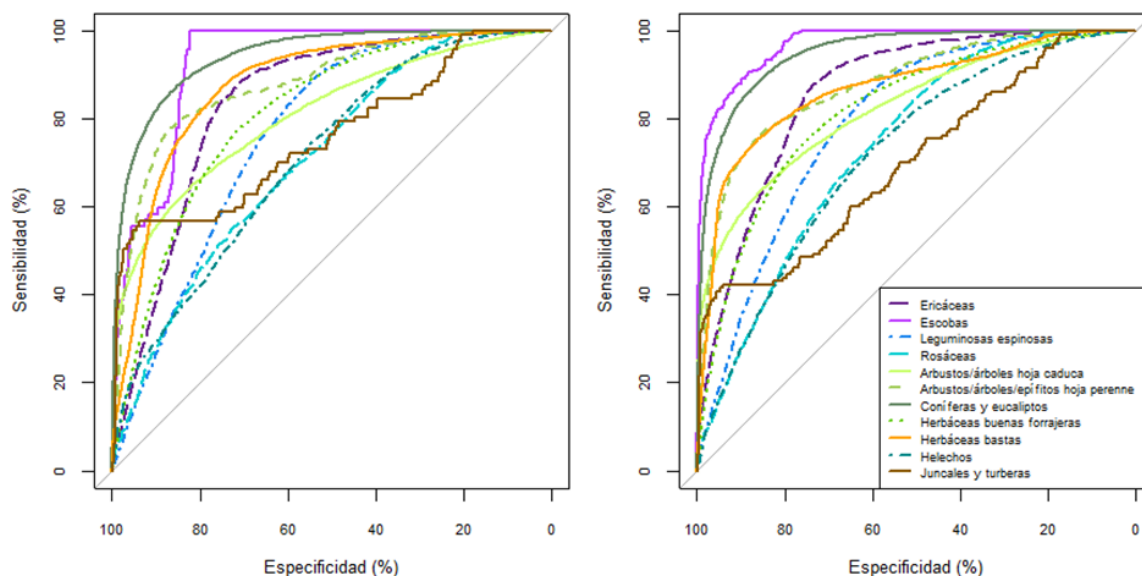


Figura 2. Curvas ROC de los modelos de distribución para cada tipo de vegetación usando las imágenes de RapidEye de mayo (izquierda) y julio (derecha).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables ambientales ortogonales elegidas del análisis factorial múltiple fueron seis, explicando un 96,6% de la varianza total de las 28 variables ambientales originales (35,9%, 22,6%, 16,3%, 9,9%, 6,9% y 5,0% respectivamente). Cada una de las nuevas variables se relacionó de forma diferente con las variables originales (Tabla 1). Todos los modelos elegidos de cada tipo de vegetación y mes de la imagen de RapidEye mostraron valores de AUC y de precisión global por encima de 70 (Tabla 2), considerándose así adecuados como herramientas de predicción (Bedia *et al.*, 2011). Incluso algunos modelos, los correspondientes a “escobas” y “coníferas-eucaliptos”, tuvieron valores de AUC y PG por encima de 90. Estos valores demuestran que la regresión logística múltiple es comparable en su capacidad predictiva a otras herramientas estadísticas más sofisticadas (Morán-Ordóñez *et al.*, 2010; Bedia *et al.*, 2011).

Todos los modelos tuvieron alguna variable explicativa de carácter ambiental. Además, para cada tipo de vegetación, los modelos de mayo y julio no difirieron demasiado en las variables ambientales explicativas seleccionadas y en el valor de sus coeficientes. Estos resultados posiblemente indican que las especies vegetales integrantes de los tipos de vegetación tienen requerimientos ecológicos semejantes a la escala del análisis, y que éstos son importantes para definir su presencia o ausencia. Así, los grupos con más divergencia en sus variables ambientales entre los dos meses, “leguminosas espinosas” y “coníferas-eucaliptos”, están formados por especies a veces con nichos ecológicos bien diferentes (p. ej. dentro de “leguminosas espinosas” *Genista occidentalis* es abundante en suelos someros sobre caliza y *Ulex gallii* lo es en suelos acidificados). La variable ambiental más seleccionada (en 13 de los 22 modelos) fue la dimensión 1, relacionada con las mejores condiciones en cuanto a temperaturas y topografía, y por tanto positivamente

relacionada con los tipos de vegetación más competitivos: eucaliptales, herbáceas buenas forrajeras y leñosas rosáceas; y negativamente relacionada con los tipos de vegetación más tolerantes al estrés: herbáceas bastas, leñosas de hoja caduca y ericáceas.

Tabla 1. Relación entre las variables creadas (dimensiones ortogonales) y las variables ambientales originales. “++” representa una puntuación de la/s variable/s para la dimensión superior a 0,5 puntos; “+” de 0,25 a 0,5; “0” entre -0,25 y 0,25; “-” de -0,25 a -0,5; y “--” inferior a -0,5 puntos.

VAR	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5	Dim.6
Tmp	++	+	-	0	0	0
Ppt	0	+	-	0	-	++
Rad	+	+	+	++	0	+
Et	+	+	+	++	0	+
Altitud	--	+	+	0	0	0
Pendiente	--	-	-	0	++	0
Twi	++	+	+	--	+	0
pH	0	++	+	0	0	0

Tmp: temperaturas (media, mínima y máxima de enero, abril, julio y octubre); Ppt: precipitación media de enero, abril, julio y octubre; Rad: radiación solar potencial media de enero, abril, julio y octubre; Et: evapotranspiración potencial media de enero, abril, julio y octubre; Twi: índice topográfico de humedad ($\ln(\alpha/\tan\beta)$), donde α es el área local drenada a un punto y $\tan\beta$ es la pendiente de ese punto).

En cuanto a las variables de reflectancia de las imágenes de RapidEye, su alta variación entre las imágenes de mayo y julio podría deberse principalmente a la dinámica fenológica o fisiológica que experimenta la vegetación. Un buen ejemplo de esto es el del helecho (*Pteridium aquilinum*), donde entre mayo y julio se pasa normalmente de plantas que aún están desarrollando sus frondes, a plantas con su parte aérea ya totalmente desarrollada. La más que probable variación regional en el desarrollo del helecho en mayo por los gradientes ambientales existentes, podría explicar los menores valores de AUC en este mes con respecto a julio. Estas variaciones estacionales, que también se podrían dar entre años, implican la necesidad de realizar nuevos modelos predictivos cada vez que se requiera un nuevo mapa de vegetación, lo que a su vez hace necesario realizar en campo nuevos muestreos representativos de la vegetación existente.

Ciertos tipos de vegetación con excelentes valores de predicción global como las “escobas”, deben sin embargo analizarse con cuidado, dada su escasa representación en el territorio estudiado (apenas 0,19 ha de casi 100 ha cartografiadas). Esto conlleva a que, al nivel de probabilidad que produce los mejores valores de PG ($P > 0,5$), se detecten porcentualmente muy bien las ausencias, pero muy mal las presencias. Esto se traduce en un valor de TSS mínimo. En estos casos, puede ser recomendable fijar umbrales de probabilidad más próximos al nivel de presencia del tipo de vegetación en la zona (James *et al.*, 2013), lo que en este caso reduce ligeramente el valor de PG, pero aumenta considerablemente el TSS ($TSSs > 0,8$, Tabla 2).



Tabla 2. Coeficientes de las variables respuesta de los modelos elegidos para cada tipo de vegetación-época, y estadísticos de precisión de las predicciones probabilísticas (AUC) y deterministas fijando $p>0,5$ (PG, TSS) y a valores mayores de su porcentaje de ocupación en el área muestreada (TSSs). Estos porcentajes de ocupación se indican bajo los nombres de los tipos de vegetación.

Tipo Veget.	Mes	Dimensiones						Bandas RapidEye					NDVI	Green NDVI	EVI	PG	AUC	TSS	TSSs
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5							
Ericas (5,7%)	My	-0,6		0,7									25,4	-49,8	93,1	83,6	0,0	0,6	
	Jl			1,0				27,6	-62,5					-14,0	91,9	86,3	0,0	0,4	
Escobas (0,2%)	My		-1,6	-1,1	1,5	1,0	-2,5								99,8	92,6	0,0	0,8	
	Jl		-1,5	1,3	1,4		-2,3								99,2	97,0	0,0	0,8	
Legum. espinos. (12,7%)	My			0,3	0,4		0,8	-66,7		-40,8			18,1	-42,1	84,1	76,4	0,0	0,3	
	Jl	-0,3			0,6					-48,7	7,91	-10,4			82,4	63,5	0,0	0,4	
Leñosas rosáceas (3,5%)	My	0,5	0,6				-1,1				3,8				95,8	70,7	0,0	0,3	
	Jl	0,5	0,5				-1,5			-32,1	39,9				95,9	73,9	0,0	0,3	
Leñosas caducif. (18,2%)	My	-0,6				0,9		-54,2		84,3	-67,9		60,3		84,7	80,8	0,2	0,4	
	Jl	-0,7				1,0				87,8	-79,9		19,2		83,4	82,5	0,4	0,5	
Leñosas perenne (2,8%)	My		1,9								-25,4		12,2		96,4	89,3	0,0	0,6	
	Jl	0,4	1,9								-30,2		23,1		97,2	87,7	0,0	0,6	
Conif. Eucalip. (8,0%)	My	1,2		-1,1	1,3			245,4	-261,3						93,9	94,1	0,5	0,7	
	Jl	1,1	0,5				-0,4			1,1	-72,4				94,8	94,9	0,3	0,6	
Herbác. forraj. (30,7%)	My	0,7								-68,7	63,58		-61,8		70,1	81,0	0,4	0,5	
	Jl	1,1			-1,0			-146,8		84,44			-9,4		76,1	81,8	0,6	0,6	
Herbác. Bastas (11,1%)	My	-1,1								26,6					87,0	87,6	0,2	0,6	
	Jl	-1,0								168,8	-213,5	83,5		-32,1	90,2	86,9	0,4	0,7	
Helecho (7,0%)	My		-0,5	0,5						-29,6	22,7		13,5	-39,8	91,6	70,9	0,0	0,2	
	Jl		-0,5	0,5				166,9		-244,2	67,2		-82,3		91,8	74,0	0,1	0,4	
Junco-Turber (0,3%)	My		-0,5		-1,3		-1,4								99,7	76,5	0,0	0,3	
	Jl		-0,4		-1,0		-1,3			14,0					97,2	87,7	0,0	0,4	

AUC: Área debajo de la curva ROC. PG: precisión global (Verdaderos Positivos + Verdaderos Negativos)/Total). TSS: True Skill Statistic (Sensibilidad+Especificidad-100).



CONCLUSIONES

Los mapas de probabilidad de presencia de tipos vegetales basados en modelos predictivos de variables fácilmente accesibles y actualizables (topografía, clima, imágenes multiespectrales, etc.) ofrecen ya una precisión suficiente para ser una alternativa viable a la cartografía de vegetación clásica. Sin embargo, aspectos como el carácter más o menos generalista de los tipos de vegetación definidos respecto a su ecología, su grado de presencia en el territorio estudiado y su fenología son aspectos que pueden dificultar la capacidad predictiva de este tipo de modelos. La combinación de imágenes satelitales de diferentes fechas en un mismo modelo, o la inclusión de otras fuentes de teledetección (p. ej. LiDAR) son posibles vías para mejorar estos aspectos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEDIA J., BUSQUÉ J. Y GUTIÉRREZ J.M. (2011) Predicting plant species distribution across an alpine rangeland in northern Spain. A comparison of probabilistic methods. *Applied Vegetation Science*, **14**, 415-432.
- 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, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- BUSQUÉ J., MAESTRO M.G., JIMÉNEZ S. Y RODRÍGUEZ J.R. (2015) Hábitats indicadores de estratos ambientales de Cantabria. En: Cifre J. *et al.* (Eds) *Pastos y Forrajes en el Siglo XXI*, pp. 31-38. Palma de Mallorca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- JAMES G., WITTEN D., HASTIE T. Y TIBSHIRANI R. (2013) *An introduction to statistical learning with applications in R*. New York, EEUU: Springer.
- JARDÍN BOTÁNICO ATLÁNTICO DE GIJÓN (2010) *Memoria de análisis global de la vegetación del Parque Nacional Picos de Europa*. Oviedo, España: O.A.P.N. MAGRAMA.
- MORÁN-ORDÓÑEZ A., SUÁREZ-SEOANE S., ELITH J., CALVO L. Y DE LUIS E. (2010) Satellite surface reflectance improves habitat distribution mapping: a case study on heath and shrub formations in the Cantabrian Mountains (NW Spain). *Diversity and Distributions*, **18**, 588-602.
- R CORE TEAM (2015) *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org/>.

PREDICTIVE DISTRIBUTION MODELS OF VEGETATION TYPES IN CANTABRIA

SUMMARY

Recognizing the distribution of vegetation at regional scale has important implications for research and land management. An alternative to the classic vegetation mapping is the probabilistic modelling. This study shows an example of this methodology based on a stratified-random sampling of vegetation of Cantabria, an ordination of environmental variables in six orthogonal dimensions, and the spectral bands of images of the satellite RapidEye. We used logistic regression to relate each of 11 types of vegetation with environmental and satellite variables from two different dates. This process allowed us to determine the probability of each type of vegetation-date appearing in each 5x5m cell of the studied territory. We have used the values of the area under the ROC curve (AUC) and statistics derived from the confusion matrix at fixed probability thresholds to assess the predictive ability of each model. The global model predictions were always high (AUC and true predictions above 70%), but different between types of vegetation and dates. Generally and for the

two date-models of each vegetation type, there was greater consistency in the environmental variables chosen than in the satellite ones.

Key words: multiple logistic regression, spectral bands, RapidEye, environmental variables, area under the ROC curve.



Producción Vegetal

LA MEJORA GENÉTICA VEGETAL COMO HERRAMIENTA PARA ENCARAR LOS RETOS DE SOSTENIBILIDAD QUE SE PLANTEAN COMO CONSECUENCIA DE LOS CAMBIOS AMBIENTALES PARA LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE

J. MORENO-GONZÁLEZ.

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM-INGACAL). Apartado 10, 15080 A Coruña.
jesus.moreno.gonzalez@xunta.es.

CLIMA

El cambio de las condiciones atmosféricas es ya una realidad palpable en nuestros días, caracterizado por una mayor concentración de dióxido de carbono [CO₂] en el aire como consecuencia de la actividad humana, principalmente por la combustión de fuel fósil y emisiones derivadas de la industria del cemento, así como por un balance negativo del secuestro de carbono en la biosfera terrestre debido a la deforestación y la ruptura de los ecosistemas naturales, igualmente que ocurre en los océanos que tienen flujos dinámicos negativos de CO₂ (Canadell *et al.*, 2007). Esto está produciendo un cambio climático, cuya tendencia es un aumento de la temperatura global, aproximadamente 0,6 °C sobre la media del Siglo XX y 1 °C con respecto a 1880 (NOAA, 2013), con una alta variabilidad en la manifestación del clima de unos años a otros y de unas zonas del mundo a otras, por ejemplo El Niño. El contenido de CO₂ global en la atmosfera se incrementó de 286 ppm al inicio de la revolución industrial (alrededor del año 1750) hasta 388 ppm en 2006 (Canadell *et al.*, 2007) y 400 ppm en 2015 y 2016 (NOAA, 2016). Durante el actual periodo interglaciar, hasta el año 1750 y al menos 10 000 años atrás, la [CO₂] se mantuvo aproximadamente estable con media de 280 ppm. La tasa de incremento actual no es lineal y se ha acelerado en las últimas décadas. Es posible que alcance el doble de la concentración que había antes de la revolución industrial al final de este siglo (Terashima *et al.*, 2014).

RELACIÓN CON LAS PLANTAS

Los modelos existentes sobre reacciones bioquímicas en relación con la fisiología vegetal predecían un incremento en la tasa de respiración de las plantas en la oscuridad, incluso exponencialmente, cuando las temperaturas se incrementasen, sin embargo investigaciones empíricas modernas sobre 231 especies en 7 biomedios encontraron que la respiración de las plantas convergen a altas temperaturas debido a mecanismos que las protegen contra un mayor gasto de energía (Heskel *et al.*, 2016). En estudios recientes (Watanabe *et al.*, 2014), cuando se aumentó la [CO₂] (792 vs. 396 ppm) en atmósfera artificial se produjo un aumento en la transcripción de los genes que codifican los enzimas de respiración de las plantas al final del periodo de luz, pero no en una mayor actividad. También se produjo un aumento en la producción de metabolitos primarios como almidón y azúcares, lo que denota una mayor actividad fotosintética en un gran número de plantas C3, aunque los estudios no son todavía concluyentes en todas las especies. La [CO₂] elevada no incrementa la actividad fotosintética en plantas C4 pero indirectamente puede incrementar la fijación de C en periodos de sequía en estas plantas (Leakey *et al.*, 2009). Estos dos factores, aumento de [CO₂] y cambio de temperatura en las condiciones ambientales, tienen por tanto una relación directa con los genes que codifican enzimas y proteínas de las plantas, que en algunas ocasiones estimulan su regulación y en otras ocasiones lo desaceleran. Una alta [CO₂] incrementa la relación C/N por lo que la planta presenta síntomas de estrés como si tuviera déficit de N, con un

envejecimiento prematuro de las hojas (Terashima *et al.*, 2014); sin embargo una $[CO_2]$ alta incrementa la eficiencia en el uso del N y decrece el uso del agua.

MEJORA GENÉTICA DE PLANTAS. TEORÍA

La mejora genética de plantas ha tenido éxito en modificar los genotipos de las plantas para conseguir cultivos más eficientes para aquellos caracteres deseados y que han sido objetivos de la selección, utilizando métodos de mejora y de selección apropiados. La mejora genética de plantas para cumplir sus objetivos necesita que haya variabilidad genética en la especie que trata de mejorar. Los métodos de selección evalúan los genotipos disponibles y eligen los más aptos para la generación siguiente.

En cierta manera la selección artificial que realizan los mejoradores de plantas se parece, salvando las distancias y las escalas, a lo que ocurre en la naturaleza según la teoría de la evolución natural de las especies que tan brillantemente expuso C. Darwin en su libro *“On the Origin of the Species”* en 1859. La variación existente en los organismos biológicos, que es creada por mutaciones naturales en los genes, es sometida a la presión que imponen las diferentes condiciones ambientales en las distintas regiones del mundo. Solo aquellos mutantes o genotipos favorables y que se adaptan a las condiciones específicas sobreviven para la generación siguiente, lo que determina la evolución de las especies. Fisher (1930) estableció el teorema fundamental de la selección natural que propone que la tasa de adaptación de un organismo es proporcional a su variación genética. Esto fue más tarde demostrado por Falconer y Mackay (1981) y otros autores cuando compararon métodos de selección en los que la ganancia genética y respuesta a la selección depende de la varianza genética (Moreno-González y Cubero, 1993).

SELECCIÓN RECURRENTE

En todo esquema de selección es necesario partir de un material con suficiente variabilidad, procurando mantenerla durante todo el proceso. La selección debe ser recurrente o cíclica, ya que esta ha aportado un buen resultado para mejorar los caracteres cuantitativos que están gobernados por muchos genes con efectos pequeños y segregando con diferentes frecuencias alélicas. El objetivo de los programas de selección es aumentar progresivamente la frecuencia de los alelos favorables que son responsables del carácter objeto de la selección, ciclo tras ciclo.

El esquema general implica tres etapas por ciclo de selección. (1) Creación de una estructura familiar; (2) evaluación de las familias en experimentos con repeticiones ensayados en diferentes ambientes; (3) recombinación de los genotipos seleccionados en los ensayos de evaluación (Moreno-González y Cubero, 1993). Inmediatamente, empieza un nuevo ciclo. Este esquema es la base de numerosos programas de selección que se han llevado a cabo, o se están realizando, en centros públicos de investigación, y empresas privadas de semilla y que han producido un éxito incuestionable en el mejoramiento del rendimiento de los caracteres objeto de la selección para varias especies prateras y forrajeras, *Zea mays*, *Lolium perenne*, *L. multiflorum*, *Medicago sativa*, *Poa pratensis*, *Trifolium repens*, *Dactylis glomerata*, *Secale cereale*, *Avena sativa* y *Eragrostis tef*.

EXPERIMENTOS CLAVE DE SELECCIÓN ARTIFICIAL

El experimento más espectacular sobre selección artificial de plantas que existe hoy día es el que está llevando a cabo la Universidad de Illinois de larga duración seleccionando para contenido de aceite y proteína en el grano de maíz. Empezó en el año 1896 a partir de 163 mazorcas de una variedad local de grano blanco denominada ‘Burr’s White’. Las 24 mazorcas con mayor contenido en

proteína, las 12 mazorcas con menor proteína, las 24 mazorcas con mayor contenido en aceite y las 12 mazorcas con menor aceite sirvieron de base para iniciar las estirpes denominadas IHP (“Illinois high protein”), ILP (“Illinois low protein”), IHO (“Illinois high oil”), e ILO (“Illinois low oil”), respectivamente (Dudley y Lambert, 1992).

Este experimento muestra los grandes cambios genéticos alcanzados en los caracteres cuantitativos, tales como contenido de proteína y aceite en el grano de maíz durante más de 100 generaciones de selección (Dudley y Lambert, 2004; Moose *et al.*, 2004). Las respuestas a la selección cambiaron de 4,6% de aceite en la población original a 22,4% para IHO, y a 0,5% para ILO después de 100 generaciones. Igualmente, las poblaciones cambiaron de 10,9% de proteína a 30,5% en IHP y a 4,2% in ILP después de 100 generaciones. Realmente se puede convertir un cultivo.

Otro experimento digno de mención con más de 50 años de selección es uno de la Universidad de Iowa, en el que dos poblaciones de maíz están sometidas a la Selección Recurrente Recíproca para incrementar el rendimiento del grano. Después de 11 ciclos, la respuesta directa a la selección en el cruce de las dos poblaciones mostró un incremento de 6,9% ciclo⁻¹ (Keeratinijakal y Lamkey, 1993).

VARIETADES SINTÉTICAS E HÍBRIDOS

La forma más eficiente de explotar la heterosis en las plantas alógamas es mediante el desarrollo de híbridos. Sin embargo, la semilla de híbridos solo puede ser usada en condiciones especiales. En otros casos, el desarrollo de variedades sintéticas (VS) es la opción mejor, que consiste en realizar cruzamientos en todas las posibles combinaciones con un número de genotipos seleccionados por su buena Aptitud Combinatoria General (ACG) y posteriormente multiplicada y mantenida con semilla procedente de polinización abierta, mediante un esquema de poli-cruzamientos. Las VS son utilizadas en la mayoría de las especies alogamas pratenses y forrajeras. Semi-híbridos o híbridos han sido propuestos en alfalfa y tréboles.

MARCADORES MOLECULARES

Una gran afluencia de datos científicos han sido acumulados durante los últimos veinte años, demostrando la utilidad de los marcadores moleculares (isoenzimas, RAPDS, RFLPs, SSRs, AFLPs, y SNPs) para examinar y mapear la identidad de los genotipos de diferentes variedades de maíz y otros cultivos. Los marcadores moleculares han confirmado también su utilidad para ayudar en la selección y en el desarrollo de nuevas variedades.

Últimamente han sido propuestos para establecer distancias genéticas entre poblaciones de alfalfas y tréboles de distintas regiones del mundo con objeto de que puedan ser usadas para buscar heterosis en programas de mejora para crear híbridos y semi-híbridos.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al INIA la financiación de los proyectos RTA2012-00100-00-00 y RFP2014-00008-00-00.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CANADELL J.G., LE QUÉRÉ C., RAUPACH M.R., FIELD C.B., BUITENHUIS E.T., CIAIS P., THOMAS CONWAY T.J., GILLET N.P., HOUGHTON R.A. Y MARLAND G. (2007) Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **104**, 18866-18870.



- DUDLEY J.W. Y LAMBERT R.J. (1992) Ninety generations of selection for oil and proteína in maize. *Maydica*, **37**, 81-87.
- DUDLEY J.W. Y LAMBERT R.J. (2004) 100 Generations of Selection for Oil and Protein in Corn. En: Janick J. (Ed) *Plant Breeding Reviews, Volume 24. Part 1: Long-Term Selection: Maize*, pp. . New Jersey and Canada: John Wiley & Sons, Inc. [DOI: 10.1002/9780470650240.ch5].
- FALCONER D.S. Y MACKAY T.F.C. (1981) Introduction to quantitative genetics. 4ª Ed, Addison Wesley Longman Lim., England.
- FISHER R.A. (1930) The genetical theory of natural selection. Oxford, UK, Oxford University Press.
- HESKEL M.A., O'SULLIVAN O.S., REICH P.B., TJOELKER M.G., WEERASINGHEA L.K., PENILLARD A., EGERTON J.J.G., CREEK D., BLOOMFIELD K.J., XIANG J., SINCA F., STANGL Z.R., MARTINEZ-DE LA TORRE A., GRIFFINKL K.L., HUNTINGFORD CH., HURRY V., MEIR P., TURNBULL M.H. Y ATKIN O. (2016) Convergence in the temperature response of leaf respiration across biomes and plant functional types. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **113(14)**, 3832-3837. [DOI: 10.1073/pnas1520282113].
- KEERATINIJAKAL V. Y LAMKEY K.R. (1993) Responses to reciprocal recurrent selection in BSSS and BSCB1 maize populations. *Crop Science*, **33**, 73-77.
- LEAKEY A.D.B., AINSWORTH E.A., BERNACCHI C.J., ROGERS A., LONG S.P. Y ORT D.R. (2009) Elevated CO₂ effects on plant carbon, nitrogen, and water relations: six important lessons from FACE. *Journal of Experimental Botany*, **60(10)**, 2859-2876.
- MOOSE S.P., DUDLEY J.W. Y ROCHEFORD T.R. (2004) Maize selection passes the century mark: a unique resource for 21st century genomics. *Trends in Plant Science*, **9**, 358-364.
- MORENO-GONZÁLEZ J. Y CUBERO J.I. (1993) Selection strategies and choice of breeding methods. In Hayward M.D. et al. (Eds) *Plant Breeding Principles and Prospects*, Chapman & Hall, London.
- NOAA (2013) Report Global Analysis-Annual 2013. National Centers for Environmental information. <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2013>.
- NOAA (2016) Report Global Analysis-Annual 2016. National Centers for Environmental information. <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2016>.
- TERASHIMA I., YANAGISAWA S. Y SAKAKIBARA H. (2014) Plant Responses to CO₂: Background and Perspectives. *Plant Cell Physiology*, **55(2)**, 237-240.
- WATANABE C.K., SATO S., YANAGISAWA S., UESONO Y., TERASHIMA I. Y NOGUCHI K. (2014) Effects of elevated CO₂ on levels of primary metabolites and transcripts of genes encoding respiratory enzymes and their diurnal patterns in *Arabidopsis thaliana*: possible relationships with respiratory rates. *Plant Cell Physiology*, **55**, 341-357.

THE PLANT GENETIC BREEDING AS A TOOL TO FACE THE SUSTAINABILITY CHALLENGES THAT ARISE AS A RESULT OF ENVIRONMENTAL CHANGES FOR FORAGE PRODUCTION

SUMMARY

A communication with same title will be orally presented in the Scientific Meeting. Information concerns climatic change, especially evolution of carbon dioxide (CO₂) and temperature in the last Century. Literature was reviewed for relating these changes with biochemical pathways in plants, mainly photosynthesis activity and plant respiration. Plant breeding has been successful in moving the genome of plants for showing up different characteristics, such as high oil and protein in maize kernel, resistance to diseases and pests and adaptation to environmental conditions. Therefore plant breeding is proposed as a tool for challenging the climatic change, which presumably

will be coming in next future. Development of synthetic varieties and utilization of polyploidy for forage plants seem to be good options for achieving breeding goals of forage crops. Also exploration of new C4 tropical species, such as Teff, presumably will help to produce forage in drought and hot conditions. Biotechnical tools, such as molecular markers, will facilitate to accomplish sooner the breeding expectations. Use of autochthonous germplasm as base material is essential for providing genetic variability and genes adapted to environmental conditions.

LAS MEZCLAS DE LEGUMINOSAS ANUALES PUEDEN MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA ROTACIÓN RAIGRÁS ITALIANO-MAÍZ FORRAJERO

A. BOTANA¹, J. VALLADARES¹, S. PEREIRA-CRESPO², N. DÍAZ¹, C. RESCH¹, B. FERNÁNDEZ-LORENZO¹, T. DAGNAC¹, M. VEIGA¹ Y G. FLORES-CALVETE¹.

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

RESUMEN

La rotación típica de las explotaciones lecheras de Galicia es un sistema de dos cultivos por año, con raigrás italiano como cultivo de invierno y maíz forrajero como cultivo de verano. Aunque de elevada productividad, la rotación es deficiente en proteína, lo que obliga a suplementar el concentrado con una alta proporción de materias primas proteicas. Siendo el maíz forrajero el cultivo principal, la introducción de leguminosas anuales en el cultivo invernal, podría ser de interés para mejorar el valor proteico de la rotación. Se comparan en este trabajo los resultados obtenidos en gran parcela durante tres años, en términos de rendimiento de materia seca (MS) y proteína bruta (PB), de la rotación raigrás-maíz (RI) con una mezcla de tréboles anuales-maíz (ML). Los valores medios anuales obtenidos fueron de 18 821 kg MS ha⁻¹ y 1073 kg PB ha⁻¹ para RI y de 19 744 kg MS ha⁻¹ y 1423 kg PB ha⁻¹ para ML. Mientras que la producción total de MS no fue significativamente diferente entre las dos rotaciones, la introducción de leguminosas permitió incrementar un 32,6% el rendimiento anual de PB por hectárea ($p < 0,01$). Se concluye que el cultivo invernal de leguminosas anuales podrían substituir ventajosamente al raigrás italiano en las rotaciones forrajeras intensivas.

Palabras clave: tréboles anuales, rendimiento, proteína, intensificación forrajera, granjas lecheras.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del maíz protagonizó el proceso de intensificación forrajera de las explotaciones lecheras gallegas desde mediados de los años 80 del pasado siglo hasta la actualidad. Ante la reducida disponibilidad de tierra para ampliar la base territorial, muchas explotaciones recurrieron a la ampliación de la superficie de cultivo del maíz para reducir la dependencia de alimentos del exterior, siendo este cultivo, en gran medida, el protagonista del incremento continuado de la producción de leche de vaca en Galicia.

Según los resultados de una reciente encuesta realizada en el proyecto INIA RTA2012-00065-C05-02 sobre una muestra de 313 explotaciones lecheras gallegas, en la campaña 2013-2014, aproximadamente unas 7700 explotaciones de Galicia (65% del total) cultivaron maíz forrajero en una superficie total de 67 000 ha. Comparando esta cifra con los datos proporcionados por el Anuario de Estadística del MAGRAMA (2014), en las explotaciones lecheras gallegas se sembraría el 97% del total de la superficie de maíz forrajero de Galicia y el 63% del total de España (69 mil y 107 mil ha, respectivamente).

La producción de maíz forrajero en Galicia, realizada en secano, habitualmente se alterna con otros cultivos, siendo predominante la rotación de dos cultivos por año. Lloveras-Vilamanya (1987) observaron un incremento entre un 30% y un 60% de la producción de materia seca (MS) de dichas rotaciones respecto a las praderas. La rotación típica, que se realiza actualmente en el 60% de las explotaciones lecheras, tiene al raigrás italiano como cultivo de invierno. El sistema más utilizado en la actualidad, en detrimento del corte en verde o dos cortes para ensilado, es un sólo corte del

cultivo de raigrás para ensilar a finales de abril-principios de mayo, lo que provoca notables pérdidas de valor nutritivo del forraje (Flores *et al.*, 2013), con valores de proteína próximos o incluso inferiores a los del maíz forrajero, con lo cual, la ración de las vacas lecheras se encarece debido a la necesidad de ser complementada con una alta proporción de materias primas proteicas.

El objetivo del presente trabajo es el de proporcionar información acerca de la productividad observada en estudios realizados en gran parcela, durante tres años, de la rotación de maíz forrajero con un cultivo invernal que incluye leguminosas anuales, comparando los resultados con los obtenidos con la típica rotación raigrás italiano-maíz.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización del ensayo

El experimento se desarrolló en la finca experimental del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM) sita en Mabegondo (A Coruña), representativa de la zona costera atlántica del norte de Galicia con suelos franco-limosos de profundidad media, moderadamente ácidos y de riqueza media en fósforo y potasio. La superficie del ensayo, destinada a producir los ensilados de hierba y de maíz, fue de 8 ha en total, distribuidas en 16 parcelas de aproximadamente 5000 m² cada parcela.

Siembra, fertilización y cosecha. Cultivo de invierno

En el otoño de los años 2011, 2012 y 2013 se sembró la mitad de las parcelas con un monocultivo de raigrás italiano tetraploide (RI, cv Promenade en el año 2011 y cv Bolero en los dos últimos años) a dosis de 40 kg ha⁻¹. La otra mitad se sembró con una mezcla polifita de leguminosas (ML) que incluyó raigrás italiano (cv Promenade, 10 kg ha⁻¹) y trébol encarnado (cv Viterbo, 30 kg ha⁻¹) el primer año y una mezcla múltiple de cuatro tréboles anuales los dos últimos, compuesta por trébol alejandrino (cv Alex, 4 kg ha⁻¹), trébol encarnado (cv Contea, 10 kg ha⁻¹), trébol persa sp. *resupinatum* (cv Nitroplus, 4 kg ha⁻¹) y trébol vesiculoso (cv Zulu II, 4 kg ha⁻¹) en 2012 y 2013, siendo sustituido el trébol encarnado cv Contea por cv Cardinal el último año. Las fechas de siembra y recolección se detallan en la Tabla 1. Solamente el cultivo de raigrás italiano recibió fertilización nitrogenada (100 kg de N ha⁻¹), fraccionada en dos aportaciones iguales en la siembra y en cobertera a comienzos de marzo, recibiendo todos los tratamientos 60 kg de P₂O₅ y 200 kg de K₂O por hectárea inmediatamente antes de la siembra. Tanto el cultivo de raigrás como el de leguminosas anuales sufrieron la competencia de especies adventicias de hoja ancha, aplicándose para su control en toda la superficie el herbicida Basagran (materia activa Bentazona) a dosis de 1,5 L ha⁻¹. El aprovechamiento del cultivo de invierno se realizó en un solo corte en la primera mitad del mes de mayo. Se tomaron muestras de la hierba recién segada de cada parcela (aproximadamente 5 kg/parcela) que fueron inmediatamente trasladadas al laboratorio para análisis de composición botánica y contenido en materia seca. La hierba segada se recogió tras 24 h de presecado con una rotoempacadora. Se obtuvo el peso total de las rotopacas producidas en cada parcela mediante pesaje de las mismas en la báscula puente de la finca del CIAM.

Siembra, fertilización y cosecha. Cultivo de maíz forrajero

El maíz forrajero se sembró inmediatamente tras la recolección de la cosecha de invierno mediante las prácticas agronómicas habituales del CIAM. En la Tabla 1 se indican, para los tres años del estudio, las fechas de siembra y de cosecha de los híbridos de maíz utilizados (cv Kaddi en 2012 y cv Rulexx en 2013 y 2014). Su ciclo de cultivo era corto-medio, con un período siembra-cosecha de 128 días (cv Kaddi) ó 137 días (cv Rulexx) y una dosis de siembra de 100 000 plantas ha⁻¹. La fertilización aplicada fue la misma en los tres años, consistente en 800 kg ha⁻¹ del complejo 15-15-15 y 225 kg ha⁻¹ de ClK (60%

de K₂O), con un aporte total por hectárea de 120 kg de N, 120 kg de P₂O₅ y 255 kg de K₂O. La cosecha se realizó cuando la línea de leche del grano se situó entre 1/3 y 3/4 de su recorrido, utilizando una cosechadora picadora de precisión autopropulsada. Se obtuvo el peso total del forraje cosechado de cada parcela mediante el pesaje en la báscula puente de los sucesivos remolques que se dirigían al silo y se tomó una muestra representativa de cada parcela durante su descarga (aproximadamente 1 kg), que se trasladó al laboratorio para su análisis.

Tabla 1. Fechas de siembra y cosecha de los cultivos.

Año	Cultivo	Cultivo de invierno (Raigrás italiano o mezcla de tréboles anuales)		Híbrido	Cultivo de verano (Maíz forrajero)	
		Siembra	Recolección		Siembra	Recolección
2012	RI.- Raigrás italiano	04/10/2011	16/05/2012	'Kaddi'	01/06/2012	05/10/2012
	ML.- Mezcla de raigrás italiano y trébol encarnado					
2013	RI.- Raigrás italiano	24/10/2012	12/05/2013	'Rulexx'	05/06/2013	08/10/2013
	ML.- Mezcla de tréboles anuales					
2014	RI.- Raigrás italiano	31/10/2013	07/05/2014	'Rulexx'	25/05/2014	06/10/2014
	ML.- Mezcla de tréboles anuales					

Análisis de muestras

La MS de los cultivos de invierno y del maíz se determinó en estufa de aire forzado Unitherm, a 80 °C durante 16 h (Castro, 1996), siendo posteriormente molidas a 1 mm en molino de martillos Christy and Norris. El contenido en proteína bruta (PB) se estimó mediante NIRS, utilizando las calibraciones desarrolladas en el CIAM-LIGAL para hierba y para maíz en estado fresco (Pereira-Crespo y Flores-Calvete, 2015).

Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza (ANOVA) para estudiar el efecto del tipo de cultivo de invierno y del año sobre la composición nutricional y el rendimiento del cultivo de invierno, del maíz y del conjunto de la rotación. Para el análisis de resultados fue utilizado inicialmente el modelo $y = \alpha_i C + \beta_j A + (\alpha\beta)_{ij} CxA + \epsilon_{ij}$ donde C es el cultivo de invierno y A el año, considerando C como factor fijo y A como factor aleatorio. Dado que la interacción CxA fue altamente significativa para un número relevante de variables, se repitió el ANOVA por separado para cada año. Los análisis se realizaron utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento del cultivo invernol

La producción de MS no fue significativamente diferente entre los dos cultivos, con valores medios para los tres años de 6159 y 5725 kg MS ha⁻¹ para RI y ML, respectivamente (Tabla 2). Únicamente en el año 2014 la producción de MS del raigrás superó a la de la mezcla de leguminosas, hecho atribuido a un rulado de la parcela efectuado a mediados de febrero que visiblemente deprimió el crecimiento de los tréboles, pero no de los raigrases. La producción de PB fue claramente superior para la mezcla de leguminosas ($p < 0,001$) con valores de 426 y 626 kg PB ha⁻¹ para RI y ML, respectivamente, como media de los tres años de ensayo. Esta superioridad se mantuvo ($p < 0,05$), en cada uno de los tres

años de ensayo, con un incremento de entre el 12,0% y el 95,9% (valor medio 47,0%) para la mezcla de leguminosas frente al raigrás.

Tabla 2. Efecto del tipo de cultivo sobre la producción por hectárea de materia seca y proteína bruta del cultivo invernial.

Año	2012			2013			2014			Media 3 años			
	Cultivo	RI	ML	p	RI	ML	p	RI	ML	p	RI	ML	p
n		6	6		8	8		8	8		22	22	
kg MS ha ⁻¹		7789	8017	ns	5211	5640	ns	5477	3517	**	6159	5725	ns
kg PB ha ⁻¹		532	596	*	366	717	***	380	567	*	426	626	***

n: número de observaciones (parcelas elementales); RI: raigrás italiano; ML: mezcla de leguminosas; MS: materia seca; PB: proteína bruta; p: significación del test F en el ANOVA (ns: no significativo, *: p<0,05, **: p<0,01, ***: p<0,001).

Rendimiento del maíz forrajero

La producción media del maíz fue superior (p<0,01) cuando el cultivo precedente era la mezcla de leguminosas comparado con el raigrás, con valores medios para los tres años de ensayo de 12 662 y 14 019 kg MS ha⁻¹ para RI y ML (Tabla 3). Este efecto se mantuvo, de forma significativa (p<0,05) y relativamente constante en cada uno de los años, oscilando entre 8,2% y 11,4% (valor medio 10,7%) el incremento de rendimiento del maíz sembrado tras la mezcla de tréboles en comparación con el sembrado tras raigrás. De la misma forma, la producción de proteína del maíz que siguió al cultivo invernial de leguminosas fue superior (p<0,001) comparado con la del maíz sembrado tras raigrás, con valores medios de 647 y 797 kg PB ha⁻¹ para RI y ML, respectivamente. Únicamente en el primer año la mayor producción de PB de ML comparada con RI (5,1% de incremento) no fue significativa, a diferencia de los dos años siguientes (incrementos de 31,5% y 32,4% para ML), con un valor medio del 23,2% para el conjunto del ensayo. Este efecto es el resultado de combinar una mayor producción de MS por hectárea con un contenido en PB significativamente más elevado (5,0 vs. 5,6%MS; p<0,001) para el maíz cuando es precedido por el cultivo ML comparado con RI.

Tabla 3. Efecto del tipo de cultivo anterior sobre la producción por hectárea de materia seca y proteína bruta del cultivo de maíz forrajero.

Año	2012			2013			2014			Media 3 años			
	Cultivo	RI	ML	p	RI	ML	p	RI	ML	p	RI	ML	p
n		6	6		8	8		8	8		22	22	
kg MS ha ⁻¹		11 632	12 594	*	11 406	13 060	**	14 948	16 403	**	12 662	14 019	**
kg PB ha ⁻¹		643	676	ns	535	704	**	764	1012	*	647	797	***

n: número de observaciones (parcelas elementales); RI: raigrás italiano; ML: mezcla de leguminosas; MS: materia seca; PB: proteína bruta; p: significación del test F en el ANOVA (ns: no significativo, *: p<0,05, **: p<0,01, ***: p<0,001).

Rendimiento global de la rotación de dos cultivos por año

No se observaron diferencias significativas entre las dos rotaciones en cuanto a la producción total anual de MS por hectárea, con valores medios de 18 821 kg MS ha⁻¹ para RI y de 19 744 kg MS ha⁻¹ para ML (Tabla 4). La contribución del cultivo invernial a la producción total de MS de la rotación fue superior (p<0,05) para el raigrás comparado con la mezcla de leguminosas (32,7% vs. 29%, respectivamente), oscilando anualmente dichos valores entre 26,8 % y 40,1% para RI y entre 17,7% y 38,9% para ML. La producción de PB por hectárea fue significativamente superior (p<0,001) para la rotación con leguminosas, con valores medios de 1073 kg PB ha⁻¹ para RI y de 1423 kg PB ha⁻¹ para



ML. Esta superioridad se mantuvo, de forma significativa, en todos los años del ensayo, representando un incremento medio del 32,6% (rango anual desde 8,2% a 57,7%) a favor de la rotación ML.

Tabla 4. Efecto del tipo de cultivo anterior sobre la producción por hectárea de materia seca y proteína bruta de la rotación de dos cultivos por año.

Año	2012			2013			2014			Media 3años			
	Cultivo	RI	ML	p	RI	ML	p	RI	ML	p	RI	ML	p
n	6	6		8	8		8	8		22	22		
Producción de materia seca													
kg MS ha ⁻¹	19 421	20 611	ns	16 617	18 700	*	20 425	19 920	ns	18 821	19 744	ns	
% Cult. inv.	40,1	38,9	ns	31,4	30,2	ns	26,8	17,7	***	32,7	29,0	**	
Producción de proteína bruta													
kg PB ha ⁻¹	1175	1272	*	901	1421	***	1144	1579	**	1073	1423	**	
% Cult. inv.	45,3	46,9	ns	40,6	50,5	*	33,2	35,9	ns	39,7	44,0	**	

% Cult. inv.: contribución del cultivo de invierno a la productividad de la rotación; n: número de observaciones (parcelas elementales); RI: raigrás italiano; ML: mezcla de leguminosas; MS: materia seca; PB: proteína bruta; p: significación del test F en el ANOVA (ns: no significativo, *: p<0,05, **: p<0,01, ***: p<0,001).

El rendimiento en MS de la rotación es ligeramente inferior a los valores obtenidos en trabajos relativamente recientes por otros autores que estudiaron el rendimiento anual de la rotación raigrás italiano-maíz en áreas de Galicia (López Cedrón *et al.*, 2006) y de Asturias (Martínez-Fernández *et al.*, 2008), realizados en pequeña parcela y con un aporte de N de entre 380 a 500 kg ha⁻¹ año⁻¹, oscilando el rendimiento total anual entre 22 y 23 t MS ha⁻¹, con una contribución del cultivo invernal en el rango del 25% al 37%.

CONCLUSIONES

Los resultados muestran que la introducción de mezclas de tréboles anuales como cultivo de invierno en la rotación de dos cultivos por año con maíz aumenta de forma consistente y substancial la producción anual de proteína bruta del sistema sin penalizar el rendimiento de materia seca, comparado con el tradicional cultivo del raigrás. A ello hay que sumar la reducción de la fertilización nitrogenada anual aplicada a la rotación, por lo que se concluye que las leguminosas anuales podrían substituir ventajosamente al raigrás italiano en las rotaciones con maíz, si bien debe comprobarse el comportamiento de estas especies leguminosas cuando se utilizan como ensilado.

AGRADECIMIENTOS

El estudio fue realizado en el marco de los proyectos PGIDT-09MRU012E financiado por la Xunta de Galicia y del proyecto INIA RTA2012-00065-C05-02.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTRO P. (1996) Efecto de tres temperaturas de secado sobre la composición química de forrajes y heces. En: Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (Ed) *Actas de XXXVI Reunión Científica de la SEEP*, pp. 365-368. La Rioja, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.



- FLORES G., DÍAZ N., DÍAZ D., VALLADARES J., PEREIRA-CRESPO S., FERNÁNDEZ-LORENZO B., RESCH C., RODRÍGUEZ-DIZ X. Y PIÑEIRO J. (2013) Evaluación de cultivares de raigrás italiano e híbrido como cultivo de invierno para ensilar en primavera. *Pastos*, **43(1)**, 20-34.
- LÓPEZ CEDRÓN F.X., RUIZ-NOGUEIRA B., CONFALONE A., PIÑEIRO J. Y SAU F. (2006) Productividad de la rotación anual raigrás-maíz en Galicia: Evaluación durante cinco años en regadío y secano y bajo dos sistemas de siembra. *Pastos*, **36(2)**, 193-216.
- LLOVERAS-VILAMANYA J. (1987) Forage production and quality of several crop rotations and pastures in northwestern Spain. *Grass and Forage Science*, **42**, 241-247.
- MAGRAMA (2014) Anuario del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/>.
- 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(2)**, 187-224.
- PEREIRA-CRESPO S. Y FLORES-CALVETE G. (2015) *Informe final del proyecto FEADER 2013/22 Aplicacións analíticas avanzadas en forraxes para racións de vacas de leite de baixo custo e reducido impacto ambiental (A3F)*. Xunta de Galicia, España.
- SAS INSTITUTE (2009) *SAS/StatUser's Guide*, v.9.2. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.

ANNUAL LEGUMES MIXTURES CAN IMPROVE THE PRODUCTIVITY OF THE ROTATION ITALIAN RYEGRASS-FORAGE MAIZE

SUMMARY

Italian ryegrass, grown in winter, followed by forage maize, grown in summer, is the typical double-cropping rotation system in the Galician (NW Spain) dairy farms for silage production. In spite of its good productivity, the rotation is low in protein, so as the dairy cows' ration must be supplemented at a rather high level with expensive imported protein feedstuffs. Being the maize the main crop, the use of legume crops during the winter could be of interest to improve the protein value of the rotation. The results, in terms of dry matter (DM) and crude protein (CP) productivity per hectare, obtained in a trial at farm-scale during three years in which a rotation with Italian ryegrass-maize (RI) was compared with a mixture of annual clovers (ML) followed by maize are shown in this paper. The annual average yields observed were 18 821 kg DM ha⁻¹ and 1073 kg CP ha⁻¹ for RI and 19 744 kg DM ha⁻¹ and 1423 kg CP ha⁻¹ for ML. Whilst total DM yield was not significantly different between the two systems, the inclusion of annual clovers in the rotation increased by 32.6% the annual CP production per hectare (p<0.01). It is concluded that the winter crop of mixtures of annual clovers could advantageously substitute the Italian ryegrass in the intensive forage rotation.

Key words: annual clovers, yield, protein, forage intensification, dairy farms.

IMPORTANCIA DEL USO DE ADITIVOS EN LA CALIDAD Y ESTABILIDAD DE LOS ENSILADOS DE LEGUMINOSAS

A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ¹, F. VICENTE¹, B. DE LA ROZA DELGADO¹, A. SOLDADO¹, J. GARCÍA², J.M. ALONSO² Y M. PELÁEZ².

¹Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Apdo.13. 33300 Villaviciosa, Asturias (España). admartinez@serida.org. ²Sociedad Asturiana de Servicios Agropecuarios S. L. (ASA). 33199. Granda, Asturias (España).

RESUMEN

En este trabajo se ha evaluado el efecto de la utilización de un aditivo biológico en ensilados elaborados con forraje procedente de monocultivos de dos leguminosas forrajeras. Para ello, se seleccionaron 16 granjas piloto en las que se sembró como forrajes de invierno guisante o haba forrajera, ambos en monocultivo con una dosis de siembra de 150 kg de semilla por hectárea. Con el forraje cosechado se realizaron ensilados de laboratorio en condiciones de manejo controlado. Tras un periodo de estabilización de 60 días se evaluaron sus características nutritivas, fermentativas y estabilidad aeróbica. Los resultados obtenidos muestran que el aditivo biológico utilizado favorece el proceso fermentativo, disminuyendo el valor de pH final y la formación de N amoniacal y controlando las fermentaciones secundarias, pero no muestra ningún efecto positivo con respecto a la estabilidad de los ensilados tras su apertura.

Palabras clave: ensilabilidad, haba forrajera, guisante forrajero, fermentación, conservación.

INTRODUCCIÓN

El camino más fácil para incrementar la eficiencia en la alimentación del vacuno lechero es con una dieta equilibrada en energía y nitrógeno de acuerdo a sus requerimientos (Agabriel *et al.*, 2010). En este sentido, los cambios experimentados en el manejo de la alimentación animal con la introducción de carros mezcladores en las explotaciones, que permiten ofertar dietas homogéneas y equilibradas a lo largo del año por mezcla de diferentes forrajes conservados y de concentrados, han llevado a que la mayor parte de la producción forrajera se ensile y se prescindiera de la producción para alimentación en verde (Dinic *et al.*, 2010). Ahora bien, hay que tener en cuenta que la PAC para el periodo 2015-2020 (Real Decreto 1075/2014), condiciona el pago de las ayudas directas procedentes del llamado “primer pilar” (pago básico, pago verde y pago a jóvenes) a la condición de agricultor activo con actividad agraria demostrada dentro de la explotación y a la superficie agraria vinculada a la explotación (Otero y López, 2015). El “pago verde” o “greening” requiere el cumplimiento de prácticas medioambientales como la diversificación de cultivos, el mantenimiento de los pastos permanentes existentes y contar con superficies de interés ecológico. Esto implica que en las explotaciones lecheras de la Cornisa Cantábrica, que habitualmente manejan la rotación raigrás italiano-maíz forrajero, deberán incorporar en sus tierras de cultivo nuevas especies y variedades como por ejemplo cultivos fijadores de nitrógeno (haba forrajera, guisante forrajero, altramuza, alfalfa, esparceta, etc.) que hasta el momento no son habituales.

Borreani *et al.* (2009) afirman que cultivos anuales de leguminosas como el guisante, las habas o los altramuces utilizados para ensilar son una fuente barata de proteína y almidón para el ganado y pueden mejorar la eficiencia de los sistemas de producción en las explotaciones lecheras, al reducir la necesidad de concentrados. Además, los ensilados de leguminosas permiten mejorar la calidad dietética de la leche mediante la reducción del contenido en ácidos 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). Ahora bien, uno de los problemas que más preocupan a los ganaderos a la hora de introducir leguminosas en la alimentación, es la dificultad que tienen éstas para ensilar debido a su escaso contenido en azúcares y elevada capacidad tampón, lo que les confiere una baja ensilabilidad (Martínez-Fernández *et al.*, 2013). Para evitar este problema, es preciso utilizar aditivos estimuladores de la fermentación y específicos para leguminosas, preferentemente formulados con bacterias lácticas y azúcares y a ser posible sin enzimas para evitar que se potencie la producción de efluente (Martínez-Fernández *et al.*, 2014).

Por ello, el objetivo de este trabajo ha sido evaluar el efecto de la utilización de un aditivo biológico sobre la calidad nutritiva, fermentativa y estabilidad aeróbica de ensilados elaborados con forraje procedente de monocultivos de leguminosas forrajeras para su integración en raciones unifeed destinadas a la alimentación del vacuno lechero.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para llevar a cabo el objetivo propuesto, se seleccionaron 16 granjas piloto entre las asociadas a la Central Lechera Asturiana (CLAS) y localizadas en los concejos que integran las zonas interior occidental (IO), costera occidental (CO) y costera central (CC) de Asturias, que aglutinan el 82% de las explotaciones y el 90% de la producción láctea del Principado de Asturias. Tras preparar el terreno, y añadir el abonado de fondo utilizando el purín generado en las propias explotaciones, las correspondientes siembras se realizaron entre el 20 de octubre y el 5 de diciembre 2013 utilizando guisante forrajero en monocultivo -G- (*Pisum sativum* L. 'Gracia') en ocho de las explotaciones seleccionadas (considerando cada una de ellas como una repetición) y haba forrajera -H- (*Vicia faba* L. 'Prothabon 101') en el resto, utilizando en todos los casos una dosis de siembra de 150 kg de semilla por hectárea.

En el momento de la cosecha, en estado fenológico de principio de floración para los G y de vainas con grano para las H (primavera de 2014) y coincidiendo con la elaboración de los ensilados en campo, de cada explotación colaboradora y de cada tipo de cultivo (G y H) se recogieron muestras de los forrajes prehenificados durante 24 h y se trasladaron al laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA donde se realizaron dos microensilados de laboratorio de 4 dm³ de capacidad, en condiciones de manejo controlado, sin aditivo o un aditivo biológico comercial (LALSIL PS) a la dosis recomendada por el fabricante (10 g/t de forraje). El material vegetal prehenificado, 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) y estimar el contenido en energía metabolizable (EM) según ARC (1980). Asimismo se determinaron los parámetros que definen la ensilabilidad de un forraje para estimar en base a estos el índice de ensilabilidad -IE- (Martínez-Fernández *et al.*, 2013): contenido en materia seca (MS) del forraje por desecación en estufa de aire forzado a 102 °C durante 24 h, azúcares solubles (AZSOL) presentes en la muestra sobre muestra desecada a 60 °C y molida a 0,75 mm (Hoffman, 1937) y capacidad tampón (CT), utilizando una alícuota de la muestra prehenificada en su estado natural (Playne y McDonald, 1966).

Durante el periodo de fermentación, se controló la producción de efluente y transcurridos 60 días desde su elaboración, los microensilados fueron abiertos y procesados para determinar sus características nutritivas y fermentativas. Además de las determinaciones mencionadas previamente

se llevaron a cabo las determinaciones de pH, medido con electrodo de penetración, y parámetros fermentativos. Para la determinación de estos últimos, se prensó una alícuota de la muestra de ensilado y sobre el jugo centrifugado y filtrado se determinó el nitrógeno amoniacal (N-NH_3) por destilación con óxido de magnesio; los ácidos grasos volátiles: acético, propiónico y butírico y el ácido láctico se determinaron por cromatografía líquida de alta resolución (columna Shodex Ropak KC-811). Asimismo, sobre una fracción de los ensilados resultantes se evaluó la estabilidad aeróbica según Moran *et al.* (1996), para lo cual, los ensilados se colocaron en cajas de poliestireno expandido (60 x 40 x 15 cm) provistas de tapas no herméticas y almacenadas durante un periodo de 10 días, en un ambiente de temperatura controlada a 23 °C, monitorizando diariamente los cambios de temperatura y pH de los ensilados en contacto con el aire.

Las características nutritivas y de ensilabilidad de los forrajes así como las nutritivas y fermentativas de los microensilados resultantes, fueron contrastadas mediante análisis de varianza (RCore Team, 2014) considerando como factores la zona de implantación del cultivo (IO vs CO vs CC), el tipo de forrajes (G vs H) y la utilización o no de aditivo. Dado que en el análisis de los resultados no aparecieron diferencias significativas entre las tres diferentes zonas de implantación de los cultivos, se eliminó este factor del análisis de varianza y se procedió nuevamente al análisis de los resultados considerando como factores, únicamente, el tipo de forraje y la utilización de aditivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los análisis de los forrajes prehenificados antes de la elaboración de los ensilados, muestran que los G tienen un valor nutritivo superior a las H, con mayor contenido en proteína (23,4% vs 18,1%; $P < 0,01$), menor cantidad de fibra neutro detergente (41,3% vs 47,7%; $P < 0,05$) y mayor digestibilidad de la materia orgánica (77,9% vs 53,6%; $P < 0,001$), lo que se traduce también en un aporte energético superior (11,1 vs 7,9 MJ/kg MS; $P < 0,001$). Con respecto a la ensilabilidad, a igualdad de CT en ambos forrajes (250 y 242 meq/kg de MS; $P > 0,05$), las H presentaron mayor contenido en AZSOL que los G (12,88% vs 9,45%; $P < 0,05$), lo que significa que disponen de mayor cantidad de sustrato para que los microorganismos presentes en el forraje lleven a cabo la fermentación láctica y por tanto tendrán mayor facilidad para ensilar correctamente. Según estos datos, las H presentan un IE=29,26 que las clasifican como un forraje de alta ensilabilidad, mientras que los G con un IE=13,15 entrarían dentro de la categoría de ensilabilidad media-alta.

El análisis de los ensilados resultantes (Tabla 1), muestra el beneficio de la utilización del aditivo en el proceso de ensilado. Su utilización no implica una mayor producción de efluentes ($P > 0,05$) a la vez que promueve menores valores de pH ($P < 0,001$), lo que implica un periodo de estabilización más corto durante el proceso fermentativo. Paralelamente induce una menor amoniogénesis ($P < 0,01$), hecho que implica una menor destrucción de la proteína y, ejerce un control sobre las fermentaciones secundarias no deseadas (ácido butírico por debajo del límite de cuantificación).

Por otra parte, y como cabría esperar, hay diferencias significativas debidas al forraje en todos los parámetros indicadores de calidad nutritiva, manteniendo el ensilado de G mayores contenidos en proteína, digestibilidad y aporte energético que las H, de manera concordante con los resultados de los forrajes verdes antes de ensilar.

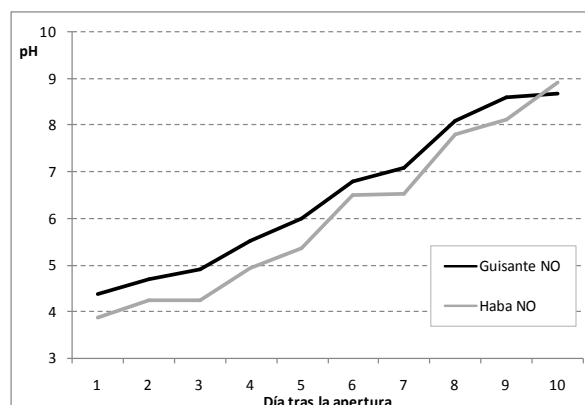
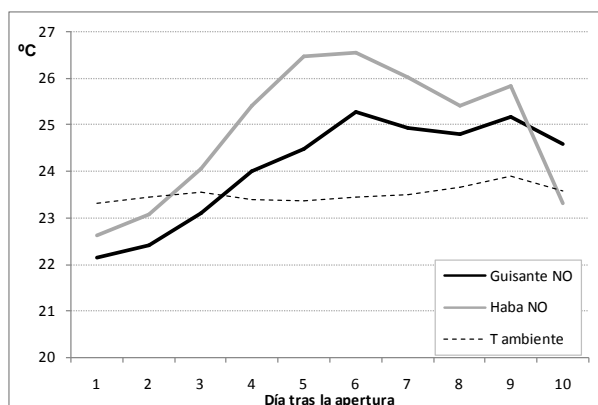
Tabla 1. Producción de efluente, características nutritivas y fermentativas, digestibilidad y aporte energético estimado de los microensilados de habas y guisantes, ambos en monocultivo, elaborados con y sin aplicación de aditivo.

	Forraje (F) Aditivo (A)	Haba (H)		Guisante (G)		rsd	Significación estadística		
		Si	No	Si	No		(F)	(A)	F x A
Efluente (l/t de forraje)		20,88	14,17	20,34	21,97	40,65	ns	ns	ns
pH del jugo		3,73	3,89	4,21	4,37	0,126	**	***	ns
Materia seca (%)		22,45	21,66	25,52	25,55	5,361	ns	ns	ns
Cenizas (%sms)		9,01	8,58	10,53	10,31	0,948	***	ns	ns
Proteína bruta (%sms)		16,58	16,60	22,39	22,29	2,980	***	ns	ns
Fibra bruta (%sms)		32,26	32,59	26,71	26,46	3,691	***	ns	ns
Fibra neutro detergente (%sms)		53,50	54,18	38,30	38,23	4,061	***	ns	ns
Fibra ácido detergente (%sms)		41,16	41,98	33,99	35,18	4,268	***	ns	ns
Materia orgánica digestible (%)		67,37	67,76	55,32	53,65	2,646	***	ns	ns
Digestibilidad in vivo de la MO (%)		72,31	69,46	71,43	81,76	3,316	***	ns	ns
Energía metabolizable (MJ kg/MS)		10,52	10,16	11,66	11,74	0,491	***	ns	ns
NH ₃ (% sobre N total)		8,81	13,53	10,95	12,37	1,655	ns	**	ns
Ácido láctico (%sms)		8,87	10,83	7,53	8,46	2,107	ns	ns	ns
Ácido acético (%sms)		0,97	1,63	1,88	1,92	1,283	ns	ns	ns

MO: Materia orgánica; %sms: datos referidos a materia seca residual; ***: p<0,001; **: p<0,01; ns: p>0,05.

En la Figura 1 se muestran los cambios de temperatura y pH de los ensilados tras su apertura, según tipo de forraje y utilización de aditivo. Cuando se compara el comportamiento de los ensilados de guisante y haba elaborados sin aditivo, se puede observar un deterioro progresivo de ambos tipos de ensilados con el tiempo. Este proceso de deterioro se acentúa a partir del cuarto día desde la apertura del ensilado, alcanzando valores de pH próximos a 9 y máximos de temperatura en torno a los 27 °C. Se observa también que, aunque los pH de partida son superiores en los ensilados de guisante forrajero, el incremento de temperatura de la masa ensilada es superior en los ensilados de habas, debido fundamentalmente a la mayor dificultad de compactación de este forraje, derivada de la mayor lignificación de sus tallos.

La incorporación del aditivo no mostró mejoras respecto a la estabilidad aeróbica en ninguno de los forrajes ensayados, registrándose valores de temperatura y pH considerados anómalos transcurridos 4-5 días desde la apertura de los ensilados. Lo que supone que el aditivo utilizado favoreció el proceso fermentativo pero no mostró ningún efecto positivo sobre estabilidad del ensilado tras su apertura y contacto con el aire.



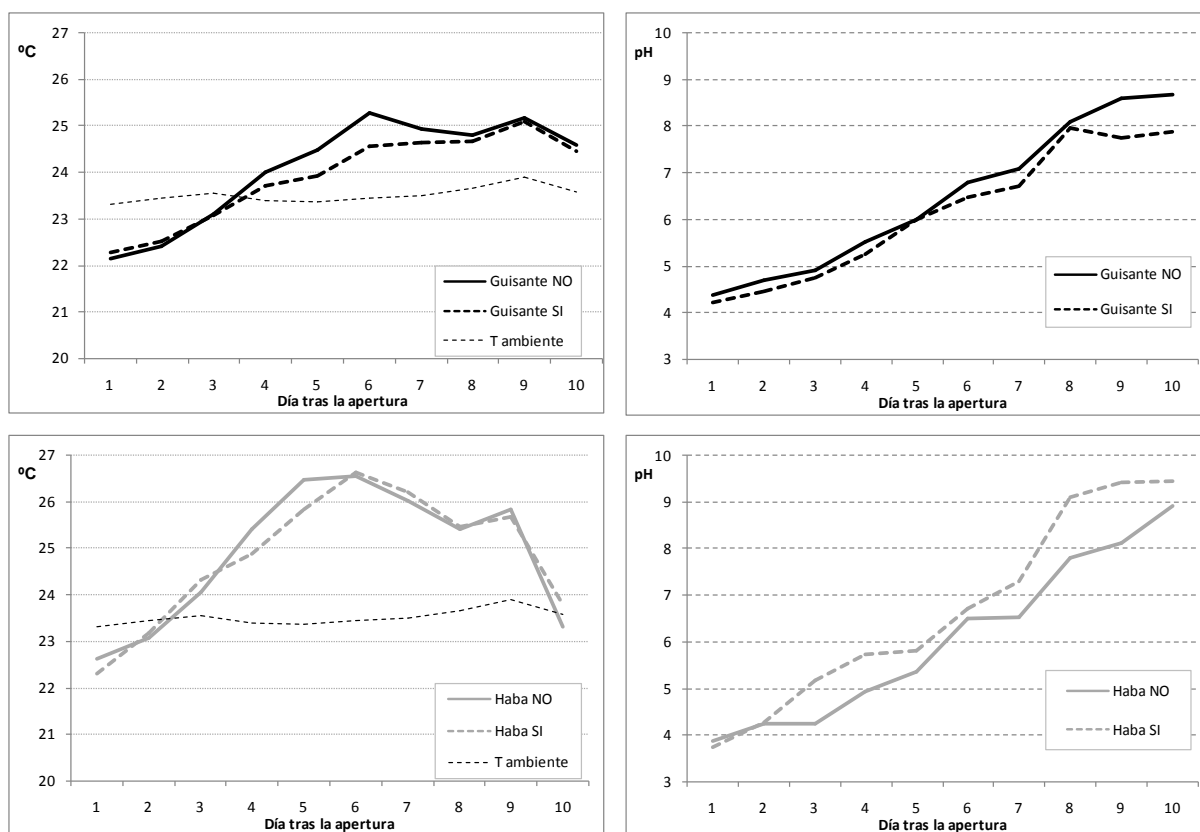


Figura 1. Variación de temperatura (°C) y pH en el ensilado desde el momento de la apertura en función del tipo de forraje y de la utilización de aditivo.

CONCLUSIONES

La utilización de un aditivo biológico durante el proceso de fermentación de leguminosas forrajeras con elevado contenido en proteína, favorece el proceso fermentativo disminuyendo la amonogénesis y controlando las fermentaciones secundarias, pero no muestra ningún efecto positivo con respecto a la estabilidad de los ensilados tras su apertura.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al MAGRAMA la financiación del proyecto 20130020000764 y la colaboración de las ganaderías asociadas a CLAS y del personal de apoyo del SERIDA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGABRIEL J., POMIES D., NOZIERE MO. Y FAVERDIN P. (2010) Principes de rationnement des ruminants. En : INRA (Ed) *Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux. Valeurs des aliments. Tables INRA 2007. Mise à jour 2010*, pp. 9-22. Versailles, France.
- AOAC (1984) *Official methods of analysis*. USA: AOAC, 14th edition.
- ARC (1980) *The nutrient requirements of ruminant livestock*. UK: CAB.
- BORREANI G., REVELLO 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.

- DE LA ROZA B., MARTÍNEZ FERNÁNDEZ A. Y ARGAMENTERÍA A. (2002) Determinación de material seca en pastos y forrajes. Temperatura de secado para análisis. *Pastos*, **XXXII (1)**, 91-104.
- 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. *Animal Feed Science and Technology*, **131**, 168-206.
- DINIC B., RADOVIE J. Y JEVTIE G. (2010) Procedures for improvement of the quality of fermentation process and increase of nutritive value of silages. *Biotechnology in Animal Husbandry*, **26 (spec issue)**, 261-274.
- HOFFMAN W.S. (1937) A rapid photoelectric method for the determination of glucose in blood and urine. *Journal of Biological Chemistry*, **120**, 51-55.
- MARTINEZ-FERNANDEZ A., ARGAMENTERIA GUTIERREZ A. Y DE LA ROZA DELGADO B. (2014) *Manejo de forrajes para ensilar*. Principado de Asturias, Villaviciosa, (Asturias), España.
- MARTINEZ-FERNANDEZ A., SOLDADO A., DE LA ROZA B., VICENTE F., GONZALEZ M.A. Y ARGAMENTERIA A. (2013) Modelling a quantitative ensilability index adapted to forages from wet temperate areas. *Spanish Journal of Agricultural Research*, **11**, 455-462.
- MORAN J.P., WEINBERG Z.G., ASHBELL G., HEN Y. Y OWEN T.R. (1996) A comparison of two methods for the evaluation of the aerobic stability of whole crop wheat silage. En: *Proceedings of the XI International Silage Conference*, pp. 162-163. UK.
- OTERO M. Y LOPEZ C. (2015) La nueva PAC ya está aquí. Ayudas directas para la ganadería de vacuno. *Campoastur*, **9**, 16-20.
- PLAYNE M.J. Y McDONALD P. (1966) The buffering constituents of herbage and of silage. *Journal of the Science Food and Agriculture*, **17**, 264-268.
- R CORE TEAM (2014) *R: A language and environment for statistical computing*. Vienne, Austria: R foundation for Statistical Computing.
- RD 1075/2014, de 19 de diciembre, sobre la aplicación a partir de 2015 de los pagos directos a la agricultura y a la ganadería y otros regímenes de ayuda, así como sobre la gestión y control de los pagos directos y de los pagos al desarrollo rural. BOE Nº307 de 20/12/2014.
- 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. *Journal of Dairy Science*, **74**, 3583-3597.

IMPORTANCE OF ADDITIVES USAGE ON QUALITY AND AEROBIC STABILITY OF LEGUME SILAGES

SUMMARY

This work evaluated the effect of using a biological additive in silages elaborated from two monocultures of legume forages. For this purpose, 16 pilot farms were selected and sowed whit pea or fava bean in monoculture as winter forage, both with a seeding rate of 150 kg of seed per hectare. With the harvested forage, laboratory silages were elaborated under controlled management conditions. After a stabilization period of 60 days, the nutritive, fermentative and aerobic stability characteristics of fava bean and pea silages were evaluated. The results show that the biological additive used improves the fermentation process, with a lower pH and ammonia nitrogen values and controlling the secondary fermentation, but shows no positive effect with respect to the aerobic stability of the silages after opening.

Key words: ensilability, fava bean, pea, fermentation, conservation.

PREDICCIÓN DE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE MEZCLAS FORRAJERAS CON LEGUMINOSAS ANUALES Y RAIGRÁS MEDIANTE NIRS

S. PEREIRA-CRESPO¹, J. VALLADARES², N. DÍAZ², D. DÍAZ², B. FERNÁNDEZ-LORENZO², C. RESCH², T. DAGNAC², A. BOTANA², M. VEIGA² Y G. FLORES-CALVETE².

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

RESUMEN

Se estudia en el presente trabajo la capacidad predictiva de la espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) para la estimación de la composición botánica de mezclas de raigrás y leguminosas anuales cosechadas para ensilado en primavera. Se usó una colección de 270 muestras secas y molidas procedentes de experimentos realizados en el CIAM. La composición botánica de las muestras se determinó en el laboratorio, cuantificándose tres fracciones: raigrases sembrados (RG), leguminosas sembradas (LEG) y especies espontáneas (OT). Los modelos de predicción NIRS se obtuvieron por regresión mínimo cuadrática entre los valores de referencia y los espectrales. La capacidad predictiva de las calibraciones fueron excelentes para las fracciones RG y LEG, siendo obtenidos coeficientes de determinación en validación cruzada (r^2) iguales o superiores a 0,90 y valores del ratio entre rango y error estándar de validación cruzada (RER) mayores de 10 para dichas variables. Se puede concluir que la tecnología NIRS puede ser utilizada satisfactoriamente en análisis de rutina con muestras secas y molidas para la predicción del porcentaje de raigrases y de leguminosas en las mezclas de leguminosas anuales con raigrás cosechadas para ensilar.

Palabras clave: tréboles anuales, gramíneas, composición florística, espectroscopía de infrarrojo cercano.

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.*, 2012). Los resultados indican que estas especies y sus mezclas con raigrás italiano e híbrido podrían ser adecuadas para su utilización en los sistemas de rotaciones forrajeras intensivas con maíz como cultivo de verano, para obtener ensilados de elevada calidad nutricional. En el caso de las mezclas, el estudio del comportamiento agronómico de leguminosas y gramíneas es clave para obtener una proporción adecuada y equilibrada de ambas especies, con la finalidad de introducir las en las explotaciones lecheras gallegas.

La determinación de la composición botánica se realiza convencionalmente mediante la separación manual de las especies presentes en la mezcla de forraje, tratándose de un método muy tedioso y laborioso, que demanda elevada cantidad de tiempo y mano de obra.

La tecnología NIRS (espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano) está ampliamente reconocida como una técnica analítica rápida, no destructiva, barata y de gran precisión, utilizada en la predicción de la composición química de forrajes (Shenk y Westerhaus, 1985), habiendo demostrado un gran potencial para predecir la composición botánica de praderas sobre muestras secas y molidas (García-Criado *et al.*, 1991) y sobre muestras de forraje en estado fresco (Soldado *et al.*, 2008).

El objetivo del presente trabajo ha sido evaluar la capacidad predictiva de ecuaciones NIRS obtenidas sobre muestras secas y molidas para estimar la composición botánica en mezclas forrajeras con raigrás y leguminosas anuales.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material vegetal utilizado proviene de dos ensayos de mezclas forrajeras de leguminosas anuales y raigrás, realizados en pequeña parcela en las fincas experimentales del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). El primer ensayo se realizó en la finca experimental del CIAM sita en Mabegondo (A Coruña), evaluándose 12 tratamientos con distintas densidades de siembra de mezclas binarias y múltiples de tréboles anuales y serradela con un raigrás italiano, siguiendo un diseño de bloques al azar con 10 repeticiones, en pequeña parcela, que fueron sembrados en octubre de 2009 y cosechados en un único corte en mayo del año siguiente. El segundo ensayo se realizó en las fincas experimentales del CIAM sitas en Mabegondo (A Coruña) y en Pobra de Brollón (Lugo) con un diseño de bloques al azar con 5 repeticiones en cada localidad, en pequeña parcela, donde se sembraron 15 tratamientos (mezclas binarias y múltiples de tréboles anuales con un raigrás híbrido) en un diseño factorial de dos fechas de siembra (mediados de octubre y mediados de noviembre de 2013) con dos momentos de corte (finales de abril y mediados de mayo de 2014).

Las fórmulas de siembra utilizadas en ambos ensayos, indicadas en la Tabla 1, incluyeron las siguientes especies y variedades: trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum* L.) cv Alex, trébol encarnado (*T. incarnatum* L.) cv Viterbo, trébol migueliano (*T. michelianum* Savi.) cv Bolta, trébol persa (*T. resupinatum* L.) ssp. *majus* cv Maral y ssp. *resupinatum* cv Nitro Plus, trébol vesiculoso (*T. vesiculosum* Savi.) cv Zulu II y serradella francesa (*Ornithopus sativus* Brot) cv Margurita entre las leguminosas y raigrás italiano (*Lolium multiflorum* Lam.) tetraploide cv Promenade y raigrás híbrido (*Lolium x baucheanum* K.) diploide cv Barsilo, entre las gramíneas.

El muestreo de las parcelas se realizó sobre una superficie 5 x 0,8 m mediante una segadora de barra oscilante a una altura aproximada de 10 cm del suelo. La muestra recogida en el campo (2000 g aproximadamente) se dividió en dos submuestras, una de las cuales, correspondiente a la mezcla de forraje, se secó en estufa de aire forzado Unitherm, a 80 °C durante 16 h (Castro, 1996) y sobre la otra muestra se realizó la determinación de la composición botánica separando manualmente tres fracciones, correspondientes a las especies sembradas raigrás (RG) y leguminosas (LEG) y a otras especies no sembradas (OT). A partir del peso fresco de cada fracción y de su contenido en materia seca se calculó la contribución porcentual de RG, LEG y OT a la biomasa total cosechada.

El análisis NIRS se realizó sobre la submuestra correspondiente a la mezcla de forraje cosechado (n=270), seca y molida a 1 mm, por duplicado en reflectancia ($\log 1/R$) en un espectrofotómetro monocromador Foss NIRSystem 6500 (Foss NIRSystem, Silver Spring, Washington, USA), equipado con un módulo de giro y situado en cámara isoterma (24 ± 1 °C). Para los procesos de calibración y validación cruzada se utilizó el espectro medio, en el rango de longitud de onda entre 400 y 2500 nm, 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). El colectivo de calibración se constituyó con las 270 muestras al poseer una elevada variabilidad, tanto espectral como de composición botánica, englobando diferentes especies, cultivares, estados fenológicos, condiciones de manejo agronómico y condiciones climáticas.

Previamente al desarrollo de los modelos de calibración, mediante el algoritmo CENTER (Shenk y Westerhaus, 1991), se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA) que permite calcular la distancia H de Mahalanobis de cada uno de los espectros al centro del espacio definido por toda la población, siendo identificados como muestras atípicas los valores $\text{GH} > 3$ (*outliers* espectrales). Durante la etapa de detección de anómalos espectrales se eliminó una muestra del colectivo de calibración.

Tabla 1. Características de las fórmulas de siembra de las diferentes mezclas forrajeras de leguminosas anuales y raigrás.

	N	Dosis de siembra (kg ha^{-1})	
		Gramínea	Leguminosa
Primer ensayo			
Mezclas binarias			
LM + TE	10	20,0	10,0
LM + TM	10	20,0	5,0
LM + TPm	10	20,0	5,0
LM + TV	10	20,0	5,0
LM + S	10	20,0	10,0
LM + TE	10	10,0	15,0
LM + TM	10	10,0	7,5
LM + TPm	10	10,0	7,5
LM + TV	10	10,0	7,5
LM + S	10	10,0	15,0
Mezclas múltiples			
LM + TE + TM + TPm + TV + S	10	20,0	TE(2,0) + TM(1,0) + TPm(1,0) + TV(1,0) + S(2,0)
LM + TE + TM + TPm + TV + S	10	10,0	TE(3,0) + TM(1,5) + TPm(1,5) + TV(1,5) + S(3,0)
Segundo ensayo			
Mezclas binarias			
LH + TA	10	20,7	7,9
LH + TA	10	13,8	15,7
LH + TA	10	6,9	23,6
LH + TE	10	20,7	12,0
LH + TE	10	13,8	24,1
LH + TE	10	6,9	36,0
LH + TM	10	20,7	2,3
LH + TM	10	13,8	4,6
LH + TM	10	6,9	6,9
LH + TPr	10	20,7	2,6
LH + TPr	10	13,8	5,1
LH + TPr	10	6,9	7,7
Mezclas múltiples			
LH + TA + TE + TM + TPr	10	20,7	TA(2,0) + TE(3,0) + TM(0,6) + TPr(0,6)
LH + TA + TE + TM + TPr	10	13,8	TA(4,0) + TE(6,0) + TM(1,2) + TPr(1,2)
LH + TA + TE + TM + TPr	10	6,9	TA(6,0) + TE(9,0) + TM(1,8) + TPr(1,8)

n: número de observaciones; LM: raigrás italiano; LH: raigrás híbrido; TE: trébol encarnado; TM: trébol migueliano; TPm: trébol persa ssp. *majus*; TPr: trébol persa ssp. *resupinatum*; TV: trébol vesiculoso; TA: trébol alejandrino; S: Serradela.

Se llevaron a cabo diferentes pretratamientos de la señal espectroscópica NIRS, tales como la derivación y la corrección del fenómeno de radiación dispersa. Para ello se aplicó el tratamiento SNV-



Detrend (tipificación de la absorbancia y corrección de la tendencia) para corregir los efectos de dispersión de la luz (Barnes *et al.*, 1989) y de diversos grados de derivación. Las calibraciones fueron desarrolladas por regresión de mínimos cuadrados parciales modificada (MPLS), entre los datos espectrales y los de referencia (Martens y Naes, 1987), incluyendo cuatro grupos de validación cruzada para prevenir el sobreajuste, que fueron secuencialmente utilizados para efectuar la validación de las ecuaciones generadas.

Los estadísticos usados para seleccionar la mejor 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 cruzada, respectivamente (Shenk y Westerhaus, 1995), 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 (Williams y Sobering, 1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se muestra el rango y la desviación estándar de los porcentajes de las tres fracciones botánicas (RG, LEG y OT) de la población de calibración y los estadísticos que describen la calidad de las ecuaciones de predicción obtenidas. Los coeficientes de determinación en el proceso de validación cruzada (r^2) ofrecen información sobre la robustez de la calibración, indicando Shenk y Westerhaus (1996) que los modelos de predicción con valores de $r^2 \geq 0,90$ tienen una excelente capacidad de predicción.

Los valores de r^2 obtenidos fueron de 0,92 para RG y de 0,90 para LEG, con lo cual las ecuaciones NIRS obtenidas se pueden considerar como satisfactorias con propósitos predictivos. Por el contrario, la ecuación de predicción obtenida para la fracción OT mostró una baja capacidad de predicción, con un valor de $r^2=0,38$. La menor variabilidad de este parámetro en la colección de calibración, los bajos valores de la fracción "otras especies" en el conjunto de calibración (donde aproximadamente 3/4 partes de las muestras presentan un valor de OT menor del 5% de la materia seca cosechada), y por último, la elevada heterogeneidad botánica de las especies adventicias que se incluyen esta fracción (que en muchas ocasiones no fueron comunes en todas las muestras), son razones que explicarían la baja capacidad predictiva observada para este parámetro en contraste con lo observado para las fracciones de las especies sembradas.

Tabla 2. Rango, media y desviación estándar del grupo de calibración y estadísticos de la ecuación de calibración desarrollada para la predicción de composición botánica de mezclas forrajeras de leguminosas anuales y raigrás.

Parámetro	n	MT	Rango		Media	SD	SEC	R^2	SECV	r^2	RER
			Min	Max							
LEG (%MS)	259	1,5,5,1	0	100	44,1	27,5	8,0	0,92	9,2	0,90	10,9
RG (%MS)	257	2,8,4,1	0	99,1	52,1	27,4	7,9	0,93	8,5	0,92	11,7
OT (%MS)	247	1,4,4,1	0	14,3	2,6	3,1	2,5	0,44	2,7	0,38	5,3

LEG: Leguminosa; RG: raigrás; OT: otras especies; n: número de muestras; MT: tratamiento matemático; Min: valor mínimo; Max: valor máximo; 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.

La robustez de la predicción puede juzgarse en función de los valores del índice RER, indicando Millmier *et al.* (2000) que para valores superiores a 8 se pueden realizar predicciones cuantitativas. Los valores RER obtenidos para la predicción de la fracción RG y LEG, fueron 11,7 y

10,9, respectivamente, superando en ambos casos los valores mínimos recomendados para una calibración de calidad predictiva satisfactoria.

Los resultados del presente trabajo para las fracciones de especies sembradas RG y LEG son comparables con los indicados por otros autores. García-Criado *et al.* (1991) realizaron un estudio sobre la aplicabilidad de la técnica NIRS para la predicción de la composición botánica de muestras de pradera, secas y molidas, en el cual obtuvieron calibraciones con mejor capacidad predictiva para RG y OT (valores de r^2 de 0,97 y 0,95 respectivamente) y algo menos precisas para LEG ($r^2=0,84$). En otro trabajo, realizado por Soldado *et al.* (2008) sobre muestras de pradera, en estado fresco, constituidas por raigrás italiano e inglés, trébol violeta y trébol blanco, se obtuvieron valores de r^2 de 0,95, 0,82 y 0,83, respectivamente. Existe concordancia, por tanto, acerca de la adecuada capacidad de las calibraciones NIRS obtenidas para la determinación de la composición botánica de mezclas anuales en comparación con lo observado por otros autores para mezclas pratenses plurianuales.

CONCLUSIONES

La tecnología NIRS, aplicada a muestras secas y molidas, es una herramienta útil y apropiada para la predicción de la composición botánica en muestras de mezclas forrajeras de raigrases italiano e híbrido y de leguminosas anuales cosechadas para ensilar en primavera. La complejidad de la fracción de especies espontáneas no permite obtener ecuaciones predictivas para este parámetro.

AGRADECIMIENTOS

El estudio fue realizado en el marco del proyecto INIA RTA2012-00065-C05-02.

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.
- GARCÍA-CRIADO B., GARCÍA-CIUDAD A. Y PÉREZ-CORONA M.E. (1991) Prediction of botanical composition in grassland herbage samples by near infrared reflectance spectroscopy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **57**, 507-515.
- MARTENS H. Y NAES T. (1987) Multivariate calibration by data compression. En: P. Williams y K. Norris (Eds) *Near-infrared technology in the agricultural and food industries*, pp. 57-88. St. Paul, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists.
- 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.
- 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. (2012) Rendimiento y valor nutritivo de nuevas leguminosas anuales como cultivo de invierno en rotaciones forrajeras intensivas en Galicia. *Pastos*, **42 (1)**, 29-50.
- 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. (1995) *Analysis of Agriculture and Food Products by Near Infrared reflectance Spectroscopy*. Silver Spring, USA: Monograph, NIR Systems Inc.
- 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, UK.
- SOLDADO A., MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A., PEDROL N., MARTÍNEZ A. Y DE LA ROZA-DELGADO, B. (2008) Aplicación de la tecnología NIR para la determinación de la composición botánica de praderas. En: Fernández-Rebollo P. *et al.* (Eds) *Pastos, clave en la gestión de los territorios: Integrando disciplinas*, pp. 113-118. Córdoba, España: SEEP.
- WILLIAMS P.C. Y SOBERING D.C. (1996) How do we do it: a brief summary of the methods we use in developing near infrared calibrations. En: Davies A.M.C. y Williams P.C. (Eds) *Near Infrared Spectroscopy: The Future Waves*, pp. 185-188. Chichester, U.K: NIR Publications.
- WIN ISI 1.5, 2000. *ISI WINDOWS Near-Infrared Software, The Complete Software Solution for Routine Analysis, Robust Calibration and Networking*. Port Matilda, PA, USA: Infracsoft International LLC.

PREDICTION OF BOTANICAL COMPOSITION OF ANNUAL LEGUMES-RYEGRASS FORAGE MIXTURES BY NIRS

SUMMARY

In the present work is studied the predictive ability of NIRS for the estimation of the botanical composition of annual legumes-ryegrass forage mixtures harvested for silage in spring, using a collection of 270 oven-dried and ground samples obtained from two experiments performed at the CIAM. Fresh herbage samples were divided in the laboratory into three fractions: sown ryegrass (RG), sown legumes (LEG) and spontaneous species (OT). NIRS calibrations were developed by modified least-square regression between reference and spectra values. The predictive ability of calibrations was excellent for RG and LEG fractions, being obtained cross-validation determination coefficients (r^2) equal or higher than 0.90 and values of the ratio between range and the standard error of cross validation (RER) higher than 10 for these variables. It is concluded that NIRS can be satisfactorily used in routine analysis of dry and ground samples for the prediction of ryegrass and legume fractions of annual legume-ryegrass forage mixtures harvested for silage.

Key words: annual clovers, grasses, floristic composition, near infrared spectroscopy.

EN UN SISTEMA DE ROTACIÓN ANUAL DE DOS CULTIVOS ¿INFLUYEN LAS LEGUMINOSAS FORRAJERAS DE INVIERNO EN EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DEL MAÍZ FORRAJERO?

S. BAIZÁN¹, F. VICENTE¹, D. CELIS², I. SALVADOR LORETO², C. GONZÁLEZ¹, S. MODROÑO¹ Y A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ¹.

¹Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Apdo. 13. 33300 Villaviciosa, Asturias (España). admartinez@serida.org. ²UAEM, Instituto Literario # 100, Col. Centro, 50000 Toluca (Estado de México) México.

RESUMEN

En el presente trabajo se ha evaluado durante tres años el efecto de diferentes leguminosas forrajeras de invierno (altramuz, habas forrajeras y trébol violeta) en monocultivo o asociadas con raigrás italiano y manejadas con fertilización orgánica, sobre el rendimiento y la calidad del siguiente cultivo de la rotación, es decir del maíz forrajero, en comparación con los obtenidos en una rotación clásica raigrás italiano-maíz en manejo convencional (fertilización química).

Se utilizó un diseño en parcela dividida con tres repeticiones que se repitió durante tres años consecutivos. Los resultados obtenidos fueron contrastados mediante análisis de varianza considerando como factor fijo la alternativa invernal previa al cultivo del maíz y el año como factor de efecto aleatorio. Las leguminosas forrajeras ensayadas tanto en monocultivo como asociadas con raigrás italiano, no influyen en el rendimiento ni en la calidad nutritiva del cultivo de maíz que completa la rotación en comparación con los resultados obtenidos en la rotación clásica raigrás italiano-maíz.

Palabras clave: producción, valor nutritivo, fertilización.

INTRODUCCIÓN

En las explotaciones lecheras del norte de España, la rotación más habitual por su elevada productividad es la de maíz-raigrás italiano (*Zea mays* L.-*Lolium multiflorum* Lam.), 20-25 t MS/ha/año, frente a las 11-15 de las praderas y 7-8 de los prados (Martínez-Fernández *et al.*, 2008), repitiéndose de forma continuada en el tiempo. La parte principal de la rotación es el maíz, ya que, es el único cultivo que sin regadío puede producir 12-20 t de MS/ha/año en tan solo cuatro-cinco meses. Este rendimiento es el resultado de la habilidad de la planta en la absorción, asimilación y utilización del nitrógeno (N) durante el crecimiento vegetativo y la posterior movilización de este N adquirido hacia la espiga durante el período de maduración del grano (Muchow, 1998; Below, 2002). Sin embargo, esta rotación, es muy exigente en abonados nitrogenados, y, repetida de forma continuada, tiene un efecto negativo sobre la fertilidad del suelo (Martínez-Fernández *et al.*, 2014). De hecho, el raigrás italiano (RI) como cultivo invernal de la rotación, ha ido perdiendo interés paulatinamente ya que presenta algunos inconvenientes, como la dificultad para dar el primer corte de primavera si las condiciones climatológicas son adversas, el encarecimiento de los gastos del cultivo en un sistema de varios cortes, las pérdidas de valor proteico y posibilidades de encamado cuando se da un solo corte y la baja concentración de proteína bruta del conjunto de la rotación (Fernández-Lorenzo *et al.*, 2004; Pereira *et al.*, 2009). Estas consideraciones sugieren que donde se debe actuar para mejorar la gestión de la producción forrajera es sobre el cultivo de invierno, buscando alternativas viables al raigrás italiano (Flores *et al.*, 2003).

Las leguminosas forrajeras, además de ser una alternativa como fuente de proteína para la producción animal y mejorar la fertilidad y la estructura del suelo mediante la fijación de N atmosférico a través de la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa (Peoples y Craswell, 1992), podrían producir mayores rendimientos en los cultivos posteriores y mejorar su calidad (N'Dayegamiye *et al.*, 2015). Estos beneficios sobre los cultivos subsiguientes están relacionados con factores conocidos como "efectos de rotación" (Maloney *et al.*, 1999), que incluyen entre otros, la mejora en la eficiencia del uso del agua, la humedad del suelo y la disponibilidad de nutrientes, la estructura del suelo y la actividad microbiana, la reducción de las malas hierbas, la ruptura de los ciclos biológicos de los insectos para evitar enfermedades y efectos fitotóxicos y alelopáticos (Baldock *et al.*, 1981; Hesterman, 1988).

Estudios llevados a cabo en el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (Galicia) han concluido que el cultivo de forrajes durante el invierno, especialmente de raigrás híbrido combinado con distintas variedades de trébol, es una alternativa muy interesante y recomendable para mejorar la rentabilidad de las explotaciones lácteas gallegas al reducir la compra de proteína vegetal, principalmente soja. Además, permite el incremento de la cosecha del siguiente cultivo en un 10% en el caso del maíz y en un 12% si es girasol, con un menor aporte de fertilizante nitrogenado (Valladares, 2015).

Por todo ello, el objetivo de este estudio ha sido evaluar el efecto de diferentes leguminosas forrajeras de invierno, en monocultivo o asociadas con raigrás italiano, sobre el rendimiento y la calidad del siguiente cultivo de la rotación, es decir del maíz forrajero.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los ensayos se desarrollaron entre 2012 y 2015 en la Finca experimental que el SERIDA tiene en Grado, localidad del interior de Asturias (6° 03' 45" Oeste y 43° 22' 35" Norte) a 65 m s. n. m., sobre suelos de textura franco arcillosa, en una parcela experimental en situación de barbecho previo. Se utilizó un diseño en parcela dividida con tres repeticiones en el cual la "parcela principal" la conformaron las distintas leguminosas a ensayar como sustitución del monocultivo de RI: trébol violeta (*Trifolium pratense* L.) -TV, habas forrajeras (*Vicia faba* L.) -HAB, altramuces (*Lupinus albus* L.) -ALT y un testigo sin cultivo -0-. Dentro de cada parcela principal, las "subparcelas" de 5,5 m x 5,5 m, las constituyeron el RI, dos especies de crucíferas: colza (*Brassica napus* L.) -COL y nabo francés (*Camelina sativa* L.) -NF y un testigo -0-. Cada repetición, constituyó un bloque, en el que se sorteó al azar el orden de las parcelas principales (TV, HAB, ALT, 0) y de las subparcelas (RI, COL, NB, 0), repitiéndose el mismo esquema y orden de las subparcelas durante los tres años del ensayo. El manejo, dosis de siembra, fertilización y el estado fenológico de los diferentes cultivos para establecer las fechas de cosecha de los cultivos invernales se realizaron con los criterios descritos por González *et al.* (2014).

Tras las correspondientes cosechas de primavera, las subparcelas se fertilizaron y a continuación se realizó la siembra del maíz utilizando una variedad de ciclo corto (26/06/2013; 04/06/2014 y 23/06/2015), en líneas separadas a 0,70 m y 0,15 m entre plantas, con una densidad final después de un aclareo de 90 000 semillas/ha. El abonado de las parcelas en las que el maíz iba en rotación con RI consistió en el aporte de 125 kg/ha de N, 150 kg/ha de P₂O₅ y 250 kg/ha de K₂O en presiembra, simulando un manejo convencional. El resto de subparcelas se fertilizaron con estiércol procedente de la propia explotación previamente analizado para aportar las mismas cantidades de nutrientes. Para el control de la flora arvense se aplicó un herbicida selectivo en presiembra

(Primextra Gold[®], Syngenta AG) con una dosis de 4 L/ha, y para controlar las plagas se utilizó el insecticida Dursban (Clorpirifos 48%, Syngenta AG) a una dosis de 600 g/ha.

La cosecha del maíz se realizó todos los años a finales de septiembre, con el grano en estado pastoso vítreo. En el momento de la cosecha se realizaron controles de producción de cada subparcela cosechando dos líneas centrales a lo largo de 5 m definiendo en cada caso un marco de muestreo de 7 m². Las plantas se cortaron a cinco cm sobre el nivel del suelo, contabilizando su peso total en verde. Las muestras fueron picadas (Viking, GE355), homogenizadas y secadas en estufa a 60°C durante 24 h para determinar su materia seca (De la Roza *et al.*, 2002), registrándose su peso seco para determinar su rendimiento por ha 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) con ecuaciones desarrolladas en el Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA (Acreditación ENAC, LE 930) para materia seca residual, cenizas, proteína bruta, fibra neutro detergente, almidón y digestibilidad enzimática neutro detergente celulosa de la materia orgánica. A partir de estos parámetros, se estimó la energía metabolizable según ARC (1980). Los datos de producción y calidad del maíz fueron contrastados mediante análisis de varianza (R Core Team, 2014), considerando como factor fijo la alternativa invernal previa al cultivo del maíz y el año como factor de efecto aleatorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El desarrollo de los cultivos invernales fue variable en función de la climatología, pero puso de manifiesto que COL no es una alternativa viable en suelos de textura franco arcillosa independientemente de las condiciones termopluviométricas (Baizán *et al.*, 2015). Por otra parte NF tuvo un comportamiento muy variable durante los tres años, ya que en 2013 no llegó a germinar por la gran cantidad de lluvia caída durante el invierno (1253 mm acumulados, el 80% distribuidos entre Noviembre y Abril) según González *et al.* (2014) y en 2015 solamente se desarrolló en algunas de las subparcelas en las que estaba presente tanto en monocultivo como asociado a las leguminosas ensayadas. Por este motivo, solamente se han considerado para este estudio las subparcelas de maíz que se correspondían con cultivos invernales que se desarrollaron sin problemas al menos durante dos de los tres años del estudio (Tabla 1).

Tabla 1. Rendimientos del maíz forrajero (kg MS/ha) en función del cultivo precedente y del año del ensayo.

Cultivo invernal anterior al maíz	Año del ensayo			rsd	Probabilidad
	2013	2014	2015		
Testigo sin cultivo previo (00)	16 608	18 546	17 036	1657	ns
Raigrás Italiano (RI)	18 379	19 762	18 721	3272	ns
Altramuz (ALT)	No disponible	20 068	18 273	3392	ns
Altramuz + Raigrás italiano (ALT+RI)	No disponible	20 785	18 037	2755	ns
Haba forrajera (HAB)	17 865b	22 270a	18 111b	1854	*
Haba forrajera + Raigrás italiano (HAB+RI)	17 672	19 874	17 945	2525	ns
Trébol violeta (TV)	17 302	20 507	18 124	2732	ns
Trébol violeta + Raigrás italiano (TV+RI)	13 119b	18 482a	15 666ab	2125	0,057

p<0,05; ns: no significativo (p>0,05); rsd: Desviación estándar residual; Diferente letra a, b dentro de la misma fila implica diferencia significativa a p<0,05; *No se consideran los datos de colza (COL) y Nabo francés (NF) tanto en monocultivo como asociados con otras especies.

Dentro de cada año, no se observaron diferencias en cuanto a los rendimientos de maíz en función del cultivo precedente. Considerando los tres años de estudio, para una misma alternativa, no se aprecian diferencias en el rendimiento del maíz exceptuando las parcelas destinadas al cultivo de HAB en monocultivo ($p < 0,05$), que el segundo año de ensayo alcanzaron 22 t MS/ha, lo que supuso un 20% más que lo obtenido en 2013 y 2015. En términos generales los mejores rendimientos se obtuvieron el segundo año independientemente del cultivo precedente, lo que induce a pensar que se trata de un efecto año, debido principalmente a unas condiciones termoplumiométricas favorables para el desarrollo del maíz.

Considerando los datos de los tres años del ensayo en su conjunto (Tabla 2), no se observaron diferencias significativas ni con relación a los rendimientos ni a la calidad nutritiva del maíz forrajero independientemente del cultivo invernal precedente, lo que supone una ventaja para las leguminosas ensayadas (en monocultivo o asociadas con RI) respecto al RI, si consideramos el conjunto de la rotación, ya que éstas requieren menos labores porque acumulan toda la producción en un único corte y no requieren aporte complementario de nitrógeno en primavera.

Tabla 2. Rendimientos, calidad nutritiva y aporte energético estimado del maíz forrajero en función del cultivo precedente (valores medios de los tres años de ensayo).

Cultivo invernal anterior al maíz	Producción kg MS/ha	MS %	Cenizas %ms	PB %ms	FND %ms	Almidón %ms	Dvivo %	EM MJ/kg MS
Testigo sin cultivo previo (00)	17 397	38,44	3,61	6,65	40,14	37,48	76,44	11,79
Raigrás Italiano (RI)	18 954	34,79	3,80	6,98	42,66	35,88	75,13	11,56
Altramuz (ALT)	19 170	40,17	3,37	6,29	40,66	38,14	75,86	11,73
Altramuz + Raigrás italiano (ALT+RI)	19 410	38,73	3,32	6,15	40,10	35,38	76,47	11,83
Haba forrajera (HAB)	19 416	39,68	3,63	6,17	43,42	35,56	74,54	11,49
Haba forrajera + Raigrás italiano (HAB+RI)	18 497	37,45	3,68	6,85	41,69	36,52	75,73	11,67
Trébol violeta (TV)	18 644	38,62	4,03	7,04	42,14	35,00	75,49	11,59
Trébol violeta + Raigrás italiano (TV+RI)	15 756	37,04	3,86	6,48	43,73	34,68	74,53	11,46
rsd	1764	3,187	0,207	0,421	1,221	1,407	0,699	0,123
Probabilidad	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns: no significativo ($p > 0,05$); rsd: Desviación estándar residual; %ms: datos referidos a materia seca residual; MS: Materia seca; PB: Proteína bruta; FND: Fibra neutro detergente; Dvivo: Digestibilidad in vivo predicha a partir de la digestibilidad enzimática neutro detergente celulasa de la materia orgánica; EM: Energía metabolizable. * No se consideran los datos de colza (COL) y Nabo francés (NF) tanto en monocultivo como asociados con otras especies.

Estos resultados coinciden con lo observado por Mijangos *et al.* (2015), que tampoco observaron diferencias en la producción de materia seca ni en el valor nutritivo del maíz (excepto para el contenido en almidón) cuando compararon la salud del suelo en dos parcelas destinadas al cultivo de maíz forrajero en el SERIDA y cuyos cultivos precedentes eran raigrás italiano con fertilización química y una alternativa forrajera que asociaba una leguminosa forrajera (haba) con colza con fertilización orgánica, aunque obtuvieron un mejor diagnóstico global de salud del agroecosistema con fertilización orgánica. Sin embargo, los resultados obtenidos contrastan con lo observado por otros autores que afirman que los efectos de las leguminosas sobre las propiedades del suelo repercuten positivamente en la producción del maíz (N'Dayegamiye *et al.*, 2015) incrementando la cosecha del siguiente cultivo en un 10% (Valladares, 2015).

CONCLUSIONES

En las condiciones de este trabajo, las leguminosas forrajeras ensayadas tanto en monocultivo como asociadas con raigrás italiano y bajo fertilización orgánica, no influyen en el



rendimiento ni en la calidad nutritiva del cultivo de maíz que completa la rotación en comparación con los resultados de la rotación clásica raigrás italiano-maíz en condiciones de manejo convencional (fertilización química), siendo las diferencias encontradas entre años más atribuibles a las condiciones climatológicas del año que al cultivo precedente.

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, a la Finca La Orden que ha facilitado la semilla de altramuz para los ensayos y al personal de apoyo del SERIDA su colaboración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARC (1980) *The nutrient requirements of ruminant livestock*. UK: CAB.
- BAIZÁN S., VICENTE F., GONZÁLEZ M.A., GONZÁLEZ C., DE LA ROZA DELGADO B., SOLDADO A. Y MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A. (2015) Leguminosas forrajeras en monocultivo o en asociación con otras especies como alternativa viable al cultivo invernal de raigrás italiano para rotar con maíz. En: Cifré P. *et al.* (Eds). *Pastos y Forrajes en el siglo XXI*, pp. 225-231. Palma de Mallorca, España: SEEP.
- BALDOCK J.O., HIGGS L.R., PAULSON W.H., JACOBS J.A. Y SCHRADER W.D. (1981) Legumes and mineral nitrogen effects on crop yields in several crop sequences in the Mississippi Valley. *Agronomy Journal*, **73**, 885-890.
- BELOW F. (2002) Nitrogen metabolism and crop productivity. En: Pessaraki M. (Ed). *Handbook of plant y crop physiology*, pp. 385- 406. Second edition, New York, USA: Marcel Dekker, Inc.
- DE LA ROZA B., MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A. Y ARGAMENTERÍA A. (2002) Determinación de material seca en pastos y forrajes. Temperatura de secado para análisis. *Pastos*, **XXXII (1)**, 91-104
- FERNÁNDEZ-LORENZO B., CASTRO P., FLORES G., ARRÁEZ A.G. Y VALLADARES J. (2004) Estimación de la composición química del guisante (*Pisum sativum* L.) y triticale (*Triticosecale* Wittm.) mediante NIRS. En: García Criado B. *et al.* (Eds). *Pastos y Ganadería Extensiva*, pp. 285-290. Salamanca, España: SEEP.
- FLORES G., AMOR J., Y RESCH C. (2003) Valor nutritivo del ensilaje de hierba en las explotaciones ganaderas gallegas. *Pastos*, **XXX**, 149-191.
- 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 J. *et al.* (Eds). *Pastos y PAC 2014-2020*, pp. 311-318. Potes (Cantabria), España: SEEP.
- HESTERMAN O.B. (1988) Exploiting forage legumes for nitrogen contribution in cropping systems. En: Hargrove W.L. (Ed). *Cropping strategies for efficient use of water and nitrogen*, pp.155-166. ASA Spec. Publ. 51, Madison, WI, USA. ASA, CSSA, and SSSA.
- MALONEY T.S., SILVEIRA K.G. Y OPLINGER E.S. (1999) Rotational vs. nitrogen fixing influence of soybean on corn grain and silage yield and nitrogen use. *Journal Production Agricultural*, **12**, 175-187.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A., ARGAMENTERÍA GUTIÉRREZ A. Y DE LA ROZA DELGADO B. (2014) *Manejo de forrajes para ensilar*. Villaviciosa (Asturias), España: SERIDA.



- 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*, **XXXVIII (II)**, 187-224.
- MIJANGOS I., VICENTE F., MODROÑO S., ANZA M., GARBISU C. Y MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A. (2015) Diagnóstico comparativo de la salud agroecosistémica bajo diferentes sistemas de abonado para el cultivo de maíz. En: Cifré P. *et al.* (Eds). *Pastos y Forrajes en el siglo XXI*, pp. 217-224. Palma de Mallorca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- MUCHOW R. (1998) Nitrogen utilization efficiency in maize and grain sorghum. *Field Crops Research*, **56**, 209-216.
- N'DAYEGAMIYE A., WHALEN J.K., TREMBLAY G., NYIRANEZA J., GRENIER M., DRAPEAU A. Y BIPFUBUSA M. (2015) The benefits of legume crops on corn and wheat yield nitrogen nutrition, and soil properties improvement. *Agronomic Journal*, **107**, 1653-1665.
- PEOPLES M.B. Y CRASWELL E.T. (1992) Biological nitrogen fixation: Investment, expectation and actual contribution to agriculture. *Plant Soil*, **141**, 13-39.
- PEREIRA S., FLORES G., GONZÁLEZ-ARRÁREZ A., VALLADARES J. Y FERNÁNDEZ-LORENZO B. (2009) Variación del valor nutritivo de variedades de guisante para forraje en función de la fecha de corte. En: Reiné R. *et al.* (Eds). *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp. 367-374. Huesca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- R CORE TEAM (2014) *R: A language and environment for statistical computing*. Vienne, Austria: R foundation for Statistical Computing.
- VALLADARES, J. (2015) Ventajas de la rotación de leguminosas con maíz y girasol. Última visita en línea 19/01/2015. www.campogalego.com.

IN A ROTATION SYSTEM WITH TWO CROPS BY YEAR, HAVE SOME INFLUENCE THE WINTER FORAGES AS LEGUMES FODDER ON PERFORMANCE AND QUALITY OF MAIZE?

SUMMARY

In this work was evaluated for a period of three years the effect of different winter forage legumes (lupine, fava bean and red clover) in monoculture or associated with Italian ryegrass and under organic fertilization, on the performance and quality of the following crop rotation forage (maize fodder), compared with those obtained in a traditional Italian ryegrass-maize rotation in conventional management (chemical fertilizer). The experimental design was split plot with three replications repeated for three consecutive years. The results were compared by analysis of variance taking into account the previous winter forage alternative to maize as fixe effect and the year as random factor. The forage legumes tested in monoculture and associated with Italian ryegrass did not affect the performance or the nutritional quality of maize forage that completes the rotation in comparison with the results obtained in the classical Italian ryegrass-maize rotation.

Key words: yield, nutritive value, fertilization.

CALIDAD DE LOS ENSILADOS DE HIERBA Y DE MAÍZ EN LAS EXPLOTACIONES LECHERAS GALLEGAS

S. PEREIRA-CRESPO¹, R. LORENZANA¹, M. BARREAL¹, M. RODRÍGUEZ¹ Y G. FLORES-CALVETE².

¹Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL), Mabegondo, 15318 Abegondo, A Coruña.

soniapereira@ciam.es. ²Instituto Galego de Calidade Alimentaria. Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (INGACAL-CIAM). Apdo. 10, 15080 A Coruña.

RESUMEN

Se presentan en este trabajo los resultados del seguimiento de la composición, valor nutricional y calidad fermentativa de los ensilados de hierba y maíz en las explotaciones lecheras gallegas en los últimos 13 años (2003 a 2015). Los resultados proceden de un total de 13 097 muestras de ensilado de hierba y de 10 230 muestras de ensilados de maíz procedentes de granjas lecheras recibidas para su análisis en el Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL). Se muestra una evolución positiva a lo largo del tiempo para la calidad fermentativa de los ensilados de hierba, relacionado con un elevado contenido en materia seca (MS) de las muestras, pero una tendencia negativa en cuanto a la digestibilidad de la materia orgánica (DMO) y contenido en proteína bruta (PB), lo que sugiere la necesidad de revisar el manejo agronómico seguido en las explotaciones. Los ensilados de maíz mostraron, de forma consistente, un valor nutricional elevado y una buena calidad fermentativa a lo largo del período considerado. Los valores medios de las muestras de los ensilados de hierba (DMO 63,2%, PB 12,7% MS) y de los de maíz (DMO 70,5%, PB 8,1% MS) ponen de manifiesto la complementariedad de ambos forrajes en las dietas del ganado vacuno lechero.

Palabras clave: valor nutritivo, calidad fermentativa, ensilado de forrajes, granjas lecheras.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del sector productor lechero en Galicia ha ido unido al incremento de la importancia de la utilización de forrajes ensilados en la alimentación del ganado, acentuada en los últimos años en paralelo a una rápida concentración de la producción en un número cada vez más reducido de explotaciones. Resultados de un reciente estudio sobre la estructura de las explotaciones lecheras gallegas muestra que en aquellas con más de 175 mil kg de leche producidos anualmente (que representan el 37% en número y el 75% en volumen de producción) la contribución de los pastos frescos a la dieta de las vacas de leche es testimonial, estando compuestas la materia seca de las raciones ofrecidas a los animales en el establo por un 40% de concentrados y un 60% de forrajes conservados. Una muestra de la importancia de los ensilados para la producción lechera gallega es el hecho de que, del total de forrajes empleados en el citado segmento de explotaciones, aproximadamente un 45% corresponde a ensilado de hierba y un porcentaje igual al ensilado de maíz, siendo el 10% restante forrajes secos (Flores *et al.*, 2015).

Por otra parte, se asume que, dentro de prácticas de manejo adecuadas, los forrajes producidos en las explotaciones constituyen la fuente alimenticia más barata para la producción de leche (Beauchemin y Rode, 2012; Chamberlain, 2013), por lo cual el conocimiento de forma precisa y fiable del valor nutricional de los ensilados de hierba y maíz, siendo necesario para la elaboración de raciones equilibradas y económicas, es uno de los requerimientos clave para la sostenibilidad económica y ambiental de las explotaciones lecheras gallegas. El Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL) es una asociación sin ánimo de lucro, declarada de utilidad pública, en la que están representados paritariamente las industrias lácteas y los productores. Fue creado en 1989

y desde 1990 presta, entre otros servicios, el análisis de los alimentos para el ganado, colaborando desde su puesta en funcionamiento con el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo en proyectos de mejora de los métodos de estimación del valor nutricional de forrajes frescos y ensilados, con especial énfasis en el desarrollo y aplicación de la tecnología NIRS.

El objetivo del presente trabajo es aportar información de la evolución, en los últimos 13 años, del valor nutritivo y calidad fermentativa de los ensilados de hierba y de maíz a partir de los resultados analíticos de las muestras recibidas en el LIGAL procedentes de explotaciones lecheras de Galicia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron en este trabajo los resultados del análisis de 23 327 muestras de ensilados de hierba y maíz procedentes de explotaciones lecheras gallegas, recepcionadas en el LIGAL para su análisis durante los últimos 13 años (2003 a 2015, ambos inclusive).

La determinación de materia seca (MS) se realizó mediante secado en estufa de aire forzado a 80 °C durante 18 horas y, sobre la muestra seca y molida a 1 mm, se analizaron mediante las ecuaciones NIRS desarrolladas en el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM) según Castro *et al.* (2002) para ensilados de hierba y según Castro *et al.* (2004) para ensilados de maíz. Los parámetros estimados fueron los contenidos en materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND), pH así como la digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica (DMO) y en el caso de ensilados de maíz el contenido en almidón (ALM). A partir del valor de DMO de las muestras se calculó la concentración en energía neta leche (ENL) según Flores *et al.* (2003). La estimación de la calidad fermentativa de los ensilados de hierba se realizó mediante la comparación entre el valor del pH real de las muestras y el pH de estabilidad (pHe) obtenido a partir de la ecuación $pHe=0,0359 \times MS + 3,44$, propuesta por Haigh (1987), siendo MS el contenido en materia seca (%) del ensilado. Convencionalmente se consideró que, cuando la diferencia entre el pH de la muestra y el de estabilidad (pHdif=pH-pHe) era inferior a 0,10 unidades, la conservación era adecuada, mientras que aquellas muestras cuyo valor pHdif era superior a 0,25 unidades presentaban una mala calidad de conservación. En las Tablas 1 y 2 se indican los criterios globales de calidad seguidos para la categorización de los ensilados de hierba y de maíz, a partir de Flores (2004) y que están actualmente en uso en el LIGAL.

Tabla 1. Clasificación de los ensilados de hierba según la digestibilidad de la materia orgánica y contenido en proteína bruta de las muestras y a su calidad fermentativa.

Calidad fermentativa	Contenido energético y proteico		
	Satisfactorio DMO≥67 y PB≥13	Aceptable 62≤DMO<67 ó 11≤PB<13	Deficiente DMO<62 ó PB<11
Satisfactoria pHdif ≤ 0,10	Calidad global Satisfactoria	Calidad global Aceptable	Calidad global Deficiente
Aceptable 0,10 < pHdif ≤ 0,25	Calidad global Aceptable	Calidad global Aceptable	Calidad global Deficiente
Deficiente pHdif ≥ 0,25	Calidad global Deficiente	Calidad global Deficiente	Calidad global Deficiente

PB: proteína bruta (%MS); DMO: digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica (%); pHdif=pH-(0,0359xMS+3,44) (Haigh, 1987).



Tabla 2. Clasificación de los ensilados de maíz según la digestibilidad de la materia orgánica, pH y contenido en almidón.

Parámetro de interés	Calidad		
	Satisfactoria	Aceptable	Deficiente
DMO (%)	DMO \geq 68	62 \leq DMO < 68	DMO < 62
pH	pH \leq 4,0	4,0 < pH \leq 4,2	pH > 4,2
Almidón (%MS)	Almidón \geq 30	27 \leq Almidón < 30	Almidón < 27

DMO: digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a) **Ensilados de hierba.**- En el periodo considerado se han analizado 13 097 muestras de ensilados de hierba con un promedio anual de unas mil muestras/año, que en el último quinquenio ha permanecido estable en el entorno de las 600-700 muestras. En la Tabla 3 se muestra la evolución de los valores medios anuales de los parámetros de valor nutritivo y calidad fermentativa de los ensilados de hierba durante el periodo 2003-2015. La media general de la colección (y rango de variación de las medias anuales) fueron MS 32,9% (30,9 a 35,3), MO 90,4 (88,8 a 91,5) %MS, PB 12,7 (11,8 a 13,9) %MS, FAD 37,5 (35,5 a 39,5) %MS, FND 57,0 (53,5 a 60,3) %MS, DMO 63,2 (61,8 a 65,0) %, ENL 1,32 (1,29 a 1,36) Mcal/kg MS, pH 4,54 (4,35 a 4,75) y pHdif -0,08 (-0,23 a 0,19). En función de los criterios de clasificación enunciados en la Tabla 1, el contenido energético y proteico se categoriza como medio, siendo la fermentación satisfactoria, por lo que globalmente la calidad de los ensilados de hierba puede considerarse como aceptable.

Tabla 3. Valores medios del valor nutritivo y la calidad fermentativa de los ensilados de hierba durante el periodo 2003 a 2015.

Año	n	MS %	MO %MS	PB %MS	FAD %MS	FND %MS	DMO %	ENL Mcal/kgMS	pH	pHe	pHdif
2003	2283	31,3	89,1	13,9	36,3	54,1	63,4	1,29	4,75	4,56	0,19
2004	1337	32,3	88,8	13,3	35,5	55,4	62,7	1,28	4,66	4,60	0,06
2005	1073	31,4	89,4	13,5	35,9	53,5	62,5	1,31	4,70	4,57	0,13
2006	988	33,0	89,8	13,4	37,1	55,9	64,2	1,34	4,66	4,62	0,04
2007	841	31,9	90,2	13,0	37,8	57,9	65,0	1,36	4,55	4,59	-0,03
2008	1306	31,9	90,6	12,3	39,5	60,3	61,8	1,29	4,52	4,58	-0,06
2009	1205	34,2	91,3	12,2	38,4	58,6	62,3	1,31	4,51	4,67	-0,16
2010	871	34,3	91,5	12,7	38,1	58,1	63,7	1,34	4,48	4,67	-0,19
2011	694	35,3	91,0	12,9	37,9	57,5	64,4	1,35	4,49	4,71	-0,22
2012	591	34,4	90,8	12,2	38,1	57,8	62,4	1,31	4,49	4,68	-0,19
2013	613	34,2	91,1	11,8	37,3	57,2	62,5	1,31	4,41	4,64	-0,23
2014	701	33,0	91,0	11,8	37,5	57,4	63,2	1,34	4,42	4,62	-0,20
2015	594	30,9	90,3	12,2	38,6	57,3	63,0	1,32	4,35	4,55	-0,20
Media		32,9	90,4	12,7	37,5	57,0	63,2	1,32	4,54	4,62	-0,08
SD		9,85	2,94	2,70	4,49	6,40	6,40	0,15	0,39	0,36	0,41
p		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
dms		0,95	0,27	0,25	0,41	0,59	0,61	0,014	0,036	0,034	0,037

MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta, FAD: fibra ácido detergente; FND: fibra neutro detergente; DMO: digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica; ENL: energía neta leche; pHe: pH de estabilidad= 0,0359xMS+3,44 (Haigh, 1987); pHdif=pH-pHe; n: número de observaciones; SD: desviación estándar; p: significación del test F en el análisis de varianza; dms: diferencia mínima significativa entre dos medias de la misma columna.



En cuanto a su evolución, se advierte que el contenido medio anual de MS no sigue una tendencia clara, manteniéndose todos los años por encima del 30%, como consecuencia de la práctica del presecado de la hierba en el campo, una vez segada, antes de cosecharla para ensilar. Por otra parte, mientras que los valores de DMO se mantienen relativamente constantes a lo largo del período considerado, el contenido de PB tiende a descender ligeramente, al igual que los valores de pH y, consecuentemente, la calidad fermentativa tiende a aumentar con el avance de la serie anual. Una posible explicación al descenso de PB combinado con valores de pH más bajos de las muestras de ensilados analizadas sería la presencia cada vez mayor de muestras de ensilados procedentes de siembras monofitas de raigrás italiano cultivado en rotación con maíz, habituales en las explotaciones de mayor dimensión, y a un paralelo descenso del número de muestras de ensilados procedentes de praderas mixtas con leguminosas, más habituales en explotaciones de menor tamaño. El raigrás italiano suele ser cosechado a finales de abril en un solo corte, momento en el que suele presentar valores elevados de azúcares y bajos valores de proteína (Flores *et al.*, 2013). En un estudio anterior sobre la evolución de los ensilados de hierba en las explotaciones gallegas durante los años 1991 a 2002 donde se analizaron un total de 2362 muestras (Flores, 2004), se indicaban valores medios de MS de 26,5%, FAD 36,8 %MS, PB 13,4 %MS, DMO 66,8 % y pHdif=0,23. La comparación de los valores obtenidos en el presente estudio con los de la serie anterior muestra la clara tendencia hacia la práctica del presecado de la hierba seguido en las explotaciones lecheras gallegas, en paralelo con una acusada mejora de la calidad fermentativa. En contrapartida, tanto el valor medio de digestibilidad como el de proteína bruta de los ensilados son inferiores para las muestras más recientes, lo que alertan de una importante caída de valor nutricional, en particular para el valor energético dadas las diferencias entre los valores medios de DMO de las dos series de datos (3,6 unidades, equivalentes a la energía de 0,75 kg de cereal en la ración de una vaca lechera que consumiese un 45% del forraje de la ración diaria como ensilado de hierba). Las diferencias son también importantes para el valor de PB (0,7 unidades) y aunque cabría esperar menores pérdidas de nitrógeno en los ensilados actuales, mejor conservados, la tendencia decreciente en el contenido de PB observado en el presente trabajo indica que es necesario proceder a revisar el manejo de labores de cultivo y ensilado de la hierba seguido en las explotaciones lecheras gallegas.

b) **Ensilados de maíz.**- Se han analizado 10 230 muestras en el periodo, resultando un promedio anual de unas 800 muestras por año, que ha sido ligeramente inferior en los últimos años. En la Tabla 4 puede observarse la evolución del valor nutritivo y pH de los ensilados de maíz en los últimos 13 años. Los valores medios de la muestra y el rango de variación de las medias anuales fueron: MS 32,5% (28,5 a 34,6), MO 96,3 (96,0 a 96,7) %MS, PB 8,1 (7,4 a 9,3) %MS, FAD 24,7 (23,7 a 25,6) %MS, FND 48,5 (46,5 a 51,3) %MS, ALM 28,6 (25,4 a 30,9) %MS, DMO 70,5 (68,3 a 71,5) %, ENL 1,61 (1,54 a 1,64) Mcal/kg MS y pH 3,90 (3,73 a 4,03). En relación a la clasificación de la calidad de ensilados de maíz en uso en el LIGAL (Tabla 2), la colección muestra un valor energético elevado, superior al valor 68% DMO para la media de todos los años, así como un valor de pH inferior al de 4,0 indicativo de una buena calidad de fermentación.

Tabla 4. Valores medios del valor nutritivo y la calidad fermentativa de los ensilados de maíz durante el período 2003 a 2015.

Año	n	MS %	MO %MS	PB %MS	FAD %MS	FND %MS	ALM %MS	DMO %	ENL Mcal/KgMS	pH
2003	904	31,2	96,1	7,4	24,7	47,3	26,2	69,0	1,54	3,99
2004	746	32,5	96,0	9,2	24,9	49,0	28,4	68,3	1,54	4,03
2005	895	33,0	96,1	9,3	24,7	48,2	30,3	70,1	1,59	3,93
2006	903	34,2	96,2	8,6	24,8	46,8	28,9	71,5	1,63	3,89
2007	1118	32,8	96,2	8,4	25,0	47,6	26,4	71,0	1,62	3,81
2008	919	30,7	96,2	8,0	25,6	50,0	25,4	70,2	1,60	3,85
2009	1031	32,2	96,4	7,8	24,9	51,3	28,2	70,5	1,61	3,99
2010	805	34,6	96,7	7,4	23,7	48,9	30,6	71,0	1,63	3,98
2011	689	34,0	96,6	7,4	24,0	47,3	29,1	71,4	1,64	4,00
2012	658	32,4	96,6	7,6	24,2	46,5	29,6	71,2	1,63	4,01
2013	573	28,5	96,3	7,5	25,2	48,5	28,7	69,5	1,58	3,76
2014	796	31,3	96,4	7,4	24,7	48,1	29,8	69,6	1,58	3,76
2015	423	32,5	96,4	7,6	23,8	49,7	30,9	70,3	1,60	3,73
Media		32,5	96,3	8,1	24,7	48,5	28,6	70,5	1,61	3,90
SD		5,54	0,62	1,01	2,64	4,42	5,40	2,32	0,07	0,32
p		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
dms		0,55	0,06	0,08	0,26	0,43	0,53	0,22	0,006	0,030

MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta, FAD: fibra ácido detergente; FND: fibra neutro detergente; ALM: almidón; DMO: digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica; ENL: energía neta leche; n: número de observaciones; SD: desviación estándar; p: significación del test F en el análisis de varianza; dms: diferencia mínima significativa entre dos medias de la misma columna.

En cuanto al contenido en almidón, se puede considerar como aceptable, si bien en un 40% de los años se considera como satisfactoria al tener un valor de ALM próximo o superior al 30% MS. Se destaca la relativamente baja variabilidad de la calidad de los ensilados a lo largo de la serie estudiada y, en consecuencia, la constancia de su buen valor nutricional. El valor medio de DMO de los ensilados de maíz fue 7,3 unidades superior al mostrado por los ensilados de hierba, mientras que el contenido medio en PB de éstos fue casi 5 unidades superior al de los ensilados de maíz, indicando la complementariedad de estos dos forrajes en la ración de las vacas de leche. Los contenidos medios de MS pueden considerarse correctos, si bien en 1/3 de los años dichos valores estaban próximos o por debajo del 30% indicando que la cosecha se realizó en un estado relativamente precoz, lo que se traduce en unos contenidos de almidón ligeramente por debajo de la media.

CONCLUSIONES

Los ensilados de hierba de las explotaciones lecheras gallegas muestran una evolución positiva en cuanto a la calidad fermentativa, relacionada con el ensilado de la hierba con altos valores de materia seca mediante la práctica del presecado. Esta evolución está ligada con un descenso en los valores medios de proteína, que podría alertar de un descenso progresivo de la presencia de leguminosas en los cultivos de hierba para ensilar y obliga a revisar las prácticas de manejo de las praderas y de sus ensilados en las explotaciones. Los ensilados de maíz muestran un valor nutricional consistentemente elevado, acompañado por una buena calidad fermentativa a lo largo del período estudiado. Los perfiles energéticos y proteicos de los ensilados de hierba y de maíz pueden considerarse como complementarios en las dietas del ganado vacuno lechero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEAUCHEMIN K.A. Y RODE L. (2012) Efficient Use of Forages and Impact on Cost of Production. *WCDS Advances in Dairy Technology*, **24**, 241-253.
- CASTRO P., FLORES G., GONZALEZ-ARRÁEZ A. Y CASTRO J. (2002) Nutritive quality of herbage silages by NIRS: dried or undried samples?. *Grassland Science in Europe*, **7**, 190-191.
- CASTRO P., FLORES G., GONZÁLEZ-ARRÁEZ A., CASTRO J. Y FERNÁNDEZ-LORENZO B. (2004) Análisis de ensilados de maíz mediante NIRS. En: García-Criado B. *et al* (Eds) *Pastos y ganadería extensiva*, pp. 279-283. Salamanca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- CHAMBERLAIN T. (2013) Understanding the economics of dairy farming: feed costings. *Livestock*, **18(5)**, 158-163.
- 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. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid.
- FLORES G., DÍAZ N., DÍAZ D., VALLADARES J., PEREIRA-CRESPO S., FERNÁNDEZ-LORENZO B., RESCH C., RODRIGUEZ-DIZ X. Y PIÑEIRO J. (2013) Evaluación de cultivares de raigrás italiano e híbrido como cultivo de invierno para ensilar en primavera. *Pastos*, **43(1)**, 20-34.
- FLORES G., GONZÁLEZ-ARRÁEZ A., CASTRO J., CASTRO P., CARDELLE M., FERNÁNDEZ-LORENZO B. Y VALLADARES J. (2003) Evaluación de métodos de laboratorio para la predicción de la digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica de ensilajes de hierba y planta entera de maíz. *Pastos*, **33(1)**, 5-99.
- FLORES G., RESCH C., DAGNAC T., VALLADARES J., DÍAZ N., BOTANA A., LORENZANA R. Y FERNÁNDEZ-LORENZO B. (2015) Encuesta general sobre estructura y sistemas de alimentación de las explotaciones lecheras. Informe anual de seguimiento del proyecto INIA RTA2012-00065-C05-02. Anualidad 2014-2015, 30 pp.
- HAIGH P.M. (1987) The effect of dry matter content and silage additives on the fermentation of grass silage on commercial farms. *Grass and Forage Science*, **42**, 1-8.

GRASS AND MAIZE SILAGE QUALITY IN THE GALICIAN DAIRY FARMS

SUMMARY

Based on the results of the analysis of grass (n=13 097) and maize (n=10 230) silage samples performed from 2003 to 2015 in the Galician Interprofessional Laboratory of Milk Analysis (LIGAL) the 13-years evolution of the chemical composition, digestibility and fermentation quality of Galician dairy farms silages is presented in this work. It was observed a positive evolution of fermentation quality for the grass silages, related to a high dry matter (DM) content of ensiled herbage, whilst their digestibility (OMD) and crude protein (CP) content showed a negative trend, which suggests that there is a need to review the agronomic management followed in the dairy farms. Maize silages showed a consistently high nutritive value and a good fermentation quality overall the period studied. The average values of grass silages (OMD 63.2%, CP 12.7 %DM) and of maize silages (OMD 70.5%, CP 8.1 %DM) showed the complementarity of both forages in the dairy cows' diets.

Key words: nutritive value, fermentation quality, forage silage, milk cows.

CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE ENSILADOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) UTILIZADOS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE A PEQUEÑA ESCALA EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE MÉXICO

A. SAINZ-RAMÍREZ¹, F. LÓPEZ-GONZÁLEZ¹, I.A. DOMÍNGUEZ-VARA² Y C.M. ARRIAGA-JORDÁN¹.

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario #100 50000 Toluca (México). sainz_ss@hotmail.com, cmarrigaj@uaemex.mx. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario #100 50000 Toluca (México). igy92@hotmail.com.

RESUMEN

El ensilado de maíz se promueve para la alimentación del ganado en sistemas de producción de leche a pequeña escala (SPLPE) en el noroeste del Estado de México. Esta opción mejora la calidad de los forrajes en la época de sequía, reduciendo los costes de alimentación y la dependencia de insumos externos, aspecto que afecta a su viabilidad económica y sostenibilidad. Ochenta ensilados de maíz (*Zea mays* L.) recolectados entre 2012 y el 2015, se analizaron con el objetivo de caracterizarlos nutricionalmente. Se determinaron los siguientes componentes químicos: materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), digestibilidad *in vitro* (con líquido ruminal) (DIVR) y se estimó el contenido de energía metabolizable (EM). Los resultados promedio obtenidos fueron 914±32,8 MO g/kg MS, 79,2±5,2 PB g/kg MS, 490,8±42,4 FND g/kg MS, 219,6±23,5 FAD g/kg MS, 723,3±16,9 DIVR g/kg MS y 10,7±2,6 EM MJ/kg MS. La variabilidad fue pequeña con CV de 2,3% para DIVR a 10,7% para FAD. El ensilado de maíz en los SPLPE permite un forraje de calidad por su alta digestibilidad y contenido energético para su uso en época de sequía.

Palabras clave: lechería, forrajes, composición química.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción de leche a pequeña escala (SPLPE), también conocidos como lechería familiar, se caracterizan por involucrar a distintos miembros de la familia durante el proceso de producción; y son definidos por pequeñas unidades de producción con rebaños formados por 3 a 35 vacas más sus reemplazos. Su producción de leche media es de 15 a 19 kg de leche/vaca/día (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007; Hemme *et al.*, 2007; Fadul-Pacheco *et al.*, 2013) y son considerados como una opción de desarrollo rural.

A nivel mundial, México ocupa el lugar número 16 en producción de leche, con una producción cercana a los 11 millones 209 mil toneladas, contribuyendo con el 1,7% a la producción mundial de leche (SIAP, 2015). Los SPLPE representan a nivel nacional el 37% de la producción (Hemme *et al.*, 2007).

La producción ganadera a pequeña escala es una importante fuente de auto empleo y una fuente de alimentos en muchas áreas rurales (CEPAL, FAO, IICA, 2013) beneficiando no solo a los productores, también a otros miembros de la comunidad al generar empleos e ingresos diarios. Por todo ello los SPLPE son considerados una opción para el desarrollo rural sostenible por su capacidad de adaptación a condiciones adversas (Arriaga-Jordán *et al.*, 2002).

La disponibilidad de insumos para la alimentación del ganado influye de manera directa en la rentabilidad de una unidad de producción de leche. Los costes de alimentación en las unidades de producción de leche a pequeña escala representan el 70% de los costes de producción. De manera

ideal, los alimentos proporcionados al ganado deben ser suficientes, y tener la calidad necesaria para satisfacer sus requerimientos nutricionales, además de unos bajos costes de producción (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007).

La base de la alimentación del ganado en los SPLPE se basa en forrajes con altas cantidades de concentrados comerciales. En la época seca, tradicionalmente los productores recurren a pajas y rastrojos de baja calidad nutricional, los cuales muchas veces son comprados a precios elevados. Esta dependencia de insumos externos para la alimentación de los rebaños conlleva un incremento de los costes de alimentación (Martínez-García *et al.*, 2015) y que la escala económica limite la sostenibilidad de estos sistemas (Fadul-Pacheco *et al.*, 2013).

Entre los forrajes cultivados que destacan en los SPLPE, se encuentra el maíz (*Zea mays L.*), que es el cultivo dominante en el altiplano central de México (Albarrán *et al.*, 2012).

El ensilado de maíz es un forraje de calidad que permite satisfacer las necesidades de alimento de los rebaños durante la época de escasez así como reducir los costes de alimentación del ganado. Se incentiva su implementación entre los productores a pequeña escala, ya que actualmente su uso es bajo con solo un 30% de los productores que lo utilizan (Martínez-García *et al.*, 2015).

Dado el papel importante que el ensilado de maíz desempeña y puede desempeñar en la alimentación del ganado en los SPLPE, el objetivo del trabajo fue caracterizar nutricionalmente los ensilados de maíz que se utilizan en SPLPE en el altiplano central.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron ochenta muestras de ensilado de maíz (*Zea mays L.*) de diferentes variedades tanto locales (llamadas “criollas”) como de variedades mejoradas (de polinización libre e híbridos), que fueron recogidas en unidades de producción de leche a pequeña escala ubicadas en el municipio de Aculco, Estado de México con una altitud promedio de 2440 m, entre los años 2012 y el 2015. El clima es templado sub-húmedo con temperaturas entre los 10 °C y 18 °C, y una precipitación anual entre 700 y 1000 mm.

Las muestras fueron secadas en estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 horas, para determinar materia seca (MS) y después fueron molidas en un molino Pulvex y tamizadas en una malla de 2 mm.

Las determinaciones que se realizaron fueron: cenizas (CN), proteína bruta (PB) por el método Kjeldahl (N x 6,25) mediante los procedimientos establecidos en trabajos anteriores (Anaya-Ortega *et al.*, 2009), fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) mediante Ankom Technology (2005), y digestibilidad *in vitro* con incubación con líquido ruminal (DIVR) mediante la técnica de Ankom Technology (2006) en un aparato de incubación Daisy II. Se estimó la energía metabolizable (EM) ($0,156 \times \text{digestibilidad } in vitro - 0,535$) de acuerdo a Macle *et al.* (1999). Se obtuvo la media general de los ensilados de maíz y la desviación estándar de estos.

No se determinó el pH de los ensilados, así como tampoco se determinó el contenido de almidón, factores importantes en la evaluación de la calidad de ensilados de maíz, pero no se tienen implementadas esas técnicas en el laboratorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química de los ensilados de maíz se presenta en la Tabla 1.

Se observa que la variación en los resultados es pequeña, con coeficientes de variación entre 2,3 y un máximo de 10,7%, lo que indica que los ensilados de maíz son bastante homogéneos en su composición y calidad.

Tabla 1. Composición química (g/kg MS±DE) de ensilados de maíz de SPLPE.

	MO g/kg MS	PB g/kg MS	FND g/kg MS	FAD g/kg MS	DIVR g/kg MS	EM MJ/kg MS
Ensilado de maíz	914±32,8	79,2±5,2	490,8±42,4	219,6±23,5	723,3±16,9	10,7±0,26
CV (%)	3,6%	6,6%	8,6%	10,7%	2,3%	2,4%

MO = Materia Orgánica, PB = Proteína bruta, FND = Fibra neutro detergente, FAD = Fibra ácido detergente, DIVR = Digestibilidad *in vitro* por incubación con líquido ruminal, EM = Energía metabolizable (estimada), MS= materia seca, DE= Desviación estándar de la media, CV = Coeficiente de variación.

La etapa de madurez del cultivo de maíz en el momento de la cosecha para ensilar es un factor que afecta la composición química y digestibilidad del forraje, y que puede haber influido en los resultados obtenidos. No se cuenta con información sobre la etapa de madurez de cada muestra analizada, pero en los SPLPE estudiados la etapa de cosecha va desde estado lechoso del grano hasta estado vítreo. Igualmente, las variaciones pudieron deberse a los diferentes genotipos, variedades locales e híbridos mejorados de las muestras, de los cuales tampoco se tiene información certera.

Lo anterior da lugar a que la variación es mayor en los contenidos de fibra neutro detergente y fibra ácido detergente. A pesar de esta variación, es notable el buen nivel de digestibilidad *in vitro* y el alto contenido de EM estimada, donde la variación es pequeña, tratándose por tanto de un forraje de buena calidad nutricional para la alimentación del ganado lechero en sistemas de producción de leche a pequeña escala.

La digestibilidad es uno de los principales indicadores de la calidad nutritiva de los forrajes, y está relacionada con la cantidad y calidad de fibra que tenga. De la misma manera, el consumo voluntario de los animales está relacionado con la cantidad de FND, a mayor cantidad de FND, menor será el consumo. Por otra parte, la FAD se relaciona igualmente con la digestibilidad, cuando la cantidad de FAD es mayor la digestibilidad es menor (Chamberlain y Wilkinson, 2002). Di Marco (2011) afirma que un forraje tiene alta calidad cuando tiene 70% de digestibilidad *in vitro* de la materia seca y menos de 50% de fibra neutro detergente, por lo que la media de los ensilados de maíz evaluados en este trabajo pueden caracterizarse como forrajes de alta calidad.

La composición nutricional de los ensilados de maíz de los SPLPE evaluados en este trabajo, coincide con resultados obtenidos en México y otras partes del mundo (De Boever *et al.*, 1997; Anaya-Ortega *et al.*, 2009; Khan *et al.*, 2012).

CONCLUSIONES

Los ensilados de maíz de las unidades de producción de leche a pequeña escala son de alta calidad en cuanto a su contenido de fibra, digestibilidad y contenido de energía metabolizable, por lo que son un excelente recurso forrajero para su inclusión en la alimentación del ganado de los SPLPE.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a las Técnicas de Laboratorio Laura Edith Contreras Martínez y Ma. Lourdes Maya Salazar de los Laboratorios del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) por el apoyo en los análisis de este trabajo. De igual forma se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento otorgado para la realización de este trabajo, a través del proyecto clave 129449 CB-2009.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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 campesino dairy production systems in the Highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, **41**, 607-616.
- ANKOM TECHNOLOGY (2005) Procedures (for NDF and ADF). <http://www.ankom.com/>.
- ANKOM TECHNOLOGY (2006) In vitro True Digestibility using the Daisy II Incubator. <https://www.ankom.com/>.
- ARRIAGA-JORDÁN C.M., ALBARRAN-PORTILLO B., GARCÍA-MARTÍNEZ A. Y CASTELÁN-ORTEGA O.A. (2002) On-farm comparison of feeding strategies based on forages for small-scale dairy production systems in the highlands of central Mexico. *Experimental Agriculture*, **38**, 375-388.
- CHAMBERLAIN A.T. Y WILKINSON, M. (2002) *Alimentación de la vaca lechera*. Zaragoza, España: Acribia.
- COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL), ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO), INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA (IICA) (2013) Perspectivas de la Agricultura y del Desarrollo Rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe. San José, Costa Rica: IICA.
- DE BOEVER J.L., COTTYNG B.G., DE BRABANDER D.L., VANACKER J.M. Y BOUCQUÉ CH.V. (1997) Prediction of the feeding value maize silages by chemical parameters, in vitro digestibility and NIRS. *Animal Feed Science and Technology*, **66**, 211-222.
- DI MARCO O. (2011) Estimación de la calidad de los forrajes. Facultad de ciencias agrarias, unidad integrada Blancarde, INTA Blancarde. Disponible en: *Sitio Argentino de Producción Animal*, **20 (240)**, 24-30. <https://www.produccion-animal.com.ar>.
- ESPINOZA-ORTEGA A., ESPINOSA-AYALA E., BASTIDA-LÓPEZ J., CASTAÑEDA-MARTÍNEZ T. Y ARRIAGA-JORDÁN C.M. (2007) Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: technical, economic and social aspects and their impact on poverty. *Experimental Agriculture*, **43**, 241-256.
- FADUL-PACHECO L., WATTIAUX M.A., ESPINOZA-ORTEGA A., SÁNCHEZ-VERA E. Y ARRIAGA-JORDAN C.M. (2013) Evaluation of sustainability of small-scale dairy production systems in the highlands of Mexico during the rainy season. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, **37**, 882-901.
- HEMME T. E IFCN (DAIRY TEAM AND IFCN RESEARCHERS) (2007) IFCN Dairy Report 2007, International Farm Comparison Network, IFCN Dairy Research Center, Kiel, Germany.
- KHAN N.A., CONE J.K., FIEVEZ V. Y HENDRIKS W.H. (2012) Causes of variation in fatty acid content and composition in grass and maize silages. *Animal Feed Science and Technology*, **174**, 36-45.
- MACLE T.E., BRIANT A.M., PETCH S.F., HILL J.P. Y AULDIST M.J. (1999) Nutritional Influences on the Composition of Milk from Cows of Different Protein Phenotypes in New Zealand. *Journal of Dairy Science*, **82**, 172-180.
- MARTÍNEZ-GARCÍA C.G., RAYAS-AMOR, A.A., ANAYA-ORTEGA, J.P., MARTÍNEZ-CASTAÑEDA F.E., ESPINOZA-ORTEGA A., PROSPERO-BERNAL F. Y ARRIAGA-JORDÁN C.M. (2015) Performance of small scale dairy farms in Mexico during dry season under traditional feeding strategies. *Tropical Animal Health and Production*, **47**, 331-337
- SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA (SIAP), con información de las Delegaciones de la SAGARPA (2015) *Panorama de la Lechería en México*. DF, México: SAGARPA



NUTRITIONAL CHARACTERIZATION MAIZE SILAGE (*Zea mays* L.) USED IN SMALL-SCALE DAIRY SYSTEMS IN THE CENTRAL HIGHLANDS OF MEXICO

SUMMARY

Maize silage is promoted for the feeding of cattle on a small-scale dairy systems (SSDS) in the NW of the State of Mexico. This option make it better quality forage quality in the dry season, reducing feed costs and dependence on external inputs, aspect that affects their economic viability and sustainability. Eighty maize silage (*Zea mays* L.) collected between 2012 and 2015, were analyzed for their nutritional characterization. The following chemical components were determined: organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), *in vitro* digestibility (with ruminal liquid) (IVDR) and the metabolizable energy content was estimated (ME). Mean values were: 914 ± 32.8 MO g/kg DM, 79.2 ± 5.2 PB g/kg DM, 490.8 ± 42.4 NDF g/kg DM, 219.6 ± 23.5 ADF g/kg DM, 723.3 ± 16.9 IVDR g/kg DM and $10,7 \pm 2.6$ ME MJ/kg DM. Variability was small with CV 2.3% to IVDR for 10.7% for ADF. Maize silage is a quality forage with high digestibility and energy content for use in times of drought in SSDS.

Key words: dairy, forage, chemical composition.

EFFECTO ENCALANTE Y FERTILIZANTE DE ESTIÉRCOL DE POLLO DESHIDRATADO Y GRANULADO APLICADO EN UNA ROTACIÓN DE MAÍZ FORRAJERO-RAIGRÁS ITALIANO

M.J. BANDE-CASTRO^{1,2}, M.J. SAINZ² Y M.E. LÓPEZ-MOSQUERA³.

¹Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM), Instituto Galego de Calidade Alimentaria (INGACAL), Apartado 10, 15080 A Coruña (España). mariabande@ciam.gal. ²Departamento de Producción Vegetal, Universidad de Santiago de Compostela, 27002 Lugo (España). mj.sainz@usc.es. ³IBADER, Universidad de Santiago de Compostela, 27002 Lugo (España). melvira.lopez@usc.es.

RESUMEN

Se llevó a cabo un ensayo en un suelo ácido de Galicia, que se encaló para su puesta en cultivo, para estudiar los efectos de la fertilización con estiércol de pollo deshidratado y granulado, comparándolos con abonado mineral convencional, en la acidez y el contenido en nutrientes del suelo (P, K y Ca) durante tres rotaciones consecutivas de maíz forrajero y raigrás italiano alternativo. La aplicación anual de 11 000 kg ha⁻¹ del estiércol, o dosis superior, tuvo un claro efecto neutralizante de la acidez del suelo, que se reflejó en la reducción del porcentaje de saturación de aluminio y en el aumento del calcio de cambio. El estiércol fue competitivo respecto a la fertilización mineral convencional para suministrar P y K a ambos cultivos.

Palabras clave: suelos ácidos, saturación de Al, Ca cambiante, K cambiante, P disponible.

INTRODUCCIÓN

Los suelos de Galicia son ácidos como consecuencia de su geología, en su mayoría ácida, la lixiviación de bases causada por la elevada precipitación y el predominio de sistemas abiertos. Abundan los suelos aluminicos, en los que la mayor parte de las propiedades se relacionan con la presencia de formas de aluminio activas (García-Rodeja y Macías, 1984). Las condiciones de acidez y alto contenido en Al del suelo disminuyen la disponibilidad de los principales macronutrientes para las plantas (Kamprath y Foy, 1985), por lo que, en Galicia, los encalados de corrección y mantenimiento son prácticas generalizadas en suelos en los que se establecen o mantienen cultivos forrajeros.

La aplicación de residuos orgánicos ganaderos en suelos ácidos puede reducir la toxicidad causada por el aluminio, mejorando la disponibilidad del P y los rendimientos de los cultivos, especialmente en suelos con contenidos bajos de este nutriente (Haynes y Mokolobate, 2001), como los gallegos. En experimentos en invernadero, Mokolobate y Haynes (2002) observaron que la aplicación de estiércol de aves de corral incrementaba las concentraciones de cationes de cambio y P disponible en el plazo de seis semanas en un suelo ácido, al tiempo que incrementaba el pH y disminuía el Al de cambio.

El estiércol de pollo aporta materia orgánica y elementos fertilizantes (N, P, K), por lo que tiene un largo uso de aplicación como enmienda y fertilizante en numerosos cultivos de interés económico, incluyendo gramíneas forrajeras (Kingery *et al.*, 1993; Brink *et al.*, 2002). En Galicia, la explotación de pollos de engorde Aviporto S.L. (Portomarín, Lugo) produce fertilizantes orgánicos comerciales (con la marca BIOF®) totalmente higienizados mediante deshidratación y granulado del estiércol, incrementando así el valor económico del estiércol de pollo como fertilizante. El producto resultante tras la deshidratación y el granulado del estiércol es más fácil de almacenar, transportar y aplicar en el campo, posee un pH alcalino y contenidos altos en N, P, K y Ca (López-Mosquera *et al.*, 2008).

El objetivo de este trabajo fue estudiar los efectos de la fertilización con estiércol de pollo deshidratado y granulado, comparándolos con abonado mineral convencional, en la evolución de la acidez y el contenido en nutrientes de un suelo cultivado con tres rotaciones consecutivas de maíz forrajero y raigrás italiano.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un ensayo en una parcela de 1000 m² situada en Antas de Ulla, en la provincia de Lugo (42° 48' 43,41'' N, 7° 56' 47,86'' W), desde mayo de 2004 a mayo de 2007. El suelo de partida era de textura franco-arenosa, fuertemente ácido (pH (H₂O) 4,87), con alto contenido en materia orgánica (13,7%), baja disponibilidad de P (8,9 mg kg⁻¹ P-Olsen) y de K (64,1 mg kg⁻¹) y elevada saturación de Al (63,7%). En la primavera de 2004, tras las labores de preparación del terreno, el suelo se encaló con 3,2 t ha⁻¹ de CaCO₃ (60% CaO).

Se establecieron 16 subparcelas de 60 m² (4 x 15 m) para cultivar maíz forrajero en rotación con raigrás italiano alternativo bajo los siguientes tratamientos, que se aplicaron al azar en las subparcelas (cuatro subparcelas por tratamiento) durante tres rotaciones consecutivas: 1) Mineral: utilizando fertilizantes NPK, nitrato amónico cálcico (NAC) y superfosfato 18%; 2) Biof-1: 3500 kg ha⁻¹ de BIOF® para el raigrás italiano y 7500 kg ha⁻¹ para el maíz; 3) Biof-2: 4500 kg ha⁻¹ de BIOF® para el raigrás italiano y 10 500 kg ha⁻¹ para el maíz; 4) Control: aplicando la mitad de las dosis de los fertilizantes NPK, NAC y superfosfato 18% del tratamiento mineral en ambos cultivos. Las fechas de aplicación y dosis de los fertilizantes en los tratamientos durante las tres rotaciones se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Fechas de aplicación y dosis de los fertilizantes aplicados durante tres rotaciones de maíz forrajero – raigrás italiano.

Tratamiento	Maíz forrajero	Raigrás italiano	
	Junio 2004/ Mayo 2005/2006	Noviembre 2004/ Octubre 2005/2006	Febrero 2005/2006/2007
Control	500 kg ha ⁻¹ 15-15-15 (370 kg ha ⁻¹ NAC (20,5% N) + 330 kg ha ⁻¹ superfosfato 18% en 2005)	300 kg ha ⁻¹ 8-24-16 (250 kg ha ⁻¹ 15-15-15 en 2006)	150 kg ha ⁻¹ NAC (20,5% N) (+165 kg ha ⁻¹ superfosfato 18% en 2005 y 2007)
Mineral	1000 kg ha ⁻¹ 15-15-15 (740 kg ha ⁻¹ NAC (20,5% N) + 670 kg ha ⁻¹ superfosfato 18% en 2005)	600 kg ha ⁻¹ 8-24-16 (500 kg ha ⁻¹ 15-15-15 en 2006)	300 kg ha ⁻¹ NAC (20,5% N) (+ 330 kg ha ⁻¹ superfosfato 18% en 2005 y 2007)
Biof -1	7500 kg ha ⁻¹ BIOF®	1000 kg ha ⁻¹ BIOF®	2500 kg ha ⁻¹ BIOF®
Biof -2	10 000 kg ha ⁻¹ BIOF®	2000 kg ha ⁻¹ BIOF®	2500 kg ha ⁻¹ BIOF®

Características BIOF®: materia seca 86,6%, pH 6,6, M.O. 69,8%, 3,8% N, 1,3% P, 2,0% K, 1,6%Ca y 0,4% Mg.

La dosis de estiércol en el tratamiento Biof-1 se calculó para aportar la misma cantidad de nitrógeno que el tratamiento mineral, considerando que a lo largo del año puede llegar a ser disponible el 60% del N que contiene (Evers, 1998). La dosis de estiércol en el tratamiento Biof-2 supuso un incremento del 33,3% y del 28,6%, respectivamente, para el cultivo de maíz y el de raigrás, respecto a la cantidad aportada en el correspondiente tratamiento de Biof-1.

En las tres rotaciones, tras laboreo del suelo y aplicación de los tratamientos fertilizantes, se sembró la variedad de maíz 'Abundance' con una densidad de plantación de 100 000 plantas ha⁻¹. La siembra se hizo el 24 de mayo en 2005 y 2006, realizando un corte para ensilado en los primeros días

de septiembre; en 2004, las condiciones climatológicas obligaron a retrasar la siembra a junio y la cosecha a octubre. En presiembra de maíz, se aplicó un tratamiento herbicida con alacloro (35 %) y atrazina (20 %) y uno insecticida con clorpirifos (5 %). En cada rotación, después del corte del maíz, se procedió al laboreo del suelo, se aplicaron los tratamientos fertilizantes de fondo y se sembró raigrás italiano alternativo. En la primera rotación se utilizó la variedad de raigrás italiano 'Devis' y en la segunda y tercera la variedad 'Elunaria', ambas tetraploides, a una dosis de 40 kg ha⁻¹. La siembra se realizó a principios de octubre en 2005 y 2006 y a principios de noviembre en 2004, realizando un corte para ensilado en la primera semana de mayo en las tres rotaciones.

Cada año, en cada subparcela, tras los cortes para ensilado de maíz y de raigrás, se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 20 cm para analizar pH en agua (en una suspensión 1:2,5; v:v), fósforo extraíble en HNaCO₃ (P Olsen) mediante espectrofotometría UV/V, y cationes de cambio (Al⁺³, K⁺ y Ca⁺²), extraídos con NH₄Cl y determinados por espectrofotometría de emisión-absorción atómica. Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza, utilizando el test de la diferencia mínima significativa (DMS), previa comprobación de la homogeneidad de las varianzas, para la comparación de medias entre tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El encalado con 3,2 t ha⁻¹ de CaCO₃ incrementó como promedio el pH (H₂O) del suelo en una unidad, año y medio después de su aplicación (en mayo de 2006), en todos los tratamientos (el suelo tenía un pH inicial de 4,87). Los efectos del encalado fueron ya evidentes tras el corte de ensilado de maíz de la primera rotación, en octubre de 2004, cuando habían transcurrido apenas seis meses, mostrando todos los tratamientos valores de pH (H₂O) del suelo en torno a media unidad de pH superior al suelo original. No se encontraron diferencias de pH significativas entre tratamientos para $P < 0,05$ (Tabla 2).

Tabla 2. pH (H₂O) del suelo en los diferentes tratamientos durante tres rotaciones de maíz forrajero-raigrás italiano.

	oct-04	may-05	sep-05	may-06	sep-06	may-07
Control	5,27	5,80	5,85	5,78	5,62	5,06
Mineral	4,96	5,55	5,84	5,86	5,41	5,01
Biof-1	5,38	5,72	6,05	5,80	5,71	5,14
Biof-2	5,35	5,74	5,82	5,97	5,44	5,26

Sin embargo la aplicación de ambas dosis de BIOF®, y en mayor medida la del tratamiento Biof-2, contribuyeron a neutralizar el aluminio de cambio del suelo de forma adicional a la del CaCO₃ añadido, demostrando un claro efecto neutralizante de la acidez. Éste se observó ya en el primer muestreo, realizado en octubre de 2004, apenas seis meses después de la aplicación del CaCO₃, y se mantuvo de forma consistente a lo largo de los años de ensayo (Tabla 3). En las parcelas Control y Mineral, la acción del CaCO₃ fue máxima al año y medio de aplicación, presentando porcentajes de saturación de Al del suelo del 2%, al igual que los dos tratamientos BIOF®. A partir de la segunda rotación, el porcentaje de saturación de Al del suelo empezó a aumentar en los sucesivos muestreos en las parcelas Control y Mineral, manteniéndose en niveles significativamente más bajos en aquellas abonadas con BIOF®, sobre todo la dosis Biof-2.

Tabla 3. Porcentaje de saturación en Al del suelo en los diferentes tratamientos durante tres rotaciones de maíz forrajero-raigrás italiano.

	oct-04	may-05	sep-05	may-06	sep-06	may-07
Control	28,32 a	8,89 b	2,06 a	6,63 a	6,42 a	15,86 a
Mineral	28,48 a	14,94 a	2,12 a	5,48 a	7,98 a	14,54 a
Biof-1	19,82 b	7,71 c	1,81 a	7,00 a	3,87 b	8,96 b
Biof-2	17,59 b	5,52 d	1,93 a	1,62 b	3,17 b	2,71 c

En cada fecha, valores seguidos de distinta letra son significativamente diferentes para $P < 0,05$.

El hecho de que el poder neutralizante del BIOF® no se refleje en el incremento del pH y sí en la reducción del porcentaje de saturación de aluminio sugiere que este parámetro es un indicador más sensible y significativo que el pH para valorar ese efecto.

La acción enalante del BIOF® estuvo relacionada con el alto porcentaje en calcio de este estiércol, que aportó el nutriente de forma adicional a la del CaCO_3 añadido. La aplicación de los tratamientos Biof-1 y Biof-2 determinó contenidos de calcio cambiante en el suelo significativamente más altos que en el control y en el tratamiento mineral ya en el primer muestreo en 2004, manteniéndose este efecto tras las tres rotaciones del ensayo en el tratamiento Biof-2 (Tabla 4). Hue y Licudine (1999) encontraron resultados similares en suelos ácidos fertilizados con estiércol de pollo fresco; su aplicación produjo un aumento de calcio y una disminución del porcentaje de saturación de aluminio en el suelo.

Tabla 4. Calcio cambiante (cmol (+) kg^{-1}) del suelo en los diferentes tratamientos durante tres rotaciones de maíz forrajero-raigrás italiano.

	oct-04	may-05	sep-05	may-06	sep-06	may-07
Control	1,90 b	3,61 b	7,37 a	5,57 b	4,83 b	3,76 b
Mineral	1,97 b	3,17 b	6,69 a	6,49 b	4,33 b	3,60 b
Biof-1	2,10 a	4,83 a	7,78 a	5,83 b	5,88 a	4,11 b
Biof-2	3,28 a	4,90 a	7,55 a	8,67 a	6,60 a	6,37 a

En cada fecha, valores seguidos de distinta letra son significativamente diferentes para $P < 0,05$.

Tabla 5. Fósforo Olsen (mg kg^{-1}) del suelo en los diferentes tratamientos durante tres rotaciones consecutivas de maíz forrajero-raigrás italiano.

	oct-04	may-05	sep-05	may-06	sep-06	may-07
Control	3,50 c	4,97 b	11,43 b	4,10 d	6,05 b	9,24 c
Mineral	5,94 a	10,87 a	23,02 a	23,32 a	15,54 a	23,21 a
Biof-1	3,76 c	11,43 a	23,41 a	9,97 c	16,72 a	17,31 b
Biof-2	4,44 b	12,86 a	23,06 a	15,20 b	19,52 a	27,10 a

En cada fecha, valores seguidos de distinta letra son significativamente diferentes para $P < 0,05$.

El enalado de los suelos ácidos para obtener niveles de pH superiores a 5,5 determina que el aluminio de cambio precipite como hidroxialuminio insoluble, favoreciendo la disponibilidad de los nutrientes, en particular del P (Haynes, 1984). En el presente trabajo, las parcelas Mineral, Biof-1 y

Biof-2 presentaron en general niveles similares de P disponible y siempre más altos que los de la parcela control (Tabla 5), indicando que el P del abono BIOF® tiene buena disponibilidad para el cultivo de maíz forrajero y raigrás italiano.

Del mismo modo, la aplicación del abono BIOF® determinó niveles de potasio cambiante en el suelo significativamente más altos que el tratamiento mineral y el control durante todos los años del ensayo (Tabla 6). Esta capacidad fertilizante para el potasio se explica por la alta riqueza que el abono BIOF® tiene de este nutriente (2%).

Tabla 6. Potasio cambiante (cmol (+) kg⁻¹) del suelo en los diferentes tratamientos durante tres rotaciones de maíz forrajero-raigrás italiano.

	oct-04	may-05	sep-05	may-06	sep-06	may-07
Control	0,17 b	0,77 a	0,36 b	0,30 b	0,28 b	0,18 c
Mineral	0,24 b	0,71 a	0,31 b	0,29 b	0,37 b	0,23 c
Biof-1	0,32 a	0,80 a	0,70 a	0,49 a	0,48 a	0,30 b
Biof-2	0,37 a	0,81 a	0,66 a	0,43 a	0,54 a	0,40 a

En cada fecha, valores seguidos de distinta letra son significativamente diferentes para $P < 0,05$.

CONCLUSIONES

La aplicación anual de 11 000 kg ha⁻¹ de BIOF®, estiércol de pollo deshidratado y granulado, o dosis superior, en la rotación maíz forrajero-raigrás italiano alternativo, además de un efecto fertilizante, tiene un efecto enalante adicional en el suelo, que se refleja en la reducción del porcentaje de saturación de aluminio y en el aumento del calcio de cambio. El abono BIOF® es competitivo respecto a la fertilización mineral convencional para suministrar P y K a ambos cultivos.

AGRADECIMIENTOS

A Juan Carlos Serrano, gerente de Aviporto S.L., por facilitar el abono BIOF® para el ensayo, y a Rafael Corral Bellas e Isabel Rivas Morán por su asistencia técnica. Este trabajo fue financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (proyecto AGL2003-07385).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRINK G.E., ROWE D.E. Y SISTANI K.R. (2002) Broiler litter application effects on yield and nutrient uptake of 'Alicia' Bermudagrass. *Agronomy Journal*, **94**, 911-916.
- EVERS G.W. (1998) Comparison of broiler poultry litter and commercial fertilizer for coastal bermudagrass production in the Southeastern US. *Journal of Sustainable Agriculture*, **12**, 55-77.
- GARCÍA-RODEJA E. Y MACÍAS F. (1984) Caracterización de suelos ácidos (Podsoles-Andosoles-Suelos aluminicos) de Galicia. Relación con los procesos edafo-geoquímicos. *Actas I Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo*, pp. 589-602. Madrid, España.
- HAYNES R.J. (1984) Lime and phosphate in the soil-plant system. *Advances in Agronomy*, **37**, 249-315.
- HAYNES R.J. Y MOKOLOBATE M.S. (2001) Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **59**, 47-63.
- HUE N.V. Y LICUDINE D.L. (1999) Amelioration of subsoil acidity through surface application of



- organic manures. *Journal of Environmental Quality*, **28**, 623-632.
- KAMPRATH E.J. Y FOY C.D. (1985) Lime-fertilizer-plant interactions in acid soils. En: Englestad O. (Ed) *Fertilizer technology and use*, pp. 91-152. Madison, WI, USA: Soil Science Society of America.
- KINGERY W.L., WOOD C.W., DELANEY D.P., WILLIAMS J.C., MULLINS G.L. Y VAN SANTEN E. (1993) Implications of long-term LAND application of poultry litter on tall fescues pastures. *Journal of Production Agriculture*, **6**, 390-395.
- LÓPEZ-MOSQUERA M.E., CABALEIRO F., SAINZ M.J., LÓPEZ-FABAL A. Y CARRAL E. (2008) Fertilizing value of broiler litter: Effects of drying and pelletizing. *Bioresource Technology*, **99**, 5626-5633.
- MOKOLOBATE M.S. HAYNES R.J. 2002. Comparative liming effect of four organic residues applied to an acid soil. *Biology and Fertility of Soils*, **35**, 79-85.

LIMING AND FERTILIZING EFFECT OF DRIED PELLETIZED BROILER LITTER APPLIED IN A FORAGE MAIZE-ITALIAN RYEGRASS ROTATION

SUMMARY

A field trial was carried out in an acid soil, which was limed for cultivation, in Galicia (NW Spain), in order to study the effects of the fertilization with dried pelletized broiler litter, compared with conventional mineral fertilization, on soil acidity and soil nutrient (P, K and Ca) content for three consecutive forage maize-annual Italian ryegrass rotations. The annual application of 11 000 kg ha⁻¹ of broiler litter, or higher doses, had a clear effect in neutralizing soil acidity, which was reflected in the reduction in the percentage of aluminium saturation and in an increase in exchangeable calcium. The dried pelletized broiler litter was competitive with conventional mineral fertilization to supply P and K for both crops.

Key words: acid soils, Al saturation, exchangeable calcium, exchangeable potassium, available P.

EVALUACION DE VERMICOMPOST APLICADO A SUELO CULTIVADO CON PASTO TANZANIA (*Panicum maximum*)

O. INCLAN AGUILAR¹, P. MIRELES LEZAMA², O.A. CASTELÁN ORTEGA³ Y F. AVILES NOVA¹.

¹CU Temascaltepec. oinclanaguilar@gmail.com; favilesnova@yahoo.com.mx. ²Facultad de Planeación Urbana y Regional. ³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario No. 100 Col. Centro Toluca Estado de México. México.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción de materia seca del pasto *Panicum maximum* (Tanzania), abonado con vermicompost de caprino y de ovino. Se realizó un diseño experimental completamente al azar en el que los tratamientos fueron los tipos de estiércol, los cuales se recolectaron directamente de los corrales y se compostearon durante 60 días. Los resultados muestran que solo se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en el contenido de fósforo del vermicompost; el contenido más alto se obtuvo en el vermicompost elaborado con estiércol de caprino. Se concluye que la mayor producción de materia seca del pasto Tanzania se obtuvo con el vermicompost de caprino.

Palabras clave: producción de materia seca, caprino, ovino.

INTRODUCCIÓN

Los residuos orgánicos producidos por la actividad doméstica e industrial son eliminados a través de vertederos al aire libre o controlados causando problemas económicos y medioambientales. Al presentarse estos problemas se han desarrollado diversas tecnologías para resolver dicha situación. El desarrollo de la lombriz de tierra en los residuos orgánicos se le denominó "vermicultura". El vermicompostaje es un proceso que consiste en la transformación de la materia orgánica a través de la acción descomponedora de las lombrices. Domínguez (2004), menciona que aunque los microorganismos son los responsables de la degradación bioquímica de la materia orgánica, las lombrices son cruciales en el proceso de fragmentación y acondicionamiento del sustrato, provocando una mayor superficie para la actividad microbiana y alterando su actividad biológica. Una de sus principales características es la modificación de sus características físicas, químicas, biológicas, reduciendo progresivamente la relación C/N. El "vermicompost", así se llama al producto final, es un material parecido al humus con una relación C/N baja, porosidad alta, gran capacidad de retención hídrica y posee la mayor parte de los nutrientes en forma fácilmente extraíbles por las plantas.

Los beneficios que la lombriz de tierra tiene sobre la fertilidad de los suelos se conocen desde hace tiempo. En estos últimos 50 años se han demostrado los beneficios que el vermicompost (VC) tiene sobre el crecimiento vegetal. Stephens y Davoren (1995) demostraron que la adición de lombrices al suelo produce un incremento en el crecimiento de cereales en zonas templadas. Actualmente mediante una serie de experimentos de campo se ha demostrado que la inoculación de lombrices al suelo agrícola tropical puede tener efectos notables sobre el crecimiento y rendimiento vegetal (Lavelle y Spain, 2001). El VC mejora algunas propiedades físicas del suelo como la estructura (Jongmas *et al.*, 2003), el incremento de la materia orgánica (Edwards, 1998), la capacidad de retención de agua, el drenaje, la formación y degradación de agregados (Edwards y Bohlen, 1996), también mencionan los efectos químicos y biológicos en la degradación de la materia orgánica y en el

reciclado de nutrientes. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del VC sobre la producción de materia seca del forraje *Panicum maximum* (Tanzania).

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el rancho universitario de Temascaltepec, el cual se encuentra ubicado entre las coordenadas extremas de 19° 01' 05,3" y 19° 01' 36,0" N y 100° 02' 23,6" y 100° 02' 47,7" W, a una altitud media de 1880 m s. n. m. Con una temperatura media anual de 17 °C y una precipitación de 1200 mm.

La toma de muestra de suelo se realizó conforme a la norma NOM-021-SEMARNAT-2000. La muestra compuesta se tomó de 9 submuestras, a las cuales se les determinó materia orgánica (MO) con el método AS-07, fósforo (P) con el método AS-11 y potasio (K) con el método AS-19. Así como sus características físicas con la metodología descrita en la misma norma.

Se utilizó estiércol de ovino (75 kg MS) y caprino (46 kg MS) para la elaboración del VC recolectado directamente en corrales del rancho. El compostaje del estiércol tuvo una duración de 60 días. Después de este tiempo el compost se transfirió a 6 vermirreactores de 1m³, se utilizaron tres vermirreactores para cada tratamiento. Se colocaron en promedio 24,8 Kg MS de compost de caprino y 42,6 Kg MS de compost de ovino. Del cual se obtuvieron en promedio 19,3 Kg MS de VC de caprino (VCC) y 30,3 Kg MS de VC de ovino (VCO) de cada vermirreactor.

La toma de muestras del vermicompost se realizó conforme a la norma NTEA-006-SMA-RS-2006, a las muestras tomadas se les determinó materia orgánica (MO) con el método AS-07, nitrógeno (N) con el método AS-08, fósforo (P) con el método AS-11 y potasio (K) con el método AS-19, los cuales son métodos descritos en la norma NOM-021-SEMARNAT-2000.

Se utilizaron dos micro parcelas (10 m x 4 m) de la especie: *Panicum maximum* (Tanzania) establecidas en el 2011 en temporada de lluvias en el Rancho Universitario San Simón de Guerrero, Estado de México. Se le realizó un corte de uniformidad a 15 cm del suelo.

La dosis de aplicación del VC se calculó para obtener la producción de MS estimada para la zona que fue de 10,0 t ha⁻¹ y con un porcentaje de 13,2 de nitrógeno.

Tabla 1. Características físicas del suelo cultivado por forrajes tropicales antes de la aplicación del vermicompost.

	Arena	Limo %	Arcilla	Color Seco	Color Húmedo	Textura	Estructura Seco	Estructura Húmedo
Fertilidad	38	30	32	Pardo a pardo oscuro	Pardo	Franco – arcillosa	Ligeramente seca	Fiable
HA 0-16	52	24	24	Pardo a pardo oscuro	Pardo	Franco – arcillosa	Ligeramente seca	Fiable
HAC 16-55	36	22	42	Rojizo	Amarillo - rojizo	Arcilloso	Ligeramente dura en seco	Fiable
HC 55-80	38	20	42	Rojizo	Amarillo - rojizo	Franco – arcillosa	Consistencia suave	Fiable

HA=Horizonte A, HAC=Horizonte AC, HC=Horizonte C.

Se realizó un diseño experimental completamente al azar donde los tratamientos fueron el tipo de estiércol utilizado. El modelo general lineal fue $Y = \mu + T_i + e_{ij}$, donde Y es la variable respuesta, T es el efecto debido al tratamiento (i=1,2), e_{ij} es el error experimental. Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza con el paquete estadístico de MINITAB v14 (2003). Cuando se

observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) se aplicó la prueba de Tukey. Las variables evaluadas fueron materia orgánica, fósforo, potasio y producción de forraje.

Cabe mencionar que esta pradera fue establecida en un lugar donde hasta el 2011 era un bosque de coníferas. Las características físicas del suelo que se obtuvieron en la parcela donde se encuentra establecida la pradera se muestran en la Tabla 1.

Los análisis mostraron que el suelo tiene un pH fuertemente ácido como se muestra en la Tabla 2. Esto concuerda con lo mostrado por Pérez-Suarez *et al.* (2008), que encontraron que el pH es más ácido en suelos cubiertos por árboles que en lugares abiertos. La fertilidad del suelo muestra deficiencia tanto en fósforo como potasio siendo este último el que se tomó como base para realizar el balance de fertilización (Tabla 2).

Tabla 2. Características químicas de fertilidad y de los horizontes del suelo cultivado por forrajes tropicales antes de la aplicación del vermicompost.

Horizonte (cm)	pH	Materia orgánica %	Materia orgánica kg/t	Nitrógeno kg/ha	Fósforo kg/ha	Potasio kg/ha
FERTILIDAD	5,02	3,00	30,00	90,00	0,0420	0,16
HA 0-16	4,72	3,69	36,09	105,00	0,0510	0,14
HAC 16-55	5,16	0,37	3,07	12,00	0,0589	0,04
HC 55-80	5,36	0,17	1,07	12,00	0,0530	0,04

HA=Horizonte A, HAC=Horizonte AC, HC=Horizonte C.

La dosis de N-P-K que se aplicó a la pradera fue calculada en función de la estimación de la extracción del elemento por la planta, para una producción de forraje esperada en la zona de 10 t MS/ha y sin tomar en cuenta el aporte del suelo.

El VC que menos K aporta es el de ovino, por lo que se tomó como base para formular la dosis. Se aplicaron 19,7 t MS/ha de VCC y 18,4 t MS/ha de VCO (0,422 kg MS/Macollo de VCC y 0,395 Kg MS/Macollo de VCO). Sin embargo., Roberts *et al.* (2013), mencionan que para poder sustituir los fertilizantes inorgánicos se necesitaría aplicar 50 t/ha que equivale a 1 cm de VC en el suelo, esto resultaría poco práctico y costoso para un sistema de praderas como en este estudio.

Tabla 3. Composición química del vermicompost.

	Materia orgánica kg/t	Nitrógeno kg/t	Fosforo kg/t	Potasio kg/t
VCC	144,10	28,00	2,80 ^a	13,50
VCO	134,70	27,45	2,21 ^b	14,40
Promedio	140,30	27,80	2,535	13,84
P	0,87	0,476	0,05	0,37

VCC=Vermicompost de caprino, VCO=Vermicompost de ovino.

En la Tabla 3 se presentan los resultados del análisis del VC. Los resultados muestran que el contenido en fósforo (P) es diferente ($P < 0,05$). Los valores que se obtuvieron son similares a los mostrados por Loh *et al.* (2005) y Arancon *et al.* (2003), quienes trabajaron con heces de vacuno y caprino.

Tabla 4. Vermicompost (VC) aplicado en pradera de tanzania (*Panicum maximum*).

	VCC	VCO
t VC aplicado	19,641	18,370
kg MS VC/Macollo	0,422	0,395

VCC = Vermicompost de caprino, VCO = Vermicompost de ovino, MS=Materia seca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de forraje en pradera

La cantidad de forraje obtenido en el día 84 fue superada en 6 t por el VCC, aunque no se ha diferenciado estadísticamente de la producción obtenida con el VCO. En la pradera que se ha denominado control se obtuvo la mitad de producción. Esta producción se atribuye a la cantidad de potasio que se aplicó a la pradera (Gallardo 2015, comunicación personal).

Tabla 5. Producción de forraje (kg MS/ha) con un promedio de 40 000 macollos por hectárea.

VC	MS(t/ha) 28	MS(t/ha) 56	MS(t/ha) 84
Caprino	2,91 ^a	6,89 ^a	13,86 ^a
Ovino	1,97 ^{ab}	2,64 ^b	9,34 ^a
Control	1,63 ^b	3,91 ^b	4,12 ^b
P	0,015	0,004	0,000

VC = Vermicompost, MS=Materia seca.

La NTEA-006-SMA-RS-2006, menciona que para mejorar un suelo el rango de materia orgánica debe estar por encima del 15 %, sin embargo esta característica no se cumple ya que, como se muestra en la Tabla 3, los valores son cercanos al 14%. Esto se debe a que solo se manejó heces de caprino y ovino sin adicionar algún otro elemento que mejorara la materia orgánica. Al aplicar el VC conforme al elemento extraíble por la planta, la producción fue superada por el VCC y alcanzada por el VCO quedando a la mitad de producción en la pradera que se utilizó como control. Duran y Henríquez (2007) mencionan que las características finales del VC se ven influenciadas por la materia prima utilizada. Aunque en este caso se debe considerar la textura de las heces ya que las de caprino son más porosas que las de ovino permitiendo la aireación y permeabilidad en el pasto, esta puede ser una de las razones de los rendimientos más altos de materia seca obtenidas con el abonado del VCC.

CONCLUSIONES

El mejor vermicompost aplicado a la pradera fue el de caprino por la cantidad de materia seca obtenida en el pasto. La aplicación de vermicompost en pradera se vuelve poco práctico por el volumen que se necesita para obtener la máxima producción de materia seca. Sin embargo, se podría utilizar para la producción en pequeña escala.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al CONACYT por la beca otorgada al primer autor para realizar los estudios de posgrado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARANCON N.Q., EDWARDS C.A., BIERMAN P., METZGER J.D., LEE S. Y WELCH Ch. (2003) Effects of vermicomposts on growth and marketable fruits of field-grown tomatoes, peppers and strawberries. *Pedobiología*, **47**, 731-735.
- DOMÍNGUEZ J. (2004) State of the art and new perspectives on vermicomposting research. En: Edwards C.A. (Ed) *Earthworm ecology*, pp. 401-424. Boca Raton, USA: CRC Press.
- DURÁN L. Y HENRÍQUEZ C. (2007) Caracterización química, física y microbológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*, **31(1)**, 41-51.
- EDWARDS C.A. (1998) *Earthworm ecology*. Boca Raton, USA: CRC/Lewis Press
- EDWARDS C.A. Y BOHLEN P.J. (1996) *Biology and ecology of earthworms*. London, UK: Chapman and Hall.
- JONGMANS A.G., PULLEMAN M.M., BALABANE M., VAN OORT F. Y MARINISSEN J.C.Y. (2003) Soil structure and characteristics of organic matter in two orchards differing in earthworm activity. *Applied Soil Ecology*, **24**, 219-232.
- LAVELLE P. Y SPAIN A.V. (2001) *Soil ecology*. London. UK: Kluwer Academic Publishers.
- LOH T.C., LEE Y.C., LIANG J.B. Y TAN D. (2005) Vermicomposting of cattle and goat manures by *Eisenia foetida* and their growth and reproduction performance. *Bioresource Technology*, **96**, 111-114.
- MINITAB V.14 (2003) Statistical software. User's guide II: Data analysis and quality tools, graphics, and Macros. USA: Minitab Inc.
- NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM-021-SEMARNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación.
- NORMA TECNICA ESTATAL AMBIENTAL NTEA-006-SMA-RS-2006. Para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos orgánicos. Gaceta de Gobierno Estado de México, México.
- PÉREZ-SUÁREZ M., FENN M.E., CETINA-ALCALA V.M. Y ALDRETE A. (2008) The effects of canopy cover on throughfall and soil chemistry in two forest sites in the México City air basin. *Atmósfera*, **21(1)**, 83-100.
- ROBERTS P., EDWARDS-JONES G. Y JONES D.L. (2013) Yield Responses of Wheat (*Triticum aestivum*) To Vermicompost Applications. *Compost Science & Utilization*, **15 (1)**, 6-15.
- STEPHENS, P.M. Y DAVOREN C.W. (1995) Effect of the lumbricid earthworm *Aporrectodea trapezoides* on wheat grain yield in the field, in the presence or absence of *Rhizoctonia solani* and *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. *Soil Biology and Biochemistry*, **28**, 561-567.

EVALUATION OF VERMICOMPOST APPLIED TO SOIL CULTIVATED WITH TANZANIA GRASS (*Panicum maximum*)

SUMMARY

The vermicompost is an organic fertilizer that has been used for production of food for humans and animals. The main of this work was to evaluate the fertilizer value of vermicompost to soil cultivated with *Panicum maximum* (Tanzania) grass and their dry matter production. The experimental design was a completely randomized, the treatments were the type of manure. The



results shown that significant differences ($P < 0.05$) were observed in the content of phosphorus in the vermicompost; the highest content was obtained in vermicompost elaborated with goats manure. We concluded that the highest grass dry matter production was obtained with goats vermicompost.

Key words: dry matter production, goats, sheep.

COMPORTAMIENTO DE *Trifolium pratense* L. FRENTE A LA FERTILIZACIÓN FOSFÓRICA EN AMBIENTE MEDITERRÁNEO DE LA PROVINCIA DE LEÓN

R. GARCÍA Y A. CALLEJA.

Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-Universidad de León). Departamento de Producción Animal.
Universidad de León. 24071. León. ricardognavarro@unileon.es.

RESUMEN

Durante el periodo 2010-2012 se realizó un ensayo de fertilización fosfórica en tres zonas de un prado de la localidad de Mansilla Mayor (León) con diferente proporción de *Trifolium pratense* L.: *baja* proporción ($\leq 16\%$), *mediana* (>16 y $<30\%$) y *alta* ($\geq 30\%$) distribuidas en seis parcelas de 3 m x 2 m; dos actuaron de parcelas testigo, dos se fertilizaron con de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y las otras dos con 240 kg ha⁻¹. Las condiciones de campo fueron las características de los pastos en las vegas de la provincia de León: vallicares asentados sobre suelos profundos, pH cercano a la neutralidad, ricos en MO, buena relación C/N y niveles de fósforo reducidos. Los descensos de trébol violeta, en porcentaje de presencia, debidos a la fertilización fosfórica no fueron significativos en las condiciones del ensayo y tampoco se relacionaron con la abundancia de esta leguminosa al inicio del mismo. La temperatura media anual 2,5 °C más alta y precipitaciones 740 mm menores respecto a ensayos de fertilización anteriores en montaña, favorecieron la mayor persistencia de esta leguminosa. La acumulación de fósforo en capas superficiales y su escasa presencia en capas profundas actuó favorablemente en el desarrollo del trébol violeta.

Palabras clave: competencia interespecífica, vallicares, requerimientos nutritivos.

INTRODUCCIÓN

El fósforo disponible en el suelo participa activamente en la producción de pastos en nuestro país, ya sea solo o en combinación con el potasio e influye sobre la fracción de leguminosas (Olea *et al.*, 1991, 2005; Rodríguez *et al.*, 2003; García *et al.*, 2004). Es un elemento esencial en el desarrollo radicular e interviene activamente en el proceso de nodulación (número, tamaño, rapidez en su formación y mayor presencia de bacterias simbióticas (Olivares, 2003)).

Los ensayos de campo realizados en la dehesa extremeña han demostrado la incidencia positiva de la fertilización fosfórica sobre las especies de leguminosas de ciclo anual (Olea *et al.*, 1991; Santamaría *et al.*, 2009); la acidez excesiva y la escasez de fósforo en el suelo dificulta la fijación biológica del N y crean condiciones adversas para la absorción por la planta y para el desarrollo de diferentes *Rhizobium spp.* (Ferguson y Gesshoff, 2009); en estos casos su aporte se manifiesta en un rápido desarrollo de las especies de leguminosas, tanto autóctonas como implantadas, siendo especialmente importante en determinados periodos críticos (en otoño tras la sequía del verano) cuando la lluvia y la temperatura moderada favorece la disponibilidad del fósforo (Olea *et al.*, 2005).

Los ensayos de campo realizados en la Montaña de León, zona con clara influencia atlántica, muestran que el fósforo ha sido el elemento fertilizante que más ha influido sobre la composición botánica y que su efecto sobre las leguminosas, consideradas como grupo y la mayoría perennes, es positivo (García *et al.*, 2004).

Sin embargo, la respuesta a nivel de especie difiere claramente. El trébol violeta (*Trifolium pratense* L.) de gran interés forrajero y presente en la mayoría de los prados reduce su importancia

de forma creciente frente al aporte continuado de fósforo tanto en producción como en contribución (% de ms) en el forraje (García *et al.*, 2005, 2006, 2011).

El objetivo de este trabajo es comprobar si se mantiene la respuesta negativa del trébol violeta frente a la fertilización fosfórica; manteniendo las dosis de fertilizante utilizadas en los ensayos de montaña y en condiciones diferentes (zonas llanas y con mayor influencia mediterránea). Además, se trata de comprobar si la respuesta difiere o no de acuerdo con la abundancia inicial de trébol en la parcela.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante tres años (2010-2012) en un prado de la localidad de Mansilla Mayor (León), de 1500 m² de superficie, en una zona de regadío entre los ríos Esla y Porma a 850 m s. n. m. (localización geográfica: 42° 30' 32" N y 5° 26' 24" O).

El clima es de tipo mediterráneo, con aridez en verano y lluvias preferentemente en invierno. Las temperaturas medias y las precipitaciones en el periodo ensayo han sido: primavera, 9,5 °C y 94,4 mm; verano, 18,2 °C y 51,8 mm; otoño, 11,6 °C y 122,5 mm; invierno, 2,5 °C y 144,3 mm y los valores anuales de 10,3 °C y 413,0 mm.

El suelo es de textura franco-arenosa, bien estructurado y profundo, tiene un pH en agua de 6,5±0,1, es rico en materia orgánica (8,5±0,2%) y la relación C/N es de 9,1±0,2. Los contenidos de N total (%-Kjendal), P (ppm-Olsen) y K (ppm-absorción atómica) son: profundidad de suelo 0-10 cm, N total=0,44±0,02, P=7,30±0,37 y K=98±9; profundidad de suelo 10-20 cm, N total=0,28±0,02, P<5,44 y K=67±2. Previamente al establecimiento del ensayo se realizaron 20 análisis del suelo y posteriormente cuatro anuales por cada dosis de fósforo, al inicio de la primavera y previos al abonado.

La comunidad vegetal es un vallicar muy antropizado que fue alfalfar hace más de 70 años. Presenta especies de la asociación *Festuco amplae-Agrostietum castellanae* y del orden *Arrhenatheretalia*. Incluye más de 40 especies siendo las de mayor cobertura (>3%): *Trifolium pratense* y *Trifolium repens* entre las leguminosas; *Dactylis glomerata*, *Holcus lanatus* y *Lolium perenne* entre las gramíneas y *Taraxacum officinale* y *Plantago lanceolata* entre el grupo de "otras plantas".

La forma de aprovechamiento del forraje consiste en dos cortes para heno (una primera siega en mayo y del rebrote a finales de agosto) y el aprovechamiento de la otoñada mediante pastoreo, por ganado vacuno y equino a partir de octubre.

Después de varios años de observación se detectó en la zona de ensayo una distribución espacial heterogénea del trébol violeta y sin que, aparentemente, respondiera a una diferencia significativa en la composición física y de elementos minerales (N, P y K) en el suelo.

En base a la experiencia propia y a la categorización de la calidad del pasto realizado por los ganaderos, se delimitaron tres zonas: con baja proporción de trébol violeta (≤16%), con media proporción (>16<30%) y con alta proporción de esta leguminosa (≥30%). Posteriormente en cada una de ellas se distribuyeron 6 parcelas de 3m x 2m; dos de ellas sirvieron como parcelas testigo, dos se sometieron a una fertilización de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y las otras dos a 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅. El fertilizante utilizado fue superfosfato de cal al 18% y su aporte se realizó en la primavera (los días 12, 9 y 24 de abril de los años de ensayo).

Antes de la segunda siega, con la hierba de menor altura y las leguminosas perfectamente visibles que faciliten la toma de muestras, se realizó el estudio botánico para estimar la participación del trébol violeta en el forraje en cada parcela. Se utilizó el método point quadrat (Grant, 1993)

utilizando un listón de 1 m de longitud y marcas cada 5 cm (20 contactos), se realizaron cuatro transectos paralelos, en la zona central de cada parcela, comenzando a 0,6 m del lado más estrecho de la parcela y separados entre sí 0,5 m (80 contactos en total). El porcentaje de presencia del trébol se estableció como el número de contactos con relación a los contactos de todas las especies.

Los datos originales se sometieron a una ANOVA de dos vías incluyendo nivel de trébol violeta (bajo, $\leq 16\%$, medio, $>16 < 30\%$, y alto, $\geq 30\%$) y fertilización fosfórica (0, 80 y 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅) y su interacción. Cuando se encontraron diferencias significativas las medias se compararon mediante el test de Tukey. Los análisis se realizaron con el paquete estadístico SAS (2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los porcentajes de *Trifolium pratense* al inicio y al final del ensayo. Los niveles iniciales (promedio de todas las parcelas) fueron: 10,0 \pm 5,0; 22,6 \pm 3,6 y 36,8 \pm 5,2 y correspondieron con los niveles bajo, medio y alto de trébol violeta marcados en la metodología. Destacó, no obstante, la variabilidad de los datos con valores de partida bajos (4,6%) en el caso de parcelas con 80 kg ha⁻¹ de fósforo y altos (41,8%) para las de 240 kg ha⁻¹ de este fertilizante. En esta tabla se reflejan las variaciones de trébol violeta en forma de diferencias (porcentaje inicial - porcentaje final) de acuerdo con la fertilización y el nivel de partida. Los descensos fueron elevados cuando la fertilización fosfórica fue mayor y la proporción de trébol violeta media o alta aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. El efecto de la interacción de ambos factores tampoco fue significativa.

Tabla 1. Porcentaje de trébol violeta en diferentes fases del ensayo (inicio, final y diferencia entre ambos) de acuerdo con el nivel de partida y la fertilización fosfórica.

Nivel de TPR	Dosis de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)			Sig.	eed
	0	80	240		
Bajo					
Inicial	12,5 \pm 3,8	4,6 \pm 0,9	13,1 \pm 1,6		
Final	16,1 \pm 6,8	2,0 \pm 1,7	16,8 \pm 5,8		
Diferencia	3,6	-2,6	3,7	ns	11,9
Medio					
Inicial	23,1 \pm 0,1	21,8 \pm 1,2	23,1 \pm 5,5		
Final	26,0 \pm 0,5	24,7 \pm 6,7	12,3 \pm 0,2		
Diferencia	2,9	2,9	-10,8	ns	6,6
Alto					
Inicial	33,5 \pm 0,9	35,2 \pm 1,9	41,8 \pm 5,0		
Final	32,3 \pm 0,3	23,3 \pm 4,7	23,9 \pm 2,9		
Diferencia	-1,2	-11,9	-17,9	ns	8,3
Ensayo	1,7	-3,9	-8,4	ns	5,3

Nivel de TPR (*Trifolium pratense* en %): Bajo ($\leq 16\%$), Medio ($>16 < 30\%$), Alto ($\geq 30\%$).

Ensayo: promedio de diferencias. Sig.: significación (Tukey); ns: no significativa; eed: error estándar de la diferencia.

En los ensayos de fertilización fosfórica realizados en zonas de montaña se describió el efecto negativo del fósforo sobre *Trifolium pratense* y positivo sobre *Trifolium repens*; el descenso de trébol violeta se relacionó con fenómenos de competencia con el trébol blanco que encontró condiciones más adecuadas para su desarrollo (humedad abundante, raíces superficiales de crecimiento rápido y presencia de fósforo) y un sistema de multiplicación predominantemente vegetativo (García *et al.*, 2005 y 2006). En este ensayo las condiciones fueron más favorables para el crecimiento del trébol violeta, con mayor resistencia al estrés hídrico, raíces pivotantes, preferentemente vivaz y con mayor posibilidad de formación de semillas (sistema menos intensivo con dos siegas anuales frente a tres)



por lo que su capacidad de competencia con el trébol blanco fue mayor; de hecho el incremento de *T. repens* con la fertilización fosfórica únicamente fue del 3,1% frente al 16,9% de los ensayos de montaña (García *et al.*, 2006).

Así mismo, el ensayo se realizó en un clima mediterráneo con temperatura media anual superior a las zonas de montaña ($\Delta=+2,5$ °C) y pluviosidad menor ($\Delta=-740$ mm). Los suelos presentaron unas características de fertilidad, MO, N, C/N y pH ligeramente inferiores (Rodríguez *et al.*, 1980) que nos indicaron que estamos en un ambiente más propicio para la persistencia de *T. pratense*.

Los contenidos de fósforo en el suelo se presentan en la Tabla 2 y muestran su distribución y escasa movilidad y lixiviado en el ambiente del ensayo. En la capa superficial fueron de 13,04 ppm y 15,66 ppm con aportes de 80 y 240 kg ha⁻¹ de fósforo y tasas de acumulación de 2,9 ppm año⁻¹ y de 4,3 ppm año⁻¹. En la capa más profunda el contenido de fósforo fue pequeño, la acumulación nula o muy escasa y sin que se haya influencia de la fertilización en los tres años de duración del ensayo.

Tabla 2. Contenidos de fósforo en el suelo (ppm) previo a la fertilización de cada año.

Año Profundidad	Dosis de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)			Sig.	eed
	0	80	240		
1^{er} año					
0-10 cm	7,32	_B 7,52	_C 7,10	ns	0,16
10-20 cm	<5,44	<5,44	<5,44	-	-
2^o año					
0-10 cm	5,72b	_B 7,45b	_B 9,45a	*	0,18
10-20 cm	<5,44	<5,44	<5,44	-	-
3^{er} año					
0-10 cm	7,94c	_A 13,04b	_A 15,66a	*	0,16
10-20 cm	<5,97	<5,44	<5,58	-	-
Sig. (0-10 cm)	ns	*	*		
eed	0,27	0,16	0,16		

Sig.: significación (Tukey); ns: no significativa; eed: error estándar de la diferencia.

Letras minúsculas para diferencias entre columnas y mayúsculas para diferencias entre filas.

En zonas de montaña Alvarenga (2009) encontró a 10-20 cm de profundidad, contenidos de fósforo de 21 ppm y 80 ppm con aportes de fertilizante fosfórico de 80 y 240 kg ha⁻¹ y tasa de acumulación (después de 30 años de experiencia) de 0,5 ppm año⁻¹ y 2,7 ppm año⁻¹ y se relacionó con el descenso de la presencia del trébol violeta. En esta prueba el posible efecto negativo del fósforo sobre el sistema radicular profundo del trébol violeta no se produciría.

El fósforo no parece ser fundamental para explicar la variación (descenso) de trébol violeta en esta comunidad y en las condiciones del ensayo (ambiente mediterráneo), pero es posible como han sugerido García *et al.* (2005) que otros fertilizantes como el nitrógeno, muy móvil y al que *T. pratense* es especialmente sensible, de forma negativa, sea más importante para su persistencia.

CONCLUSIONES

Los resultados muestran que, en las condiciones medioambientales en las que se ha realizado el ensayo, no existe una relación significativa entre la fertilización fosfórica y el descenso en la población de trébol violeta. Tampoco se ha observado que la fertilización se comporte de forma diferente de acuerdo con la abundancia inicial del trébol lo que se puede atribuir a las condiciones de



competencia más favorables de *T. pratense* frente a otras especies, como a la acumulación de fósforo en capas superficiales y su escasa presencia en capas más profundas.

AGRADECIMIENTOS

A Jesús S. González y a Sara del Río por su ayuda y colaboración. Este trabajo se realizó con la financiación de la Junta de Castilla y León y de la Universidad de León dentro del programa de ayudas a la actividad investigadora a los grupos GR158 y PROCOFO.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA J.D. (2009) *Balance NPK (suelo-planta) en una fertilización pratense de larga duración*. Tesis doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de León.
- FERGUSON B.J. Y GRESSHOFF P.M. (2009) Physiological implications of legume nodules associated with soil acidity. En: Suleiman S. y Phan L. (Eds) *Legume nitrogen fixation in a changing environment*, pp. 113-126. Switzeland: Springer.
- GARCÍA R., ANDRÉS S., ALVARENGA J. Y CALLEJA, A. (2005) Efecto de la fertilización NPK y del fraccionamiento del nitrógeno en la producción de tréboles. En: De la Roza B. *et al.* (Eds) *Producciones agroganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural (Vol II)*, pp. 549-556. Gijón (España): SEEP.
- GARCÍA R., ANDRÉS S., VALDÉS C. Y CALLEJA A. (2006) *Trifolium repens* L. and *Trifolium pratense* L. under PK fertilization in meadows. En: Lloveras J. *et al.* (Eds) *Sustainable Grassland Productivity: Grassland science in Europe*, pp. 399-401. Badajoz, España: EGF y SEEP.
- GARCÍA R., RODRÍGUEZ M., ANDRÉS S. Y CALLEJA A. (2004) Cuarenta años de fertilización en prados de la montaña de León. II. Influencia sobre la composición botánica. *Pastos*, **34(2)**, 153-206.
- GARCÍA R., VALDÉS C., PELÁEZ R. Y CALLEJA A. (2011) The impact of inorganic fertilizers on floristic composition of hay meadows in Cantabrian Mountains of Spain. En: Pötsch E.M. *et al.* (Eds) *Grassland farming and land management systems in mountainous regions (vol 16)*, pp. 622-624. Raumberg-Gumpenstein (Austria).
- GRANT S.A. (1993) Resource description: vegetation and sward components. En: Davies A. *et al.* (Eds) *Sward measurement handbook*, pp. 69-77. UK: British Grassland Society.
- OLEA L., LÓPEZ-BELLIDO R.J. Y POBLACIONES M.J. (2005) Europe types of silvopastoral systems in the Mediterranean area: dehesa. En: Mosquera M.R. *et al.* (Eds) *Silvopastoralism and Sustainable Land Management*, pp. 30-35. Wallingford, Oxfordhire, UK: CABI Publishing.
- OLEA L., PAREDES J. Y VERDASCO P. (1991) Características y producción de los pastos de las dehesas del S.O. de la Península Ibérica. *Pastos*, **20-21**, 131-156.
- OLIVARES J. (2003) *Cuatro décadas en la simbiosis Rhizobium-Leguminosa*. Granada, España: Academia de Ciencias Matemáticas, físicoquímicas y naturales de Granada.
- RODRÍGUEZ M., DE LA FUENTE T. Y CALLEJA A. (1980) Relación entre el abonado NPK y la composición botánica en prados de regadío de la montaña leonesa. *Pastos*, **10(1)**, 105-113.
- RODRÍGUEZ M., GARCÍA R., ANDRÉS S. Y CALLEJA A. (2003) Cuarenta años de fertilización en prados de la montaña de León. I. Influencia sobre la producción. *Pastos*, **33(1)**, 103-153.
- S.A.S. (2015) *SAS/STAT User's Guide*. Carolina del Norte (USA): Statistical Analysis System Institute Inc. Cary.
- SANTAMARÍA O., POBLACIONES M.J., OLEA L., RODRIGO S., Y GARCÍA-WHITE T. (2009) Efecto de fertilizantes alternativos al superfosfato de cal sobre la producción y calidad de pastos de

dehesa en el suroeste de España. En: SECF y Junta de Castilla y León (Eds). *5º Congreso Forestal Español*. Ávila, España.

RESPONSE OF *Trifolium pratense* L. TO PHOSPHOROUS FERTILIZATION UNDER A MEDITERRANEAN ENVIRONMENT IN THE PROVINCE OF LEON

SUMMARY

A fertilization experiment was conducted during the years 2010-2012 on a meadow located in Mansilla Mayor (Leon, Spain). Three areas with different proportions of *Trifolium pratense*: low ($\leq 16\%$), medium ($>16 < 30\%$) and high ($\geq 30\%$) were identified. Six 3m x 2m plots with different level of fertilization (0, 80 and 240 kg ha⁻¹ P₂O₅) were established within each area with two plots for each fertilization level. Field conditions were the characteristics of pastures in the plains of the province of Leon: "vallicares", settled on deep soils, pH close to neutral, rich in MO, good C/N ratio and reduced levels of phosphorus. The results showed that the red clover decreases due to phosphorous fertilization were not significant and that they were not in relation with the abundance of this legume at the beginning of the trial. The average annual temperature 2.5 °C higher and lower 740 mm rainfall compared to previous fertilization trials in mountain areas favored greater persistence of this legume. The accumulation of P in surface layers and their limited presence in deeper layers acts favorably for the development of red clover.

Key words: interspecific competition, vallicares, nutritional requirements.

RESPUESTA DE *Rumex crispus* L. A LA FERTILIZACIÓN NPK EN PRADOS DE LA MONTAÑA DE LEÓN

R. GARCÍA, M. RODRÍGUEZ Y A. CALLEJA.

Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-Universidad de León). Departamento de Producción Animal.
Universidad de León. E-24071. León. ricardo.gnavarro@unileon.es.

RESUMEN

En un ensayo de fertilización (periodo 1987-2007), en un prado al sur de la cordillera cantábrica, se controló la presencia de *Rumex crispus*: producción (kg ha^{-1}) y su contribución al forraje (% de materia seca). Las dosis utilizadas fueron: nitrógeno y potasio 0, 60, 120 y 180 kg ha^{-1} y fósforo 0, 80, 60 y 240 kg ha^{-1} . El diseño fue un factorial 4^3 . Durante los diez primeros años el aporte del nitrógeno fue de una sola vez y en los diez últimos se fraccionó (70% y 30%). El sistema de aprovechamiento consistió en tres siegas anuales de la hierba y un pastoreo final. No se encontraron diferencias debidas al sistema de fertilización nitrogenada (aporte único vs aporte fraccionado). La fertilización (tipo de fertilizante y dosis) afectó positivamente a *R. crispus*. Los valores fueron, en el primer corte 267 kg ha^{-1} (66% del total anual) y 4,1% de la materia seca; en el segundo corte, 115 kg ha^{-1} y 4,6% y en el tercero 26 kg ha^{-1} y 1,2% de la MS. Se obtuvieron incrementos en la producción y en el porcentaje de *R. crispus* por encima de 120, 80 y 180 kg ha^{-1} de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente.

Palabras clave: carbaza, ensayo de larga duración.

INTRODUCCIÓN

Rumex crispus (carbaza) es una mala hierba tradicionalmente asociada a la nitrofilia y al manejo inadecuado de los pastos. García (1988) y Pérez Pinto (1990) la encuentran en el 26% de los prados de la montaña de León, siendo muy frecuente cuando la fertilización es mineral, más propia de zonas de fondos de valle con elevada humedad y menos frecuente en seco. En todo caso su proporción en el forraje no suele superar el 8% de la materia seca.

Es considerada por los ganaderos como indeseable en la vegetación del primer aprovechamiento; no es consumida en forma de heno por sus gruesos tallos con fuertes concentraciones de lignina (Waghorn y Jones, 1989) aunque en ensilado, generalmente recogida en estado fenológico menos avanzado y con mayor humedad, es consumida sin dificultad. En los rebrotes y en el pastoreo de otoño su consumo es mayor siempre que la carga de ganado sea suficiente.

Se acepta que la utilización de métodos mecánicos, químicos y biológicos rara vez tiene éxito en la erradicación total de esta especie y que lo ideal es mantenerla en una proporción que no afecte de manera sensible a la producción y a la calidad del forraje.

La abundancia excesiva de *R. crispus* es considerada indicadora de una mala gestión agrícola. La incidencia que tienen las actuaciones del hombre y los cuidados del cultivo son claves para una especie tan plástica y con elevada amplitud ecológica. Zaller (2004) recomienda la necesidad de realizar experimentos de campo de larga duración para evaluar los factores que, en determinadas regiones, pueden ser los responsables más importantes de la infestación de *Rumex sp.*

En este trabajo se describe el comportamiento de esta especie en cuanto a su producción y contribución al forraje, en especial referencia al primer corte de primavera, con un sistema de aprovechamiento intensivo (3 siegas para heno y un pastoreo) y distintos niveles de fertilización NPK.

El estudio utiliza los 20 últimos años de una experiencia de fertilización de 30 años de duración en los que en los diez primeros años de la misma, únicamente se realizaban dos siegas al año.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en un ensayo de fertilización establecido en la localidad de Las Salas-León- (42° 55' 52,04'' N y 5° 7' 13,18'' W) en un prado de regadío con una comunidad vegetal del Orden *Arrhenatheretalia*, a 1010 ms.n.m.

Las características climáticas más importantes fueron: temperatura media anual 9 °C (1,7 °C en enero y 17 °C en julio) y precipitación anual de 1206 mm (320 mm en primavera, 120 mm en verano, 381 mm en otoño y 385 mm en invierno).

El suelo de acuerdo con la clasificación de la FAO es de tipo Fluvisol Gleyic. Al inicio de la experiencia los datos de partida fueron: textura franco arcillosa, pH (agua)=6,2; MO=10,1%; N=0,5%; P (Olsen)=4,8 ppm y K=99 ppm.

El ensayo consistió en un diseño factorial 4³ en el que los 64 tratamientos diferentes fueron el resultado de todas las combinaciones posibles de los tres fertilizantes (N, P y K) y sus cuatro dosis, que para el nitrógeno y el potasio fueron 0, 60, 120 y 180 kg ha⁻¹ y para el fósforo 0, 80, 160 y 240 kg ha⁻¹. Las parcelas se distribuyeron al azar y sin repeticiones. Los abonos comerciales utilizados fueron: nitrato amónico cálcico 27%, superfosfato de cal 18% y cloruro de potasa 60%.

La experiencia se dividió en dos periodos: 1987-1997 y 1998-2007 de acuerdo con el sistema de fertilización; durante el primer periodo se realizó un aporte único de todos los fertilizantes (primera quincena de abril) mientras que en el segundo periodo se fraccionó el nitrógeno (70% en primavera -con los demás fertilizantes- y 30% tras el primer corte).

El sistema de aprovechamiento fue de tres cortes anuales para almacenamiento de forraje: primer corte (finales de mayo-inicio de junio), segundo corte (última semana de julio), tercer corte (primera quincena de setiembre) y un pastoreo continuo desde octubre hasta consumo total de los rebrotes.

Además de determinar la producción total de cada parcela, el control de *R. crispus* se efectuó de la forma siguiente: en el primer corte se realizó un recuento del número de tallos en toda la parcela y se secó una muestra representativa de 20 tallos para determinar su materia seca y su contribución al forraje; se realizó durante 20 años por ser el corte en que la planta es indeseable y rechazada por el ganado. En el segundo y tercer corte se realizó una toma de muestras de 2 kg de forraje y se separó de forma manual, posteriormente se secó en estufa para obtener la materia seca. El control de los rebrotes, cuando la planta está en estado folioso y es consumida fácilmente por el ganado, se realizó únicamente durante cinco años y no se efectuó en el periodo de pastoreo.

Para el análisis de los datos se utilizó la regresión lineal múltiple y el anova seguido del contraste de medias mediante el test de Duncan cuando hubo significación (SAS, 2015). Las variables dependientes (VD) fueron la producción de *R. crispus* en el forraje (kg ha⁻¹, del primer corte y de la producción total anual) y su porcentaje de materia seca en el primer corte; y las independientes, sistema de fertilización (aporte de nitrógeno único y fraccionado) y los fertilizantes según el modelo: $VD = \beta_0 + \beta_1N + \beta_2P + \beta_3K + \beta_4N^2 + \beta_5P^2 + \beta_6K^2 + \beta_7NP + \beta_8NK + \beta_9PK + E$; β_0 =intercepto; β_1 - β_9 = coeficientes de regresión; E=error aleatorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de producción y de porcentaje de *R. crispus* en el forraje se reflejan en la Tabla 1. El valor medio de las 64 parcelas en el primer corte fue de 267 kg ha⁻¹ y representaba el 4,1% de la

producción del corte y el 66% de la producción anual de la especie. Los tallos muy lignificados (Waghorn y Jones, 1989) son rehusados por el ganado vacuno sobre todo si se aportan en forma de heno. En los dos cortes siguientes las producciones fueron 115 kg ha⁻¹ y 26 kg ha⁻¹; la participación en el forraje del segundo corte alcanzó el 4,2% de la materia seca y en el tercero 1,2%. En ambos casos la planta predomina ampliamente en estado vegetativo, fase en la que la proteína bruta y la digestibilidad presenta valores 13% y 22% superior al estado de fructificación (Bosworth *et al.*, 1986) y las hojas sólo tienen un 20% menos de digestibilidad y palatabilidad que las de *Lolium perenne* (Courtney y Johnston, 1978).

Tabla 1. Distribución de la producción (kg ha⁻¹ de MS) y del contenido en la hierba de *R. crispus* (% del forraje en MS).

Producción	Media	Mínimo	Máximo	ES
1 ^{er} corte	267	0	3941	9
2 ^o corte	115	0	1382	16
3 ^{er} corte	26	0	259	3
% en el forraje				
1 ^{er} corte	4,1	0	65	0,18
2 ^o corte	4,6	0	44,3	0,6
3 ^{er} corte	1,2	0	13,1	0,01

ES =error estándar. 1^{er} corte: 20 años (N=1280) y 2^o y 3^{er} corte: 5 años (N= 320).

La Tabla 2 muestra que el sistema de fertilización (primera década con aporte único de nitrógeno frente a la segunda década con su fraccionamiento), no afectó a *R. crispus*, ni a nivel de producción ni de porcentaje de materia seca. La ausencia de significación de la interacción sistema de fertilización* nitrógeno permite considerar el ensayo como una experiencia de fertilización NPK única y global de 20 años de duración.

Tabla 2. Efecto del sistema de fertilización nitrogenada sobre la presencia de *R. crispus*, (primer corte y en las parcelas con nitrógeno).

<i>R. crispus</i>	Sistema de fertilización			Sig	ES
	N sin fraccionar	N fraccionado			
Producción	288±14	282±19		ns	20
% forraje	4,0±0,2	4,4±0,2		ns	0,32
Nº de años	10	10			
Nº parcelas	480	480			

ns: no significativo (test de Duncan). Producción (kg ha⁻¹). % en MS. ES: error estándar.

La incidencia de la fertilización de cada uno de los elementos por separado sobre *R. crispus* en el primer corte y a lo largo del año se refleja en la Tabla 3. Se observó la importancia de los elementos fertilizantes principales: nitrógeno, fósforo y potasio en el primer corte (donde esta plantas afecta en mayor medida a la calidad del forraje) y la del fósforo y potasio a nivel anual; las variables, N², P² y K² y las interacciones tienen una importancia menor.



Tabla 3. Parámetros de las ecuaciones de regresión. Efecto de la fertilización NPK sobre *R. crispus* en el primer corte y en total anual (20 y 5 años respectivamente).

	Primer corte		Total anual
	Producción	% de forraje	Producción
Intercepto	91,156	1,645	139,893
N	-1,256	-0,019	-
P	1,733	0,026	1,318
K	-1,295	-0,024	-2,908
NP	0,005	-	-
PK	0,005	0,0001	-
N ²	0,009	0,0002	-
P ²	-0,006	-0,0001	-
K ²	0,01	0,0002	0,021
R ²	0,2	0,14	0,22
F	39,4	29,4	16,7
Sig.	<0,0001	<0,0001	<0,0001

La Tabla 4 muestra el efecto de los fertilizantes principales y sus respectivas dosis sobre la presencia de *R. crispus* en el primer corte de la hierba tras el crecimiento de primavera. De forma global se puede considerar que la fertilización mineral favorece a esta especie como indican la gran mayoría de los autores (Pérez *et al.*, 1990 y Zaller, 2004).

Tabla 4. Efecto de la fertilización NPK sobre la presencia de *R. crispus* en el primer corte del ensayo (medias de 20 años).

Nitrógeno	Producción (kg ha ⁻¹)	% de forraje	Fósforo	Producción (kg ha ⁻¹)	% de forraje	Potasio	Producción (kg ha ⁻¹)	% de forraje
0	217 c	3,8 b	0	101 c	2,1 c	0	209 b	3,3 b
60	205 c	3,2 b	80	270 b	4,1 b	60	209 b	3,1 b
120	266 b	3,8 b	160	343 a	5,0 a	120	252 b	3,8 b
180	382 a	5,5 a	240	354 a	5,1 a	180	298 a	6,1 a

Unidades de fertilizante por ha; N=320; Significación al 0,05 (test de Duncan); error estándar para producción y para porcentaje de forraje: 23 y 0,37.

Courtney (1985) indica que la cifra del 30% en el forraje es clave para una urgente intervención que permita el control de esta especie; aunque en este ensayo se utilizaron dosis altas y poco útiles en sistemas de explotación real, sólo 32 parcelas de las 1280 del primer corte tuvieron porcentajes superiores al 15% y de ellas 7 más del 30%.

El nitrógeno en dosis bajas (60 unidades ha⁻¹) no tuvo efecto sobre la producción ni sobre la proporción en el forraje (calidad de la hierba). Hopkins *et al.* (1997) indican que el uso moderado de nitrógeno es una medida eficaz de control de *R. crispus*. Nuestros resultados señalan que por encima de 120 unidades ha⁻¹ se incrementa la producción de carbazas, pero que es necesario llegar a 180 unidades ha⁻¹ para que aumente la proporción en el forraje y por tanto se altere la calidad del mismo. Nuestros datos nos indican que con 180 unidades ha⁻¹ se obtiene un incremento de la producción de rumex del 76,5%.

El efecto del fósforo en prados y en experiencias de campo se ha estudiado menos. Nuestros resultados mostraron un efecto positivo del fósforo sobre la producción y el porcentaje en el forraje de *R. crispus* desde los 80 kg ha⁻¹. El efecto fue mayor con 160 kg ha⁻¹ y no hubo diferencias entre esta dosis y 240 kg ha⁻¹ (Tabla 4). Kristalova *et al.* (2012), en sus ensayos de invernadero,

consideraron que el fósforo favorece de forma muy clara la producción de nuevas plantas de esta especie a partir de semillas (con 40 kg ha⁻¹ y 80 kg ha⁻¹) y Hejcman *et al.* (2012) dieron menos importancia al fósforo, atribuyendo su efecto a sus elevados contenidos iniciales en el suelo (15 ppm). Estos autores dan más importancia a la actuación conjunta del fósforo con el nitrógeno, en nuestro caso los rangos de fosforo en suelo son mucho más amplios (5 ppm y 54 ppm) y la interacción únicamente fue significativa, aunque baja, en el primer corte (Tabla 3).

El potasio se acepta que tiene un papel secundario en el desarrollo de esta especie. Humphreys *et al.* (1999) en experiencias de invernadero, recomendaron la utilización de dosis moderadas de potasio para el control de *R. crispus*. Hejcman *et al.* (2012) indicaron la importancia del equilibrio entre los diferentes elementos fertilizantes y no encontraron una relación entre la fertilización con potasio (dosis de 100 kg ha⁻¹) y su capacidad de multiplicación (producción de semillas). Nuestros resultados (Tabla 4) muestran que las dosis mayores (180 kg ha⁻¹) afectaron a la producción y al porcentaje de la especie mientras que las dosis menores no tuvieron ningún efecto.

CONCLUSIONES

En un sistema de aprovechamiento del forraje de tres cortes anuales mediante siega y un pastoreo al final de la estación, el efecto de la fertilización es siempre positivo sobre *R. crispus* y su efecto depende del tipo de fertilizante y dosis utilizada.

El fraccionamiento del nitrógeno no incide en la presencia de *R. crispus*.

Una fertilización que no superó los 120 kg ha⁻¹ de N, 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 180 kg ha⁻¹ de K₂O no incrementó la producción ni el porcentaje de la especie. Por encima de estas dosis cabe esperar un embastecimiento de la hierba y un descenso de la calidad del pasto.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a D. Jesús S. González su estimable ayuda y colaboración. Este trabajo se financió por la Junta de Castilla y León y la Universidad de León con el programa de ayudas a la actividad investigadora a los grupos GR158 y PROCOFO.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOSWORTH S.C., HOVELAND C.S. Y BUCHANAN G.A. (1986) Forage quality of selected cool-season weed species. *Weed Science*, **34**, 150-154.
- COURTNEY A.D. (1985) Impact and control of docks in grassland. En: Brockman JS. (Ed). *Weeds, Pests and Diseases of Grassland and Herbage Legumes*, pp. 120-127. UK: British Crop Protection Council, Croydon.
- COURTNEY A.D. Y JOHNSTON R. (1978) A consideration of the contribution to production of *Rumex obtusifolius* in a grazing regime. En: *Proceedings 1978 of the British Crop protection Conference-Weeds*, pp. 325-331. Brighton: UK.
- GARCÍA R. (1988) *Aspectos agronómicos y composición mineral de los henos, gramíneas, leguminosas y otras plantas de prados permanentes de la Montaña de León*. Tesis doctoral. Facultad de Biología. Universidad de León.
- HEJCMAN M., KRISTALOVA V., CERVENA K., HRDLICKOVA J. Y PAVLU V. (2012) Effect of nitrogen, phosphorus and potassium availability on mother plant size, seed production and germination ability of *Rumex crispus*. *Weed Research*, **52**, 260-268.

- HOPKINS A., JONES E.L., BOWLING P.J. Y JOHNSON R.H. (1997) Cultural methods of dock control in permanent pasture. En: British Grassland Society (Ed) *British Grassland Society Fifth Research Conference*, pp. 39-40. Devon, UK: University of Plymouth, New Abbot.
- HUMPHREYS J., JANSEN T., CULLETON N., MACNAEIDHE F.S. Y STOREY T. (1999) Soil potassium supply and *Rumex obtusifolius* and *Rumex crispus* abundance in silage and grazed grassland swards. *Weed Research*, **39**, 1-13.
- KRISTALOVA V., HEJCMAN M., CERVENA K. Y PAVLU V. (2012) Effect of nitrogen and phosphorus availability on the emergence, growth and over-wintering of *Rumex crispus* and *Rumex obtusifolius*. *Grass and Forage Science*, **66(3)**, 361-369.
- PÉREZ J.E., PÉREZ M.T., GARCÍA R., MORO A. Y CALLEJA A. (1990) Aspectos ecológicos de especies de prados permanentes. 4. Plantagináceas y Polygonáceas. *Pastos, número extraordinario*, 109-116.
- PÉREZ PINTO J.E. (1990) *Estudio botánico y mineral de prados permanentes de la Cuenca del Bernesga*. Tesis doctoral. Facultad de Biología. Universidad de León.
- SAS (2015) *SAS/STAT User's Guide*. Ed. Carolina del Norte, USA: Statistical Analysis System Institute Inc. Cary.
- WAGHORN G.C. Y JONES W.T. (1989) Bloat in cattle. Potential of dock (*Rumex obtusifolius*) as an antibloat agent for cattle. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, **32**, 227-235.
- ZALLER J.G. (2004) Ecology and non-chemical control of *Rumex crispus* and *R. obtusifolius* (*Polygonaceae*) a review. *Weed Research*, **44**, 414-432.

RESPONSE OF *Rumex crispus* L. TO NPK FERTILIZATION IN MOUNTAIN MEADOWS OF THE PROVINCE OF LEON

SUMMARY

A long-term NPK fertilization essay (1987-2007) was carried out in a meadow situated in the south side of the Cantabrian Mountains. The total amount of *Rumex crispus* (kg ha^{-1}) and its contribution (% dry matter) to the total forage was measured. The fertilizer doses used were 0, 60, 120 and 180 kg ha^{-1} for nitrogen and potassium and 0, 80, 160 and 240 kg ha^{-1} for phosphorus. The design was a factorial 4^3 . During the first ten years, the contribution of nitrogen was at once and in the last ten fractionated (70% and 30%). The system of utilization consisted of three annual harvests of the forage and a final grazing. The values obtained were 267 kg ha^{-1} (66% of the year) and 4.1%, 115 kg ha^{-1} and 4.6% and 26 kg ha^{-1} and 1.2% for the first, second and third cut respectively. There was no effect due to the fractioning of the nitrogen fertilization. The type and dose of fertilizer has a positive effect on *Rumex crispus*, obtaining an increase in yield and in dry matter (%) from 120, 80 and 180 kg ha^{-1} of N, P and K, respectively.

Key words: curly dock, long-term fertilization.

PRODUCCIÓN Y VALOR NUTRITIVO DE ESPARCETA INOCULADA CON DOS CEPAS DE *Rhizobium* sp. EN ASTURIAS

J.A. OLIVEIRA-PRENDES¹, P. PALENCIA¹, E. AFIF-KHOURI¹, I. DELGADO² Y F. TEMPRANO³.

¹Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. Áreas de Producción Vegetal y de Ingeniería Agroforestal. Universidad de Oviedo. C/ Gonzalo Gutiérrez Quirós s/n. 33600 Mieres (España). oliveira@uniovi.es; palencia@uniovi.es; elias@uniovi.es. ²Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA). Avda. Montañana 930. 5059 Zaragoza (España). idelgado001@hotmail.com. ³IFAPA-Centro Las Torres. Ctra Sevilla-Alcalá del Río, km 12,2. 41200 Alcalá del Río, Sevilla (España). francisco.temprano@juntadeandalucia.es.

RESUMEN

Se estudió el efecto de la inoculación con dos cepas *Rhizobium* (ISO3 e ISO12) de la semilla de esparceta del tipo “dos cortes” de Reznos (Soria) sobre la producción de forraje y su valor nutritivo en Asturias, durante 2014 y 2015. El estudio se efectuó en siembra primaveral en 2014. Se compararon cinco tratamientos: inoculación con la cepa ISO3; inoculación con la cepa ISO12; testigo sin inocular; sin inocular y con aporte de 50 kg N/ha y *Trifolium pratense* cv Altas Wede. Las mayores producciones anuales de materia seca se encontraron en los tratamientos con esparceta (8989 a 13 484 kg MS/ha) frente al del trébol violeta (7444-8945 kg MS/ha), no habiendo un efecto claro de la inoculación. Los tratamientos de esparceta presentaron menor contenido en proteína bruta (14,6-19,2%) que el trébol violeta (22,5%), siendo los valores de la proteína en los tratamientos inoculados (16,8-19,2%) más altos que en los no inoculados (14,6-16,4%), no habiendo diferencias entre las dos cepas usadas. Los muestreos realizados en diciembre de 2014 y 2015, mostraron que todas las plantas de esparceta presentaban nódulos, aunque hubo diferencias significativas entre los tratamientos inoculados y no inoculados, a favor de los inoculados.

Palabras clave: fibra ácido detergente, fibra neutro detergente, *Onobrychis viciifolia* Scop., proteína bruta, *Trifolium pratense* L.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de leguminosas y gramíneas forrajeras constituye uno de los puntos fundamentales en el desarrollo de sistemas sostenibles de producción de rumiantes en Europa (Lüscher *et al.*, 2014). La esparceta o pipirigallo (*Onobrychis viciifolia* Scop.) es una leguminosa forrajera plurianual, tradicional de las regiones semiáridas, moderadamente cálidas y de altitud superior a 600 metros de la península Ibérica (Delgado *et al.*, 2002). Es muy apreciada por los agricultores por su adaptación a suelos poco profundos y capacidad para fijar el nitrógeno del aire gracias a las bacterias *Rhizobium*, que le permite prescindir o reducir el aporte de abonos nitrogenados. Se utiliza, por ello, como cultivo alternativo en rotación con los cereales para mejorar la fertilidad del suelo y romper el ciclo de los parásitos y de las malas hierbas (Montserrat y Capdevilla, 1964). Es también apreciada por los ganaderos por su alto contenido en proteína bruta, palatabilidad y capacidad de ingestión voluntaria (Beever *et al.*, 1986), y porque permanece verde durante el invierno y concentra la producción de forraje en primavera facilitando su henificado o ensilado (Delgado *et al.*, 2008). Contiene componentes “bioactivos” que optimizan el uso de las proteínas en alimentación animal, reduciendo las emisiones de gas metano, controlando los parásitos intestinales y mejorando la calidad de la leche y los productos cárnicos obtenidos (Lüscher *et al.*, 2014). En 2013, la superficie del cultivo de esparceta en España fue de 19 860 ha, destacando Aragón con 11 265 ha (MAGRAMA, 2015).



Entre las leguminosas pratenses, el trébol violeta (*Trifolium pratense* L.) ofrece ventajas específicas en comparación con otras especies de climas templados, ya que puede ser un cultivo forrajero útil para extender la estación de pastoreo en el Norte de España durante el verano (Flores *et al.*, 2011).

El objetivo de este trabajo es la evaluación por primera vez en Asturias del comportamiento agronómico de la esparceta inoculada con dos cepas de *Rhizobium* mediante la determinación de la producción y valor nutritivo de su forraje.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en una parcela perteneciente a la finca “Casero”, localizada en Candás, Asturias, España, (43° 35' N, 5° 47' O y 80 m s.n.m.), en la que nunca se había cultivado esparceta. Los valores de las temperaturas medias (14,6 y 14,3 °C en 2014 y 2015, respectivamente) y precipitaciones anuales (875 y 884 mm en 2014 y 2015, respectivamente) fueron similares a las del año medio (14 °C y 1017 mm, respectivamente). Previamente a la siembra, se realizó un análisis de suelo de la parcela. El suelo resultó ser franco arenoso arcilloso, ligeramente ácido (pH = 6,3), no salino, con concentraciones de materia orgánica altas (4,3%), relación carbono nitrógeno adecuada (12), capacidad de intercambio catiónico efectiva adecuada (14,1 cmol₍₊₎/kg), contenidos en P Mehlich 3 (41 ppm) y K (0,90 cmol₍₊₎/kg) altos.

El diseño experimental fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las parcelas fueron de 2 x 5 m y se sembraron el 11/04/2014, con semilla sin decorticar de esparceta cv Reznos a una dosis de 100 kg/ha y *Trifolium pratense* cv Altas Wede a la dosis de 10 kg/ha de semilla. Se compararon cinco tratamientos: 1: inoculación con la cepa ISO3; 2: inoculación con la cepa ISO12; 3: testigo sin inocular; 4: sin inocular y con aporte de 50 kg N/ha y 5: *T. pratense*. La inoculación de las semillas se realizó antes de la siembra empleando una cantidad de inoculante equivalente al 1% del peso de aquellas y una solución adhesiva de goma arábica al 25%. En el establecimiento (23/04/2014) se realizó un muestreo por parcela, con un marco metálico de 1 x 1 m con el fin de determinar la densidad de plantas y se obtuvieron valores comprendidos entre 70 y 100 plantas por m². El 16/05/2014 se aplicó el herbicida Pulsar 40® (Imazamox 4%), en postemergencia contra malas hierbas anuales (gramíneas y dicotiledóneas) con una dosis de 1 L/ha. El mismo día se aplicaron 50 kg N/ha con el abono nitrato amónico cálcico del 27% N en el tratamiento 4. El 22/03/2015, se volvieron a aportar 50 kg N/ha en el tratamiento 4.

Se realizaron tres cortes en 2014 (19/06/2014, 29/07/2014 y 12/08/2014) y cuatro cortes en 2015 (30/04/2015, 05/06/2015, 10/07/2015 y 02/09/2015) con motosegadora de 100 cm de anchura de barra de corte, sobre una superficie de 4 m² (1 x 4 m) por parcela, anotándose también las alturas alcanzadas por las plantas en cuatro puntos de cada parcela. El momento del corte fue el de inicio de floración a floración en la esparceta. Se tomó una muestra al azar de aproximadamente 100 g de biomasa por cada repetición y tratamiento y se secó en estufa de circulación de aire forzado a 70 °C hasta peso constante. Las muestras secas se molieron en un molino de laboratorio y se cribaron en un tamiz de 1 mm de luz de malla para realizar determinaciones de valor nutritivo (proteína bruta (PB), fibras neutro detergente (FND) y ácido detergente (FAD)) en el Laboratorio de Nutrición Animal del Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA) de Villaviciosa, Asturias.

Análisis del grado de nodulación

Se realizaron dos muestreos por parcela elemental de las plantas presentes en un marco metálico de 0,20 x 0,20 m, en diciembre de 2014 y de 2015. Se procedió al lavado cuidadoso de las

plantas muestreadas en cada uno de los marcos y a un conteo manual de los nódulos presentes en las raíces de cada una de ellas. El peso seco de los nódulos se determinó después del secado de los mismos en estufa de circulación de aire forzado a 70 °C, hasta peso constante.

Análisis estadísticos

La producción de materia seca, humedad del forraje, altura de las plantas, PB, FND y FAD se analizaron mediante un análisis de varianza de manera independiente por cada año, debido a que el número de cortes fue diferente en cada año. En el análisis de varianza se incluyó la fecha de corte como una medida repetida en el tiempo. La significación del factor tratamiento se evaluó sobre la interacción tratamiento x repetición y el factor fecha de corte y la interacción fecha de corte x tratamiento sobre el cuadrado medio del error. El número de nódulos y el peso seco de los mismos por planta se analizaron también de manera independiente por cada año, incluyendo los factores repetición y tratamiento. Se efectuó la separación de medias entre los niveles del factor tratamiento mediante el test Tukey a un nivel de significación del 5%. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS versión 22 (SPSS, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de materia seca por hectárea y altura de las plantas

Se obtuvieron diferencias significativas en todas las variables estudiadas en cada uno de los dos años de estudio. La humedad media del forraje en el momento del corte fue un poco mayor en el trébol violeta (80,8-81,5%) respecto a los tratamientos de esparceta (69,6-80,3%) (Tabla 1). Las mayores producciones anuales de materia seca se encontraron en los tratamientos con esparceta (8989 a 13 484 kg MS/ha) frente al del trébol violeta (7444-8945 kg MS/ha) (Tabla 1), no habiendo un efecto claro de la inoculación.

Tabla 1. Valores medios de humedad del forraje, producción anual de materia seca y altura de las plantas de los cinco tratamientos estudiados: 1 = Inoculación con *Rhizobium* ISO3, 2 = Inoculación con *Rhizobium* ISO12, 3 = Sin inocular, 4 = Sin inocular y 50 kg N/ha y 5 = *T. pratense*.

Año	Tratamiento	Humedad (%)	Producción (kg MS/ha)	Altura (cm)
2014	1	79,7ab	10 941a	58a
	2	80,1ab	10 613ab	59a
	3	79,2b	10 459ab	60a
	4	79,3ab	11 434a	60a
	5	81,5a	7444b	28b
	SEM	0,47	712	0,6
2015	1	80,3ab	13 484a	54a
	2	79,9ab	12 497ab	56a
	3	69,6b	8989b	44b
	4	78,7ab	10 877ab	53a
	5	80,8a	8945b	27c
	SEM	2,44	826	0,7

Medias seguidas por letras diferentes en columnas fueron estadísticamente significativas de acuerdo al test Tukey con un nivel de significación del 5%, siendo a>b>c. SEM es el error estándar de la media.

La producción de materia seca se igualó más a la obtenida por Delgado *et al.* (2011) en regadío en Zaragoza, 11 442 kg MS/ha, que a la de su cultivo tradicional en secano, lo que se justificaría por la alta pluviosidad de la localización del ensayo. Aunque no se evaluó su persistencia,

se apreció un agotamiento del cultivo en el segundo año de aprovechamiento, coincidiendo con los resultados aportados por Delgado *et al.* (2011) en regadío y que se atribuyeron al agotamiento del cultivo explotado intensivamente.

La altura de las plantas en el momento del corte fue mayor en los tratamientos de esparceta (44-60 cm) respecto al trébol violeta (27,3-27,7 cm) (Tabla 1).

Valor nutritivo del forraje

Los tratamientos de esparceta presentaron menor contenido en PB (14,6-19,2%) que el cultivar de trébol violeta (22,5%), siendo los valores de la proteína en los tratamientos inoculados (16,8-19,2%) más altos que en los no inoculados (14,6-16,4%), no habiendo diferencias entre las dos cepas de *Rhizobium* usadas (Tabla 2). Los mayores contenidos en PB en los tratamientos de esparceta inoculada respecto a los tratamientos sin inocular se pueden explicar por la mayor disponibilidad de nitrógeno, fruto de la fijación simbiótica en los tratamientos inoculados en comparación con los tratamientos sin inocular. Los tratamientos de esparceta presentaron valores más altos de FND (38,0-40,0%) como de FAD (22,9-25,0%) que el trébol violeta (37,0-37,8% de FND y 22,1-22,3% de FAD). Estos valores más altos podrían ser debidos al estado de madurez fisiológica más avanzado (inicio de floración a floración) de la esparceta en el momento del corte en comparación al trébol violeta (estado vegetativo a botón floral), según indicaban en veza Treviño *et al.* (1979). Los valores de proteína bruta y fibras son consistentes con otros resultados obtenidos en ensayos de esparceta (Bal *et al.*, 2006; Kaplan, 2011), teniendo en cuenta que el lugar donde se cultiva la esparceta tiene un efecto significativo en el valor nutritivo de la esparceta en floración (Kaplan, 2011).

Tabla 2. Valores medios de proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) de los cinco tratamientos estudiados: 1 =Inoculación con *Rhizobium* ISO3, 2 = Inoculación con *Rhizobium* ISO12, 3 = Sin inocular, 4 = Sin inocular y 50 kg N/ha y 5 = *T. pratense*

Año	Tratamiento	PB (% bs)	FND (%bs)	FAD (%bs)
2014	1	16,8c	38,5a	23,1ab
	2	17,7b	38,4a	23,4a
	3	14,7e	38,1b	22,9b
	4	16,4d	38,0b	23,1ab
	5	22,5a	37,8c	22,3c
	SEM	0,06	0,06	0,07
2015	1	19,2b	39,6ab	24,3bc
	2	17,0c	39,9a	24,7ab
	3	14,6e	39,4b	23,9c
	4	15,7d	40,0a	25,0a
	5	22,5a	37,0c	22,1d
	SEM	0,22	0,10	0,11

bs = base seca. Medias seguidas por letras diferentes en columnas fueron estadísticamente significativas de acuerdo al test Tukey con un nivel de significación del 5%, siendo a>b>c>d>e. SEM es el error estándar de la media.

Nodulación

En los muestreos realizados en diciembre de 2015, se observó un pequeño número de plantas presentes en cada marco de muestreo (1-2 plantas), lo que indica la poca presencia de plantas de esparceta al final del segundo año de cultivo. Se observó un gran número de nódulos en los tratamientos 1 y 2, lo que corrobora la eficacia de la inoculación (Tabla 3). No se observaron diferencias significativas en la capacidad de nodulación entre las dos cepas estudiadas. Se observó



cierta aparición de nodulaciones en los tratamientos 3 y 4 debido probablemente a escorrentía por la lluvia, desplazamiento por las parcelas, etc. Previamente se había determinado que en el terreno no había rizobios capaces de nodular la esparceta o que la densidad de sus poblaciones era muy baja (inferior en promedio a 0,14 rizobios/g de suelo).

Tabla 3. Valores medios del número de nódulos por planta y peso seco de los mismos de los cuatro tratamientos con esparceta: 1 =Inoculación con *Rhizobium* ISO3, 2 = Inoculación con *Rhizobium* ISO12, 3 = Sin inocular y 4 = Sin inocular y 50 kg N/ha.

Año	Tratamiento	Nº de nódulos/planta	Peso seco de los nódulos/planta (g)
2014	1	58a	0,064a
	2	36ab	0,049ab
	3	5b	0,009b
	4	5b	0,013b
	SEM	7,4	0,010
2015	1	32a	0,030a
	2	26a	0,023ab
	3	5b	0,004bc
	4	5b	0,003c
	SEM	2,7	0,004

Medias seguidas por letras diferentes en columnas fueron estadísticamente significativas de acuerdo al test Tukey con un nivel de significación del 5%, siendo a>b>c. SEM es el error estándar de la media.

CONCLUSIONES

Se obtuvieron mayores producciones anuales de materia seca para todos los tratamientos con esparceta frente al del trébol violeta.

Los valores medios anuales de proteína bruta fueron más altos en el tratamiento del trébol violeta frente a los de los tratamientos de esparceta. Dentro de los tratamientos de esparceta los tratamientos inoculados presentaron valores mayores de proteína bruta que los tratamientos no inoculados.

La nodulación de la esparceta resultó eficaz, no tanto en su influencia en la producción de materia seca sino por sus valores más altos de proteína bruta.

La esparceta puede ser un cultivo forrajero de corta duración interesante en Asturias por su alta producción de materia seca de buen valor nutritivo en primavera-verano.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Adela Martínez Fernández, responsable del Programa de Pastos y Forrajes del SERIDA de Villaviciosa (Asturias), por la realización de los análisis de valor nutritivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAL M.A., OZTURK D., AYDIN R., EROL A., OZKAN C.O., ATA M., KARAKAS E. Y KARABAY P. (2006) Nutritive value of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) harvested at different maturity stages. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, **9**, 205-209.
- BEEVER D., DHANOA M., LOSADA H., EVANS R., CAMMELL S. Y FRANCE J. (1986) The effect of forage species and stage of harvest on the processes of digestion occurring in the rumen of cattle. *British Journal of Nutrition*, **56**, 439-454.



- DELGADO I., ANDRES C., SIN E. Y OCHOA M. (2002) Estado actual del cultivo de la esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.). Encuesta realizada a agricultores productores de semilla. *Pastos*, **XXXII (2)**, 235-247.
- DELGADO I., MUÑOZ F., DEMDOUM S., BUIL I. Y CONGOST S. (2008) *La esparceta o pipirigallo*. Zaragoza, España: (Ed) Diputación General de Aragón.
- DELGADO I., MUÑOZ F. Y DEMDOUM S. (2011) Efecto del pastoreo sobre la producción y persistencia de un cultivo de esparceta. *Pastos*, **41 (2)**, 177-189.
- FLORES G., RESCH C., FERNANDEZ-LORENZO B., GONZALEZ-ARRAEZ A., VALLADARES J., DAGNAC T., LATORRE A., AGRUÑA M.J., PEREIRA S., DIAZ N., GIMENEZ R. Y RODRIGUEZ-DIZ X. (2011) Efecto del pastoreo de verano de trébol violeta sobre el contenido en omega-3 de la leche de vacuno. *Pastos*, **41(1)**, 79-99.
- KAPLAN M. (2011) Determination of potential nutritive value of sainfoin (*Onobrychis sativa*) hays harvested at flowering stage. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, **10(15)**, 2028-2031.
- LÜSHER A., MUELLER-HARVEY I., SOUSSANA J.F., REES R.M. Y PEYRAUD J.L. (2014) Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a review. *Grass and Forage Science*, **69**, 206-228.
- MAGRAMA (2015) *Anuario de Estadística Agraria 2014*. Madrid, España.
- MONTSERRAT P. Y CAPDEVILLA M. (1964) La esparceta en el nordeste español. En: SEEP (Ed) *V Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, pp.131-138. Jaca, (Huesca) y Pamplona, España.
- SPSS (2013) *SPSS for Windows, version 22*. Chicago, USA: SPSS Inc.
- TREVIÑO J., CABALLERO R. Y GIL J. (1979) Efecto del estado de madurez de la planta sobre la productividad de la veza. Rendimiento en proteína y energía. *Pastos*, **9(2)**, 150-156.

YIELD AND NUTRITIVE VALUE OF SAINFOIN INOCULATED WITH TWO STRAINS OF *Rhizobium* sp. IN ASTURIAS

SUMMARY

The effect of inoculation with two strains of *Rhizobium* (ISO3 and ISO12) on seed of a sainfoin type 'two cuts' from Reznos (Soria) on forage yield and nutritive value was studied in Asturias during 2014-2015. Field experiments were conducted in spring sowing in 2014 in Candás (Asturias). Five treatments were set up: 1: inoculation with ISO3 strain; 2: inoculation with ISO12 strain; 3: un-inoculated control; 4: un-inoculated plus N-fertilization (50 kg N/ha) and 5: *Trifolium pratense* cv AltasWedde. The largest annual production of dry matter were found in treatments with sainfoin (8989-13 484 kg DM/ha) compared to red clover (7444-8945 kg DM/ha), not having a clear effect of inoculation. Sainfoin treatments had lower crude protein content (14.6 to 19.2%) than red clover (22.5%) being the values of the protein in the inoculated treatments (16.8 to 19.2%) higher than the in the un-inoculated (14.6 to 16.4%), with no differences between the two strains used. An observation of two samples taken per plot at the end of 2014 and 2015 showed that all sainfoin treatment plants had *Rhizobium* nodules, but there were significant differences between treatments inoculated (greater number of nodules) and un-inoculated.

Key words: acid detergent fiber, neutral detergent fiber, *Onobrychis viciifolia* Scop., crude protein, *Trifolium pratense* L.



INFLUENCIA DEL INHIBIDOR 3,4-DIMETILPIRAZOL FOSFATO SOBRE LAS PRODUCCIONES Y EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE UN CULTIVO DE RAIGRÁS ITALIANO

C. GILSANZ, M.D. BÁEZ Y M.I. GARCÍA.

Dpto. de Pastos y Cultivos. CIAM-INGACAL. Apto. 10, 15080, A Coruña (España). claudia.gilsanz.rey@xunta.es.

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo determinar la influencia del tipo de fertilización en la producción de raigrás italiano bajo condiciones de elevadas precipitaciones, comprobando si el uso del 3,4-dimetilpirazol fosfato (DMPP) junto al purín de vacuno (PV) o fertilizante mineral, disminuye las pérdidas de nitrógeno (N) producidas vía emisión de óxido nitroso (N_2O), y si afecta a los rendimientos y emisiones de otros gases de efecto invernadero (GEI: CO_2 y CH_4). El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y ocho tratamientos: un control (0 kg N ha^{-1}) y siete tratamientos con aporte de 120 kg N ha^{-1} : dos con PV, con y sin inhibidor; tres combinando la aplicación de PV y fertilizante mineral: sin inhibidor, incorporando el inhibidor en la segunda aplicación y, en ambas aplicaciones; y finalmente, dos tratamientos de fertilización mineral: el primero de ellos con dos aplicaciones y el segundo con un solo aporte e incorporando DMPP.

La incorporación del DMPP al PV disminuyó las emisiones de N_2O en mayor medida (54%) que cuando se aplicó al fertilizante mineral (18%) sin ser afectado el rendimiento del cultivo u otras emisiones de GEI. La aplicación previa a la siembra del fertilizante mineral con el inhibidor, permitió mantener rendimientos disminuyendo el número de aplicaciones.

Palabras clave: *Lolium multiflorum* Lam., nitrificación, purín de vacuno, NAC, óxido nitroso.

INTRODUCCIÓN

El raigrás italiano (*Lolium multiflorum* Lam.) es un cultivo forrajero con gran presencia en las explotaciones gallegas, cuya siembra se realiza en otoño y su aprovechamiento durante la primavera. Esta época coincide en Galicia con las mayores precipitaciones, dando lugar a posibles pérdidas de N procedente de la fertilización, ya sea en forma de lixiviación de nitratos o bien como emisiones de óxido nitroso (N_2O). Para disminuir estas pérdidas se pueden utilizar los inhibidores de la nitrificación (IN) disponibles en el mercado. Uno de los inhibidores más empleados en la actualidad es el 3,4 dimetil pirazol fosfato (DMPP) (Weiske *et al.*, 2001). El DMPP permite ser incorporado al purín antes de su uso y además está incorporado en fórmulas de fertilizantes minerales (Entec).

Además del N_2O , el metano (CH_4) y el dióxido de carbono (CO_2) son los gases de efecto invernadero (GEI) que están más condicionados por las actividades agrícolas. Cualquier medida que se tome para intentar disminuir las emisiones de alguno de los GEI, no debe aumentar las del resto. Conviene por ello realizar el estudio de optimización de la fertilización y la aplicación del DMPP a los fertilizantes teniendo en cuenta las emisiones de los tres GEI.

El objetivo de este trabajo fue evaluar tres posibles estrategias de fertilización para el raigrás italiano: fertilización orgánica, mineral o la combinación de ambas, y comprobar si la incorporación del DMPP a los fertilizantes consigue disminuir las pérdidas de N y aumentar las producciones sin aumentar las emisiones de otros GEI.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se realizó 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). El raigrás italiano se sembró el 28 de noviembre y la variedad escogida fue cv Promenade a dosis de 40 kg ha⁻¹. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con 4 repeticiones (tamaño de parcela: 60 m² para los tratamientos minerales y el control y 120 m² para tratamientos con purín). Los ocho tratamientos ensayados, que se presentan en la Tabla 1, resultaron de la combinación de fertilización orgánica con purín de vacuno (PV), mineral o mixta, incorporando en algunos de los tratamientos el inhibidor de la nitrificación DMPP. La aplicación del purín en fondo se realizó con un sistema de inyección a 25-30 cm de profundidad y la aplicación en cobertera con un sistema de inyección más superficial (5 cm) con discos. La dosis empleada cuando se incorporó la solución del inhibidor DMPP fue de 1 kg DMPP ha⁻¹. Se realizaron dos cortes de forraje en el cultivo, el primero de ellos el 8/4/2015, tras el cual se realizó el segundo aporte de fertilizante, y el segundo corte se llevó a cabo el 19/5/2015. Tras el segundo aporte de fertilizantes se colocaron dos cámaras cerradas en cada parcela para la toma de las muestras de GEI que se realizó diariamente la primera semana tras la fertilización y posteriormente con una frecuencia de dos o tres veces por semana. La monitorización se llevó a cabo desde el 9/4/15 hasta la cosecha, durante 35 días. Las muestras de gases N₂O, CH₄ y CO₂ fueron analizadas utilizando un cromatógrafo de gases (Agilent 7890A) equipado con un detector de captura electrónica (ECD) para la determinación del N₂O y un detector de ionización de llama (FID) para el CH₄ incorporando un metanizador para la detección del CO₂.

Para determinar la producción de biomasa se registró el peso en verde en dos bandas de 0,8 m x 9,0 m de cada parcela y de cada una de ellas se recogieron dos sub-muestras de planta para determinar la materia seca (MS) mediante secado en estufa de aire forzado (16 h a 80 °C). La concentración de N en el material vegetal se determinó en las muestras secas y molidas con tamiz de 1 mm utilizando el método Kjeldahl.

Tabla 1. Tratamientos de fertilización nitrogenada en el raigrás italiano.

Tratamientos	Fertilizantes		Dosis de N (kg N ha ⁻¹)*		N Total
	27/11/2014	9/4/2015	27/11/2014	9/4/2015	
T1	-	-	0	0	0
T2	PV	PV	56 (24)	60 (28)	116
T3	PV+DMPP	PV+DMPP	59 (22)	60 (29)	119
T4	PV	NAC 27	51 (21)	70	121
T5	PV	ENTEC 26	54 (23)	70	124
T6	PV+DMPP	ENTEC 26	64 (24)	70	134
T7	NPK 15-15-15	NAC27	50	70	120
T8	ENTEC 24-8-7	-	120	-	120

PV: Purín de vacuno; DMPP: 3,4-dimetil pirazol fosfato; NAC: Nitrato amónico cálcico; ENTEC: incorpora 1% DMPP relativo al N-NH₄⁺ del nitrosulfato amónico *Contenido de amonio (kg N-NH₄⁺ ha⁻¹) entre paréntesis.

La recuperación aparente del N aplicado (RAN) para cada tratamiento se calculó teniendo en cuenta el N extraído por el cultivo sin aporte de N (T1) y el N aplicado, en el caso de la RAN del purín se calculó también teniendo en cuenta sólo el N inorgánico aplicado. Para el cálculo del potencial de calentamiento global (GWP) se sumaron las emisiones acumuladas (Eacu) de los tres GEI para cada tratamiento teniendo en cuenta el poder de calentamiento global de cada uno de los tres gases (IPCC, 2007) en términos de equivalentes de CO₂: GWP= (Eacu N₂Ox298)+ (Eacu CH₄x25)+ (Eacu CO₂).



El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo mediante el 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 empleando un nivel de significación de $P < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción y extracción de N

El tipo de fertilizante afectó significativamente a la producción de MS (Figura 1) y a la extracción de N (Figura 2) tanto en el primer como en el segundo corte. En el primer corte, la mayor producción fue para el tratamiento que recibió todo el aporte de fertilizante mineral (120 kg N ha^{-1}) en una sola dosis (T8), y la diferencia respecto al valor medio del resto de tratamientos fertilizados fue de $1,90 \text{ t MS ha}^{-1}$. Entre el resto de los tratamientos fertilizados, tanto orgánicos como minerales, no se observaron diferencias significativas.

En el segundo corte, se encontraron diferencias productivas entre tratamientos que recibieron fertilizante orgánico y aquellos que recibieron mineral, siendo mayores los rendimientos para este último grupo. El incremento productivo medio encontrado cuando se empleó NAC 27 o Entec 26 fue de $2,02 \text{ t MS ha}^{-1}$ respecto a los tratamientos con PV. No es de esperar que la inyección del purín tras el primer corte afectara de forma significativa a la producción y extracción del N teniendo en cuenta los estudios previos realizados en praderas en la misma localidad y donde se comparaban diferentes formas de aplicación del purín: bandas frente a inyección (Baéz *et al.*, 2008). La producción para el T8, que no recibió nuevo aporte de fertilizante tras el primer corte, fue la menor de los tratamientos fertilizados pero superior a la producción del control.

Comparando los rendimientos totales (Figura 1) para el ciclo del cultivo (suma de los dos cortes), las producciones con fertilizante mineral, tanto solo (T7) con una producción total de $8,1 \text{ t MS ha}^{-1}$, como en combinación con purín (T4, T5 y T6) con una media de $7,6 \text{ t MS ha}^{-1}$, fueron significativamente superiores a aquellas en las que se empleó solo purín ($5,6 \text{ t MS ha}^{-1}$ producción media para T2 y T3). El uso de Entec 24-8-7 en fondo (T8 con $6,8 \text{ t MS ha}^{-1}$) incrementó las producciones del tratamiento con purín (T2) e igualó los rendimientos de los tratamientos combinados. Por otra parte, la incorporación del DMPP al PV incrementó ligeramente la producción (T3 vs. T2) pero este efecto no se observó cuando el DMPP fue incorporado en la fórmula del fertilizante mineral (T5 y T6 vs. T4). Los resultados coinciden con los obtenidos por Ábalos *et al.* (2014), quienes tras realizar un meta-análisis con los datos bibliográficos disponibles de los efectos del inhibidor en las producciones no encontraron diferencias estadísticas debidas al inhibidor.

Si observamos las extracciones de N por parte de cultivo (Figura 2) de nuevo las mayores extracciones se hallaron en los tratamientos combinados purín y fertilizante mineral ($78,0 \text{ kg N ha}^{-1}$ extracción media para T4, T5 y T6) o minerales exclusivamente (media de $87,7 \text{ kg N ha}^{-1}$ para el T7 y T8). En el primer corte, el único tratamiento con una extracción de N superior al resto de los tratamientos fertilizados fue el T8 ($63,6 \text{ kg N ha}^{-1}$) que recibió todo el fertilizante en fondo; mientras que, en el segundo corte, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con purín (T2 y T3) con una extracción media de $26,2 \text{ kg N ha}^{-1}$ y aquellos en los que se aplicó fertilizante mineral (T4, T5, T6 y T7) con una extracción media de $54,1 \text{ kg N ha}^{-1}$.

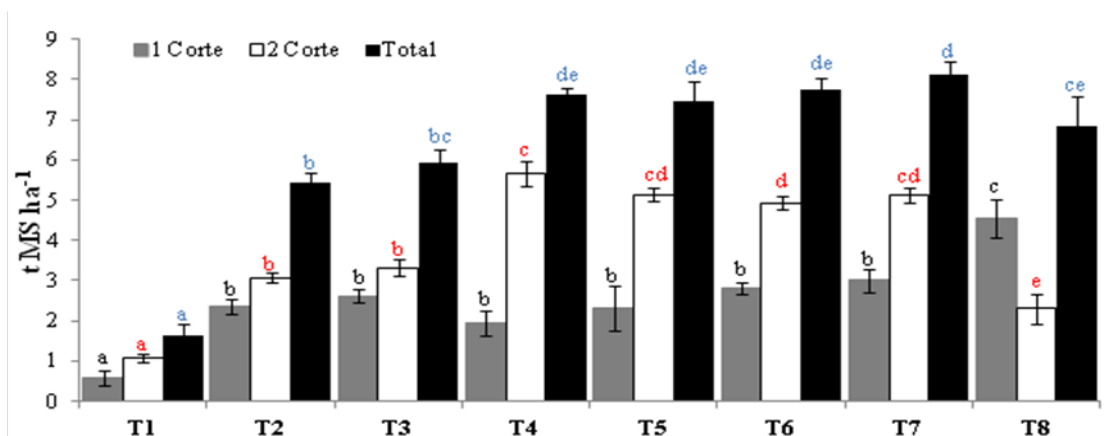


Figura 1. Producción de materia seca (MS) de raigrás italiano por corte y total para cada tratamiento.

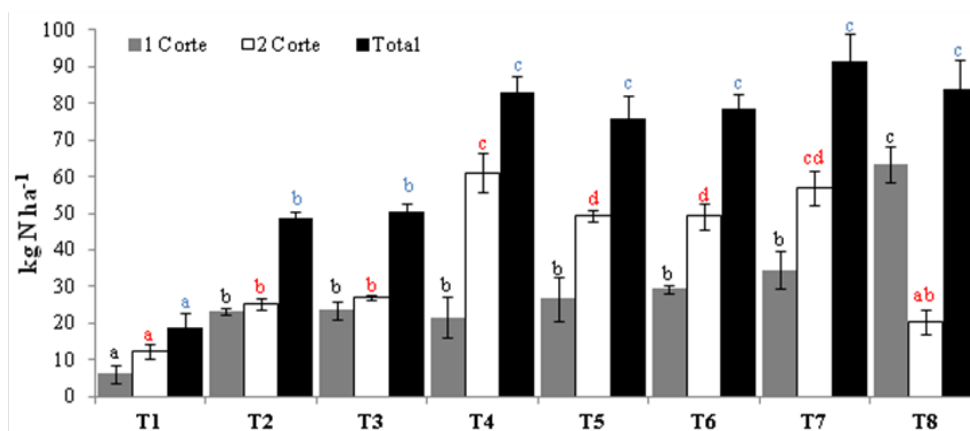


Figura 2. Extracción de nitrógeno por corte y total en el raigrás italiano para cada tratamiento.

La incorporación del inhibidor con el PV no afectó a la extracción de N tanto en fondo como en cobertera. Cuando el DMPP se incorporó en la fórmula mineral en cobertera (Entec: T5 y T6) parece que disminuyó la extracción de N respecto a la aplicación con NAC (T4 y T7). Este hecho se debió probablemente a que la acción inhibitoria del DMPP desde su aplicación hasta la recolección (42 días), mantuvo el N aplicado en forma amoniacal durante más tiempo en el suelo, hecho que favoreció probablemente la acumulación de amonio en las raíces del raigrás frente a una nutrición de la planta con mayor contenido en nitrato según los resultados de Belastegui-Macadam *et al.* (2006). En este mismo estudio observaron un incremento en la producción de tallos y hojas al aumentar la dosis de nitrato en la solución nutritiva de la planta.

La RAN obtenida para los tratamientos en los que exclusivamente se empleó purín fue de un 26% mientras que en los tratamientos combinados o en aquellos exclusivamente minerales la RAN incrementó hasta valores de un 48% y un 58%, respectivamente. Si solo se tiene en cuenta el N inorgánico aportado por los purines, la RAN aumentó tanto en el caso de purín (58%), como en la combinación con fertilizante mineral (65%). La aplicación del inhibidor no causó diferencias.

Emisiones acumuladas de GEI

En la Tabla 2 se muestran las emisiones de GEI para los diferentes fertilizantes aplicados tras el primer corte y para el tratamiento control que no recibió ningún aporte de N. Las emisiones de N₂O acumuladas más elevadas se observaron para los tratamientos con fertilizante mineral (Tabla 2),



reduciéndose ligeramente las emisiones en un 18% cuando se incorporó DMPP. Cuando se aplicó el inhibidor con el purín la reducción fue mayor, de un 54%. De la misma forma, en dos estudios realizados en praderas, Merino *et al.* (2005) encontraron que el DMPP redujo las emisiones un 48% cuando se aplicó con purín mientras que Menéndez *et al.* (2006) hallaron reducciones de un 30% al emplearlo con purín pero no encontraron reducciones cuando aplicaron el inhibidor con el fertilizante mineral.

Tabla 2. Emisiones acumuladas de N₂O, CH₄ y CO₂ para cada tipo de fertilizante y valores del GWP (eq CO₂).

Fertilizantes	Acumuladas kg N ₂ O-N ha ⁻¹	Acumuladas kg CH ₄ ha ⁻¹	Acumuladas kg CO ₂ -C ha ⁻¹	GWP kg eq CO ₂ ha ⁻¹
- (T1)	0,09a	-0,06a	1247a	1753a
PV (T2)	0,27ab	0,59b	1917bc	2779b
PV+DMPP (T3)	0,17a	0,55b	1857b	2648b
NAC 27 (T4 y T7)	0,58c	-0,04a	2345d	3495c
ENTEC 26 (T5 y T6)	0,49bc	0,06a	2283cd	3368c

Para cada parámetro valores seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes a $p < 0,05$ test de Duncan. GWP: poder calentamiento global.

En el caso del CH₄, tanto el control como los tratamientos con fertilizante mineral se comportaron como sumideros. Se hallaron emisiones acumuladas significativamente superiores al control en los tratamientos con PV. Estas emisiones fueron provocadas por el proceso de descomposición de la materia orgánica presente en el purín.

Como en el caso del N₂O, las emisiones acumuladas de CO₂ fueron significativamente superiores cuando se aplicó fertilizante mineral (NAC) respecto a la aplicación de purines y, en ambos casos, los tratamientos con inhibidor disminuyeron ligeramente las emisiones.

Para poder comparar los tratamientos teniendo en cuenta la emisión de los tres gases, empleamos el GWP (Tabla 2). Para los tratamientos minerales las emisiones fueron significativamente mayores que para los orgánicos. Cuando se aplicó DMPP, tanto con fertilizante orgánico como con mineral, el GWP disminuyó ligeramente.

CONCLUSIONES

La aplicación de fertilizantes minerales solos o en combinación con purín vacuno mejoró los rendimientos y extracciones de N respecto a los tratamientos que sólo llevaron purín pero aumentó de forma significativa el GWP del cultivo. El uso del DMPP aumentó ligeramente los rendimientos cuando se incorporó al purín de vacuno y redujo las emisiones de N₂O tanto con fertilizante orgánico como con mineral, aunque para este último en menor medida. La aplicación previa a la siembra del fertilizante mineral con el inhibidor, permitió mantener rendimientos disminuyendo el número de aplicaciones.

AGRADECIMIENTOS

A EuroChem Agro Iberia S.L. por el suministro de la solución del inhibidor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁBALOS D., JEFFERY S., SANZ-COBENA A., GUARDIA G. Y VALLEJO A. (2014) Meta-analysis of the effect of urease and nitrification inhibitors on crop productivity and nitrogen use efficiency. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **189**, 136-144.
- BAÉZ M.D., CASTRO J.F., GARCÍA M.I. Y VALLADARES J. (2008) Producción de biomasa y extracción de nitrógeno en una pradera fertilizada con purines de vacuno y porcino. En: Fernández Rebollo P. *et al.* (Eds) *Pastos, clave en la gestión de los territorios: integrando disciplinas*, pp. 287-294 Córdoba, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- BELASTEGUI-MACADAM X.M., ESTAVILLO J.M., GARCÍA-MINA J.M., GONZÁLAZ A., BASTIAS E. Y GONZÁLEZ-MURUA C. (2006) Clover and ryegrass are tolerant species to ammonium nutrition. *Journal of Plant Physiology*, **164**, 1583-1594.
- IPCC (2007) Climate Change: the Physical Science Basis. En: Salomon S. *et al.* (Eds) *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, p 996. Cambridge, UK.
- MENÉNDEZ S., MERINO P., PINTO M., GONZÁLEZ-MURUA C. Y ESTAVILLO J.M. (2006) 3,4-dimethylpyrazol phosphate effect on nitrous oxide, nitric oxide, ammonia, and carbon dioxide emissions from grassland. *Journal of Environmental Quality*, **35**, 973-981.
- MERINO P., MENÉNDEZ S., PINTO M., GONZÁLEZ-MURUA C. Y ESTAVILLO J.M. (2005) 3,4-dimethylpyrazole phosphate reduces nitrous oxide emissions from grassland after slurry application. *Soil Use and Management*, **21**, 56-57.
- WEISKE A., BENCKISER G. Y OTTOW J.C.G. (2001) The new nitrification inhibitor DMPP-effects on gaseous emissions (N₂O, CO₂, CH₄) from soil under field conditions. *Biology & Fertility of Soils*, **34**, 109-117.

INFLUENCE OF DMPP INHIBITOR ON DRY MATTER YIELDS AND GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM RYEGRASS CROP

SUMMARY

The aim of this study was to determine the influence of the nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) on yields of Italian ryegrass grown under high rainfall conditions. Trials were carried out to determine how application of DMPP together with cow slurry (CS) and/or mineral fertilizer (MF) affected nitrogen (N) losses due to emission of nitrous oxide (N₂O), as well as the effects on crop yields and emission of other greenhouse gases (GHG), such as CO₂ and CH₄. The study was carried out using a completely randomized block design with four replicates and eight treatments including a control (0 kg N ha⁻¹) and seven treatments supplying 120 kg N ha⁻¹, as follows: CS with and without DMPP; CS plus MF without DMPP, with DMPP added with the second dose of fertilizers or with DMPP added with both doses; and finally MF applied alone in two doses, or in a single dose with DMPP.

Application of DMPP with CS reduced N₂O emissions to a greater extent (54%) than when the inhibitor was combined with MF (18%), with no differences in crop production or emissions of other GHG. Application of the MF plus DMPP prior to sowing in a single dose maintained the crop yields and reduced the field effort requirement.

Key words: *Lolium multiflorum*, nitrification, cattle slurry, CAN, nitrous oxide.



ESTUDIO DE LOS FLUJOS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN CULTIVOS HERBÁCEOS DE SECANO (CEBADA Y ALFALFA)

A. GONZÁLEZ DE INZA¹, C. CANTERO-MARTÍNEZ¹, J. ALVARO-FUENTES² Y R. FANLO¹.

¹Dpto. Producción Vegetal y Ciencia Forestal. Agrotecnio. Universidad de Lleida. Avda. Rovira Roure, 191; 25198-Lleida. andreag110@gmail.com. ²Estación Experimental de Aula Dei (CSIC). Avda. Montañana, 1005; 50059 Zaragoza.

RESUMEN

En España, la agricultura contribuye en un 12% a las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI). Por esta razón, los estudios sobre mitigación de estos gases se están desarrollando ampliamente y resulta fundamental evaluar y determinar el impacto de los diferentes sistemas y prácticas de manejo agrícola en las emisiones de estos GEI.

El objetivo de este trabajo consistió en comparar las emisiones de metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) y óxido nitroso (N₂O) del suelo en cultivos de cebada (*Hordeum vulgare*) y alfalfa (*Medicago sativa*) pastoreada y no pastoreada.

Los resultados obtenidos muestran que el mayor consumo de CH₄ se produjo en el cultivo de cebada (-0,674 mg CH₄-C m⁻² d⁻¹); y que las emisiones CO₂ fueron significativamente menores en alfalfa pastoreada y cebada (982,5 y 951,3 mg CO₂-C m⁻² d⁻¹) que en la alfalfa no pastoreada (1228,3 mg CO₂-C m⁻² d⁻¹). Con respecto al N₂O no se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos (p-v>0,05). Los promedios para los tratamientos fueron: para cebada (0,039 mg N₂O-N m⁻² d⁻¹), para alfalfa pastoreada (0,0567 mg N₂O-N m⁻² d⁻¹) y para alfalfa no pastoreada (0,059 mg N₂O-N m⁻² d⁻¹).

Palabras clave: pastoreo, siega, intercambio de GEI, forraje.

INTRODUCCIÓN

En 2013, las emisiones de GEI derivadas de las actividades agrícolas supusieron 40 218,8 kt CO₂ equivalente (MAGRAMA, 2015). A su vez, los suelos agrícolas tienen la capacidad de actuar como fuente y/o sumidero de estos gases. En concreto, determinadas prácticas de manejo agrícola tienen la capacidad de mitigar los efectos del cambio climático mediante el secuestro de carbono orgánico en el suelo (Lal *et al.*, 2013).

Se han realizado numerosos estudios sobre el efecto de las distintas prácticas agrícolas en las emisiones de los principales GEI (Hütsch, 2001, Mosier *et al.*, 1998; Plaza-Bonilla *et al.*, 2014). En lo que respecta a los sistemas cerealistas de secano, existe abundante bibliografía sobre la dinámica de emisión de GEI en el binomio suelo-atmósfera (Cantero-Martínez, 2003, Morell *et al.*, 2011; Plaza-Bonilla *et al.*, 2014), siendo más escasa para forrajes aprovechados mediante pastoreo (Savian *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2013).

El objetivo de este trabajo consistió en la comparación de los flujos de los tres principales GEI (i.e., CH₄, CO₂ y N₂O) en un cultivo de cebada (cosechada para grano), uno de alfalfa pastoreado y otro de alfalfa segado.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en dos parcelas comerciales situadas en la vertiente Norte de la Sierra de Alcubierre (Huesca) a 500 m de altitud. Su litología está formada por rocas calcáreas resistentes, materiales arcillosos y sedimentos limo-arcillosos con intercalaciones de gravas y arenas (Bilbao, 2016).

La climatología es semiárida, con precipitaciones anuales muy escasas (200-400 mm), concentradas en otoño y primavera. Existen fuertes fluctuaciones térmicas entre el invierno (2,4 °C) y el verano (31,1 °C) (Bilbao, 2016). Además, el cierzo (viento del NO) provoca que la evapotranspiración sea elevada, sometiendo a la vegetación a un importante estrés hídrico.

El sistema de cultivo en la zona estudiada se basa en una rotación de cebada (durante dos años) seguida de alfalfa (siete años). La cebada se vende como grano, mientras que la alfalfa se aprovecha mediante pastoreo por ganado ovino (un pastoreo en abril y otro en junio) o se cosecha si la altura es suficiente. La siembra directa es el sistema de manejo del suelo utilizado tanto para la cebada y como para la alfalfa.

El estudio consistió en el seguimiento durante siete meses (marzo a octubre del 2015) de los flujos del suelo a la atmósfera de los tres principales GEI (CH_4 , CO_2 y N_2O) en dos cultivos (cebada y alfalfa). El cultivo de alfalfa no se fertiliza, mientras que al de cebada se le aplica urea (150 kg/ha). Así, se establecieron tres tratamientos: (i) un sistema de cebada bajo siembra directa para grano, (ii) un sistema de alfalfa pastoreada, y (iii) un sistema de alfalfa segada. Ambos sistemas de alfalfa se sembraron en 2008. En cada tratamiento se establecieron tres parcelas de 5 x 5m, situadas al azar, y entre las que no había diferencias de suelo, orientación, pendiente ni altitud.

Los flujos de los GEI se midieron utilizando cámaras cerradas (Livingston y Hutchinson, 1995) de 30 cm de diámetro y 20 cm de altura. Las muestras de gases se tomaron en el momento del cierre, tras 30 y 60 minutos de mantenerse la cámara cerrada. La frecuencia de muestreo fue cada 15 días por la mañana (entre las 10:00 y 13:00), salvo eventos como lluvias o pastoreos, en los cuales se incrementó esta frecuencia. Estas muestras fueron analizadas posteriormente mediante un cromatógrafo de gases (Agilent 7890 A) equipado con un detector de captura de electrones (ECD) y otro de ionización de llama (FID) acoplado a un metanizador.

Los flujos de emisión de cada gas (N=1539; 135 viales/muestreo) fueron analizados estadísticamente utilizando el Software JMP. Para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos y las fechas de muestreo se realizó un ANOVA. En los casos en los que si fueron significativas ($P < 0,05$) se compararon con el test de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado solamente se van a mostrar los resultados de CO_2 y CH_4 , ya que no se encontraron diferencias en la emisión de N_2O entre los tratamientos para ninguna de las fechas de muestreo.

Emisiones de dióxido de carbono

La Figura 1A muestra los valores medios de los flujos de CO_2 según la fecha de muestreo para cada tratamiento. Tal y como se observa en la Figura 1A, existieron diferencias significativas en los diferentes muestreos. En junio y agosto, la humedad del suelo (Water Filled Pore Space) en promedio 15,15% y 41,38 % fue elevada, debido a precipitación, lo que pudo producir un incremento en la actividad radicular y aumentar la respiración. El 10 de junio la alfalfa había sido pastoreada, por tanto, el incremento de las emisiones en alfalfa pastoreada pudieron ser debidas a la

descomposición de las deyecciones. En general, las parcelas que más emitieron fueron las de alfalfa no pastoreada, con valores que oscilaron entre 1000 y 3000 mg CO₂-C m⁻² d⁻¹. Estos son valores similares a los obtenidos por Barsotti *et al.* (2013), que observó valores de hasta 2800 mg CO₂-C m⁻² d⁻¹ en cultivo de alfalfa. Estos valores de CO₂ observados en nuestro estudio pudieron deberse a una mayor respiración radicular de la alfalfa en comparación con la cebada (Morell *et al.*, 2011; Plaza-Bonilla *et al.*, 2014) y a un suelo más húmedo en el momento de muestreo (datos no mostrados). Esta mayor humedad en el suelo pudo favorecer un aumento de la actividad microbiana (Rochette *et al.*, 1999) en la parcela de alfalfa no pastoreada. Los valores medios de emisiones de CO₂ para el total del periodo medido mostraron que la alfalfa no pastoreada presentó unas emisiones significativamente superiores (1262,4 mg CO₂-C m⁻² d⁻¹) que la alfalfa pastoreada y el cultivo de cebada (982,5 y 951,3 mg CO₂-C m⁻² d⁻¹ respectivamente). Tal y como se ha comentado anteriormente, esto último podría ser debido a que la alfalfa no pastoreada estaba más desarrollada (tanto su parte aérea como subterránea), que la cebada y la alfalfa pastoreada. El test de Tukey no mostró diferencias significativas entre la cebada y la alfalfa pastoreada.

Emisiones de metano

En nuestro estudio, en la casi totalidad de fechas de muestreo y tratamientos se obtuvieron unas emisiones de CH₄ negativas, es decir, un consumo de este gas (Figura 1B). En condiciones de secano, y en climas semiáridos, son habituales los procesos de consumo de CH₄ y, por tanto, que el suelo actúe como sumidero de este gas. Se debe a la actividad de los microorganismos metanotrofos que actúan en el suelo en condiciones aeróbicas (Hütsch, 2001; Topp y Pattey, 1997). Tal y como se observa en la Figura 1B, únicamente existieron diferencias significativas entre tratamientos los días 12 y 26 de mayo y el 8 de junio. Si observamos el día 12 de mayo, se aprecia como la cebada y la alfalfa no pastoreada fueron significativamente diferentes, siendo la cebada el tratamiento que más CH₄ consumió. La alfalfa pastoreada no mostró diferencias con las anteriores. El 26 de mayo la cebada y la alfalfa pastoreada mostraron medias significativamente diferentes, volviendo a obtener consumos superiores en el cultivo de cebada. La alfalfa no pastoreada no mostró diferencias con los otros dos tratamientos. El 8 de junio se repitió el mismo patrón anterior. Esto pudo estar relacionado con la menor presencia de agua en el suelo del cultivo de cebada, favoreciendo por tanto, las condiciones aeróbicas del suelo, con la consiguiente mayor oxidación de CH₄. El análisis de los flujos acumulados de CH₄ mostró diferencias significativas en consumo de CH₄ entre el tratamiento de cebada y los tratamientos de alfalfa. No obstante, no se observaron diferencias entre el tratamiento de alfalfa pastoreada y de alfalfa no pastoreada. De este modo, los consumos de CH₄ en las parcelas estudiadas fueron de -0,69 mg CH₄-C m⁻²d⁻¹ en la cebada, -0,39 mg CH₄-C m⁻²d⁻¹ en la alfalfa pastoreada y -0,44 mg CH₄-C m⁻²d⁻¹ en la alfalfa no pastoreada. Las cantidades acumuladas de consumo de CH₄ por los dos sistemas de alfalfa se encuentran en los rangos obtenidos por Ma *et al.* (2006) en pastos pastoreados por ovejas en el interior de Mongolia con una precipitación media de 350 mm, similar a la de nuestra zona.

CONCLUSIONES

Los resultados preliminares de emisiones de GEI del suelo a la atmósfera obtenidos durante siete meses mostraron que, en condiciones de secano del Valle del Ebro, los sistemas de cebada emitieron menos CO₂ y consumieron más CH₄ que los sistemas de alfalfa en valores absolutos. En cuanto al aprovechamiento del sistema de alfalfa, la parcela pastoreada emitió menos CO₂ que la de alfalfa aprovechada mediante corte. En general, se encontraron unos flujos bajos de N₂O y similares

entre tratamientos, debido probablemente a las condiciones semiáridas de la zona. Todos estos resultados deben considerarse dentro de un marco de comparación de flujos de gases durante el ciclo vegetativo de desarrollo de los dos cultivos estudiados y en el que no se valoraron las emisiones indirectas debido a las prácticas agrícolas y ganaderas y al consumo de insumos, que podrían variar los resultados obtenidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARSOTTI L., SAINJU U.M., LENSSEN A.W., MONTAGNE C. Y HATFIELD P.G. (2013) Net greenhouse gas emissions affected by sheep grazing in dryland cropping systems. *Soil Science Society of America Journal*, **77**, 1012-1025.
- BILBAO I. (2016) Geología y Suelos. (online) Proyecto Monegros. <http://proyectomonegros.com/geologiasuelos/>.
- CANTERO-MARTINEZ C., ANGAS P. Y LAMPURLANES J. (2003) Growth, yield and water productivity of barley (*Hordeum vulgare* L.) affected by tillage and N fertilization in Mediterranean semiarid, rainfed conditions of Spain. *Field Crops Research*, **84**, 341-357.
- HÜTSCH B.W. (2001) Methane oxidation in non-flooded soils as affected by crop production- invited paper. *European Journal of Agronomy*, **14**, 237-260.
- LAL R., FOLLETT R.F. Y KIMBLE J.M. (2003) Achieving soil carbon sequestration in the United States: A challenge to the policy makers. *Soil Science*, **168**, 827-845.
- MA X., WANG S., WANG Y., JIANG G. Y NYREN P. (2006) Short-term effects of sheep excrement on carbon dioxide, nitrous oxide and methane fluxes in typical grassland of Inner Mongolia. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, **49**, 285-297.
- MAGRAMA (2015) Inventario de gases de efecto invernadero de España serie 1990-2013. Sumario de resultados. http://www.magrama.gob.es/es/calidad_y_evaluacion_ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventariosei/2__Sumario_inventario_GEI_España_-_Serie_1990-2013_Def_tcm7-362874.pdf.
- MORELL F.J., CANTERO-MARTINEZ C., LAMPURLANES J., PLAZA-BONILLA D. Y ALVARO-FUENTES J. (2011) Soil carbon dioxide flux and organic carbon content: Effects of tillage and nitrogen fertilization. *Soil Science Society of America Journal*, **75**, 1874-1884.
- LIVINGSTON G.P. Y HUTCHINSON G.L. (1995) Enclosure-based measurement of trace gas exchange: Applications and sources of error. En: Matson P.A. y Harris R.C. (Ed) Biogenic trace gases: Measuring emissions from soil and water, pp. 14-51. Oxford, UK: Blackwell Science.
- MOSIER A.R., DUXBURY J.M., FRENEY J.R., HEINEMEYER O., MINAMI K. Y JOHNSON D.E. (1998) Mitigating agricultural emissions of methane. *Climatic Change*, **40**, 39-80.
- PLAZA-BONILLA D., CANTERO-MARTINEZ C., BARECHE J., LUIS ARRUE J. Y ALVARO-FUENTES J. (2014) Soil carbon dioxide and methane fluxes as affected by tillage and N fertilization in dryland conditions. *Plant and Soil*, **381**, 111-130.
- ROCHETTE P., FLANAGAN L.B. Y GREGORICH E.G. (1999) Separating soil respiration into plant and soil components using analyses of the natural abundance of carbon-13. *Soil Science Society of America Journal*, **63**, 1207-1213.
- SAVIAN J.V., NETO A.B., DE DAVID D.B., BREMM C., TRES SCHONS R.M., MORAES GENRO T.C., DO AMARAL G.A., GERE J., MCMANUS C.M., BAYER C. Y DE FACCIO CARVALHO, P.C. (2014) Grazing intensity and stocking methods on animal production and methane emission by grazing sheep: Implications for integrated crop-livestock system. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **190**, 112-119.



- TOPP E. Y PATTEY E. (1997) Soils as sources and sinks for atmospheric methane. *Canadian Journal of Soil Science*, **77**, 167-178.
- WANG X., HUANG D., ZHANG Y., CHEN W., WANG C., YANG X. Y LUO W. (2013) Dynamic changes of CH₄ and CO₂ emission from grazing sheep urine and dung patches in typical steppe. *Atmospheric Environment*, **79**, 576-581.

STUDY OF GREENHOUSE GASES (GHG) IN SEMIARID DRYLANDS OF ARABLE CROPS (BARLEY AND ALFALFA)

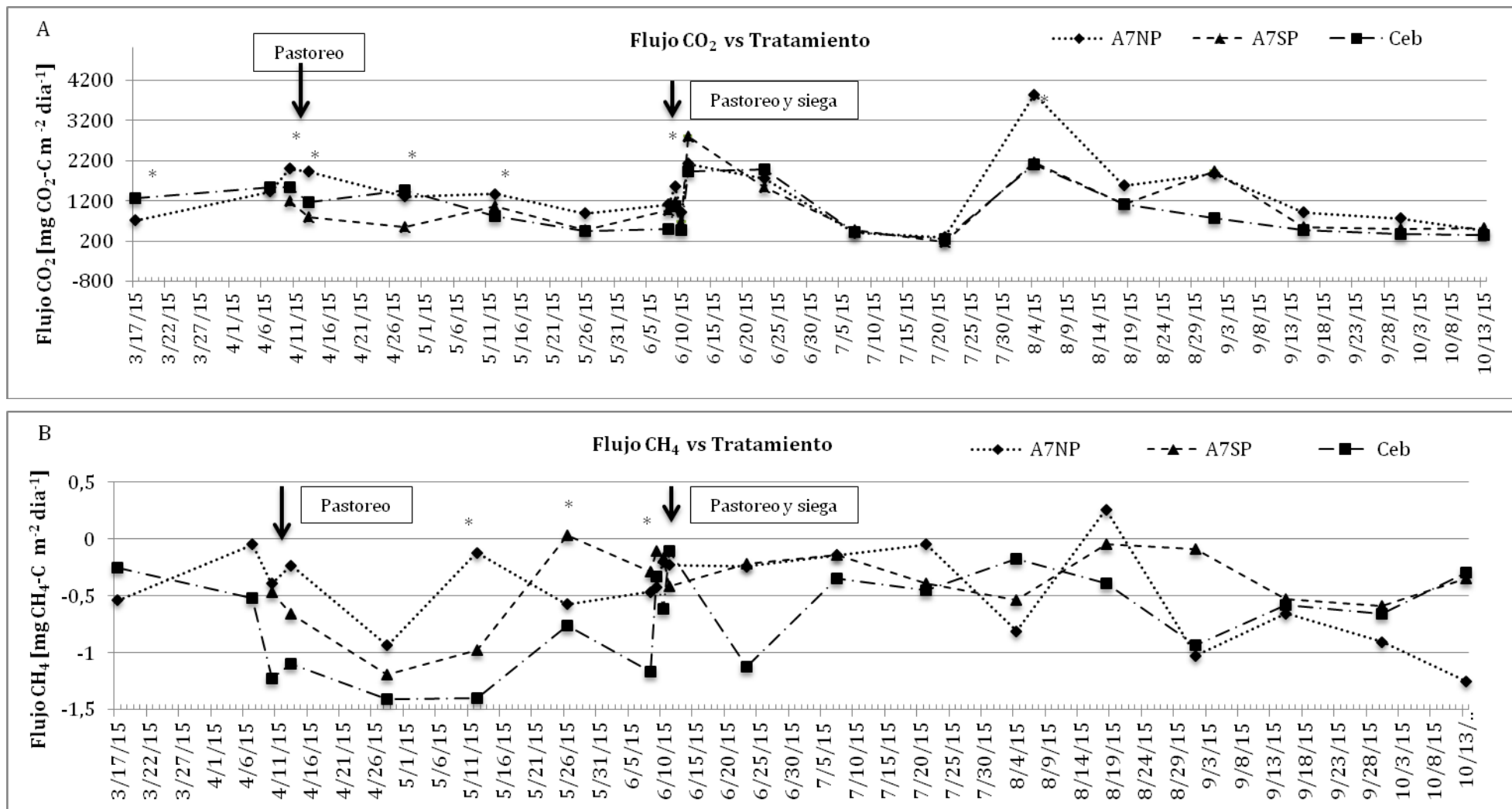
SUMMARY

Agriculture contributes about 12% to the total atmospheric GHG budget in Spain. That's why is necessary a study to assess the impact of different cropping systems on such gaseous losses. The aim of this study was to measure the soil-atmosphere fluxes of methane (CH₄), carbon dioxide (CO₂) and nitrous oxide (N₂O) in three dryland cropping systems: barley (*Hordeum vulgare*) and alfalfa (*Medicago sativa*) grazed and cut.

The results showed that barley acted as a sink of CH₄ (-0.674 mg CH₄-C m⁻² d⁻¹). Furthermore, soil CO₂ emissions were significantly lower under grazed alfalfa and barley with (982.5 and 951.3 mg CO₂-C m⁻² d⁻¹, respectively) than under grazed alfalfa (1228.2 mg CO₂-C m⁻² d⁻¹). There were not significant differences in N₂O emissions among treatments. It was concluded that (apart from indirect emissions), barley crop under no-tillage showed the best trend because it acted as a sink of CH₄ and CO₂.emission was the lowest.

Key words: grazing, cut, GHG exchange, forage.

Figura 1. Flujos de CO₂ y CH₄ (mg CO₂-C m⁻² d⁻¹; mg CH₄-C m⁻² d⁻¹) según fecha y tratamiento (A7NP: alfalfa de 7 años cortada; A7SP: alfalfa de 7 años pastoreada; Ceb: cebada). * indica diferencias significativas entre tratamientos (p<0,05).



LA HUELLA DE CARBONO EN LOS FORRAJES DE CANTABRIA

G. SALCEDO DÍAZ.

Dpto. Calidad e Innovación. CIFP “La Granja”, 39792 Heras, Cantabria. gregoriosalce@ono.com.

RESUMEN

Sesenta explotaciones de vacuno lechero de Cantabria fueron clasificadas en tres grupos atendiendo a su sistema de producción forrajera en: i) *pradera* (P); ii) *pradera-maíz* (PMz) y iii) *pradera-maíz-cultivos de invierno* (PMzCFI), para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero siguiendo un análisis de ciclo de vida de las distintas formas de utilización del forraje: hierba de pradera en pesebre (HPP); ensilados de hierba en rotopaca (EHR) y trinchera (EHT); ensilados de maíz (EMz) y ensilado de raigrás italiano en rotopacas (ERR). El secuestro de carbono (SC) y el cambio de uso de la tierra indirecto (LUC_{ind}) fueron incluidos, tomándose como unidad funcional un kilo de materia seca. En los tres grupos, las mayores emisiones proceden del suelo ($70,5\pm 8\%$), seguidas de las operaciones de cultivo ($21,1\pm 6,1\%$) y por último, con ($8,8\pm 7\%$) los consumibles. Los forrajes con menor huella de carbono (UdC) se registran en el sistema P. Entre forrajes y de mayor a menor, sin considerar el secuestro de carbono correspondió al ERR, EHR, EHT, EMz y HPP, con valores de 0,395; 0,266; 0,232; 0,223 y 0,189 kg CO₂/kg MS, respectivamente.

Palabras clave: gases efecto invernadero, cultivos, sistema forrajero, ganado.

INTRODUCCIÓN

Una parte importante de los gases de efecto invernadero derivados de la producción animal proviene de la producción de cultivos, principalmente como N₂O y de la energía fósil utilizada en la producción de fertilizantes (Mogensen *et al.*, 2014). Efectos “directos” de la propia producción de forrajes también afectan al secuestro de carbono (SC) del suelo dependiendo del tipo y manejo del cultivo (IPCC, 2006). Vleeshouwers y Verhagen (2002), sostienen que la producción de forrajes anuales causa más pérdidas de carbono en el suelo, que las praderas. En Cantabria la superficie de maíz es de 1202 hectáreas (Magrama, 2013), representado el 0,87% de la superficie agrícola total. Son pocos los estudios que incluyen el secuestro de carbono (SC) y el cambio de uso de la tierra indirecto (LUC_{ind}) (Mogensen *et al.*, 2014; Batalla *et al.*, 2015). El objetivo del presente trabajo fue estimar la huella de carbono (UdC) de los forrajes producidos en las explotaciones lecheras de Cantabria, incluyendo SC y el LUC_{inc} con el modelo de simulación DairyCant (Salcedo, 2015).

MATERIAL Y MÉTODOS

Sesenta explotaciones de vacuno de leche fueron clasificadas en tres sistemas forrajeros: i) *pradera*, (P); ii) *pradera-maíz* (PMz) y iii) *pradera-maíz-cultivos de invierno* (PMzCFI). Los forrajes analizados fueron hierba de pradera en pesebre (HPP), ensilado de hierba (EHR) y raigrás italiano en rotopacas (ERR), ensilado de hierba en trinchera (EHT) y ensilado de maíz (EMz). La información de cada una de ellas procede de encuestas directas dentro los proyectos RTA2012, del 05-640-02.2174 del Gobierno de Cantabria y del ADAPTA CLIMA II. Las condiciones climáticas (Gutiérrez *et al.*, 2010), la composición físico-química del suelo y la fertilización de cada explotación sirvieron para modelizar la producción de forraje. La superficie y la biomasa estimada por forraje vienen señaladas en la Tabla1.

Tabla 1. Superficie y producción de biomasa de los diferentes forrajes.

	P	PMz	PMzCFI	sd
Total, ha	26,1	21,7	36	17
Pradera %	100	78	67	19,9
Maíz %	0	20	33	19,1
Raigrás italiano ¹ %	0	0	31	19,1
Purín kg N/ha	190	353	345	216
Hierba pradera en pesebre kg MS ²	4367	3145	2644	1677
Ensilado hierba ² kg MS	4234	3313	2755	1732
Maíz ² kg MS	-	2262	3677	1811
Raigrás italiano ² kg MS	-	-	1854	886
Total kg MS/ha	8601	8720	10 930	1887

¹ en sucesión con maíz; ² materia seca de la superficie de cada forraje.

Tabla 2. Factores de emisión utilizados en los diferentes procesos de producción

Grupo	Input	Operación	Unidad	Valor	Referencia	
Operaciones de cultivo	<i>Operaciones agrícolas^a</i>	Picadora maíz	kg CO ₂ /ha	320	Eco-invent (2007)	
		Abonadora centrífuga	kg CO ₂ /ha	25,24		
		Hilerador rotativo	kg CO ₂ /ha	10,76		
		Segadora rotativa	kg CO ₂ /ha	23,26		
		Sembradora	kg CO ₂ /ha	22,65		
		Fresadora	kg CO ₂ /ha	62,25		
		Subsolador y vertedera	kg CO ₂ /ha	118,2		
		Autocargador	kg CO ₂ /m ³	0,62		
		Repartidor de purín	kg CO ₂ /m ³	1,2		
		Pulverizador y abonadora	kg CO ₂ /ha	25,24		
		Rotoempacadora	kg CO ₂ /ha	31,1		
Consumibles	<i>Fertilizantes sintéticos</i>	N	kg CO ₂ /kg	6,20	IPCC (2006)	
		P ₂ O ₅	kg CO ₂ /kg	0,939		
		K ₂ O	kg CO ₂ /kg	0,51		
	<i>Pesticidas</i>	Metalacloro	kg CO ₂ kg/MA	9,97	IPCC (2006)	
		Terbutilazina	kg CO ₂ kg/MA	9,09		
		Sulcotriona	kg CO ₂ kg/MA	9,02		
			Clorpirifos	kg CO ₂ kg/MA	9,02	
		<i>Plásticos</i>		kg CO ₂ /kg	2,0	IPCC (2006)
		<i>Semillas</i>		kg CO ₂ /kg	0,3	Rotz <i>et al.</i> (2012)
		<i>Fermentación ensilados</i>		kg CO ₂ /kg MS	0,234	Davies (2008)
Suelo	Fuente emisión	Factor emisión	Unidad	Referencia		
	N ₂ O aplicación fertilizante	0,01	kg N ₂ O/kg N	Velthof y Mosquera (2011)		
	N ₂ O indirecto debido a la volatilización del amoníaco	5	g N ₂ O kg/N-NH ₃ volatilizado	Velthof y Oenema (1997)		
	N ₂ O indirecto debido a la lixiviación de nitrato	25	g N ₂ O kg/N lixiviado	Velthof y Oenema (1997)		
	N ₂ O restos de cosecha	0,01	kg kg/N	IPCC (2006)		
	N ₂ O aplicación purín	0,003	kg N ₂ O/kg N	Velthof y Mosquera (2011)		
	N ₂ O fijación biológica	5	g N ₂ O kg/N fijado	Velthof y Oenema (1997)		
N ₂ O del suelo	900	g/ha y año	Velthof y Oenema (1997)			
N ₂ O compra fertilizante	5	g N-N ₂ O/kg N	Kaspar y Tiedje (1981)			

^a Las emisiones incluyen las de la producción de diésel y maquinaria (50%), y de la combustión del diésel (50%); MA: materia activa; MS: materia seca.



Las emisiones de gases de efecto invernadero se calcularon con el modelo de simulación DairyCant (Salcedo, 2015), bajo tres supuestos: i) sin contabilizar el secuestro de carbono (SC) ni el cambio de uso de la tierra indirecto (LUC_{ind}), denominado *origen*; ii) considerando el cambio de uso de la tierra LUC_{ind} y iii) considerando el secuestro de carbono SC. LUC_{ind} es definido como los kilos de CO_2 liberados por hectárea sin diferenciar el tipo de tierra, asumiendo un factor de emisión de 1,43 t de CO_2 /ha (Audsley *et al.*, 2009).

El 10% del C añadido al suelo procedente del purín y de restos vegetales (hierba senescente, pisoteo, pérdidas mecánicas debidas a la recolección, rastrojo) es considerado en este trabajo como secuestrado (Petersen *et al.*, 2013). El C de los restos vegetales fue estimado como: $kg\ MS \times 45\% \ C \times 10\% \ secuestrado$, y los del purín: $kg\ N\ producido\ ha^{-1} \times \% \ de\ purín\ aplicado\ a\ cada\ cultivo \times 11,9 \times 10\%$; siendo el 45% el C de la materia seca incorporada. La relación C:N del purín fue de 11,9 (Salcedo, 2011). Las operaciones agrícolas entre explotaciones se consideran similares, excepto los consumibles y las emisiones del suelo que son función del manejo. Los gases de efecto invernadero incluidos en UdC fueron divididos en: i) *operaciones de cultivo (OC)*, ii) *consumibles (CON)* y iii) procedentes del *suelo (SU)*, considerando los factores de emisión señalados en la Tabla 2. La unidad funcional es "1 kg de materia seca neta", expresada en CO_{2-eq} .

El análisis estadístico fue un ANOVA con el SSPS vs 15.0 (SPSS, 2006) usando un nivel del 95% de significación. La diferencia de medias fue separada mediante el test de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de biomasa por hectárea se relacionó positivamente con el porcentaje de maíz de la SAU ($r=0,72$; $P<0,01$). La contribución porcentual final de cada elemento considerado en la UdC y las emisiones correspondientes a los grupos (*OC*, *CON* y *SU*) dentro de cada sistema forrajero vienen señalados en las Figura 1 y cuantificadas por kg MS, en la Tabla 3. Las emisiones mayores se debieron al suelo y restos de cosechas ($29,1 \pm 2,4\%$); $13,4 \pm 1,4\%$ a la emisión indirecta del N_2O debida a la volatilización del amoníaco; $13,1 \pm 0,84\%$ al N_2O indirecto debido a la lixiviación de nitrato; $12,4 \pm 4,2\%$ a la compra de fertilizantes y $5,4 \pm 0,48\%$ a la fermentación de los ensilados.

Las emisiones de las *operaciones de cultivo (OC)* difieren entre los sistemas de aprovechamiento forrajero (Tabla 3), representando el $12,8 \pm 6\%$, $23,8 \pm 9\%$, $19,1 \pm 8\%$, $29,4 \pm 4\%$ y $19,3 \pm 4\%$ para la hierba de pradera en pesebre (HPP), ensilado de hierba en rotopacas (EHR), ensilado de hierba en trinchera (EHT), ensilado de maíz (EMz) y ensilado de raigrás italiano en rotopacas (ERR) respectivamente. Entre sistemas y para el conjunto de forrajes por hectárea, los máximos fueron para PMzCFI ($22,8 \pm 5\%$) y los mínimos, de $17,7 \pm 6\%$ en el sistema pradera. Los *consumibles (CON)* no fueron diferentes entre HPP, EHR y EHT (Tabla 3), equivalentes al $8 \pm 10\%$, $14,2 \pm 7\%$ y $8,1 \pm 9\%$ respectivamente del total de emisiones y, $P<0,05$ con el $8,6 \pm 2,5\%$ el EMz.

Independientemente del sistema forrajero la mayor emisión procede del grupo *suelo*, (Figura 1) con porcentajes medios respecto al total del $70 \pm 8\%$; sin diferencias en EHR, EHT, EMz y ERR excepto, ($P<0,001$) en HPP, que aumenta conforme lo hace su superficie (Tabla 3). El CO_2 /kg MS en origen y el CO_2 /kg MS SC de cada forraje no difieren entre sistemas forrajeros, pero sí, ($P<0,001$) el CO_2 /kg MS LUC_{ind} en HPP, EHR y EHT (Tabla 3). Entre forrajes, la menor huella de carbono (UdC) en origen se registró en HPP con un valor medio de $0,189 \pm 0,13$ kg CO_2 /kg MS y la mayor de $0,395 \pm 0,12$ kg en ERR ($P<0,05$), atribuido en parte, a las operaciones de cultivo y menor producción respecto al EMz y HPP. El CO_2 /kg MS en origen del EHR fue un $12,8\%$ superior al EHT ($P<0,05$), atribuido en parte al mayor input de plástico y pérdida de materia seca en los procesos de fermentación (Salcedo, 2007).

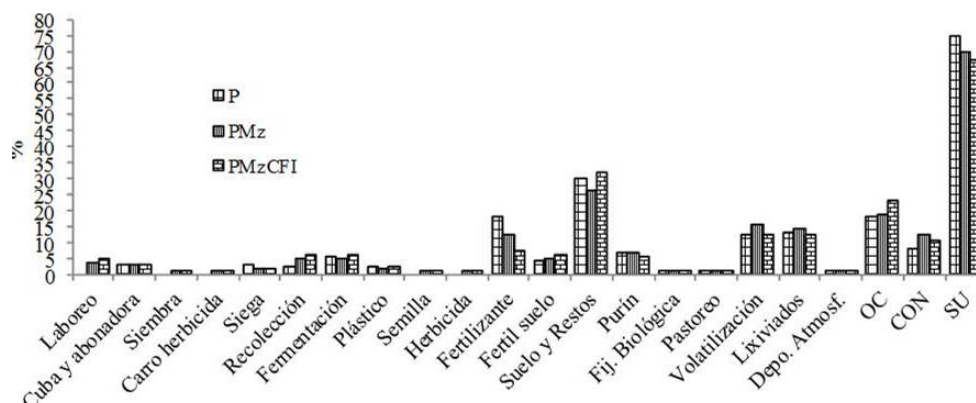


Figura 1. Distribución porcentual de las emisiones según el sistema forrajero.

El plástico del EHR representa 0,0081 kg/kg MS ensilada (datos propios); mientras, los de trinchera equivale a 0,0004 kg/kg MS (Savoie y Jofriet, 2003). El CO₂/kg MS en origen en ambos ensilados fue inferior a 0,50 kg señalado por Mogensen *et al.* (2014), posiblemente debido al superior aporte de nitrógeno mineral (346 kg/ha y año) que el aplicado en las explotaciones de Cantabria (29,6±46 kg) y, similares a 0,22 kg según el trabajo de Christie *et al.* (2008). El CO₂/kg MS en origen del EMz fue similar a los ensilados de hierba en trinchera (Tabla 3), similares a 0,224 indicado por Mogensen *et al.* (2014).

La suma de CO₂/kg MS (origen, LUC_{ind} y SC) no difiere entre forrajes, excepto el raigrás italiano que fue mayor (P<0,05), con una UdC de 0,639 kg CO₂/kg MS (Tabla 3). Los resultados obtenidos para los ensilados de maíz y de hierba fueron similares a 0,435 y 0,512 kg CO₂/kg MS indicados por Mogensen *et al.* (2014).

El cambio de uso de la tierra indirecto (LUC_{ind}) entre forrajes no difiere para HPP, EHR y EHT, con un valor medio de 0,071 kg CO₂/kg MS y sí, (P<0,001) entre sistemas forrajeros, obteniéndose valores intermedios en EMz y el menor en ERR (Tabla 3). Al considerar fijas las emisiones de LUC_{ind} (Audsley *et al.*, 2009) en todos los forrajes, aquel variará según el forraje recolectado y del porcentaje de superficie que ocupe en una hectárea de SAU. El SC incluyendo el procedente de los restos vegetales y del purín (Petersen *et al.*, 2013) siempre fue positivo, por asumirlos como entrada de C al suelo. Autores como Vleeshouwers y Verhagen (2002) señalan que las tierras arables causan liberación de C equivalente a -0,84 t C/ha y año, mientras las praderas actúan como sumideros con aportaciones medias de 0,52 t. En el presente trabajo todos los forrajes manifestaron SC debido al aporte continuado de purín, coincidente con Mogensen *et al.* (2014). El potencial de SC por hectárea y año estimado a partir del N del purín (Tabla 1) fue de 827, 1537 y 1502 kg CO₂ para P, PMz y PMzCFI, respectivamente. Otro factor importante e incierto para el cálculo de C en el SC son los datos referidos a la entrada de C al suelo, sobre todo los residuos de cosechas y el procedente de las raíces.

Tabla 3. CO₂ totales y kilo de materia seca por forraje y sistema forrajero.

		P	PMz	PMzCFI	sd	P	
Hierba de pradera en pesebre (HPP)	<i>Operaciones de cultivo</i>	64	54	47	16	***	
	<i>Consumibles</i>	171	121	46	148	ns	
	<i>Suelo</i>	489	435	270	194	***	
	CO ₂ , kg totales ¹	724	610	363	279	**	
	CO ₂ /kg MS origen	0,167	0,249	0,201	0,13	ns	
	CO ₂ /kg MS LUC _{ind}	0,094	0,065	0,040	0,07	***	
	CO ₂ /kg MS SC	0,168	0,225	0,186	0,12	ns	
Ensilado de hierba en rotopacas (EHR)	<i>Operaciones de cultivo</i>	217	172	143	174	***	
	<i>Consumibles</i>	133	158	113	123	ns	
	<i>Suelo</i>	702	618	454	493	ns	
	CO ₂ , kg totales ¹	1052	948	710	605	ns	
	CO ₂ /kg MS origen	0,255	0,291	0,269	0,12	ns	
	CO ₂ /kg MS LUC _{ind}	0,099	0,083	0,044	0,05	***	
	CO ₂ /kg MS SC	0,17	0,259	0,205	0,12	ns	
Ensilado de hierba en trinchera (EHT)	<i>Operaciones de cultivo</i>	146	117	96	156	***	
	<i>Consumibles</i>	66	107	71	119	ns	
	<i>Suelo</i>	702	618	454	493	ns	
	CO ₂ , kg totales ¹	914	842	621	582	ns	
	CO ₂ /kg MS origen	0,221	0,258	0,236	0,12	ns	
	CO ₂ /kg MS LUC _{ind}	0,099	0,083	0,044	0,05	***	
	CO ₂ /kg MS SC	0,17	0,259	0,20	0,12	ns	
Ensilado de maíz (EMz)	<i>Operaciones de cultivo</i>	-	142	241	115	*	
	<i>Consumibles</i>	-	34	69	34	**	
	<i>Suelo</i>	-	330	499	254	ns	
	CO ₂ , kg totales ¹	-	506	809	397	ns	
	CO ₂ /kg MS origen	-	0,224	0,223	0,028	ns	
	CO ₂ /kg MS LUC _{ind}	-	0,056	0,051	0,019	ns	
	CO ₂ /kg MS SC	-	0,239	0,187	0,11	ns	
Ensilado de raigrás italiano en rotopacas ERR	<i>Operaciones de cultivo</i>	-	-	131	64	-	
	<i>Consumibles</i>	-	-	63	43	-	
	<i>Suelo</i>	-	-	484	186	-	
	CO ₂ , kg totales ¹	-	-	678	280	-	
	CO ₂ /kg MS origen	-	-	0,395	0,127	ns	
	CO ₂ /kg MS LUC _{ind}	-	-	0,025	0,0077	-	
	CO ₂ /kg MS SC	-	-	0,21	0,10	-	
Forraje	HPP	EHR	EHT	EMz	ERR	Conjunto	sd
CO ₂ /kg MS origen	0,189a	0,266b	0,232ab	0,223ab	0,395c	0,196a	0,12
CO ₂ /kg MS LUC _{ind}	0,070c	0,072c	0,072c	0,052b	0,025a	0,081c	0,045
CO ₂ /kg MS SC	0,181a	0,196a	0,196a	0,198a	0,177b	0,198a	0,12
CO ₂ /kg origen+LUC _{ind} +SC	0,442a	0,535a	0,501a	0,473a	0,639b	0,474a	0,22
Sistema forrajero	P	PMz	PMzCFI	sd			
Conjunto forrajes	0,208a	0,246ab	0,258c	0,11			
Origen, LUC_{ind} y SC	Origen²	LUC_{ind}³	SC⁴	sd			
Conjunto forrajes	0,239c	0,067a	0,192b	0,12			

P: pradera; PMz: pradera+maíz; PMzCFI: pradera+maíz+cultivos de invierno; ¹: kg CO₂ del forraje producido en la superficie cultivada; ²: Origen (DairyCant); ³: debido al LUC; ⁴: debido al SC, a, b, c, d: valores acompañados de diferente letra dentro de cada fila difieren P<0,05; * P<0,05; ** P<0,01; ***P<0,001.

Entre sistemas forrajeros, la menor huella de carbono se registra en los de pradera (P<0,05), equivalente a un 15,4% y 19,4% en los de pradera+maíz y pradera+maíz+cultivos de invierno respectivamente.

CONCLUSIONES

La menor huella de carbono por kilo de materia seca se registra en los sistemas de pradera. Independientemente del sistema forrajero, los ensilados de hierba y los de raigrás italiano, ambos en la modalidad de rotopacas, mostraron emisiones mayores por kilo de materia seca e intermedio el



ensilado de maíz. En todos los cultivos se produce una captura de carbono del suelo, imputable en parte probablemente al continuo aporte de purín.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al INIA la financiación del proyecto RTA2012-00065-C05-03 que dio origen a parte de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUDSLEY E., BRANDER M., CHATTERTON J., MURPHY-BOKERN D., WEBSTER C. Y WILLIAMS A. (2009) How Low Can We Go? An Assessment of Greenhouse Gas Emissions from the UK Food System and the Scope for to Reduction Them by 2050. *Food Climate Research Network (FCRN) and WWF-UK*, p. 80.
- BATALLA I., TRYDERMAN M., MOGENSEN L., del HIERRO O., PINTO M. Y HERMANSEN J. (2015) Carbon footprint of milk from sheep farming systems in Northern Spain including soil carbon sequestration in grasslands. *Journal of Cleaner Production*, **104**, 121-129.
- DAVIES D. (2008) Silage Insights – Bale Silage Production, Improving silage quality and reducing CO₂ emissions. Newsletter Spring. Bale Silage Production section.
- CHRISTIE K.M., RAWNSLEY R. Y DONAGHY D. (2008) Whole farm systems analysis of greenhouse gas emission abatement strategies for dairy farms. Final Report to Dairy Australia: UT12945. Hobart, Australia: Tasmanian Institute of Agricultural Research, University of Tasmania.
- ECO-INVENT (2007). Ecoinvent Data v2.0 Final Reports Ecoinvent 2007. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Dubendorf. Switzerland.
- GUTIÉRREZ J.M., HERRERA S., SAN-MARTÍN D., SORDO C., RODRÍGUEZ J.J., FROCHOSO M., ANCELL R., FERNÁNDEZ J., COFIÑO A.S., PONS R.R. Y RODRÍGUEZ M.A. (2010) Escenarios regionales probabilísticos de cambio climático en Cantabria: Termoplumiometría, Universidad de Cantabria, 169 pp.
- IPCC (2006) IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories.
- KASPAR H.F. Y TIEDJE J.M. (1981) Dissimilatory reduction of nitrate and nitrite in the bovine rumen: Nitrous oxide production and effect of acetylene. *Applied Environmental Microbiology*, **41**, 705-709.
- MAGRAMA (2013). Anuario de estadística Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente 2012. pp. 604.
- MOGENSEN L., KRISTENSEN T., NGUYEN T., KNUDSEN M.T. Y HERMANSEN J. (2014) Method for calculating carbon footprint of cattle feeds e including contribution from soil carbon changes and use of cattle manure. *Journal of Cleaner Production*, **73**, 40-51.
- PETERSEN B.M., KNUDSEN M.T., HERMANSEN J.E. Y HALBERG N. (2013) An approach to include soil carbon changes in the life cycle assessments. *Journal of Cleaner Production*, **52**, 217-224.
- ROTZ C., CHIANESE D., MONTES F. Y HAFNER S. (2012) Dairy gas emissions model. Reference Manual. Version 2.6.
- SALCEDO G. (2007) El ensilado en la alimentación del vacuno de leche. Resultados de quince años de experimentación en Cantabria. *Pastos*, **XXXVII (1)**, 81-127.
- SALCEDO G. (2011) Minimización y aprovechamiento del purín en origen de las explotaciones lecheras de Cantabria. Consejería de Medio Ambiente. 681 pp.
- SALCEDO G. (2015) DairyCant: A model for the reduction of dairy farm greenhouse gas emissions. *Advances in Animal Biosciences*, **6(1)**, 24-26.



- SAVOIE P. Y JOFRIET J. (2003) Silage storage. pp. 405-467 En: Buxton D.R. *et al.* (Eds). Silage Science and Technology. Agronomy Monograph 42, Madison, WI: American Society of Agronomy.
- SPSS (2006) SPSS FOR WINDOWS, VERSIÓN 15.0 ED. SPSS INC., Chicago (USA).
- VLEESHOUWERS L.M. Y VERHAGEN A. (2002) Carbon emission and sequestration by agricultural land use: a model study for Europe. *Global Change Biology*, **8(6)**, 519-530.
- VELTHOF G. Y OENEMA O. (1997) Nitrous oxide emission from dairy farming systems in the Netherlands. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, **45**, 347-360.
- VELTHOF G.L. Y MOSQUERA J. (2011) Calculations of Nitrous Oxide Emissions from Agriculture in the Netherlands. Update of Emission Factors and Leaching Fraction. Wageningen Alterra. Alterra report 2151.

CARBON FOOTPRINT IN THE FODDER OF CANTABRIA

SUMMARY

Sixty Cantabria dairy farms were classified according to their forage dedication: *i)* pasture (P); *ii)* grassland and maize (PMZ) and *iii)* pasture, corn and winter crops (PMzCFI), to estimate emissions of greenhouse gases following a life-cycle assessment of prairie grass in manger (HPP); bale grass silage (EHR) and silage bunker (EHT), corn (EMZ) and italian ryegrass in bale (ERR). Carbon sequestration and changing land use were included, taking as functional unit a kilo of dry matter. The greatest emissions come from the soil (70.5±8%), followed by cultivation operations (21.1±6.1%) and 8.8±7% consumables. Forages with lower carbon footprint (UdC) are recorded in the system P. Among forages and high to low, not considering carbon sequestration corresponded to ERR, EHR, EHT, EMZ and HPP, with values of 0.395; 0.266; 0.232; 0.223 and 0.189 kg CO₂/kg DM respectively.

Key words: greenhouse gases, crops, fodder system, cattle.

SELECCIÓN DE HÍBRIDOS FORRAJEROS DE MAÍZ PRECOCES ADAPTADOS A LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE LA CORNISA CANTÁBRICA

L. CAMPO RAMÍREZ Y J. MORENO-GONZÁLEZ.

Departamento de Pastos y Cultivos. CIAM-INGACAL. Apartado 10, 15080 A Coruña.

laura.campo.ramirez@xunta.es.

RESUMEN

En la producción de híbridos de maíz, la cantidad de semilla producida sobre las líneas puras (LP) parentales usadas como hembras es importante para su comercialización y beneficio final. Esta cantidad depende de la propia producción de cada línea pura hembra pero también de la sincronización entre la viabilidad y cantidad del polen del macho y la receptividad de los estigmas de la línea hembra. En este trabajo se realizaron cruzamientos a partir de LP de endospermo liso y dentado, desarrolladas por semillas Fitó y el CIAM. El objetivo final fue evaluar y seleccionar híbridos precoces para la producción de forraje en función del patrón heterótico liso x dentado, teniendo en cuenta la cantidad de semilla producida por los parentales. Se ha encontrado una alta heterosis entre las LP lisas y dentadas de Fitó y el CIAM que se ha manifestado en un buen comportamiento para la producción de híbridos forrajeros precoces, destacando las líneas dentadas como hembras. Se han seleccionado cuatro híbridos en función de los criterios de selección buscados EC169 x LPF7, EC214 x LPF2, EC136 x LPF8 y EC136 x LPF5.

Palabras clave: endospermo liso, endospermo dentado, precocidad, encamado.

INTRODUCCIÓN

La evaluación de germoplasma precoz es importante como una alternativa para el desarrollo de nuevos híbridos comerciales precoces adaptados a regiones templadas y húmedas, como la Cornisa Cantábrica, y potencialmente útiles para producir forraje. Se consideran características agronómicas favorables aquellas que son apreciadas por el agricultor a la hora de elegir sus híbridos, tales como el rendimiento de forraje o materia seca por hectárea, el porcentaje de encamado, los días a la floración femenina y el porcentaje de materia seca (o su inversa el porcentaje de agua) en la planta en el momento de la recolección. La mayor parte de los híbridos comerciales sembrados en el sur de Europa son cruzamientos simples entre germoplasma liso europeo y germoplasma dentado americano, en el cual se combina el vigor temprano, la precocidad, la resistencia al encamado y la resistencia a la sequía de las líneas puras europeas y la alta producción de las líneas puras americanas (Ordás, 1991; Malvar *et al.*, 1996; Moreno-González *et al.*, 1997). En estudios llevados a cabo en maíz forrajero ya se encontró que la heterosis entre cruzamientos de endospermo liso x dentado era superior a la encontrada en los patrones heteróticos liso x liso y dentado x dentado (Moreno-González *et al.*, 2000). El germoplasma europeo de maíz presenta una alta variabilidad, principalmente para caracteres de adaptación a las condiciones europeas, como son la tolerancia al frío, el vigor temprano y la maduración temprana. España cuenta con la mayor variabilidad de germoplasma de todos los países europeos. Bajo estas premisas, el objetivo de este trabajo fue el de evaluar y seleccionar híbridos precoces para la producción de forraje en función del patrón heterótico liso x dentado y teniendo en cuenta la cantidad de semilla producida por los parentales.

MATERIAL Y MÉTODOS

En el año 2012 se realizaron cruzamientos híbridos entre 4 líneas puras dentadas aportadas por la empresa Semillas FITÓ (LPF) por 5 líneas puras lisas del CIAM (EC), y cruzamientos entre 4 líneas vítreas de FITÓ por 4 dentadas del CIAM. Los cruzamientos se llevaron a cabo en los dos sentidos cuando la viabilidad del polen y la receptividad de los pistilos así lo permitían, de forma que ambas líneas lisas y dentadas se usaron tanto como hembras como machos. El número de cruzamientos con semilla disponible evaluados en el año 2013 fue de 62, resultantes de 26 genotipos que se representaron doblemente utilizando como hembra ambos parentales y de 10 genotipos en el que la hembra era un solo parental. Además se testaron dos híbridos como testigos oficiales de la Oficina Española de Variedades Vegetales (OEVV), 'Anjou290' y 'Nkthermo'. El diseño experimental fue Látxice 8x8 con tres repeticiones con ocho bloques por repetición y ocho parcelas elementales por bloque.

El ensayo se sembró el 10 de mayo y se recolectó el 11 de octubre. Se aplicaron fertilizantes a razón de 1000 kg/ha de un complejo con riqueza 15-15-15 en N-P-K antes de la siembra y 200 kg/ha de Nitramón (28% de N) en cobertera. El herbicida aplicado fue HARNES (acetocloro 45% + Terbutilazina 21,4%) en pre-emergencia a razón de 4 L/ha. La siembra se realizó con sembradora neumática de precisión buscando una densidad de 9,5 plantas/m². La recolección se realizó con cosechadora autopropulsada para parcelas de ensayo (Cibus- Winterstreiger) con pesada automática y recogida de muestras. Las muestras se secaron en estufa durante 16 horas a 80 °C y 20% de renovación de aire forzado para determinar el contenido en materia seca.

Se estudió el efecto del tipo de endospermo (liso o dentado) sobre la producción del maíz forrajero y sobre diversos caracteres de maduración temprana y encamado. Los caracteres evaluados fueron rendimiento de materia seca (RMS), encamado (ENC), materia seca (MS) y floración femenina (FFEM). 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.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como media las hembras dentadas produjeron casi un 50% más cantidad de semilla híbrida que las vítreas (Tabla 1). Hay varias líneas dentadas que en promedio superaron o se acercaron a 400 g de semilla: LPF1 (399 g), LPF3 (415 g), LPFF4 (433 g), EC136 (559 g) y EC136_75 (438 g). Solo la línea vítrea EC215A superó los 400 g como promedio (420 g). La línea EC136 tuvo un buen comportamiento promedio como productora de semilla 559 g y aún mejor resultó su cruce EC136 x LPF5 que produjo 700 g de semilla (Tabla 1). Las hembras EC133A (25 g) y EC214 (59 g) fueron muy deficientes en producción de semilla debido a la falta de sincronización con los machos respectivos. La línea EC133A es una línea pura muy tardía, mientras que la EC214 es muy precoz.

Genotipos que no distinguen entre el tipo de endospermo usado en las hembras

Los resultados de la producción y los caracteres agronómicos más apreciados por el agricultor se presentan en la Tabla 2. Cada híbrido es media de todas las parcelas que tienen el mismo genotipo independientemente de que la línea usada como hembra sea dentada o vítrea. Se observa que la media de rendimiento de todos los híbridos (14,38 t MS/ha) fue superior a la de los testigos (13,24 t MS/ha), así mismo las medias de encamado y de floración femenina (17,25% y 93,17 días) fueron similares a la media de los testigos (16,85% y 93 días), mientras que la media del contenido de materia seca de la planta en la recolección (39,75%) fue estadísticamente inferior a la de los testigos (42,45%).



Tabla 1. Cantidad de semilla híbrida producida (g) en siete plantas de los cruces evaluados por el tipo de endospermo (vítreo o dentado) de la línea pura usada como hembra.

Cruzamiento (genotipo)	Hembra dentada	Hembra vítrea	Total	Cruzamiento (genotipo)	Hembra dentada	Hembra vítrea	Total
LPF1 x EC213	512	452	964	LPF4 x EC214	500	5	505
LPF1 x EC215A	368	569	937	LPF4 x EC237	460	460	920
LPF1 x EC18	474	163	637	EC133A xLPF5	21	100	121
LPF1 x EC214	110	27	137	EC136 xLPF5	700	260	960
LPF1 x EC237	529	243	772	EC169 xLPF5	231	50	281
LPF2 x EC213	362	200	562	EC136_75xLPF5	475	212	687
LPF2 x EC215A	375	64	439	EC133A xLPF6	0	178	178
LPF2 x EC18	354	225	579	EC136 xLPF6	643	219	862
LPF2 x EC214	262	116	378	EC169 xLPF6	4	76	80
LPF2 x EC237	400	205	605	EC136_75xLPF6	444	174	618
LPF3 x EC213	538	269	807	EC133A xLPF7	79	124	203
LPF3 x EC215A	506	468	974	EC136x LPF7	462	185	647
LPF3 x EC18	488	119	607	EC169 xLPF7	371	139	510
LPF3 x EC214	54	87	141	EC136_75xLPF7	585	411	996
LPF3 x EC237	489	247	736	EC133 AxLPF8	0	134	134
LPF4 x EC213	525	420	945	EC136 xLPF8	430	259	689
LPF4 x EC215A	300	580	880	EC169 xLPF8	98	38	136
LPF4 x EC18	380	350	730	EC136_75 xLPF8	248	261	509
				Total	12 777	8 089	20 866

Si buscamos altos rendimientos de los híbridos, superiores a 15 t MS/ha, bajo encamado, inferiores al 10%, altos contenidos de materia seca, superiores al 39% y días a floración femenina inferiores a 93, solo el híbrido LPF5 x EC133A cumple los cuatro criterios, destacando por su producción 15,72 (t MS/ha) y su precocidad (89,9 días). La LP EC133A ya ha sido relacionada con cruzamientos de alto potencial para la producción de forraje (Campo *et al.*, 2012) y también ha destacado por su alto potencial para conseguir cruzamientos con buena digestibilidad y altos contenidos en carbohidratos solubles de agua (Campo y Moreno-González, 2013). Otros híbridos que cumplen 2 o 3 criterios, y que también podrían seleccionarse, serían: LPF2 x EC237 y LPF2 x EC214 con una producción de 15,96 y 14,75 t MS/ha y precocidad media y, EC214 x LPF3 y LPF3 x EC237 con alto rendimiento (18 y 15,25 t MS/ha, respectivamente) y bajo encamado (5,6 y 4,4%). Además existen dos híbridos muy tempranos EC136 x LPF5 (13,21 t MS/ha, 2,6% ENC, 42,2% MS y 87,2 días) y EC136 x LPF8 (13,41 t MS/ha, 5,6% ENC, 45,2% MS y 87,9 días) con comportamiento igual o superior a la media de los testigos para los cuatro caracteres considerados (13,24 tMS/ha, 16,9% ENC, 42,5% MS y 93 días).

Tabla 2: Mínimas diferencias significativas (LSD) del análisis GLM usando el número de plantas como covariable de ajuste. Valores medios de los híbridos con el mismo genotipo independientemente de la línea pura hembra sea dentada o lisa. Cada híbrido tiene 3 o 6 repeticiones (Reps).

Híbrido	RMS tMS/ha	ENC %	MS %	FFEm días	Nº Reps	Híbrido	RMS tMS/ha	ENC %	MS %	FFEm días	Nº Reps
Anjou290'	12,28	12,3	41,8	91,5	3	LPF4xEC214	15,83	21,3	37,8	93,0	3
LPF5xEC133A	15,72	6,8	39,6	89,9	3	LPF4xEC215A	18,36	67,4	39,9	98,1	6
LPF6xEC133A	11,27	30,0	36,3	92,1	3	LPF4xEC237	19,45	25,3	40,7	95,7	6
LPF6xEC169	12,33	16,6	40,8	93,5	3	EC133A x LPF7	12,76	9,4	38,9	93,5	6
LPF8xEC133A	10,16	10,4	40,4	92,9	3	EC136_75xLPF5	9,24	11,0	38,3	87,4	6
LPF1xEC213	15,08	3,1	37,3	93,9	6	EC136_75xLPF6	12,59	13,9	42,6	88,9	6
LPF1xEC214	13,75	24,0	39,1	95,1	3	EC136_75xLPF7	12,63	21,1	38,5	92,3	6
LPF1xEC215A	13,87	28,5	38,1	98,8	6	EC136_75xLPF8	14,2	17,2	41,4	90,1	6
LPF1xEC237	16,05	19,0	39,1	95,3	6	EC136xLPF5	13,21	2,6	42,2	87,2	6
LPF2xEC18	16,68	17,1	38,1	94,0	6	EC136xLPF6	10,39	13,5	40,1	88,8	6
LPF2xEC213	14,33	13,1	36,8	94,1	6	EC136xLPF7	14,33	8,0	38,8	91,2	6
LPF2xEC214	14,75	8,5	39,1	92,1	6	EC136xLPF8	13,41	5,6	45,2	87,9	6
LPF2xEC215A	13,91	29,2	41,0	96,7	3	EC169xLPF5	11,47	15,2	46,8	89,7	3
LPF2xEC237	15,96	8,3	41,2	94,2	6	EC169xLPF7	14,36	16,3	41,5	92,5	6
LPF3xEC18	16,91	17,0	35,9	97,0	6	EC169xLPF8	12,2	10,1	45,6	90,6	3
LPF3xEC213	14,76	9,0	36,1	95,2	6	EC18xLPF1	15,5	14,3	38,4	94,3	6
LPF3xEC215A	16,79	28,6	39,7	99,6	6	EC214xLPF3	17,99	5,6	38,1	94,3	3
LPF3xEC237	15,25	4,4	38,8	97,7	6	Nkthermo'	14,21	21,4	43,1	94,5	3
LPF4xEC18	18,28	41,6	36,5	95,6	6	Media Híbridos	14,38	17,3	39,8	93,2	
LPF4xEC213	16,05	28,7	37,1	91,2	6	Media testigos	13,24	16,9	42,5	93,0	
						LSD del híbrido SE*	1,02	6,34	0,78	0,67	

(*) SE (error estándar) se refiere a 6 repeticiones; el SE de la media de 3 reps debe ser multiplicado por 1,4142 (cuadrado medio de 2). RMS: Rendimiento de materia seca; ENC: encamado; MS: contenido de materia seca; FFEm: floración femenina.

Genotipos que distinguen entre dos tipos de endospermo en las hembras

En la Tabla 3 se presentan los resultados de producción y los caracteres agronómicos de encamado, floración y contenido de materia seca de los 64 híbridos evaluados distinguiendo si el parental vítreo o dentado fue utilizado como hembra. Veintisiete de los híbridos experimentales evaluados superaron la producción de 15 t MS/ha pero sólo tres de ellos, los híbridos EC136 x LPF8, EC169 x LPF7 (dentadas en ambos casos) y EC214 x LPF2 (vítreo), superaron significativamente los cuatro criterios de selección buscados, destacando el primero de ellos por su precocidad (86,8 días), su bajo encamado (-0,9%) y su alto contenido en MS (45,6%). Otros diez híbridos cumplieron con tres de los cuatro criterios de selección buscados, destacando entre ellos por sus más altas producciones, los híbridos LPF5 x EC133A (15,42 t MS/ha y vítreo) y EC136 x LPF7 (15,22 t MS/ha y dentado), y el híbrido EC136 x LPF5 que, a pesar de alcanzar menor producción (13,85 t MS/ha), destacó por su precocidad (86,5 días), su alto contenido en MS (40,8%), su bajo encamado (0%) y además destacó de manera sobresaliente sobre el resto de híbridos experimentales en los caracteres de valor nutritivo (datos no mostrados). En otros trabajos anteriores la línea pura EC136 ha sido relacionada con caracteres de precocidad y alto contenido en materia seca, así como con cruzamientos de alto potencial para la producción de forraje (Campo *et al.*, 2012).



Tabla 3: Mínimas diferencias significativas (LSD) del análisis GLM utilizando el número de plantas como covariable de ajuste. Las medias de los híbridos distinguen si el parental fue utilizado como hembra o macho. El mismo genotipo puede tener dos fórmulas.

Híbrido*	RMS tMS/ha	ENC %	MS %	FFEm días	Nº Reps	Híbrido*	RMS tMS/ha	ENC %	MS %	FFEm días	Nº Reps
Anjou290'	12,23	12,4	42,0	91,6	3	LPF4xEC237	18,16	25,3	39,7	96,1	3
LPF5xEC133A	15,42	11,4	39,4	89,9	3	EC133A×LPF7	12,79	0,2	40,2	92,4	3
LPF5xEC136	12,69	4,3	43,7	87,7	3	EC136_75×LPF5	9,69	19,5	38,9	87,3	3
LPF5xEC136_75	7,49	9,9	37,3	86,8	3	EC136_75×LPF6	13,64	1,1	42,6	87,8	3
LPF6xEC133A	12,19	27,1	36,5	92,7	3	EC136_75×LPF7	12,58	14,0	39,5	91,8	3
LPF6xEC136	8,59	18,7	38,4	89,8	3	EC136_75×LPF8	14,17	20,1	39,3	90,8	3
LPF6xEC136_75	11,83	25,3	42,8	90,7	3	EC136×LPF5	13,85	0,0	40,8	86,5	3
LPF6xEC169	12,67	14,8	40,7	93,6	3	EC136×LPF6	11,97	8,4	42,0	87,6	3
LPF7xEC133A	12,18	21,3	37,3	94,4	3	EC136×LPF7	15,22	9,0	38,6	91,2	3
LPF7xEC136	14,19	3,3	39,4	91,2	3	EC136×LPF8	15,03	-0,9	45,6	86,8	3
LPF7xEC136_75	12,16	30,5	37,5	92,4	3	EC169×LPF5	11,74	12,3	46,8	89,8	3
LPF7xEC169	12,16	29,9	40,8	92,2	3	EC169×LPF7	15,79	6,9	42,0	92,3	3
LPF8xEC133A	9,74	12,8	40,5	92,7	3	EC169×LPF8	12,02	9,9	45,6	90,7	3
LPF8xEC136	12,26	12,3	44,7	89,4	3	EC18×LPF1	14,65	14,6	39,0	94,6	3
LPF8xEC136_75	14,2	13,9	43,5	89,4	3	EC18×LPF2	16,68	24,7	38,3	93,7	3
LPF1xEC18	16,72	12,2	38,1	93,6	3	EC18×LPF3	20,15	3,7	35,9	96,3	3
LPF1xEC213	14,06	9,3	38,1	94,0	3	EC18×LPF4	17,03	49,8	35,5	97,2	3
LPF1xEC214	13,17	28,5	39,1	95,0	3	EC213×LPF1	16,22	-5,8	36,4	94,1	3
LPF1xEC215A	11,05	33,3	38,8	97,8	3	EC213×LPF2	15,81	22,9	37,2	94,0	3
LPF1xEC237	16,54	13,7	38,7	94,1	3	EC213×LPF3	16,34	2,0	36,5	94,9	3
LPF2xEC18	16,84	8,0	38,0	94,4	3	EC213×LPF4	12,6	30,6	36,4	87,0	3
LPF2xEC213	12,7	5,4	36,2	94,8	3	EC214×LPF2	16,86	7,9	39,3	91,8	3
LPF2xEC214	13,32	4,9	39,4	92,4	3	EC214×LPF3	18,34	2,0	38,2	94,5	3
LPF2xEC215A	14,19	27,7	41,2	96,9	3	EC215A×LPF1	14,58	35,7	36,7	98,6	3
LPF2xEC237	14,71	5,4	41,7	94,1	3	EC215A×LPF3	17,84	38,1	39,9	100,6	3
LPF3xEC18	13,76	29,6	35,9	97,5	3	EC215A×LPF4	19,72	78,0	39,1	98,8	3
LPF3xEC213	13,41	15,3	35,8	95,7	3	EC237×LPF1	15,77	23,7	39,3	96,5	3
LPF3xEC215A	16,39	14,1	39,8	98,8	3	EC237×LPF2	17,23	11,4	40,7	94,8	3
LPF3xEC237	14,4	9,5	39,8	97,1	3	EC237×LPF3	16,27	-1,2	37,7	98,3	3
LPF4xEC18	20,09	28,9	37,8	94,2	3	EC237×LPF4	21,01	22,2	41,5	95,9	3
LPF4xEC213	18,87	29,7	37,6	95,1	3	Nkthermo'	14,08	22,3	43,2	94,4	3
						Media de los					
LPF4xEC214	15,99	20,2	37,9	93,1	3	híbridos	14,55	17,31	39,55	93,24	
LPF4xEC215A	17,37	56,1	40,7	97,6	3	LSD de híbridos	1,35	8,70	1,06	0,94	

* Un mismo genotipo puede tener dos fórmulas. La primera línea pura escrita corresponde a la hembra parental
RMS. Rendimiento de materia seca; ENC: encamado; MS: contenido de materia seca; FFEm: floración femenina

Por último los híbridos EC18 x LPF3, EC214 x LPF3, EC237 x LPF3, EC213 x LPF1, todos ellos vítreos, y el híbrido dentado LPF2 x EC18 destacaron significativamente por dos de los criterios de selección y por sus altos rendimientos 20,15, 18,34, 16,27, 16,22 y 16,84 t MS/ha respectivamente, manteniendo, en todos los casos, bajos encamados. El híbrido EC237 x LPF2 también destacó por dos criterios de selección, alto rendimiento (17,23 t MS/ha) y alto contenido MS (40,7%). La LP EC18 ha sido seleccionada como línea de buen rendimiento forrajero y alto contenido en MS (Campo-Ramírez *et al.*, 2012). Fue especialmente productivo el híbrido EC237 x LPF4 que alcanzó 21,01 t MS/ha, lo que



supone un 49,2% más de rendimiento que el mejor testigo 'Nkthermo', aunque es ligeramente más tardío que 'Nkthermo' y se comportó de forma similar a ese testigo en la resistencia al encamado.

CONCLUSIONES

Se sugiere utilizar líneas de endospermo dentado como hembras para la producción comercial de semilla de los híbridos, ya que el endospermo dentado produce mayor cantidad de semilla que el liso, aproximadamente, y en general, un 50% más.

Se ha encontrado una alta heterosis entre las líneas puras lisas y dentadas de Fitó y el CIAM que se ha manifestado en un buen comportamiento para la producción de híbridos forrajeros precoces adaptados a las condiciones gallegas. La media de los 62 híbridos probados fue superior a la de los dos híbridos comerciales testigos de la OEVV para el rendimiento, así mismo esa media fue similar para la resistencia al encamado y número de días hasta la floración, mientras que fue inferior para el contenido de materia seca en la recolección. Esto permitió que en el ranking superior de los híbridos se pudiesen seleccionar varios híbridos entre los 62 probados con un comportamiento mejor a los testigos en los cuatro caracteres probados.

Se han encontrado tres híbridos que superaron todos los criterios de selección buscados: EC169 x LPF7, EC214 x LPF2 y EC136 x LPF8. Este último híbrido junto a EC136 x LPF5 destacaron especialmente por su precocidad y son muy interesantes tanto en resistencia al encamado como en alto rendimiento. Otros seis híbridos con alto potencial de rendimiento y precocidad media o tardía, han destacado por su bajo encamado (EC18 x LPF3, EC214 x LPF3, EC237 x LPF3, EC213 x LPF1, LPF2 x EC18) y alto contenido en materia seca (EC237 x LPF3).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue desarrollado gracias a un proyecto de colaboración con la empresa SEMILLAS FITÓ y al proyecto RTA2012-00100-00-00. Las denominaciones LPF relativas a FITÓ en este artículo son cifradas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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 *et al.* (Eds) *Los pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades*, pp.275-282. Badajoz, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- CAMPO L., MONTEAGUDO A.B. Y MORENO-GONZÁLEZ J. (2012) Aptitud combinatoria entre líneas puras de maíz para alto rendimiento forrajero. *Acta Horticultura*, **62**, 43-45.
- MALVAR R.A., ORDÁS A., REVILLA P. Y CARTEA M.E. (1996) Estimates of genetic variances in two Spanish populations of maize. *Crop Science*, **36**, 239-242.
- MORENO-GONZÁLEZ J., MARTÍNEZ I., BRICHETTE MIEG I., LÓPEZ A. Y CASTRO P. (2000) Breeding potential of European flint and US Corn Belt dent maize populations for forage use. *Crop Science*, **67**, 1588-1595.
- MORENO-GONZÁLEZ J., RAMOS-GOURCY F. Y LOSADA E. (1997) Breeding Potential of european flint and earliness-selected US Corn Belt dent maize populations. *Crop Science*, **37**, 1475-1481.
- ORDÁS A. (1991) Heterosis in crosses between American and Spanish populations of maize. *Crop Science*, **31**, 931-935.



SELECTION OF FORAGE MAYZE HYBRID EARLY ADAPTED TO THE ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF THE COAST CANTABRICA

SUMMARY

In the production of forage maize hybrids, the amount of seed produced on the inbred line (LP) used as a female parent lines is important for marketing and final benefit. This amount of seed depends on the own production of each female LP but also of synchronization between viability and amount of pollen from the male and the receptivity of the stigmas of female line. In this work crosses from flint and dent endosperm, were developed by Fito and the CIAM seed producers. Our objective was to evaluate and select early hybrids for forage production, taking into account the amount of seed produced by the parent. Found a high heterosis among the flint and dent LP of Fito and CIAM that has manifested itself in a good behavior for the production of early-maturing forage hybrids. It is suggested to use lines of dent endosperm as females for the commercial production of hybrids. They have been selected four hybrids based on the desired selection criteria EC169 x LPF7, EC214 x LPF2, EC136 x LPF8 and EC136 x LPF5. Four other hybrids with middle or late maturing also been selected for their high yield potential.

Key words: flint endosperm, dent endosperm, earliness, lodging.

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE HERBICIDAS Y ESCARDA MECÁNICA EN EL CONTROL DE ADVENTICIAS EN MAÍZ FORRAJERO EN GALICIA

M.J. BANDE-CASTRO Y J. VALLADARES.

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

RESUMEN

A pesar de la utilización generalizada y continua de productos químicos para el control eficiente de adventicias, su presencia en el cultivo del maíz forrajero es una de las principales causas de las pérdidas de rendimiento. En el presente trabajo se evaluó durante los años 2012 y 2013 la eficacia de distintos tratamientos herbicidas y la escarda mecánica en el control de adventicias y su efecto sobre el rendimiento (producción en materia seca y en materia orgánica digestible) y la calidad del maíz forrajero (proteína bruta y fibra neutro detergente). Los resultados mostraron que los mejores rendimientos fueron obtenidos con los herbicidas Harness GTZ, Spectrum + Stomp y Camix; con los que también se consiguió el mejor control de las adventicias en las condiciones del ensayo.

Palabras clave: *Zea mays* L., fitosanitarios, malas hierbas.

INTRODUCCIÓN

En Galicia el maíz forrajero es una opción productiva de gran importancia en las explotaciones ganaderas modernas sobre todo en las destinadas a vacuno de leche, debido a su alta productividad asociada a su elevado valor energético y fácil ensilabilidad. En el año 2014 se sembraron unas 70 000 ha (MAGRAMA, 2014), lo que supone el 73% de la superficie cultivada de maíz forrajero en España, y hace que esta sea la primera comunidad autónoma tanto en superficie como en producción. Debido a que son pocas las explotaciones que disponen de una base territorial holgada, tienden a reiterar su cultivo, año tras año, en las mismas parcelas, sin establecer rotaciones con otros cultivos. Esto ocasiona un grave problema, ya que entre los factores que afectan al cultivo de maíz, las adventicias causan grandes pérdidas en el rendimiento y provocan competencias por el agua, los nutrientes y la luz solar (Peña-Asín *et al.*, 2012), además de la aparición de resistencias a los tratamientos de control (Radosevich y Appleby, 1973; Oliveira *et al.*, 2011).

Los herbicidas son productos químicos definidos por su selectividad, acción rápida y bajo coste en comparación con otros métodos (Pardo Sanclemente *et al.*, 2008); pero para que los tratamientos herbicidas supongan el mínimo impacto ambiental y sean eficaces es imprescindible que se sigan en su aplicación, de forma estricta, las indicaciones de uso recogidas en el envase del producto y que su uso sea dictado por un técnico competente.

El objetivo de este ensayo ha sido conocer la eficacia de distintos tratamientos herbicidas y de la escarda mecánica en el control de las adventicias habituales en el cultivo de maíz forrajero y evaluar su efecto en la producción y valor nutritivo del maíz forrajero.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron durante los años 2012 y 2013, en la misma parcela dentro de la finca del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (A Coruña), zona costera de clima atlántico a 100 m de altitud, en secano. El cultivo precedente fue una mezcla de raigrás con cinco leguminosas, sobre un suelo profundo, sin pedregosidad en su perfil, con un pH medio de 6,14 y con

unos valores de fertilidad del suelo elevados: porcentaje de saturación de aluminio de 9,03%, contenido en P (Olsen) de 34 ppm y contenido en K (nitrato amónico) de 429 ppm.

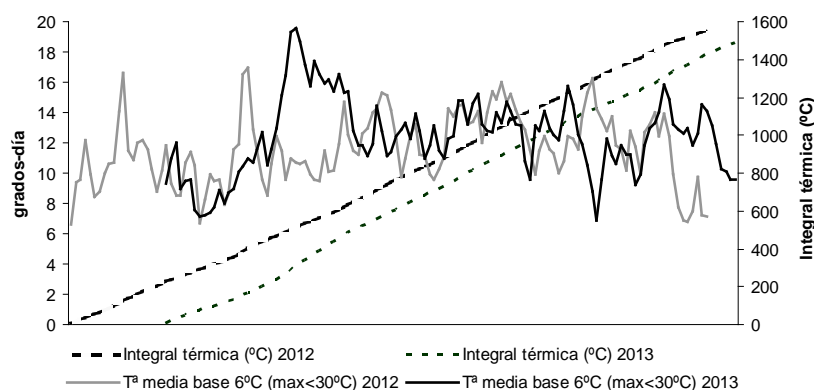


Figura 1. Integral térmica del período de cultivo del maíz en los años 2012 y 2013.

La integral térmica, se calculó durante el período vegetativo de este ensayo considerando la temperatura base de 6 °C y límite de vegetabilidad de 30 °C (Fernández de Gorostiza, 1996; Mangado y Barbería, 2006), alcanzando un valor de 1550 °C en el año 2012 y 1490 °C en el año 2013 (Figura 1); y una precipitación acumulada de 135 mm y 127 mm, bien distribuidos durante el ciclo del cultivo, en 2012 y 2013 respectivamente. Todas estas características edafoclimáticas permiten el cultivo de maíz para forraje de ciclos FAO 200-300 en manejo de secano, tal y como se cultiva habitualmente en esta región.

El diseño del ensayo fue en bloques al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos herbicidas se aplicaron en preemergencia y fueron los siguientes:

- 1.-Control: sin tratamiento herbicida.
- 2.-Harness GTZ (Acetocloro 45% + Terbutilazina 21,4%). Dosis 4 l/ha. (Actualmente no comercializado).
- 3.-Successor 600 (Petoxiamida 60%). Dosis 2 l/ha.
- 4.-Camix (Mesotriona 4% + S-Metolacloro 40%). Dosis 3,35 l/ha.
- 5.-Spectrum (Dimetenamida-p 72%) + Stomp LE (Pendimetalina 33%). Dosis 1,2 l/ha + 5 l/ha.

6.- Escarda mecánica: pase de grada de púas flexibles y pase de escardadora. La grada de púas trabaja sobre la totalidad de la superficie y su objetivo es remover el terreno a unos 2 cm de profundidad, en un momento en que las malas hierbas están en su desarrollo inicial (cotiledones o primeras hojas verdaderas) y con un enraizamiento muy superficial, quedando las malas hierbas arrancadas o enterradas. Las plantas de maíz ya germinadas, en un estadio de desarrollo de 2-4 hojas y con un enraizamiento más profundo se ven poco afectadas por esta labor. Al cabo de 4 semanas del primer pase, se pasó la escardadora mecánica entrecalles del cultivo.

Las unidades experimentales consistieron en parcelas de 16 líneas de 12 m de longitud, con una separación entre líneas de 0,75 m y entre plantas de 0,135 m; siendo la superficie total de las parcelas 12 x 12 m².

La variedad comercial de maíz forrajero sembrada fue cv LG 33.85, con 133 días entre siembra y cosecha según el díptico de “Valor agronómico das variedades comerciais de milho forraxeiro en Galicia, actualización 2015” (Bande, 2015), a una dosis aproximada de 100 000 granos ha⁻¹. Se fertilizó con 800 kg/ha de 15-15-15 y 175 kg/ha de ClK en fondo, y 150 kg/ha de urea 46% en cobertera; aportando 190 unidades fertilizantes de nitrógeno (fraccionando 120 en fondo y 70 en

cobertera), 120 de P_2O_5 y 225 de K_2O . Antes de la siembra también se aplicó un insecticida a base de clorpirifos al 5%.

El cultivo se sembró el 21 de mayo de 2012 y el 10 de junio de 2013 y la aplicación de los herbicidas se realizó el 24 de mayo y el 14 de junio respectivamente. Las condiciones climáticas de la aplicación de los herbicidas fueron óptimas, según las recomendaciones del fabricante, observándose los dos días posteriores a su aplicación 2,3 y 0,3 mm de precipitación acumulada en 2012 y, 0 y 11,7 mm en 2013, respectivamente, y temperaturas moderadas (14,4 y 14,8 °C) en 2012 y (15,6 y 13,6 °C) en 2013.

En el tratamiento de escarda mecánica, el pase de grada de púas se realizó el 8 de junio y el de escardadora el 6 de julio en 2012 y el 28 de junio y el 18 de julio en 2013.

La valoración de la actividad del herbicida se realizó aproximadamente 15 días después de la escarda (18/07/12 y 29/07/13) mediante el conteo del número de individuos de malas hierbas presentes de cada especie en un cuadrado con una superficie de muestreo de 50 x 50 cm, realizándose tres medidas al azar en cada unidad experimental para calcular la densidad relativa (%). La cobertura fue estimada visualmente en toda la parcela empleando la escala de abundancia porcentual de Domin-Krajina (Kershaw, 1964). Esta escala va desde 1 (<4% de cobertura con pocos individuos) hasta 10 (cobertura 91-100%).

La cosecha del cultivo de maíz se realizó el 6 de octubre de 2012 y el 8 de octubre de 2013, cortando 10 plantas consecutivas a una altura de 8 cm de la base, en la fila central de cada parcela y se midió la longitud que ocupaban para calcular la superficie. Se pesaron directamente en el campo mediante dinamómetro y posteriormente se picaron con picadora Viking. Las plantas picadas se mezclaron por cuarteos sucesivos y se tomó una muestra de aproximadamente 1000 g, que se envió al laboratorio para la determinación de la materia seca (MS) en estufa de aire forzado Unitherm, a 80 °C durante 16 h (Castro, 1996) y posterior molido a 1 mm en molino de martillos Christy and Norris. Se determinó el contenido en proteína bruta (PB), expresada como nitrógeno (N) total x 6,25. El N se midió 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 contenido de fibra neutro detergente (FND) se determinó según Goering y Van Soest (1970) en un digestor Fibertec (Foss Tecator AB, Suecia). La producción en materia orgánica digestible (MOD) se calculó a partir de la producción de materia seca y de la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (IVMOD) determinada mediante análisis NIRS. La reducción en el rendimiento del maíz se calculó dándole el valor 0,0% de reducción al tratamiento con la producción más elevada.

El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA y las comparaciones de medias se efectuaron mediante la diferencia mínima significativa de Duncan, utilizando el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS v.9.2. (SAS Institute, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las condiciones de los ensayos, la principal especie adventicia que compitió con el maíz forrajero fue *Chenopodium album* L. que presentó una mayor densidad que el resto de especies (Tabla 1), mientras que *Cyperus rotundus* (L.) presentó una densidad intermedia-baja. También estuvieron presentes en menor medida *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. y *Polygonum* L. que registraron en todos los tratamientos poblaciones muy bajas. El conjunto de otras estuvo representado por una diversidad de especies (5) en el cómputo general que, por separado, mostraron muy bajas densidades.

Tabla 1. Densidad relativa de malas hierbas (%).

Tratamientos	<i>Chenopodium</i>	<i>Digitaria</i>	<i>Echinochloa</i>	<i>Cyperus</i>	<i>Polygonum</i>	Otras
Control	77,3 ab	1,5 a	1,8 a	2,7 a	2,7 a	8,7 a
Harness GTZ	54,5 b	0,2 a	0,0 a	1,5 a	1,0 a	1,0 b
Successor 600	42,3 b	0,2 a	0,7 a	9,5 a	1,2 a	5,0 ab
Camix	58,3 b	1,7 a	1,5 a	3,8 a	1,3 a	2,0 b
Spectrum+Stomp	37,2 b	0,5 a	1,5 a	9,7 a	0,7 a	2,8 b
Escarda mecánica	145,0 a	1,7 a	2,2 a	7,7 a	2,8 a	8,0 a
DMS	77,3	2,2	2,3	8,9	2,7	3,7
RMSE	135,4	3,9	4,0	15,6	4,7	6,5

En la misma columna valores seguidos de la misma letra no difieren significativamente ($p < 0,05$).

DMS: Diferencia mínima significativa al 5%. RMSE: Raíz cuadrada del error cuadrático medio.

En general las parcelas control y las que recibieron la escarda mecánica presentaron una mayor densidad de adventicias en la fecha en que se realizó el muestreo, siendo las diferencias más apreciables en el caso de *Chenopodium* y "Otras". La abundancia de estas especies en la escarda mecánica fue debida a que la escarda no fue complementada con un aporcado, quedando las adventicias en la línea de cultivo intactas. Los tratamientos herbicidas: Successor 600, Harness GTZ, Camix y Spectrum + Stomp, no mostraron diferencias en cuanto a la eficacia en el tratamiento de las distintas adventicias.

La cobertura de las adventicias, estimada visualmente aplicando la escala de Domin-Krajina se muestra en la Tabla 2. Se observa que ninguno de los tratamientos eliminó totalmente las adventicias, pero si se detectaron diferencias significativas.

Tabla 2. Cobertura estimada visualmente de malas hierbas mediante la escala de abundancia porcentual de Domin (18/07/12) (cinco repeticiones por parcela).

Tratamientos	Successor					Escarda mecánica
	Control	Harness GTZ	600	Camix	Spectrum+Stomp	
Escala Domin-Krajina	6,1 a	3,4 b	5,6 a	3,0 b	3,8 b	6,8 a

En la misma fila valores seguidos de la misma letra no difieren significativamente ($p < 0,05$). DMS: 1,6.

Los tratamientos que mantuvieron el terreno con menor presencia de adventicias fueron los que combinan varias materias activas (Harness GTZ y Spectrum + Stomp) y Camix, no presentando diferencias significativas entre ellos.

En la Tabla 3 se muestran los valores medios ($n=4$) de rendimiento del maíz (t MS/ha) y la merma o reducción en el rendimiento ocasionado por el efecto competitivo de las adventicias expresado en porcentaje (%). Se observa claramente que las parcelas control que no han recibido ningún tratamiento presentan menores rendimientos, y las parcelas que recibieron un herbicida que combina varias materias activas (Harness GTZ) fueron las que produjeron los mayores rendimientos, seguidas de las que recibieron la "mezcla" de herbicidas Spectrum + Stomp y las que recibieron Camix, tratamientos que no difieren significativamente del anterior. La escarda mecánica no presenta diferencias significativas en su eficacia con respecto a Spectrum + Stomp y Camix.

En cuanto a la reducción en el rendimiento con respecto a la mayor producción obtenida, las parcelas control seguidas de las que recibieron Successor 600 son las que sufrieron las mayores mermas. Para obtener mejores resultados en las parcelas que recibieron un control mecánico habría que dotar a la escardadora de unos acoples de binadora para aporcar el maíz (Mangado, 2009), e

impedir la proliferación de adventicias entre plantas en el surco (observado en el ensayo) que compiten directamente con el cultivo.

Tabla 3. Efecto de los tratamientos en el rendimiento y la calidad del maíz forrajero.

Tratamientos	Producción (t MS/ha)	Reducción en el rendimiento (%)	PB (%)	FND (%)	MOD (t MS/ha)
Control	9,8 d	52,0 a	4,6 a	53,6 a	6,6 d
Harness GTZ	20,5 a	0,0 d	4,9 a	47,6 b	14,0 a
Successor 600	13,5 c	34,4 ab	4,8 a	51,9 a	9,0 c
Camix	18,3 ab	10,8 cd	4,6 a	49,0 b	12,3 ab
Spectrum+Stomp	18,7 ab	9,0 cd	5,1 a	47,8 b	12,8 ab
Escarda mecánica	15,9 bc	22,3 bc	5,1 a	48,6 b	10,8 bc
DMS	3,8	18,3	0,8	2,7	2,4

En la misma columna valores seguidos de la misma letra no difieren significativamente ($p < 0,05$) Duncan.

DMS: Diferencia mínima significativa al 5%.

Con respecto a la calidad nutritiva del forraje (Tabla 3), en los valores de proteína no se han encontrado diferencias significativas entre tratamientos herbicidas. Los menores valores de fibra neutra se registraron en las parcelas que recibieron Harness GTZ, Spectrum + Stomp, Camix y escarda mecánica difiriendo significativamente con el tratamiento control y las parcelas que recibieron Successor 600. El rendimiento en materia orgánica digestible, como era de esperar, ha seguido el mismo patrón que la producción, obteniéndose los mayores valores en las parcelas que recibieron Harness GTZ, seguido de las que recibieron una mezcla de materias activas (Spectrum + Stomp) y de las que recibieron Camix, no presentando diferencias significativas entre ellos.

Se observó que la escarda mecánica podría ser eficaz en la lucha contra las adventicias si se escoge bien el momento de realización de las diferentes labores y si se dota a la escardadora de un complemento de binadora que aporcará y protegerá la línea de cultivo, ya que en estas parcelas las adventicias se encontraban localizadas en las líneas. Esta técnica ha mostrado mejores resultados en otros trabajos (Piñeiro *et al.*, 2002; Mangado, 2009), probablemente debido al efecto de aporcado que en este caso no se ha realizado por falta de la máquina adecuada.

CONCLUSIONES

En general todos los tratamientos herbicidas, aplicados en preemergencia del cultivo de maíz, han sido eficaces sobre las adventicias existentes, destacando los tratamientos Harness GTZ (retirado del mercado), Spectrum + Stomp (en mezcla) y Camix, que obtuvieron mejores resultados en el control de las adventicias más habituales e importantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANDE-CASTRO M.J. (2015) Resultados da avaliación de variedades de millo forraxeiro en Galicia. *Afriga*, **115**, 84-90.
- CASTRO P. (1996) Efecto de tres temperaturas de secado sobre la composición química de forrajes y heces. En: Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (Ed) *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la SEEP*, pp. 365-368. La Rioja, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- CASTRO P., GONZÁLEZ-QUINTELA A. Y PRADA-RODRÍGUEZ, D. (1990) Determinación simultánea de nitrógeno y fósforo en muestras de pradera. En: Pastos (Ed) *Actas de la XXX Reunión*



- Científica de la SEEP*, pp. 200-207. San Sebastián, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- FERNÁNDEZ DE GOROSTIZA F. (1996) *Vademecum del maíz*. Ediciones Agrotécnicas, 296 pp. Madrid (España).
- GOERING H. Y VAN SOEST P. (1970) Forage fiber analyses (Apparatus, Reagents, Procedures and some applications). U.S.D.A. Agriculture Handbook nº 379, 20 pp. EEUU.
- KERSHAW K.A. (1964) *Quantitative and dynamic ecology*. London. U.K. Edward Arnold.
- MAGRAMA (2014) (15 de xuño de 2015) Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. Resultados 2014.
http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/boletin2014_tcm7-384110.pdf.
- MANGADO J.M. Y BARBERÍA A. (2006) Red de Evaluación de variedades de maíz forrajero. Grupo de ciclos 400-500 Resultados del año 2006 Navarra I.T.G. Ganadero S.A. Navarra.
- MANGADO J.M. (2009) Control de malas hierbas no cultivo de millo forraxeiro: fitosanitarios e control mecánico. *Afriga*, **79**, 74-86.
- OLIVEIRA A.M., SILVA P.S.L., ALBUQUERQUE C.C., AZEVEDO C.M.S.B., CARDOSO M.J. Y OLIVEIRA O.F. (2011) Weed control in corn via intercropping with gliricidia sown by broadcasting. *Planta Daninha*, **29(3)**, 535-543.
- PARDO SANCLEMENTE G., CIRUJEDA A., ZARAGOZA C., CAVERO J. Y AIBAR J. (2008) (Acceso 15 de decembro de 2015) Weed harrowing in winter cereal under semi-arid conditions. http://digital.csic.es/bitstream/10261/10190/1/CaveroJ_SpanishJAgrRes_2008.pdf.
- PEÑA-ASÍN J., COSTAR CASTÁN A., PUIG BASA M. Y ÁLVAREZ RODRÍGUEZ Á. (2012) (15 de decembro de 2015) Evaluación del comportamiento de poblaciones de maíz frente a la competencia de malas hierbas.
http://digital.csic.es/bitstream/10261/89260/1/AAlvarez_CongMejGenPlant-2_2012.pdf.
- PIÑEIRO J., SUÁREZ R., DÍAZ N. Y FERNÁNDEZ J. (2002) Cultivo de maíz forrajero ecológico. En: *Actas del V Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica y I Congreso Iberoamericano de Agroecología*, pp. 1253-1261.
- RADOSEVICH S.R. Y APPLEBY A.P. (1973) Relative susceptibility of two common groundsel (*Senecio vulgaris* L.) biotypes to six s-triazines. *Agronomy Journal*, **65(4)**, 553-555.
- SAS INSTITUTE (2009) *SAS/Stat User's Guide*, v.9.2. Cary, N.C, USA SAS Institute Inc.

EFFECT OF APPLICATION OF HERBICIDES AND MECHANICAL CONTROL WEED IN FORAGE MAIZE IN GALICIA

SUMMARY

Despite the continued widespread use of chemicals for the efficient control of weed, the absence of control over them is a major cause of losses in crop yields of forage maize. The aim of the present work was to evaluate the effects of different weed control strategies on forage maize and its effect on production of dry matter and digestible organic matter, and on quality (crude protein and neutral detergent fiber) of forage maize during the years 2012 and 2013. The results show that the best yields were obtained with the herbicides Harness GTZ, of Spectrum and Stomp, and with Camix. Under the conditions of the test the best control of weeds was also achieved with them.

Key words: *Zea mays* L., phytosanitary, weeds.

CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DE ESPECIES DE LOS PRADOS DEL PIRINEO CENTRAL

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

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

RESUMEN

Tras un muestreo realizado en cuatro prados del Pirineo central español, justo antes de la siega del año 2014, se estudian los valores de proteína bruta (PB) y Valor Relativo del Forraje (VRF) de 34 especies, las variaciones intraespecíficas y la relación entre ambos parámetros. La PB oscila entre valores extremos de 5,7% y 21,0% y medios (mediana) de 6,6 % y 18,2 % y el VRF entre valores extremos de 68,4 y 241,0 y medios (mediana) de 71,4 y 229,9. Las amplitudes de los valores intraespecíficos varían en PB entre 0,84 y 5,55 y en VRF entre 2,53 y 53,10. Esta variación intraespecífica no está correlacionada significativamente con la mediana de la PB y sí lo está con la de VRF. La relación entre PB y VRF muestra una correlación positiva y, sin embargo, sólo en tres especies se observa esta tendencia dentro de su variación intraespecífica. Aunque las gramíneas presentan bajos valores en PB y VRF (estado fenológico avanzado) en el momento de la siega, hay otras especies, además de las leguminosas, que aportan en cambio un forraje de calidad elevada. Estas especies que son claves para la calidad nutricional del heno producido, son también las responsables de la diversidad florística de estas comunidades vegetales, incluidas en la directiva 92/43/CEE por su interés ambiental.

Palabras clave: proteína bruta, Valor Relativo del Forraje, especies forrajeras, prados de siega.

INTRODUCCIÓN

Existe mucha información sobre la calidad nutritiva del heno de los prados de siega y sus variaciones. Sin embargo, salvo el caso de algunas leguminosas y gramíneas, se conoce poco sobre la aportación relativa de las especies que los componen (Baumont *et al.*, 2008; Elgersma *et al.*, 2014; Reiné *et al.*, 2014b). En el Pirineo español una buena parte de los prados son semi-naturales y se caracterizan por su riqueza florística y bajo grado de intensificación (Reiné *et al.*, 2014a). El interés de este tipo de prados no sólo estriba en la producción sino también en aspectos como la ingestión y digestibilidad del forraje, el aporte de minerales, ácidos grasos, taninos, vitaminas, la calidad de la leche o la carne y la diversidad vegetal (Farruggia *et al.*, 2008; Hammond *et al.*, 2014; Lukac *et al.*, 2012; Macheboeuf *et al.*, 2014; Sturludóttir *et al.*, 2014). Hay que señalar que determinadas especies, mezclas de especies y condiciones de consumo pueden modificar de forma positiva o negativa la actividad microbiana del rumen (Busquet *et al.*, 2005). En este trabajo se abordan la caracterización y la variación de la calidad nutritiva mediante la proteína bruta (PB) y el Valor Relativo del Forraje (VRF) de 34 especies comunes en cuatro prados contiguos a efectos de observar la variación de las especies cuando los sustratos, condiciones climáticas y manejos son los mismos.

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 Figura 1. Se han analizado por lo tanto 136 muestras.

En laboratorio, las muestras se secaron a 55 °C durante 24 horas y se molieron hasta partículas inferiores a 1 mm, analizándose la Proteína Bruta (PB) mediante el método Kjeldahl ($N \times 6,25$). Las fracciones del método Van Soest, Fibra Neutro Detergente (FND), Fibra Ácido Detergente (FAD) y Lignina Ácido Detergente (LAD), se obtuvieron mediante la técnica de las bolsas de nylon filtro (F57) en el analizador de fibra ANKOM 220. Para la valoración de la calidad de la hierba se ha recurrido a la metodología de Linn y Martin, citada por Calsamiglia (1997), y que responde a los siguientes cálculos: Digestibilidad de la Materia Seca (DMS): $DMS \% = 88,9 - [0,779 \times FAD (\% \text{ sobre MS})]$; Ingestibilidad de la Materia Seca (IMS): $IMS (\% \text{ del Peso Vivo}) = 120 / FND (\% \text{ sobre MS})$; Valor Relativo del Forraje (VRF): $VRF = (DMS \times IMS) / 1,29$. La clasificación del forraje en función del VRF es: excelente (>151), 1ª (151-125), 2ª (124-103), 3ª (102-87), 4ª (86-75) y 5ª (<75).

Para comparar los contenidos de PB y VRF entre los prados y entre las especies se utilizó la prueba no paramétrica de Friedman ($p < 0,01$). Con el coeficiente ρ de Spearman se analizaron las correlaciones entre PB y VRF y entre las medianas y amplitudes de cada parámetro para el conjunto de especies.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los contenidos medios de PB y el VRF medio de las especies muestreadas en cada prado se indican en la Tabla 1. La PB por prado se sitúa entre 9,76 y 11,33% y el VRF entre 123,47 y 125,83. Valores similares para ambos parámetros ya se habían obtenido en un trabajos reciente de nuestro equipo (Reiné *et al.*, 2014b). La prueba de rangos de Friedman entre prados no indica diferencias significativas ante las variaciones del VRF mientras que sí lo son respecto a la PB. Es decir, las especies del prado 1 tienen menores contenidos proteicos medios que las de los prados 3 y 4, pese a que estas cuatro parcelas como ya se mencionó se seleccionaron intentando reducir al máximo la variabilidad abiótica y de manejo ganadero del valle. Podrían existir por lo tanto otros factores ajenos a los mencionados que originarían estas diferencias.

Tabla 1. Valores medios (medianas) y desviaciones estándar de proteína bruta (PB) y valor relativo del forraje (VRF) de las 34 especies muestreadas en cada prado y significación de la prueba de Friedman. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,01$).

	Prado 1	Prado 2	Prado 3	Prado 4	p
PB (%MS)	9,76 ± 2,89 a	10,55 ± 3,38 ab	11,33 ± 3,19 b	10,74 ± 2,81 b	0,003
VRF	124,57 ± 34,44	123,47 ± 34,80	125,83 ± 34,42	125,40 ± 35,56	0,847

En la Figura 1 se presentan los contenidos de PB y el VRF de las 34 especies estudiadas con sus resultados medios (mediana) y los valores extremos de las muestras tomadas en cada uno de los cuatro prados. Fluctúan para la PB entre un mínimo de 5,66% para *Cerastium fontanum* y un máximo de 21,02% para *Vicia cracca* y en el caso del VRF el mínimo lo presentó la especie *Festuca pratensis* con 68,37 y el máximo *Taraxacum officinale* con 241,02. Como cabría pensar ante estos rangos de variación, existen diferencias entre los contenidos de PB y el VRF de las 34 especies analizadas (en ambos casos la prueba de rangos de Friedman resultó significativa $p < 0,0001$). Para la PB, las amplitudes de los valores de las especies varían entre 0,84 (*Trisetum flavescens*) y 5,55 (*Heracleum sphondylium*). Las especies que presentan mayor amplitud en relación a la mediana son *F. pratensis* (62%), *Silene vulgaris* (58%) y *Sanguisorba minor* (46%) y las que menos *T. officinale* (7%), *Onobrychis viciifolia* (7%) y *Anthyllis vulneraria* (8%). En el VRF los rangos de variación no son tan amplios

oscilando entre 2,53 (*Dactylis glomerata*) y 53,10 (*T. officinale*). Las especies que presentan mayor amplitud en relación a la mediana son *F. pratensis* (33%), *Knautia arvensis* (28%), *Laserpitium latifolium* (27%) y *Agrostis capillaris* (27%) y las que menos *Lolium perenne* (3%), *D. glomerata* (3%) y *Picris hieracioides* (4%). Comparando estos valores, tan solo la gramínea *F. pratensis* presenta una alta variabilidad para los dos parámetros analizados.

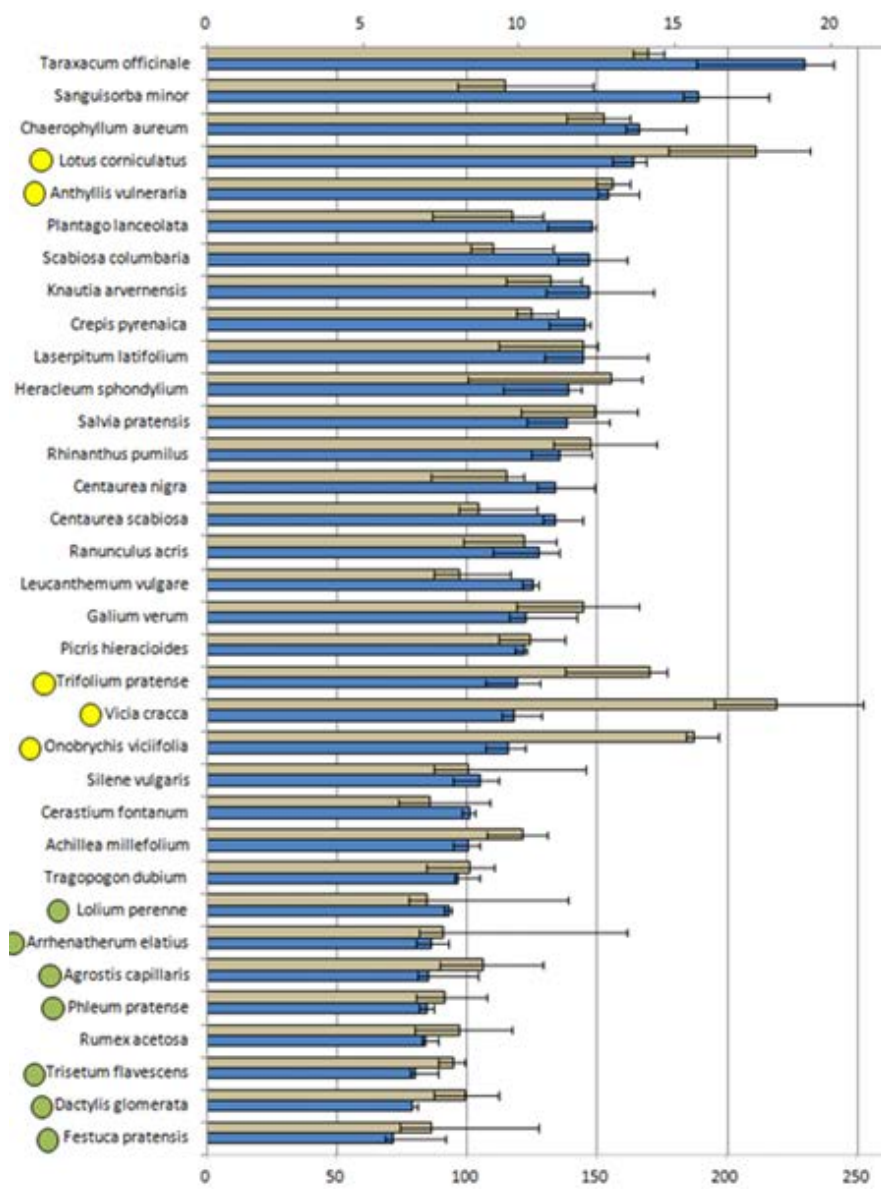


Figura 1: Valores medios (mediana) y valores extremos de proteína bruta (PB (%)) y valor relativo del forraje (VRF) de las 34 especies estudiadas en los cuatro prados del Valle de Benasque (Huesca), ordenadas de mayor a menor según su VRF.

En el otro extremo sin embargo, sí que se han identificado una serie de especies con muy poca variación: *Achillea millefolium*, *A. vulneraria*, *C. fontanum*, *Crepis pirenaica*, *L. perenne*, *P. hieracioides* y *Rumex acetosa*. Cabe también plantearse si la variación intraespecífica está vinculada a la magnitud de los valores de PB y VRF. En el caso de la PB no se observa que haya relación entre la mediana y la amplitud (ρ de Spearman=0,22, $n=34$, $p=0,206 > 0,05$, no significativa) mientras que en VRF hay relación positiva y a mayor VRF la amplitud de valores de las especies aumenta (ρ de Spearman=0,62, $n=34$, $p=0,000 < 0,05$, significativa). Referenciando estos resultados con la



bibliografía, podemos generalizar que nuestros valores de PB y VRF se sitúan algo por debajo de los revisados, si bien se debe advertir que la mayoría de estos trabajos se realizan en ambientes más productivos, sobre especies sembradas en ensayos experimentales o con distinta fenología (Daccord *et al.*, 2001; Jeangros *et al.*, 2001; Peláez *et al.*, 2011, Lukac *et al.*, 2012; Vondrášková *et al.*, 2012; Elgersma *et al.*, 2014).

GRUPOS DE PB	1º				<i>Onobrychis viciifolia</i> <i>Vicia cracca</i>		<i>Lotus corniculatus</i>
	2º				<i>Trifolium pratense</i>	<i>Heracleum sphondylium</i>	<i>Anthyllis vulneraria</i> <i>Chaerophyllum aureum</i> <i>Taraxacum officinale</i>
	3º			<i>Achillea millefolium</i>	<i>Picris hieracioides</i>	<i>Centaurea nigra</i> <i>Crepis pyrenaica</i> <i>Galium verum</i> <i>Knautia arvensis</i> <i>Laserpitium latifolium</i> <i>Plantago lanceolata</i> <i>Ranunculus acris</i> <i>Rhinanthus pumilus</i> <i>Salvia pratensis</i>	<i>Sanguisorba minor</i>
	4º	<i>Agrostis capillaris</i> <i>Arrhenatherum elatius</i> <i>Festuca pratensis</i>	<i>Dactylis glomerata</i> <i>Phleum pratense</i> <i>Rumex acetosa</i> <i>Trisetum flavescens</i>	<i>Cerastium fontanum</i> <i>Lolium perenne</i> <i>Tragopogon dubium</i>	<i>Silene vulgaris</i>	<i>Centaurea scabiosa</i> <i>Leucanthemum vulgare</i> <i>Scabiosa columbaria</i>	
	5ª	4ª	3ª	2ª	1ª	Excelente	
CATEGORÍAS DE VRF							

Figura 2: Clasificación de especies de prados pirenaicos según valores de proteína bruta (PB) y valor relativo del forraje (VRF). Para PB el rango de variación de la mediana se dividió en cuatro intervalos iguales, diferenciando otros tantos grupos: Grupo 1: 18,24-15,45%, Grupo 2: 15,45-12,65%, Grupo 3: 12,65-9,86%, y Grupo 4: 9,86-7,06%. Las categorías del forraje según su VRF se corresponden a las asignadas por Calsamiglia (1997). En color verde se resaltan las gramíneas y en amarillo las leguminosas.

Los parámetros PB y VRF se correlacionan positiva y significativamente (ρ de Spearman=0,57, n=136, p<0,01). Esta relación obtenida a partir de los valores de las especies, es muy similar a la que se ha obtenido a partir de muestras de henos en otros trabajos, por ejemplo ρ =0,62, n=20, p<0,01 con los datos de Calsamiglia (1997) y ρ =0,50, n=104, p<0,01 en Reiné *et al.* (2014a). Sin embargo, paradójicamente, esta relación no la cumplen la mayoría de las especies. Sólo muestran correlación positiva y significativa *F. pratensis*, *S. minor* y *Scabiosa columbaria*.

En la Figura 2 se han clasificado las especies según sus valores de PB y VRF. Para la PB se hicieron cuatro grupos, según el rango de variación de la mediana, que de mayor a menor fueron Grupo 1: 18,24-15,45%, Grupo 2: 15,45-12,65%, Grupo 3: 12,65-9,86%, y Grupo 4: 9,86-7,06%. Para el VRF los seis grupos corresponden a las categorías del forraje asignadas por Calsamiglia (1997). Por su alta calidad en ambos parámetros destacan 2 leguminosas (*A. vulneraria* y *Lotus corniculatus*), 2 umbelíferas (*H. sphondylium* y *Chaerophyllum aureum*) y *T. officinale*. También son reseñables por su



alto valor proteico, aunque su VRF es de 2ª categoría *O. viciifolia*, *V. cracca* y *Trifolium pratense*. Con VRF excelente o clase 1ª y valor proteico relativamente bajo, se sitúa un numeroso grupo de especies encabezado por *S. minor* y *Centaurea nigra* (Figura 2). En sentido opuesto la calidad de las 7 gramíneas analizadas es muy baja y equivalente a *A. millefolium*, *C. fontanum*, *P. hieracioides*, *Rumex acetosa*, *S. vulgaris* y *Tragopogon dubium*.

Como en trabajos anteriores no deja de sorprender estos valores tan bajos de las gramíneas, probablemente porque para el corte de los prados (primera semana de julio) presentan un estado fenológico muy avanzado. No pretendemos cuestionar la calidad bromatológica de esta familia botánica, sino simplemente resaltar que en estas comunidades vegetales, con el manejo agrario actual, la calidad del heno para la alimentación de los animales se debe a las leguminosas y a otros grupos de especies menos precoces.

CONCLUSIONES

Existe una elevada variación interespecífica e intraespecífica de los valores de PB y VRF en las 34 especies estudiadas. La amplitud intraespecífica no está correlacionada con la mediana de los valores de PB y sí lo está con los de VRF. Los parámetros PB y VRF muestran una correlación positiva significativa.

En las condiciones climáticas, de sustrato y de manejo de este tipo de prados de siega del Pirineo, destacan como especies de calidad alta en el momento de la siega *A. vulneraria*, *Lotus corniculatus*, *H. sphondylium*, *C. aureum* y *T. officinale* equiparables a las forrajeras de prados de manejo intensificado. En el otro extremo se sitúan las gramíneas con valores bajos para ambos parámetros puesto que en el tiempo de la siega presentan estados fenológicos avanzados. En ese momento además de las leguminosas, hay un buen número de especies en los prados que aportan un forraje de calidad elevada. Estas especies que son claves para la calidad bromatológica del heno producido, son también las responsables de la diversidad florística de estas comunidades vegetales, incluidas en la directiva 92/43/CEE por su interés ambiental.

AGRADECIMIENTOS

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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAUMONT R., AUFRERE J., NIDERKORN V., ANDUEZA D., SURAULT F. Y PECCATTE J.R. (2008) La diversité spécifique dans le fourrage: conséquence sur la valeur alimentaire. *Fourrages*, **194**, 189-206.
- BUSQUET M., CALSAMIGLIA S., FERRET A. Y KAMEL C. (2005) Screening for effects of plant extracts and active compounds of plants on dairy cattle rumen microbial fermentation in a continuous culture system. *Animal Feed Science and Technology*, **123-124**, 597-613.
- CALSAMIGLIA S. (1997) *Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes*. XIII Curso de Especialización de la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). Madrid.
- DACCORD R., ARRIGO Y., JEANGROS B., SCEHOVIC J., SCHUBIGER F.X. Y LEHMANN J. (2001) Valeur nutritive des plantes de prairies. 2: Teneurs en constituants pariétaux. *Revue suisse d'agriculture*, **33(2)**, 81-86.



- ELGERSMA A., SØEGAARD K. Y JENSEN S.K. (2014) Herbage dry-matter production and forage quality of three legumes and four non-leguminous forbs grown in single-species stands. *Grass and Forage Science*, **69(4)**, 705-716.
- FARRUGGIA A., MARTIN B., BAUMONT R., PRACHE S., DEREAU M., HOSTE H. Y DURAND D. (2008) Quels intérêts de la diversité floristique des prairies permanentes pour les ruminants et les produits animaux?. *INRA Production Animal*, **21(2)**, 181-200.
- HAMMOND K.J., HUMPHRIES D.J., WESTBURY D.B., THOMPSON A., CROMPTON L.A., KIRTON P., GREEN C. Y REYNOLDS C.K. (2014) The inclusion of forage mixtures in the diet of growing dairy heifers: Impacts on digestion, energy utilisation, and methane emissions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **197**, 88-95.
- JEANGROS B., SCEHOVIC J., SCHUBIGER F.X., LEHMANN J., DACCORD R. Y ARRIGO Y. (2001) Valeur nutritive des plantes de prairies. 1. Teneurs en matière sèche, matière azotée et sucres. *Revue suisse d'agriculture*, **33(2)**, 73-80.
- 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.
- MACHEBOEUF D., COUDERT L., BERGEAULT R., LALIÈRE G. Y NIDERKORN V. (2014) Screening of plants from diversified natural grasslands for their potential to combine high digestibility, and low methane and ammonia production. *Animal*, **8(11)**, 1797-1806.
- PELÁEZ R., ANDRÉS S., GARCÍA R. Y CALLEJA A. (2011) Valor alimenticio de especies productivas en prados de montaña. En: López Carrasco C. et al. (Eds) *Pastos, paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI*, pp. 325-330. Toledo, España: SEEP.
- REINÉ R., BARRANTES O., CHOCARRO C., JUÁREZ A., BROCA A., MAESTRO M. Y FERRER C. (2014a). Pyrenean meadows in Natura 2000 network: grass production and plant biodiversity conservation. *Spanish Journal of Agricultural Research*, **12(1)**, 61-77.
- REINÉ R., BROCA A., BARRANTES O. Y FERRER C. (2014b) Una visión reivindicativa del grupo "otras familias" en los pastos. Datos analíticos y valor nutritivo de algunas especies abundantes en prados pirenaicos. En: Busqué J. et al. (Eds) *Pastos y PAC 2014-2020*, pp. 397-404. Potes, España: SEEP.
- STURLUDÓTTIR E., BROPHY C., BÉLANGER G., GUSTAVSSON A.M., JØRGENSEN M., LUNNAN T. Y HELGADOTTIR A. (2014) Benefits of mixing grasses and legumes for herbage yield and nutritive value in Northern Europe and Canada. *Grass and Forage Science*, **69(2)**, 229-240.
- VONDRÁŠKOVÁ B., ČERMÁK B., MARTÍNKOVÁ L. Y BROUČEK J. (2012) Examination of the nutritional quality of forbs from mountainous pastures in the Southwestern Bohemia region. *Ekológia (Bratislava)*, **31(2)**, 231-237.

CHARACTERISTICS OF FORAGE SPECIES OF MEADOWS IN THE CENTRAL PYRENEES

SUMMARY

Crude protein (CP) and relative feed value (RFV) of 34 species of meadows in the Central Pyrenees, together with their intraspecific variation and the relationship between both parameters are studied. CP contents ranged between 5.7% - 21.0% (extreme values) and 6.6 - 18.2 % (median values), and RFV ranged between 68.4 - 241.0 (extreme values) and 71.4 - 229.9 (median values). Intraspecific CP ranged between 0.84 and 5.55 and intraspecific RFV ranged between 2.53 and 53.10. This intraspecific variation is not linked to the magnitude of the values of CP, but it is to the RFV. The relationship between CP and RFV shows a positive correlation. However, this trend is observed

within their intraspecific variation in 3 species, only. Finally, we point out that, while grasses have low CP and RFV values (advanced growth stage), there are other species which, together with legumes, provide high quality forage at the same time of cutting. These species are key for the quality of the hay produced, and they are also responsible of the floristic diversity of these plant communities, which are included in the Directive 92/43/EEC because of their environmental interest.

Key words: crude protein, relative feed value, forage species, hay meadows.

ANTIOXIDANTES Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN PRATENSES LIGADAS A LA DEHESA: EFECTO DE LA FECHA DE RECOLECCIÓN Y LA ESPECIE

M. CABEZA DE VACA, F. GONZÁLEZ, S. GARCÍA-TORRES, D. TEJERINA Y V. MAYA.

Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX-LA ORDEN). Ctra. A-V, Km 372,
06187 Guadajira, Badajoz. merycv@hotmail.com.

RESUMEN

Se ha estudiado el efecto de la fecha de recolección y la especie en cinco especies pratenses mediterráneas ligadas a la mejora de pastos de dehesa: *Plantago lagopus* L., *Plantago lanceolata* L., *Biserrula pelecinus* L., *Medicago polymorpha* L. y *Trifolium subterraneum* L. Para cada especie, desde finales de marzo a finales de mayo, se estudiaron los contenidos en materia seca (MS), vitamina E (α -tocoferol y γ -tocoferol), polifenoles totales (PT) y la actividad antioxidante total (AAT), así como el contenido en grasa bruta (GB) y el perfil de ácidos grasos. Se observó una evolución continua de los parámetros antioxidantes y del perfil de ácidos grasos ($p < 0,001$). Desde marzo a finales de mayo, los contenidos en MS aumentaron mientras que los parámetros antioxidantes disminuyeron. También tuvo lugar, especialmente en mayo, un aumento de los ácidos grasos saturados (AGS) y monoinsaturados (AGM), y un descenso de los contenidos en GB, ácido linolénico y ácidos grasos poliinsaturados (AGP). El factor especie mostró sobre todos los compuestos un efecto significativo ($p < 0,001$), resultando *Plantago* el género con mayor contenido en compuestos antioxidantes y *Medicago polymorpha* la especie con menor contenido y poder antioxidante y con mayor contenido en AGS.

Palabras clave: pradera, tocoferol, polifenoles, linolénico.

INTRODUCCIÓN

La selección de especies pratenses tiene como objetivo la mejora pastoral, tanto desde el punto de vista del incremento de la producción como de la mejora de la calidad nutritiva de los pastos. Dentro de los compuestos nutritivos asociados a los pastos, la presencia de antioxidantes y el perfil de ácidos grasos pueden resultar variables de gran interés debido a la transferencia de parte de los mismos a los productos ganaderos finales (carne y productos lácteos) (Cañeque *et al.*, 2012; Tejerina *et al.*, 2012; Kälber *et al.*, 2014). Así, la presencia de compuestos antioxidantes en los productos cárnicos ayuda a incrementar su vida útil y prolongar su conservación; mientras que la presencia de contenidos en ácidos grasos poliinsaturados supone un incremento de los valores saludables (Grusak y DellaPenna, 1999). En este sentido, los pastos herbáceos suponen una importante fuente de antioxidantes, como los compuestos fenólicos (Waterman y Mole, 1994) o la vitamina E (Tejerina *et al.*, 2011; Cañeque *et al.*, 2012), además de presentar un alto porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados (Cabbidu *et al.*, 2009; Yang y Ohlrogge, 2009). Sin embargo, la presencia y abundancia de estos compuestos pueden variar según la especie, el estado fenológico de la planta (Cabiddu *et al.*, 2009) y el momento de aprovechamiento (Tejerina *et al.*, 2011; Cañeque *et al.*, 2012; Cabeza de Vaca *et al.*, 2014). Con todo ello, el objetivo del presente trabajo fue estudiar, para cinco especies empleadas habitualmente en la siembra de praderas en la dehesa, la evolución de los contenidos en compuestos antioxidantes y del perfil de ácidos grasos a lo largo del periodo productivo (marzo-mayo).

MATERIAL Y MÉTODOS

El material de trabajo estuvo constituido por muestras de *Plantago lagopus* L., *Plantago lanceolata* L., *Biserrula pelecinus* L., *Medicago polymorpha* L. y *Trifolium subterraneum* L., especies pratenses utilizadas en la mejora de pastos en dehesa. El material procedió de las siembras realizadas a finales de otoño de 2014 (12/11/2014) en las instalaciones de la Finca La Orden (Guadajira, Badajoz), perteneciente al Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX). Las siembras se realizaron en bancales de 4 m² distribuidos al azar y en tres repeticiones para cada especie. Los cultivos fueron abonados con 140 kg/ha de roca fosfórica con una riqueza del 26% de P₂O₅.

Las condiciones climáticas de la zona de estudio corresponden a un clima mediterráneo pluviestacional oceánico con una temperatura media anual de 15,9 °C y 490 mm de precipitación anual (periodo 2005-2014). En la Tabla 1 se recogen los valores climáticos mensuales a lo largo de la duración del ensayo. Las características productivas y fenológicas obtenidas en 2015 para las especies de estudio son las contempladas en la Tabla 2.

Tabla 1. Datos meteorológicos mensuales de la zona del ensayo durante el periodo de estudio.
Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

	2014		2015				
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Tª máxima (°C)	18,07	13,55	13,45	14,65	20,06	22,85	29,51
Tª media (°C)	13,19	6,81	5,91	8,52	12,25	15,96	20,98
Tª mínima (°C)	8,89	2,20	0,18	2,91	4,83	9,49	11,48
Prec. mensual (mm)	91,13	18,66	34,69	13,28	24,75	33,86	0,20

Tabla 2. Producción y periodo de floración correspondiente a las parcelas evaluadas en el ensayo.

	Producción (kg MS/ha)			Floración			
	Invernal	Primaveral	Anual	Inicio	Final	Inicio desde siembra (días)	Duración ciclo (días)
<i>Plantago lagopus</i> L.	1689	5378	7067	15-04-2015	15-05-2015	145	30
<i>Plantago lanceolata</i> L.	1130	3303	4433	27-04-2015	29-05-2015	157	32
<i>Biserrula pelecinus</i> L.	822	6407	7229	31-03-2015	11-05-2015	130	41
<i>Medicago polymorpha</i> L.	938	6078	7016	13-03-2015	11-05-2015	112	59
<i>Trifolium subterraneum</i> L.	442	3492	3934	31-03-2015	15-05-2015	130	45

Para el estudio de la evolución de la calidad nutritiva, se recolectaron muestras de cada especie en 4 fechas diferentes distribuidas a lo largo del periodo productivo de 2015 (13 de marzo, 22 de abril, 5 de mayo y 25 de mayo). De esta manera, para cada una de las 5 especies seleccionadas se tomaron 6 muestras (2 réplicas de 3 bancales) en cada una de las 4 fechas indicadas (n=120 muestras).

Tras la recolección, el material vegetal fue congelado y liofilizado para la determinación de la materia seca (MS) por gravimetría. Las muestras liofilizadas y molidas obtenidas se emplearon como material de base para cada uno de los análisis químicos realizados. De cada una de las muestras se determinó el contenido en vitamina E (α y γ -tocoferol), mediante cromatografía líquida de alta presión (HPLC) según el método descrito por Cayuela *et al.* (2003). El contenido en grasa bruta (GB) se valoró como el extracto etéreo obtenido (Folch *et al.*, 1957). El contenido en polifenoles totales (PT) y la actividad antioxidante total (AAT) se determinaron espectrofotométricamente según Cabeza

de Vaca *et al.* (2014). El perfil de ácidos grasos fue determinado, a partir del extracto etéreo obtenido en la determinación de la GB, según Tejerina *et al.* (2011), mediante cromatografía de gases, previa metilación para la obtención de los ácidos grasos esterificados.

Análisis estadístico

Para cada una de las variables químicas analizadas, se realizó un estudio descriptivo y un análisis univariante (ANOVA de una y de dos vías), determinándose en cada variable el efecto de la época de recogida y de la especie, así como la interacción entre ambos factores. La comparación de medias de los valores nutritivos según cada factor se determinó mediante un test de HSD Tukey's con un nivel de significación <0,05. Todos los análisis se realizaron utilizando el programa SPSS versión 18.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación al contenido en MS y a los parámetros antioxidantes determinados (Tabla 3), se observó para todos ellos una evolución ($p < 0,001$) a lo largo de todo el periodo de estudio. En este sentido, y en concordancia con Cabeza de Vaca *et al.* (2014), los menores valores de MS y los mayores contenidos de todos los parámetros antioxidantes se obtuvieron a finales de invierno. Mientras que los contenidos en PT y la AAT mostraron un descenso continuo a lo largo del estudio, los contenidos en vitamina E, sin embargo, mostraron sus valores mínimos a finales de abril y primeros de mayo.

Tabla 3. Efecto de la fecha de recolección y de la especie sobre los contenidos de MS y los parámetros antioxidantes evaluados.

	Fecha de recolección				Especie					E.T.M.	Efecto		
	13 mar.	22 abr.	05 may.	25 may.	<i>P. lag.</i>	<i>P. lanc.</i>	<i>B. pelec.</i>	<i>M. polym.</i>	<i>T. subt.</i>		Fecha	Esp.	Fecha x esp.
MS	16,8 d	20,3 c	22,9 b	48,5 a	26,3 bc	24,7 c	32,9 a	27,5 b	24,3 c	1,30	***	***	***
α -toc.	122,9 a	96,6 b	76,6 c	107,6 b	120,0 b	192,8 a	71,5 c	63,1 c	57,3 c	5,43	***	***	***
γ -toc.	11,1 a	6,7 c	9,0 b	9,1 b	13,7 a	11,6 b	12,0 b	3,9 c	3,8 c	0,59	***	***	***
PT	20,1 a	16,7 b	14,5 c	9,3 d	15,8 b	23,1 a	13,1 c	9,5 d	14,3 c	0,59	***	***	***
AAT	28,4 a	20,4 b	20,2 b	15,8 c	18,6 c	38,9 a	14,1 d	9,7 e	24,6 b	1,10	***	***	***

P. lag.: *Plantago lagopus* L.; *P. lanc.*: *Plantago lanceolata* L.; *B. pelec.*: *Biserrula pelecinus* L.; *M. polym.*: *Medicago polymorpha* L.; *T. subt.*: *Trifolium subterraneum*; Esp.: especie; MS: Materia seca. α -toc.: contenido en α -tocoferol ($\mu\text{g/g MS}$); γ -toc.: contenido en γ -tocoferol ($\mu\text{g/g MS}$); PT: contenido en polifenoles totales (mg equivalentes de ácido gálico/g MS); AAT: actividad antioxidante total (mg trolox/g MS). Niveles de significación del ANOVA: *** = $p < 0,001$. E.T.M.: error típico de la media. Las letras en una misma fila indican diferencias significativas entre fecha de recolección o especie ($p < 0,05$).

El factor especie tuvo un efecto significativo ($p < 0,001$) en todos los parámetros estudiados, destacando *Plantago lanceolata* como la especie con mayor poder antioxidante (38,9 mg trolox/g MS), y mayores contenido en PT (23,1 mg ácido gálico/g MS) y en α -tocoferol (120,0 $\mu\text{g/g MS}$). Los mayores contenidos de γ -tocoferol (13,7 $\mu\text{g/g MS}$) estuvieron asociados a *Plantago lagopus*. De manera opuesta, *Medicago polymorpha* se mostró como la especie con menores contenidos en antioxidantes y con la menor la AAT asociada (9,7 $\mu\text{g Trolox/g MS}$). Por otro lado, *Trifolium subterraneum*, a pesar de mostrar contenidos en vitamina E y PT menores que *Plantago lagopus*, resultó la segunda especie con mayor poder antioxidante.

Finalmente, para cada uno de los parámetros analizados, tuvo lugar una interacción entre los factores "fecha de recolección" y "especie" ($p < 0,001$), que en parte podría ser explicada por el



estado fenológico de cada especie en cada una de las fechas de recolección. En este sentido, para los pastos herbáceos, la mayor riqueza de compuestos polifenólicos tiene lugar durante el periodo vegetativo (Kälber *et al.*, 2014). Por otra parte, mientras el isómero α -tocoferol es predominante en los tejidos fotosintéticos, el isómero γ -tocoferol es predominante en las semillas y partes florales (Grusak y DellaPenna, 1999). Incluso algunas especies muestran un descenso de la AAT desde el periodo de floración al de fructificación (Blanco Salas *et al.*, 2012). Todo ello explicaría la evolución observada por fechas a lo largo del ensayo para los compuestos estudiados (Tabla 3). Si tenemos en consideración las diferencias temporales observadas en el desarrollo fenológico de las cinco especies de estudio (Tabla 2), estos comportamientos en los compuestos estudiados explicarían, en parte, tanto la interacción entre los factores fecha y especie, como los menores valores de compuestos antioxidantes ligados a *Medicago polymorpha* y los mayores asociados a *Plantago lanceolata*.

Tabla 4. Efecto de la fecha de recolección y de la especie sobre el contenido en grasa bruta (GB), el contenido de los ácidos grasos mayoritarios y los ácidos grasos saturados e insaturados globales.

	Recogida				Especie						Factor		
	13 mar.	22 abr.	05 may.	25 may.	P. lag.	P. lanc.	B. pelec.	M. polym.	T.subt.	E.T.M.	Fecha	Esp.	Fecha x esp.
GB	5,4 a	3,8 b	3,2 b	2,6 c	3,6 b	3,6 b	3,9 a	3,4 b	4,1 a	0,10	***	***	***
(C16:0)	12,7 d	13,5 c	14,7 b	22,7 a	15,2 b	14,8 b	17,3 a	17,6 a	14,5 b	0,40	***	***	***
(C18:0)	3,8 c	3,8 c	5,1 b	9,9 a	5,9 ab	4,7 c	5,5 b	6,5 a	5,6 b	0,28	***	***	***
(C18:1n9)	6,9 b	6,5 b	7,3 b	25,0 a	14,5 a	7,2 b	13,2 a	13,9 a	8,4 b	0,89	***	***	***
(C18:2n6)	9,1 d	12,5 c	14,3 b	15,4 a	11,6 c	12,95 b	8,3 d	13,4 b	17,9 a	0,45	***	***	***
(C18:3n3)	64,9 a	60,9 b	53,9 c	19,8 d	44,4 c	57,0 a	52,2 b	44,6 c	51,1 b	1,77	***	***	***
Σ AGS	17,5 c	18,4 c	22,9 b	37,8 a	26,9 a	21,5 c	24,6 b	26,9 a	21,1 c	0,83	***	***	***
Σ AGI	82,5 a	81,5 a	77,0 b	62,1 c	73,1 c	78,5 a	75,4 b	73,0 c	78,9 a	0,83	***	***	***
Σ AGM	8,4 b	8,1 b	8,8 b	26,9 a	17,1 a	8,5 b	14,8 a	15,0 a	9,8 b	0,92	***	***	***
Σ AGP	74,1 a	73,4 a	68,1 b	35,2 c	55,9 c	69,9 a	60,5 b	58,0 bc	69,1 a	1,68	***	***	***

P. lag.: *Plantago lagopus* L.; P. lanc.: *Plantago lanceolata* L.; B. pelec.: *Biserrula pelecinus* L.; M. polym.: *Medicago polymorpha* L.; T. subt.: *Trifolium subterraneum*; Esp.: especie; GB: contenido en grasa bruta (g/100 g MS); AGS: ácidos grasos saturados totales; AGI: ácidos grasos insaturados totales; AGM: ácidos grasos monoinsaturados totales; AGP: ácidos grasos poliinsaturados totales. Niveles de significación del ANOVA: *** = $p < 0,001$. E.T.M.: error típico de la media. Las letras en una misma fila indican diferencias significativas entre fecha de recolección o especie ($p < 0,05$).

Tanto el contenido en grasas y el perfil de ácidos grasos de los pastos analizados (Tabla 4), mostraron una evolución ($p < 0,001$) a lo largo del ensayo similar a la observada por Cañeque *et al.* (2012) en pastos herbáceos naturales de dehesa. Los resultados muestran un descenso continuo en ácido linolénico (C18:3n3) desde finales de invierno (64,9 g/100 g AG) hasta la última recolección (19,8 g/100 g AG), que estuvo acompañado por el aumento de los contenidos en los ácidos palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1n9) y linoléico (C18:2n6) a lo largo del periodo de estudio. Estas variaciones, tuvieron como consecuencia una evolución en el balance global de los ácidos grasos saturados e insaturados, disminuyendo los AGI totales y aumentando los AGS totales a lo largo de todo el estudio, especialmente a partir de mayo.

El factor especie (Tabla 4) también tuvo un efecto significativo ($p < 0,001$) sobre el contenido en GB y el perfil de ácidos grasos. Para las cinco especies estudiadas, el ácido graso mayoritario fue el ácido linolénico (C18:3n3), con valores entre 44,6-57,0 g/100 g AG, resultando todos ellos pastos especialmente ricos en AGI (73,0-78,9 g/100 g AG). Sin embargo se observaron diferencias significativas ($p < 0,001$) entre especies para todos los ácidos grasos estudiados. De esta manera, *Medicago polymorpha* y *Plantago lagopus* mostraron los menores contenidos en ácido linolénico



(C18:3n3) y los mayores en oléico (C18:1n9) y esteárico (C18:0), así como los mayores porcentajes de AGS y los menores en AGP y AGI. *Plantago lanceolata* y *Trifolium subterraneum* resultaron las especies con mayor contenido en AGP y AGI totales.

Para todos los parámetros estudiados, se observó una interacción entre la fecha de recolección y la especie de pratense ($p < 0,001$). Esto puede ser debido, en parte, a que el perfil de ácidos grasos de especies herbáceas depende del estado de madurez de la planta (Yang y Ohlrogge, 2009) y del estado fenológico (Cabiddu *et al.*, 2009), disminuyendo los contenidos en GB y ácido linoléico, mientras que aumentan los contenidos en ácido linoléico, oleico, esteárico y palmítico, al pasar de estado vegetativo a estado reproductivo y conforme avanza la madurez de la planta. En este sentido, el desfase en el estado fenológico de las pratenses estudiadas (Tabla 2), podría explicar, en parte, los perfiles de ácidos grasos encontrados en *Medicago polymorpha*, *Plantago lanceolata* y *Trifolium subterraneum*.

CONCLUSIONES

Las especies pratenses estudiadas mostraron una evolución a lo largo de la primavera, descendiendo los contenidos en compuestos antioxidantes, grasa bruta, ácido linoléico y ácidos grasos insaturados, y aumentando la materia seca y los ácidos palmítico, esteárico, oleico, linoleico y ácidos grasos saturados.

Los contenidos en antioxidantes y el perfil de ácidos grasos variaron según la especie. *Plantago lanceolata* mostró los mayores contenidos en compuestos antioxidantes y ácidos grasos poliinsaturados, y *Medicago polymorpha* presentó la menor riqueza en compuestos antioxidantes y en ácidos grasos insaturados.

Los efectos observados según la fecha y especie, así como la interacción entre ambos, podrían ser explicados, en parte, por las diferencias en la evolución fenológica entre especies.

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo ha sido posible gracias al apoyo de CICYTEX y Gpex.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLANCO SALAS J., RUIZ TÉLLEZ T., VÁZQUEZ PARDO F.M., CASES CAPDEVILA M.A., PÉREZ-ALONSO M.J. Y GERVASINI RODRÍGUEZ C. (2012) Influence of phenological stage on the antioxidant activity of *Thymus zygis s.l.* essential oil. *Spanish Journal of Agricultural Research*, **10(2)**, 461-465.
- 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* L. y *Medicago polymorpha* L. En: Busqué J. *et al.* (Eds) *Pastos y PAC. 2014-2020*, pp. 405-412. Potes, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- CABIDDU A., DECANDIA M., SALIS L., SCANU G., FIORI M., ADDIS M., SITZIA M., Y MOLLE G. (2009) Effect of species, cultivar and phenological stage of different forage legumes on herbage fatty acid composition. *Italian Journal of Animal Science*, **8(2)**, 277-279.
- CAÑEQUE V., LÓPEZ O., LÓPEZ CARRASCO C., MUIÑO I., RAMOS M., PÉREZ C., DÍAZ M.T., LAUZURICA S. Y DE LA FUENTE J. (2012) Efecto del sistema de alimentación de corderos y del sexo sobre la composición de su carne en ácidos grasos y en vitamina E. En: Canals R.M. y San Emeterio



- L. (Eds) *Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción*, pp. 303-309. Pamplona, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- 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.
- FOLCH J., LEES M. Y SLOANE-STANLEY G.H. (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, **193**, 265-275.
- GRUSAK M.A. Y DELLAPENNA D. (1999) Improving the nutrient composition of plants to enhance human nutrition and health. *Annual review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, **50**, 133-61.
- KÄLBER T., KREUZER M. Y LEIBE F. (2014) Milk fatty acid composition of dairy cows fed green whole-plant buckwheat, phacelia or chicory in their vegetative and reproductive stage. *Animal Feed Science and Technology*, **193**, 71-83.
- 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.
- TEJERINA D., GARCÍA TORRES S., CABEZA DE VACA M., VÁZQUEZ F. Y CAVA R. (2012) Effect of production system on physical–chemical, antioxidant and fatty acids composition of Longissimus dorsi and Serratus ventralis muscles from Iberian pig. *Food Chemistry*, **133(2)**, 293-9.
- WATERMAN P.G. Y MOLE S. (1994) *Analysis of Phenolic Plant Metabolites*. Oxford, U.K.: Blackwell Scientific Publications.
- YANG Z. Y OHLROGGE J.B. (2009) Turnover of Fatty Acids during Natural Senescence of Arabidopsis, Brachypodium, and Switchgrass and in Arabidopsis β -Oxidation Mutants. *Plant Physiology*, **150**, 1981-1989.

ANTIOXIDANTS AND FATTY ACID PROFILE IN FORAGES LINKED TO THE DEHESA ECOSYSTEM: EFFECT OF HARVEST DATE AND SPECIES

SUMMARY

The effects of harvest date and species have been studied on five forage species linked to the dehesa forages improvement: *Plantago lagopus* L., *Plantago lanceolata* L., *Biserrula pelecinus* L., *Medicago polymorpha* L. and *Trifolium subterraneum* L. For each species, from March to late May, contents of dry matter (DM), vitamin E (α -tocopherol and γ -tocopherol), polyphenols (PT) and total antioxidant activity (AAT) as well as crude fat content (GB) and the fatty acid profile, were studied. A continuous evolution of antioxidant parameters and profile of fatty acids was observed ($p < 0.001$). In this period, contents of dry matter increased while the antioxidant parameters decreased. An increase in saturated fatty acids (SFA) and monounsaturated fatty acids (MUFA), as well as a decrease of the GB, linolenic acid and polyunsaturated fatty acids (PUFA) contents, also occurred, specially from May. The specie factor affected significantly the whole compounds ($p < 0.001$). *Plantago* was the genre with the highest content on antioxidant compounds, while *Medicago polymorpha* resulted the species with lowest antioxidant content and highest SFA content.

Key words: meadow, tocopherol, polyphenols, linolenic.

BIOMASA RADICAL INCORPORADA AL SUELO TRAS EL CULTIVO DE *Brassica carinata* Y *Brassica juncea* EN LA DEHESA. CONCENTRACIÓN Y PERFIL DE GLUCOSINOLATOS

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. ²Área de Producción Agraria. IFAPA. Centro Hinojosa del Duque, Córdoba. Junta de Andalucía. ³Área de Producción Ecológica y Recursos Naturales. IFAPA. Centro Alameda del Obispo, Córdoba. ⁴Dpto. Agronomía, ETSIAM, Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales 14071 Córdoba. ⁵Instituto de Agricultura Sostenible, CSIC, Córdoba. ir1ferep@uco.es.

RESUMEN

La podredumbre radical causada por *Phytophthora cinnamomi* Rands es la principal enfermedad del 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 de biomasa radical, la concentración y el perfil de glucosinolatos en dos genotipos de *B. carinata* A. Braun y dos de *B. juncea* L., en el estadio de inicio de floración cuando se cultivan en la dehesa. La biomasa radical fue mayor en la campiña que en la dehesa. Sólo se han encontrado diferencias significativas entre especies/genotipos en el primer año de ensayo y en la dehesa, con menores producciones para *B. carinata* y mayores para *B. juncea*. El perfil de glucosinolatos presente en la raíz es distinto al encontrado en la biomasa aérea, donde domina la sinigrina, 2-propenyl glucosinolato. En las raíces de *B. juncea* están bien representados el glucosinolato aromático 2-feniletil glucosinolato y el 3-butenyl glucosinolato, del grupo alifático. En *B. carinata* aparece además de sinigrina el 2-feniletil glucosinolato. La concentración de glucosinolatos en raíz es menor que en la biomasa aérea.

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

INTRODUCCIÓN

Entre las enfermedades asociadas al decaimiento de los *Quercus* en la Península Ibérica, destacan por su gravedad las podredumbres radicales causadas por oomicetos: *Phytophthora cinnamomi* (Sánchez *et al.*, 2003) y *Pythium spiculum* (Romero *et al.*, 2007), principalmente. Numerosas características convierten a *P. cinnamomi* en un patógeno difícil de controlar: amplio número de hospedantes; capacidad para sobrevivir en plantas asintomáticas; elevada longevidad de las estructuras de resistencia (clamidosporas) en ausencia de hospedantes (Sánchez *et al.*, 2003); capacidad para invadir el perfil del suelo hasta profundidades considerables y una rápida capacidad de diseminación en suelos mal drenados o encharcados. El control de estos patógenos pasa por la integración de medidas culturales, biológicas y químicas que disminuyan su densidad y multiplicación y eviten su propagación, como la aplicación de ácido fosforoso, las fertilizaciones cálcicas y la biofumigación. Considerando la biofumigación, sustancias volátiles producidas en la biodegradación de materia orgánica, diversas especies de la familia Brassicaceae, entre las que se encuentran *Brassica carinata* y *B. juncea*, han ofrecido resultados positivos en ensayos realizados en condiciones controladas de distintos patógenos de suelo, como *Phytophthora cactorum* y *Verticillium dahliae* (Romero *et al.*, 2008), o *P. cinnamomi* (Ríos *et al.*, 2015). Zurera *et al.* (2007) encontraron que el estadio de fructificación es el más efectivo para inhibir el crecimiento de *Phytophthora* spp en *B. nigra* (L.) Koch y *B. carinata* Braun, mientras que para *B. juncea* es el de prefloración. Los trabajos



previos realizados en la dehesa indican que *B. juncea* presenta una mayor adaptación que *B. carinata*, alcanzando una producción media de biomasa aérea en las dos campañas analizadas del orden de 3 200 kg MS ha⁻¹ (Fernández *et al.*, 2015). Sin embargo, la biomasa radical de estos cultivos contribuye también en la labor de biofumigación, pero existe poca información sobre su cuantía y perfil de glucosinolatos. El objetivo de este trabajo ha sido evaluar la producción de biomasa radical que aportan estos cultivos al suelo (dos líneas de *Brassica carinata* y dos líneas de *B. juncea*) y determinar su contenido y perfil de glucosinolatos 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 el periodo de cultivo en ambas campañas 2012/13 y 2013/14 se pueden consultar en Fernández *et al.* (2015). La precipitación del año agrícola 2012/13 en el IFAPA fue de 610 mm y en el 13/14 de 401 mm, siendo la precipitación media de 470; mientras que en el IAS ha sido de 915 mm y 510 mm para las campañas 2012/13 y 2013/14 respectivamente, estando la media en 642 mm. 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, C.I.C. de 5 meq/100g y 8,3 ppm de P asimilable, mientras que el suelo de la parcela del IAS proviene de sedimentos terciarios calizos y presenta una textura franca, pH de 7,8, C.I.C. de 19 meq/100g y 15,1 ppm de P asimilable.

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 (líneas separadas 33 cm) 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 a ras de suelo midiendo la altura y evaluándose su peso seco tras permanecer en estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 horas. Con una barrena de 9,4 cm de diámetro que lleva acoplada un percutor mecánico (Eijkelpamp), se extrajeron cilindros de suelo de profundidad 60 cm. Se extrajeron un total de 12 cilindros por genotipo y finca (en dos de las tres parcelas elementales), seis coincidiendo con las plantas cosechadas y otros seis en la zona próxima entre las líneas de siembra. Cada cilindro de suelo se dividió en tramos de 10 cm y se extrajeron las raíces mediante inmersión en agua, separando las del cultivo de aquellas correspondientes a otras herbáceas. Las raíces se secaron en estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 horas para obtener su peso seco. La suma de las raíces extraídas del cilindro situado sobre la planta y las existentes en el cilindro de la zona entre línea, se consideró una estimación de las raíces de una planta. Además, en la primera campaña, se cosecharon tres plantas con sus raíces (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) mediante HPLC. El proceso seguido puede consultarse en Fernández *et al.* (2015). 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

(glucotropoalina) y se expresó como $\mu\text{mol g}^{-1}$ de materia seca. El contenido total de GLS fue calculado como suma de los contenidos individuales.

Para cada genotipo se estudiaron modelos entre la biomasa radical de cada planta (variable dependiente) y la altura de la planta y la biomasa aérea (variable independiente). Con el mejor modelo, se estimó la biomasa radical de todas las plantas cosechadas. A partir de la densidad de plantas y la biomasa media aérea y radical de las plantas cosechadas se calculó la biomasa aérea y radical por unidad de superficie de cada parcela elemental (kg MS ha^{-1}). En cada parcela experimental (finca), la biomasa radical (kg MS ha^{-1}) se comparó mediante el test de Kruskal-Wallis considerándose como factor la especie/genotipo. Además, para cada especie/genotipo se comparó la biomasa radical entre fincas y entre años utilizando el test de Mann-Whitney. Los análisis fueron realizados con el programa Statistica 8.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra los modelos que mejor predicen la biomasa radical. Para los dos genotipos de la especie *B. carinata*, los modelos que incluyen sólo el peso seco de la parte aérea de la planta son los que mejor predicen la biomasa radical de la planta mientras que para *B. juncea* los mejores modelos han sido aquellos que consideran la altura de la planta. Los coeficientes de determinación han fluctuado entre 0,86 y 0,98.

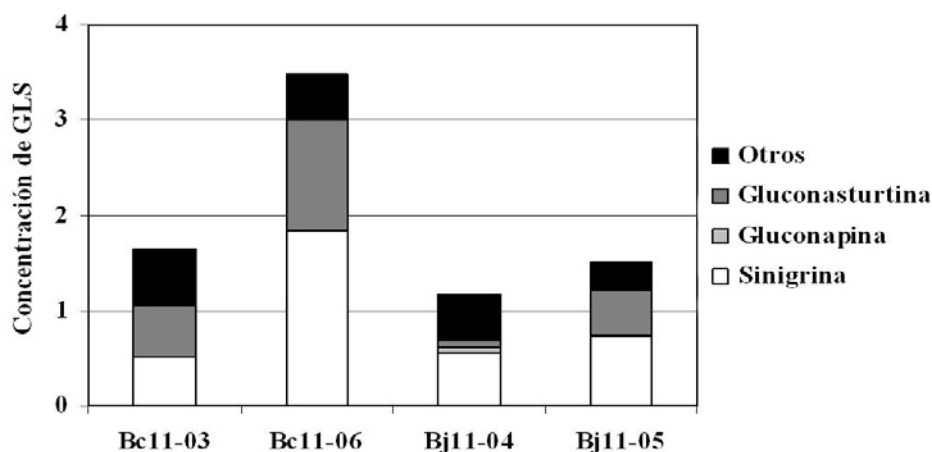


Figura 1. Modelos lineales que relacionan la biomasa radical de una planta (g) con la biomasa aérea (g) para el caso de los genotipos de *B. carinata* y con la altura de la planta (cm) para los genotipos de *B. juncea*.

La producción de biomasa radical de las distintas especies/genotipos obtenida en cada campaña y parcela se presentan en la Tabla 1. La biomasa radical ha tenido un comportamiento idéntico al seguido por la producción de biomasa aérea (Fernández *et al.*, 2015), obteniéndose, como cabía esperar, mayores producciones en la parcela situada en la campiña (IAS) que en zonas típicas de dehesa (IFAPA). Hay diferencias significativas en la biomasa radical entre parcelas cultivadas tanto en 2012/13 ($F=66,46$; $p<0,01$) como en 2013/14 ($F=44,7$; $p<0,01$). La producción media de biomasa radical para la campiña ha sido de $5829 \text{ kg MS ha}^{-1}$, existiendo diferencias significativas entre las dos campañas de cultivo ($F=20,93$; $p<0,01$), siendo de 7154 y $4504 \text{ kg MS ha}^{-1}$, en 2012/13 y 2013/14, respectivamente. En la parcela en dehesa la biomasa radical media ha sido de $645 \text{ kg MS ha}^{-1}$ existiendo también diferencias significativas entre campañas ($F=19,58$; $p<0,01$) siendo de 188 y $1101 \text{ kg MS ha}^{-1}$ para la 2012/13 y 2013/14 respectivamente. Estas diferencias entre años y parcelas pueden ser motivadas por diferencias en las características de los suelos y por las condiciones

climáticas de estos dos años de cultivo. En la campaña 2012/13, las altas lluvias registradas a principio del otoño en la dehesa propiciaron un mal establecimiento del cultivo, mientras que en la campiña el establecimiento fue adecuado. En la campaña siguiente se produjo un buen establecimiento del cultivo en la dehesa, y hubo algunos fallos en la parcela de la campiña. En la parcela de la campiña, la biomasa radical ha alcanzado niveles similares cada año en todos los genotipos cultivados, ya sean de *B. carinata* como de *B. juncea*. Comparando los genotipos de una misma especie, Bj11-04 produjo significativamente más biomasa radical que Bj11-05 en el año 2012/13 ($F=13,5$; $p<0,05$). Con respecto a las producciones de biomasa radical en la parcela de dehesa, se encontraron diferencias significativas en 2012/13, siendo la biomasa radical de Bc11-06 menor que la de Bj11-04 (Tabla 1). En la campiña las raíces de estos cultivos han superado en todos los casos la profundidad de 50 cm, mientras que en la dehesa las raíces han explorado los primeros 20 cm del suelo, cuando la profundidad del suelo en la parcela del IFAPA superaba los 60 cm.

Tabla 1. Producción de biomasa radical 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 2012/13 y 2013/14 años. En cada fila, letras distintas indican diferencias significativas entre especies/genotipos ($p<0,05$) según el test Tukey.

Año	Parcela	Bc11-03		Bc11-06		Bj11-04		Bj11-05	
		Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
2012/13	IFAPA	136,8 ab	6,4	30,0 b	2,5	450,8 a	151,7	134,5 ab	19,4
	IAS	5963,8 a	498,3	6690,6 a	487,7	9464,6 a	450,7	6498,1 a	174,1
2013/14	IFAPA	1425,9 a	943,4	295,5 a	112,7	974,6 a	168,3	1708,4 a	395,7
	IAS	5914,6 a	735,6	3939,4 a	907,1	3353,3 a	391,1	4807,2 a	814,1

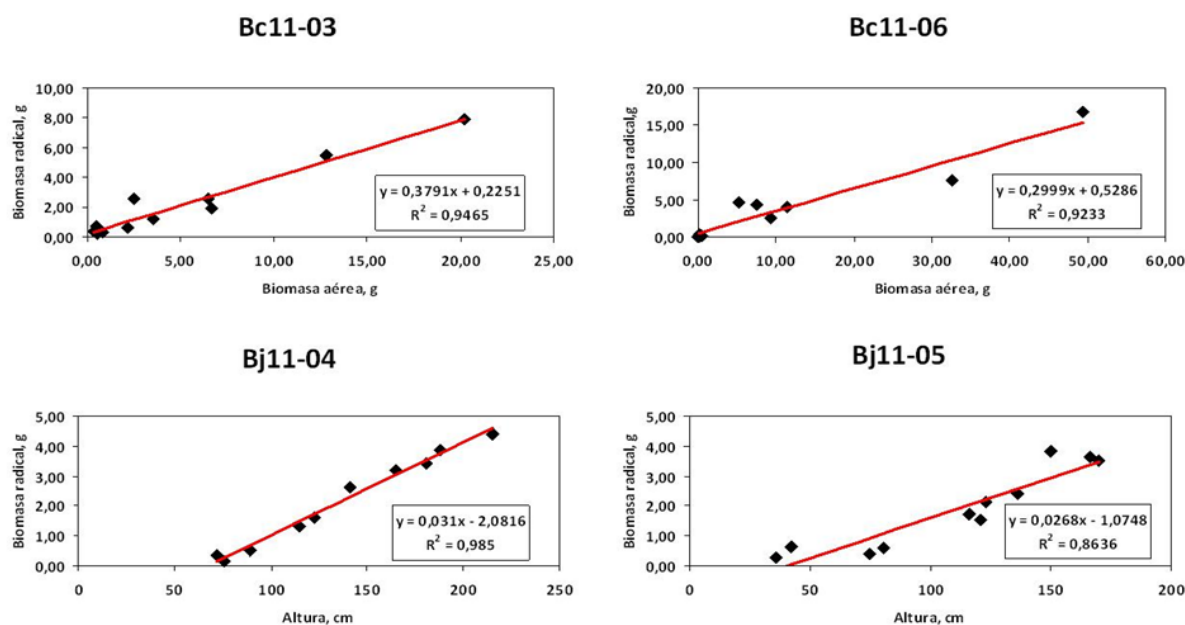


Figura 2. Concentración ($\mu\text{mol g}^{-1}$ de materia seca) de sinigrina (2-propenyl glucosinolato), gluconapina (3-butenyl glucosinolato), gluconasturtina (2-feniletíl glucosinolato) y otros glucosinolatos (GLS) presentes en las raíces de los genotipos de *Brassica carinata* (Bc11-03 y Bc11-06) *juncea* (Bj11-04 y Bj11-05) en la parcela de cultivo del IFAPA. Los valores corresponden al año 2012/13.



La Figura 2 muestra la concentración y perfil de glucosinolatos en las raíces de las distintas especies/genotipos correspondientes a la campaña de 2012/13 para la parcela situada en la dehesa. En los dos genotipos de *B. juncea* la concentración total de GLS es similar, así como la de sinigrina (2-propenyl glucosinolato del grupo alifáticos). Aparecen además otros glucosinolatos como la gluconasturtina (2-feniletil glucosinolato del grupo aromáticos), con mayor concentración en el *carinata* muestran una concentración diferente de glucosinolatos entre sí, aunque de perfil similar existiendo principalmente sinigrina y gluconasturtina. En inicio de floración, la concentración de sinigrina en raíz es inferior a la encontrada en la biomasa aérea (Fernández *et al.*, 2015).

CONCLUSIONES

Los genotipos de *B. carinata* y *B. juncea* ensayados han mostrado una producción de biomasa radical variable en la dehesa: bajas el primer año por un escaso establecimiento inicial y mayores el segundo. En este sentido el genotipo Bc11-06 no se adapta bien a las condiciones de la dehesa, aunque es el que ha presentado mayores concentraciones de GLS. Aunque la concentración de sinigrina obtenida en 2012/13 en las raíces sea menor que en partes verdes, las raíces de estos cultivos pueden contribuir en el proceso de biofumigación, aportando cantidades considerables de biomasa que no es necesario incorporar al suelo. Los resultados obtenidos hasta ahora sugieren una mejor adaptación de *B. juncea* como planta biofumigante en la dehesa.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por los proyectos P2010-AGR-6501 y RTA2014-00063-C04-03. El contrato de M.D. Carbonero Muñoz está financiado por el programa operativo FSE de Andalucía (2007-2013).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FERNÁNDEZ P., CARBONERO M.D., LEAL J.R., GARCÍA A.M., RÍOS P., SÁNCHEZ M.E., OBREGÓN S. Y DE HARO A. (2015) Producción, concentración y perfil de glucosinolatos de *Brassica carinata* y *Brassica juncea* cultivadas en la dehesa. En: Cifre J. *et al.* (Eds). *Pastos y Forrajes en el siglo XXI*, pp. 193-200. Mallorca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- RÍOS P., SERRANO M.S., PÉREZ-SIERRA A., DE HARO A. Y SÁNCHEZ M.E. (2015) Screening of biofumigants against *Phytophthora cinnamomi* root disease. En: Sutton W, Reeser PW, Hansen EM (Eds) *Proceedings of the 7th meeting of the International union of Forest Research Organization (IUFRO)*, pp. 96-99. Working Party S07.02.09: phytophthoras in forests and natural ecosystems. EEUU: USA Department of Agriculture.
- ROMERO M.A., SÁNCHEZ J.E., JIMÉNEZ J.J., BELBAHRI L., TRAPERO A., LEFORT F. Y SÁNCHEZ M.E. (2007) New *Pythium* taxa causing root rot on Mediterranean *Quercus* species in southwest Spain and Portugal. *Journal of Phytopathology*, **155**, 289-295.
- ROMERO E., ZURERA C., PORRAS M., BARRAU C., Y ROMERO F. (2008) Evaluación del poder biofumigante de *Brassica* spp. para el control de *Phytophthoracactorum* 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.



ZURERA C., ROMERO E., PORRAS M., BARRAU C. Y ROMERO F. (2007) Efecto biofumigante de especies de Brassica en el crecimiento de *Phytophthora* spp. in vitro. XI Congreso Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Albacete, España. *Actas de Horticultura*, **48**, 306-309.

ROOT BIOMASS OF *Brassica carinata* AND *Brassica juncea* CROPPED IN DEHESA. GLUCOSINOLATE PROFILE AND CONCENTRATION

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 root biomass, glucosinolate profile and concentration of two genotypes of *Brassica carinata* A. Braun, and *Brassica juncea* L., cropped in *dehesa* vs lowland are compared. Root biomass was lower in *dehesa* than in *campiña*. We found significant differences between species/genotypes only in *dehesa* and the first year. Glucosinolates profile of root differs from profile of aerial biomass. Apart of 2-propenyl glucosinolate, 2-feniletil glucosinolato and 3-butenyl glucosinolato were abundant in root of *B. juncea* while 2-propenyl glucosinolate in root of *B. carinata*. Glucosinolate concentration of root was lower than in aerial biomass.

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

COMPORTAMIENTO CESPITOSO, RECUENTO CROMOSÓMICO Y CONTENIDO DE ADN NUCLEAR EN VARIEDADES VEGETALES OBTENIDAS EN LA UNIVERSIDAD DE OVIEDO

J.A. OLIVEIRA-PRENDES¹, P. PALENCIA¹ Y J.M. GONZALEZ-TRIGUERO².

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; palencia@uniovi.es.

²Departamento de Biomedicina y Biotecnología. Área de Genética. Universidad de Alcalá. Campus Universitario. 28871 Alcalá de Henares (España). juanm.gonzalez@uah.es.

RESUMEN

Se evaluó el comportamiento cespitoso en parcelas, recuento cromosómico y contenido en ADN nuclear de los cultivares siguientes: *Festuca ovina* L.: 'Aurora Gold' y 'Ridu/Triana', *Agrostis castellana* Boiss. & Reut: 'Highland', *Agrostis capillaris* L.: 'Golfin=Golf', *Festuca rubra* L.: 'Moraima' y 'Wilma' y dos variedades vegetales experimentales (*F. ovina*: 'Paula' y *A. capillaris*: 'Casero') obtenidas por el Área de Producción Vegetal de la Universidad de Oviedo. Las parcelas se evaluaron mediante varios caracteres incluyendo calidad de césped (escala 1 a 9, siendo 9, mejor calidad visual), anchura de hoja (escala 1 a 9, siendo 9, hojas más anchas) y color genético (escala 1 a 9, siendo 9, color verde más oscuro). Las variedades de *F. ovina* tuvieron un mejor comportamiento cespitoso que las variedades de *F. rubra* y *A. capillaris* en condiciones de bajo mantenimiento. La variedad de *A. capillaris* 'Casero' presentó un nivel tetraploide (28 cromosomas y 4,84±0,37 picogramos), mientras la variedad de *F. rubra* encespedante 'Moraima' presentó un nivel hexaploide (42 cromosomas y 11,14±0,48 picogramos). La variedad de *F. ovina* 'Paula' representa un material original con un nivel octoploide (56 cromosomas y 14,36±0,09 picogramos) diferente al de las variedades de *F. ovina* disponibles en la actualidad.

Palabras clave: *Agrostis*, bajo mantenimiento, *Festuca*, parcelas de césped.

INTRODUCCIÓN

Las condiciones climáticas cambiantes (calentamiento global, variación de temperaturas, incidencia de condiciones extremas, etc.) están promoviendo la necesidad de reducir el consumo de agua y el interés por la selección de especies y cultivares para la implantación de céspedes que presenten una calidad aceptable (Svobodová *et al.*, 2013) en estas nuevas condiciones. Una selección adecuada de especies y/o cultivares es importante, ya que, algunas especies presentan una mala calidad visual y no persisten en condiciones de bajo mantenimiento, es decir, en condiciones de bajo consumo en fertilizantes, tratamientos fitosanitarios, agua y pocos cortes (Koski, 2011).

Con ese objetivo, el Área de Producción Vegetal de la Universidad de Oviedo en colaboración con la empresa Calfensa Proyectos SL, obtuvo y registró la primera variedad de *Festuca rubra* L. 'Moraima', obtenida en Asturias (BOE, del 24 de marzo de 2011). Posteriormente, se obtuvo la variedad experimental 'Paula' de *Festuca ovina* L. que se registró en 2011 en la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la Universidad de Oviedo. Finalmente en 2013, se obtuvo la variedad experimental 'Casero' de *Agrostis capillaris* L. que se registró en 2013 en la OTRI de la Universidad de Oviedo

El objetivo de este trabajo fue suministrar información sobre el comportamiento cespitoso en condiciones de bajo mantenimiento, la ploidía y el contenido en ADN nuclear, de las tres variedades vegetales obtenidas por el Área de Producción Vegetal de la Universidad de Oviedo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Parcelas de césped

En octubre de 2011, se establecieron parcelas de césped en una finca colaboradora (finca "Casero") del Área de Producción Vegetal de la Universidad de Oviedo, en Candás (zona costera de Asturias, 43° 35' 03" N, 5° 46' 56" O, 80 m de altitud) de los cultivares siguientes: *F. ovina*: 'Aurora Gold' y 'Ridu/Triana', *Agrostis castellana* Boiss. & Reut: 'Highland', *A. capillaris*: 'Golfín=Golf', *Festuca rubra* encespedante (*Festuca rubra* L. subsp. *commutata* [Thuill.] Nyman): 'Moraima' y 'Wilma' y dos variedades vegetales experimentales (*F. ovina*: 'Paula' y *A. capillaris*: 'Casero') obtenidas por el Área de Producción Vegetal de la Universidad de Oviedo. El diseño experimental fue en bloques completos al azar con tres repeticiones. Las parcelas fueron de 1 x 1 m y se sembraron con una dosis de siembra de 15 g m⁻² (*Agrostis*) y 30 g m⁻² (*F. ovina* y *F. rubra*). Cada parcela se abonó con 5 g m⁻² de N por estación de crecimiento, la mitad en primavera y la mitad en otoño.

Se realizaron anotaciones en las parcelas durante 2012, 2013 y 2014. Las anotaciones fueron visuales (escala 1 a 9): calidad visual del césped, anchura de hoja y color genético. La nota de calidad visual del césped fue una media de cuatro anotaciones de calidad del césped (basadas en una combinación de color, densidad, uniformidad, textura de hoja, síntomas de plagas y enfermedades, estrés ambiental y presencia de vegetación espontánea), siendo 1 = peor calidad visual o césped muerto y 9 = mejor calidad posible; la nota de calidad se anotó en otoño (noviembre), invierno (febrero), primavera (abril) y verano (agosto). La textura o anchura de hojas se evaluó usando la siguiente escala: 1 = hojas más estrechas a 9 = hojas más anchas. El color genético es el color del genotipo cuando el césped está en crecimiento activo y no está bajo estrés: 1 = verde claro a 9 = verde oscuro. Tanto la anchura de hojas como el color genético se evaluaron en abril.

Las parcelas no se regaron y no se trataron con herbicida, se cortaron cuatro veces por año, una semana después de las anotaciones de calidad cespitosa a 60 mm de altura con un cortacésped rotativo y no se recogieron los restos de hierba.

Recuento cromosómico

Se pusieron a germinar en placas de Petri con un papel de filtro humedecido en agua destilada, entre 60 y 100 semillas de cada una de las variedades analizadas. Las placas se incubaron a 22 °C durante 24 horas, 4 °C durante 48-72 horas y a 22 °C hasta que la longitud de las raíces alcanzó entre 1 y 2 cm de longitud. Las semillas germinadas se introdujeron con agua destilada en tubos Eppendorf y se colocaron en hielo fundente durante 24 horas. A continuación se fijaron las raíces utilizando la solución de Carnoy (3 partes de alcohol absoluto y 1 parte de ácido acético glacial).

Para la tinción de los cromosomas se siguió el método de Feulgen (Chieco y Derenzini, 1999). Las raíces de cada semilla se hidrolizaron en HCl 1M, durante 8-10 minutos a 60 °C. A continuación se introdujeron en el reactivo de Schiff y se mantuvieron en obscuridad durante al menos 30 minutos.

Para la obtención de las preparaciones, se tomó una raíz y se colocó en un portaobjetos con una gota de ácido acético al 45% cortando el meristemo con un bisturí. Se colocó un cubreobjetos y se realizó un "squash".

El número de cromosomas se determinó en al menos 4 raíces de cada una de las especies, empleando un microscopio Zeiss Axiophot y fotografiándose las placas metafásicas con una cámara digital Zeiss 'AxioCam MRc' acoplada a un microscopio.

El recuento cromosómico se realizó en el Área de Genética del Departamento de Biomedicina y Biotecnología de la Universidad de Alcalá de Henares.

Citometría

El análisis de citometría se realizó en los Servicios Científicos-Técnicos, Biomedicina. Edificio Científico-Tecnológico (Oviedo) de la Universidad de Oviedo, según la metodología descrita por Oliveira y Salas (2015).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza primero por año y una vez que se comprobó la homogeneidad de las varianzas de los errores, se realizó un análisis combinado de los tres años, considerando los factores: repetición, año y variedades. Se efectuó la separación de medias entre los niveles del factor variedades cuando éste resultó estadísticamente significativo mediante el test LSD a un nivel de significación del 5%. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS versión 22 (SPSS 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características de la localidad donde se realizó el ensayo están descritas en Oliveira y Palencia (2015). Los valores de las temperaturas medias (13,9 °C) y precipitaciones anuales (995 mm) durante el periodo de estudio fueron similares a las del año medio (14 °C y 1017 mm, respectivamente). El suelo resultó ser franco arenoso arcilloso, ácido (pH=5,3), no salino, con concentraciones de materia orgánica altas (7,5%), relación carbono nitrógeno alta (14,5), capacidad de intercambio catiónico efectiva media (11,28 cmol(+)/kg), contenidos en P Mehlich 3 (74,1 ppm) y K (1,4 cmol(+)/kg) altos.

Recuento cromosómico y citometría

La información sobre el nº de cromosomas (ploidía) y el contenido en ADN nuclear se presentan en la Tabla 1. Las variedades de *F. ovina* disponibles comercialmente en la actualidad son variedades tetraploides con 28 cromosomas (Sheep fescue, *F. ovina* L. subsp. *hirtula* [Hack. ex Travis] M.J. Wilk.) y hexaploides con 42 cromosomas (Hard fescue, *Festuca trachyphylla* [Hackel] Krajina) (Turgeon, 2005), por lo que la variedad de *F. ovina* octoploide con 56 cromosomas 'Paula' representa un material vegetal original respecto a las variedades habituales de uso en céspedes.

Tabla 1. Nº de cromosomas (ploidía), contenido en ADN (valor 2C) en pg (medias ± desviación estándar) de las especies y variedades usadas en este trabajo.

Especies	Variedades	Nº cromosomas (ploidía)	ADN (pg)
<i>Festuca ovina</i> L.	'Paula'	56 (8x)	14,36±0,09
<i>Festuca ovina</i> L.	'Aurora Gold'	42 (6x)	11,65±0,49
<i>Festuca ovina</i> L.	'Ridu'/'Triana'	42 (6x)	11,24±0,69
<i>Agrostis capillaris</i> L.	'Casero'	28 (4x)	4,84±0,37
<i>Agrostis capillaris</i> L.	'Golfín'/'Golf'	28 (4x)	4,89±0,21
<i>Agrostis castellana</i> Boiss. & Reut.	'Highland'	42 (6x)	6,31±0,11
<i>Festuca rubra</i> L.	'Moraima'	42 (6x)	11,14±0,48
<i>Festuca rubra</i> L.	'Wilma'	42 (6x)	11,49±0,03

Las variedades de *A. capillaris* presentaron un nivel tetraploide con 28 cromosomas y la variedad de *A. castellana* 'Highland' un nivel hexaploide con 42 cromosomas que corrobora los



resultados de otros autores obtenidos en estas dos especies (Bonos *et al.*, 2002; Oliveira y Salas, 2015).

Las variedades de *F. rubra* encespedantes usadas en este ensayo presentaron un nivel hexaploide con 42 cromosomas, lo que está de acuerdo con lo indicado por Turgeon (2005) para las denominadas ‘Chewings fescue’ (*Festuca rubra* L. subsp. *commutata* [Thuill.] Nyman).

El contenido en ADN nuclear se correspondió con los obtenidos por otros autores en las mismas especies (Huff y Palazzo, 1998; Bonos *et al.*, 2002)

Comportamiento cespitoso

Los resultados del comportamiento cespitoso se presentan en la Tabla 2. Es necesario tener en cuenta que los resultados obtenidos en este ensayo reflejan el comportamiento cespitoso de las variedades en el sistema de manejo usado en la localidad de estudio y en las condiciones ambientales de una zona costera asturiana (norte de España).

Tabla 2. Medias±desviación estándar de tres años (2012-2104) de calidad visual del césped (1 = peor calidad a 9 = mejor calidad), anchura de hojas (1 = hojas más estrecha a 9 = hojas más anchas) y color genético (1 = verde claro a 9 = verde oscuro) para las variedades evaluadas en una parcela de la finca “Casero” en Candás.

Variedades	Calidad Visual	Anchura de hoja	Color
‘Paula’	5,1±1,5a	1,8±0,8c	6,6±1,9a
‘Aurora Gold’	4,7±1,9ab	2,2±0,9c	6,7±1,7a
‘Ridu’/‘Triana’	4,6±1,7b	2,2±0,8c	6,8±1,5a
‘Casero’	4,9±1,5ab	4,9±1,3a	4,5±1,7c
‘Golfin’/‘Golf’	3,9±1,9c	4,8±1,6a	4,3±1,6cd
‘Highland’	4,9±1,7ab	3,4±1,5b	4,0±1,6d
‘Moraima’	4,8±1,3ab	2,1±1,2c	5,5±1,8b
‘Wilma’	4,5±1,1b	3,2±1,0b	6,5±1,5a
LSD (0,05)	0,48	0,97	0,34

LSD (Mínima diferencia significativa al nivel del 5%). Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre medias se indican por diferentes letras en la misma columna, siendo $a > b > c > d$.

La variedad experimental de *F. ovina* ‘Paula’ se encuentra entre las variedades que mostraron mayor valor de calidad visual entre 2012 y 2014, no mostrando diferencias significativas sus valores con aquellos obtenidos en las variedades de *F. ovina* ‘Aurora Gold’, *F. rubra* ‘Moraima’ y *Agrostis* ‘Casero’ y ‘Highland’. La variedad experimental ‘Paula’ también mostró la textura de hoja más fina (hojas más estrechas), aunque sin mostrar diferencias significativas con las otras variedades de *F. ovina* y la variedad de *F. rubra* ‘Moraima’.

La variedad de *Agrostis* ‘Golfin’ presentó la peor calidad visual durante todo el ensayo, mostrando una media de 3,9±1,9 (Tabla 2). Las variedades de *Agrostis* ‘Casero’ y ‘Highland’ fueron las que mostraron la textura de hoja más gruesa (mayor anchura de hoja) (Tabla 2), arrojando su análisis valores cercanos a 5.

El color genético observado en primavera mostró que las variedades de *F. ovina* junto con la *F. rubra* ‘Wilma’ fueron las que presentaron colores verdes más oscuros (entre 6,5 y 6,8) y los *Agrostis* ‘Golfin’ y ‘Highland’, los colores verdes más claros (entre 4,0 y 4,3) (Tabla 2).

La idoneidad de las gramíneas para césped está determinada en parte por su capacidad de presentar un color verde desde la primavera al otoño. Esto depende principalmente de la tolerancia de las plantas a las enfermedades de hoja (Stukonis *et al.*, 2010) y de la tolerancia a la sequía



(Mckernan *et al.*, 2001). No se observaron síntomas de enfermedades de hoja en las variedades durante la duración del ensayo. Los valores más altos de color eran esperados en las variedades de *F. ovina*, ya que se considera bastante tolerante a la sequía (Turgeon, 2005). De esta manera, las plantas con un color verde más oscuro de hojas mostrarán la ausencia de enfermedades de hoja y buena tolerancia a la sequía.

CONCLUSIONES

Las variedades de *F. ovina* presentaron un mejor comportamiento cespitoso en parcelas que las variedades de *F. rubra* y de *A. capillaris*, en condiciones de bajo mantenimiento.

La variedad de *F. ovina* octoploide 'Paula' representa un material original de *F. ovina* con una ploidía diferente a la de las variedades de *F. ovina* disponibles comercialmente en la actualidad.

En zonas con una climatología y tipo de suelo similar a los encontrados en este ensayo, se podría recomendar la variedad de *F. ovina* 'Paula' para uso en condiciones de bajo mantenimiento.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Ana Salas-Bustamante de los Servicios Científicos-Técnicos, Biomedicina de la Universidad de Oviedo por la ayuda prestada en los análisis de citometría. También se agradece el suministro de las semillas de los cultivares comerciales utilizados en el ensayo a la empresa Calfensa Proyectos SL (Lugo) y a Semillas Fitó (Barcelona).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BONOS S.A., PLUMLEY K.A. Y MEYER W.A. (2002) Ploidy determination in *Agrostis* using flow cytometry and morphological traits. *Crop Science*, **42(1)**, 192-196.
- CHIECO P. Y DERENZINI M. (1999) The Feulgen reaction 75 years on. *Histochemistry and Cell Biology*, **111**, 345-358.
- HUFF D.R. Y PALAZZO A.J. (1998) Fine fescue species determination by laser flow cytometry. *Crop Science*, **38**, 445-450.
- KOSKI T. (2011) Turfgrass species selection guidelines. CMG Garden Notes#561. <http://www.ext.colostate.edu/mg/gardennotes/561.html>.
- MCKERNAN D.K., ROSS J.B. Y TOMPKINS D.K. (2001) Evaluation of grasses grown under low maintenance conditions. *International Turfgrass Society Research Journal*, **9**, 25-32.
- OLIVEIRA J.A. Y PALENCIA P. (2015) Morphological characterization and turf performance of Paula hard fescue and Casero colonial bentgrass selections under low maintenance conditions. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, **51(3)**, 117-122.
- OLIVEIRA J.A. Y SALAS A. (2015) Ploidía y contenido en ADN nuclear en germoplasma de agrostis mediante citometría de flujo. En: Cifré J. *et al.* (Eds) *Pastos y Forrajes en el siglo XXI*, pp. 177-184. Palma (Mallorca), España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- SPSS (2013) SPSS for Windows, *version 22*. Chicago, USA: SPSS Inc.
- STUKONIS V., LEMEŽIENĖ N. Y KANAPECKAS J. (2010) Suitability of narrow-leaved *Festuca* species for turf. *Agronomy Research*, **8(Special Issue III)**, 729-734.
- SVOBODOVÁ M., MARTINEK J., KRÁLÍČKOVÁ T., NAŠINEC I. Y ŠANTRŮČEK J. (2013) Competition ability of selected amenity varieties of *Festuca rubra* in mixture with *Deschampsia caespitosa*. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, **49**, 70-76.
- TURGEON A.J. (2005) *Turfgrass management*. New Jersey. USA. Pearson Prentice Hall.

TURF PERFORMANCE, PLOIDY AND NUCLEAR DNA CONTENT IN PLANT VARIETIES OBTAINED IN THE UNIVERSITY OF OVIEDO

SUMMARY

The objective of this study was to provide information about turfgrass performance in turf plots, chromosome number and DNA content of turf varieties: *Festuca ovina* L.: 'Aurora Gold' and 'Ridu/Triana', *Agrostis castellana* Boiss. & Reut: 'Highland', *Agrostis capillaris* L.: 'Golfin=Golf', *Festuca rubra* L.: 'Moraima' and 'Wilma' and two experimental varieties (*F. ovina*: 'Paula' and *A. capillaris*: 'Casero') obtained by the Plant Production Area of the University of Oviedo and grown under low input conditions over a 3-year period. The turf plots were evaluated for several traits including overall turfgrass quality (1-9 scale, being 9 the best quality), leaf width (1-9 scale, being 9 the largest leaf) and genetic color (1-9 scale, being 9 the darkest green leaf). *F. ovina* varieties had better turf performance than *F. rubra* and *A. capillaris* varieties under low maintenance conditions. *A. capillaris* 'Casero' showed a tetraploid level (28 chromosomes and 4.84 ± 0.37). *F. rubra* 'Moraima' showed a hexaploid level (42 chromosomes and 11.14 ± 0.48) and *F. ovina* 'Paula' represents an original plant material with an octoploid level (56 chromosomes and 14.36 ± 0.09) different to that of the current varieties of *F. ovina*.

Key words: *Agrostis*, low input, *Festuca*, turf plots.

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y LA PERSISTENCIA EN ESPECIES PERENNES PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES

I. JANER, J. GULÍAS, J. SERRA Y J. CIFRE.

Grupo de Investigación en Biología de las Plantas en Condiciones Mediterráneas. Universitat de les Illes Balears (UIB). Carretera de Valldemossa, km. 7,5 07122 Palma de Mallorca. (España). pep.cifre@uib.es.

RESUMEN

Actualmente existe un interés creciente en la búsqueda de especies vegetales para la producción de biocombustibles de segunda generación en tierras marginales. Sin embargo, la mayoría de especies ensayadas no se adaptan a las condiciones mediterráneas. Por ello se realizó un ensayo de comparación de diferentes especies vegetales y poblaciones en el campo experimental de la Universitat de les Illes Balears (UIB). Las especies ensayadas fueron *Dactylis glomerata* (dactilo, dos poblaciones y una variedad comercial), *Festuca arundinacea* (festuca, una variedad comercial), *Piptatherum miliaceum* (lastón, dos poblaciones), *Arundo donax* (caña común, una población), *Ampelodesmos mauritanica* (carcera, una población) y *Panicum virgatum* (pasto varilla, cv Alamo). Se evaluaron el ciclo fenológico, la producción de biomasa así como los principales parámetros de rebrote en ciclos sucesivos. Los resultados de producción de biomasa seca mostraron los mayores valores para caña común, siendo los valores para dactilo, festuca y lastón semejantes a los de pasto varilla. El número de hijuelos mostró grandes diferencias entre especies y entre ciclos, observándose en general una caída en el número de ellos entre el final de un ciclo y el inicio del siguiente. No se observaron diferencias en el porcentaje de plantas rebrotadas entre especies o ciclos, siendo casi todos los valores superiores al 90%, lo que indica una buena supervivencia de las especies ensayadas.

Palabras clave: productividad, perennialidad, gramíneas.

INTRODUCCIÓN

Las fuentes de energía basadas en la explotación de los combustibles fósiles están en entredicho desde hace tiempo dado su carácter contaminante y su agotamiento (Simmons, 1982). La producción de biocombustibles a partir de cultivos se plantea en estos momentos como una de esas fuentes alternativas (González-Velasco, 2009).

Sin embargo, hasta ahora se han ensayado muy pocos cultivos, todos ellos de difícil adaptación a ambientes mediterráneos (Dondini *et al.*, 2009) o con bajas eficiencias (Grammelis *et al.*, 2008), lo que ha conducido a experimentar con nuevos cultivos más adaptados a esos ambientes e incluso con otros roles de carácter ecológico, como las especies pratenses perennes o algunas especies de vegetación natural (Downing *et al.*, 1995; Cosentino *et al.*, 2008). Recientemente además, la producción de bioenergía a partir de cultivos se centra en la búsqueda de alternativas que no supongan competencia directa con la alimentación humana (biocombustibles de segunda generación), y que se desarrollen en tierras marginales, es decir, con escaso valor para la agricultura, bien desde un punto de vista productivo o económico (Fisher, 2010; Robledo y Correal, 2013).

Por todo ello, el objetivo del presente trabajo fue estudiar el potencial productivo de diferentes especies y poblaciones como cultivos bioenergéticos en condiciones mediterráneas y su comparación a otras especies de mayor difusión a nivel internacional.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en el campo experimental de la UIB durante 3 años consecutivos (2013 a 2015) (Palma de Mallorca, 39° 38' N y 2° 38' E, 80 m s. n. m.). Las especies mediterráneas ensayadas fueron *Dactylis glomerata* (dactilo, dos poblaciones y una variedad comercial, Jana), *Festuca arundinacea* (festuca, variedad comercial Flecha), *Piptatherum miliaceum* (lastón, dos poblaciones correspondientes a dos subespecies: Alcudia subsp. *thomasi* y Toro subsp. *miliacea*), *Arundo donax* (caña común, una población) y *Ampelodesmos mauritanica* (carcera, una población); como especie de amplia difusión se ensayó *Panicum virgatum* (pasto varilla, cv Alamo).

Para las especies de dactilo, festuca y lastón se evaluaron 3 ciclos anuales que se iniciaban a principios de otoño y finalizaban a inicio de verano. Para cada una de ellas se establecieron 4 subparcelas por variedad o población (bloques), de 2 x 1 metros cuadrados cada una, con un marco de plantación de 25 x 25 cm entre plántulas. Estas plántulas habían sido obtenidas previamente germinando semillas de la población o variedad en placas de alveolos con sustrato de turba común y riego a voluntad, bajo invernadero. El semillero se realizó a principios de diciembre de 2012 y el trasplante de plántulas a campo el 25 de febrero de 2013. Para las especies de caña común, carcera y pasto varilla los dos ciclos evaluados se iniciaron a finales de invierno y acabaron a principios de invierno del año siguiente. Para ellas también se establecieron 4 subparcelas por variedad o población (bloques), de 2 x 2,25 metros cuadrados cada una, con un marco de plantación de 50 x 75 cm entre plántulas. Las plántulas de carcera y de pasto varilla fueron obtenidas como las anteriormente citadas; sin embargo las plantas de caña común fueron obtenidas a partir de yemas axilares enraizadas en maceta y tratadas de modo semejante a las macetas con semillas.

Una vez las plantas en campo, se procedió a eliminar la vegetación invasiva durante todo el primer ciclo de cultivo hasta el corte de biomasa, con el fin de asegurar la implantación del cultivo. Esta operación no se volvió a realizar en ningún otro ciclo de cultivo. No se realizó ningún abonado, ni de fondo ni en cobertera, pero se realizaron riegos de apoyo durante el primer ciclo para asegurar la viabilidad de las plantas.

Semanalmente, se evaluó el estado fenológico de los cultivos de acuerdo a la escala BBCH (BBCH, 1998), para cada población y bloque por separado, tomando como valor el promedio observado en 5 plantas. Al final de cada ciclo de cultivo se midió la biomasa aérea fresca y seca (determinación en estufa a 60 °C hasta peso constante) producida en cada bloque, y el resultado se expresó como producción de biomasa en toneladas por hectárea. En ese momento se midió también el número de hijuelos por planta, sobre 3 plantas por cultivo y bloque. Este parámetro se volvió a evaluar sobre las mismas plantas sucesivamente a final de un ciclo e inicio del ciclo siguiente. Finalmente se evaluó el porcentaje de plantas rebrotadas por cultivo y bloque.

Todos los parámetros evaluados se analizaron mediante un análisis de la varianza. Se realizó un test de Duncan para estudiar la significación de las diferencias entre medias ($p < 0,05$). La producción total para el conjunto de los ciclos se evaluó por separado en las especies con dos ciclos de cultivo y las especies con tres ciclos, tal y como se indica en la Tabla 1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presentan los valores de pluviometría mensual y temperatura media mensual para los años que duró el experimento (2013 a 2015), tomados de la estación meteorológica de la UIB. Como se puede observar la figura muestra un comportamiento típico de clima mediterráneo, con veranos secos y cálidos, concentrándose la mayor parte de la pluviometría en los meses de otoño e invierno. Cabe destacar que el año 2015 fue sensiblemente menos lluvioso que los anteriores.

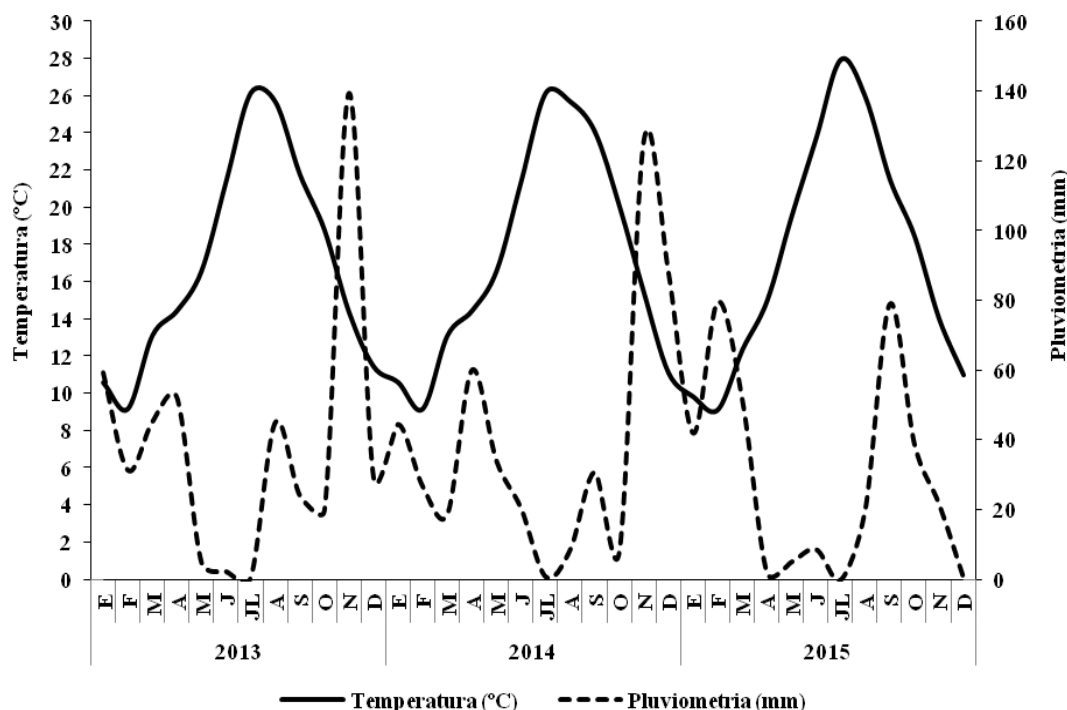


Figura 1. Pluviometría mensual y temperatura media mensual en el campo experimental de la UIB a lo largo de los años que duró el ensayo (2013-2015).

En la Tabla 1 se presenta la biomasa aérea fresca y seca producida por cada especie y población en toneladas por hectárea, para cada ciclo de cultivo y para la suma de los ciclos ensayados (TOTAL).

Como se puede observar, los modelos Anova fueron altamente significativos, con diferencias importantes entre especies y entre ciclos, tanto en materia fresca como en materia seca. El tratamiento de control (vegetación espontánea sin cultivo) siempre mostró los menores valores de biomasa de manera significativa. *Arundo donax* mostró significativamente mayores valores que el resto de especies ensayadas. *P. virgatum* y *A. mauritanica* en cambio mostraron valores semejantes o incluso inferiores al resto de especies gramíneas forrajeras perennes. La producción de biomasa de *A. donax* es similar a la mostrada en otros estudios en los que se ha evaluado esta especie como fuente de biomasa en ambientes mediterráneos (Cosentino *et al.*, 2008). Por otra parte, *P. virgatum* mostró valores de producción de biomasa sensiblemente inferiores a los obtenidos en la mayor parte de estudios (Cosentino *et al.*, 2008; Smeets *et al.*, 2009), lo que sugiere que la utilidad de esta especie como fuente de biomasa en ambientes mediterráneos debe ser reconsiderada. Entre las gramíneas forrajeras, podemos destacar el comportamiento de *P. miliaceum* subsp. *miliacea* (población Toro), que superó tanto a los dáctilos como a la festuca comercial ensayados, lo que es especialmente relevante dado que tanto la variedad Jana (dáctilo) como la variedad Flecha (festuca) han sido seleccionadas por su buen rendimiento en ambientes mediterráneos (Pecetti *et al.*, 2009). Los dáctilos mostraron diferencias con la festuca, a favor de uno u otro según el ciclo de cultivo, pero estas diferencias se anularon al considerar la biomasa total de todos los ciclos.

Tabla 1. Producción total de biomasa aérea fresca (BAF) y seca (BAS) (t/ha) para cada especie y variedad (Palma de Mallorca, 2013-2015).

Especie variedad	Ciclo 1		Ciclo 2		Ciclo 3		TOTAL	
	BAF	BAS	BAF	BAS	BAF	BAS	BAF	BAS
<i>Dactylis glomerata</i>								
cv Alcudia	2,8±0,14 ^{*ab}	2,4±0,13 ^c	14,9±1,91 ^a	7,1±0,64 ^{ab}	32,3±4,69 ^b	14,4±2,49 ^c	50,0±6,70 ^b	23,9±3,17 ^b
cv Jana	2,6±0,25 ^{ab}	1,9±0,23 ^{bc}	14,9±1,02 ^a	7,5±0,39 ^{ab}	36,4±5,17 ^b	12,3±1,73 ^{bc}	53,9±4,41 ^{bc}	21,7±1,57 ^b
cv Manacor	2,6±0,14 ^{ab}	2,2±0,12 ^{bc}	15,7±1,30 ^a	7,2±0,86 ^{ab}	35,3±8,86 ^b	11,3±2,92 ^{bc}	53,5±8,99 ^{bc}	20,6±3,57 ^b
<i>Festuca arundinacea</i>								
cv Flecha	1,1±0,08 ^a	0,7±0,05 ^{ab}	29,4±1,59 ^b	14,1±1,04 ^d	30,8±4,88 ^b	7,7±1,43 ^{ab}	61,4±3,85 ^{bc}	22,5±1,02 ^b
<i>Oryzopsis miliacea</i>								
cv Alcudia	12,7±2,26 ^{cd}	7,7±1,13 ^e	27,6±1,94 ^b	12,5±0,99 ^{cd}	31,8±2,31 ^b	12,7±1,94 ^{bc}	72,0±6,00 ^c	33,0±3,46 ^c
cv Toro	5,1±0,81 ^b	2,9±0,44 ^c	20,8±2,21 ^{ab}	8,9±1,15 ^{bc}	41,2±3,79 ^b	15,0±0,95 ^c	67,0±5,76 ^{bc}	26,8±1,92 ^{bc}
Control	0,0±0,00 ^a	0,0±0,00 ^a	13,7±2,92 ^a	3,2±0,47 ^a	10,0±2,47 ^a	5,0±1,14 ^a	23,7±1,08 ^a	8,2±0,92 ^a
<i>Arundo donax</i>								
	18,8±1,15	11,5±0,78 ^f	39,1±7,36 ^c	21,1±4,33 ^e	-	-	58,2±7,88 ^b	32,6±4,60 ^b
<i>Panicum virgatum</i>								
cv Alamo	10,8±0,86	5,4±0,49 ^d	17,2±1,96 ^a	9,7±1,13 ^{bcd}	-	-	28,0±2,76 ^a	15,1±1,44 ^a
<i>Ampelodesmos mauritanica</i>								
	14,0±1,26	6,5±0,64 ^{de}	12,6±0,89 ^a	6,6±0,65 ^{ab}	-	-	26,6±1,75 ^a	13,1±1,10 ^a
R ² modelo	0,93	0,93	0,73	0,75	0,53	0,5	0,68(0,74)	0,72(0,76)
P factor	0	0,00	0	0	0	0,01	0,00(0,00)	0,00(0,00)

* letras distintas dentro de columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Para TOTAL se han realizado dos análisis por separado puesto que el número de ciclos es distinto para los dos grupos de especies.

En la Tabla 2, se presenta el número de hijuelos desarrollados por planta medidos a final e inicio de los diferentes ciclos de cultivo, para cada especie y población o variedad. Se observa que existe una gran variabilidad en los resultados, entre especies y entre ciclos. Sin embargo, se observaron algunas diferencias entre especies y entre poblaciones durante los dos primeros ciclos, anulándose las mismas en el tercer y cuarto ciclos. En general es destacable también la gran pérdida de hijuelos entre el final de un ciclo (inicio del verano) y el inicio del siguiente ciclo (finales de verano o principios de otoño), salvo para algunas poblaciones en el final del ciclo 1 e inicio del ciclo 2 (festuca cv Flecha y dactilo cv Jana).



Tabla 2. Número de hijuelos por planta a inicio (IC) y final (FC) de cada ciclo de cultivo para cada especie y variedad (Palma de Mallorca, 2013-2015).

Especie	Variedad	FC1	IC2	FC2	IC3	FC3	IC4
<i>Dactylis glomerata</i>	Alcudia	22,4±2,01 ^{*c}	16,7±1,79 ^b	70,2±5,25 ^b	44,8±3,66 ^c	28,4±7,17 ^a	19,0±4,85 ^{ab}
	Jana	11,1±1,16 ^a	25,1±2,74 ^c	59,8±8,80 ^b	26,8±3,54 ^{ab}	18,9±2,87 ^a	17,5±4,06 ^{ab}
	Manacor	17,1±0,98 ^b	15,0±1,38 ^{ab}	59,7±6,25 ^b	31,9±3,57 ^b	25,3±5,04 ^a	23,3±4,37 ^b
<i>Festuca arundinacea</i>	Flecha	16,5±1,53 ^b	19,6±2,61 ^b	66,2±5,92 ^b	31,6±4,69 ^b	15,6±1,82 ^a	12,7±2,26 ^a
<i>Oryzopsis miliacea</i>	Alcudia	35,9±2,00 ^e	20,5±2,23 ^{bc}	40,8±4,25 ^a	32,2±5,12 ^b	21,0±2,42 ^a	13,8±2,09 ^a
	Toro	30,8±2,36 ^d	9,8±1,20 ^a	45,9±2,79 ^a	20,6±2,20 ^a	26,1±4,29 ^a	13,3±2,16 ^a
R ² modelo		0,8	0,62	0,81	0,65	0,6	0,49
P factor		0	0	0	0	0,39	0,13

* Letras distintas dentro de la misma columna indican diferencias significativas (p<0,05).

La Tabla 3 muestra el porcentaje de plantas rebrotadas a inicio y final de cada ciclo de cultivo. Como se puede observar en dicha tabla, los valores obtenidos fueron siempre muy elevados, entre el 85% y el 100% de plantas vivas al final del experimento. No se encontraron diferencias significativas entre especies, ni tampoco entre ciclos ni entre inicio y final de ciclo. Todos los modelos Anova mostraron un coeficiente de determinación muy bajo, y en ninguno de los ciclos el efecto principal resultó significativo (p > 0,05). Sí que se observó sin embargo un aumento de la variabilidad de los resultados así como iban sucediéndose los ciclos. Los mayores valores de supervivencia se observaron en dátilo cv Alcudia, aunque la diferencia con el resto de especies no alcanzó la significación. Todo parece indicar pues como la pérdida de hijuelos durante el verano no se traduce en la mortalidad de individuos.

Tabla 3. Porcentaje de plantas rebrotadas a inicio y final de cada ciclo (Palma de Mallorca, 2013-2015).

Especie	Variedad	FC1	IC2	FC2	IC3	FC3
<i>Dactylis glomerata</i>	Alcudia	100,0±0,00 ^{*a}	100,0±0,00 ^a	100,0±0,00 ^a	100,0±0,00 ^a	96,3±2,46 ^a
	Jana	85,0±9,57 ^a	90,0±5,77 ^a	92,5±7,50 ^a	95,0±5,00 ^a	95,8±4,17 ^a
	Manacor	95,0±5,00 ^a	100,0±0,00 ^a	100,0±0,00 ^a	100,0±0,00 ^a	95,1±0,07 ^a
<i>Festuca arundinacea</i>	Flecha	90,0±10,00 ^a	90,0±10,00 ^a	100,0±0,00 ^a	95,0±5,00 ^a	95,8±2,50 ^a
<i>Oryzopsis miliacea</i>	Alcudia	95,0±5,00 ^a	95,0±5,00 ^a	95,0±5,00 ^a	95,0±5,00 ^a	96,1±2,51 ^a
	Toro	90,0±5,77 ^a	90,0±5,77 ^a	90,0±5,77 ^a	90,0±5,77 ^a	85,0±8,66 ^a
R ² modelo		0,15	0,18	0,23	0,18	0,22
P factor		0,7	0,59	0,43	0,57	0,44

* Letras distintas dentro de la misma columna indican diferencias significativas (p<0,05).

CONCLUSIONES

Se observaron diferencias notables entre especies, tanto en la producción de biomasa como en su grado de ahijamiento, pero no en la supervivencia de individuos. También se comprobó la gran variabilidad de resultados dentro de especie, así como la existencia de poblaciones con un comportamiento meritorio frente a las variedades comerciales ensayadas.

La comparación entre especies orientadas a la producción de biomasa para la obtención de biocombustibles y las especies típicamente forrajeras mostró como la caña común obtuvo siempre los mayores valores de biomasa, pero el pasto varilla no mejoró los resultados de las gramíneas en condiciones mediterráneas.



AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto europeo OPTIMA (FP7-289642) y por una beca de colaboración de la UIB.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BBCH (1998) *Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono y dicotiledóneas cultivadas*. BASF: Alemania.
- COSENTINO S.L., COPANI V., PATANE C., MANTINEO M. Y D'AGOSTA G.M. (2008) Agronomic, energetic and environmental aspects of biomass energy crops suitable for Italian environments. *Italian Journal of Agronomy*, **2**, 81-95.
- DONDINI M., HASTINGS A., SAIZ G., JONES M.B. Y SMITH P. (2009) The potential of *Miscanthus* to sequester carbon in soils: comparing field measurements in Carlow, Ireland to model predictions. *Bioenergy*, **1**, 413-425.
- DOWNING M., WALSH M. Y McLAUGHLIN S. (1995) Perennial grasses for energy and conservation: evaluating some ecological, agricultural and economic issues. *Proceedings of the Environmental Enhancement through Agriculture Conference*. Boston, Massachusetts, USA.
- FISHER M. (2010) Fueling biomass plants without degrading the land. *CSA News*, **10**, 4-9.
- GONZÁLEZ-VELASCO J. (2009) *Energías renovables. Energía a partir de biomasa*. Barcelona: (Ed) Reverté.
- GRAMMELIS P., MALLIOPOULOU A., BASINAS P. Y DANALATOS N.G. (2008) Cultivation and characterization of *Cynara cardunculus* for solid biofuels production in the Mediterranean region. *International Journal of Molecular Sciences*, **9**, 1241-1258.
- PECETTI L., ANNICHIARICO P., PORQUEDDU C., KHEIDDIN A. Y ABDELGUERFI A. (2009) Fitting germplasm types of tall fescue and orchardgrass to different cropping environments of the Mediterranean region. *Crop Science*, **49**, 2393-2399.
- ROBLEDO A. Y CORREAL E. (2013) *Cultivos energéticos de segunda generación para producción de biomasa lignocelulósica en tierras de cultivos marginales*. Murcia, España: IMIDA.
- SIMMONS I.G. (1982) *Ecología de los recursos naturales*. Barcelona, España: (Ed) Omega.
- SMEETS E.M.W., LEWANDOWSKI I.M. Y FAAIJ A.P.C. (2009) The economical and environmental performance of miscanthus and switchgrass production and supply chains in a Europe setting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **13**, 1230-1245.

COMPARATIVE STUDY OF BIOMASS PRODUCTION AND PERSISTENCE IN PERENNIAL CROPS FOR BIOFUEL PRODUCTION

SUMMARY

During recent years the interest in new crops to produce biomass is increasing due to the fact that only a few species have been studied and these are poorly adapted to Mediterranean conditions. For this we performed an experiment to compare the suitability of different biomass species and populations at the experimental farm of the University of the Balearic Islands. The species chosen were *Dactylis glomerata* (cocksfoot, two populations and one commercial variety), *Festuca arundinacea* (tall fescue, one commercial variety), *Oryzopsis miliacea* (smilo grass, two populations), *Arundo donax* (giant reed, one population), *Ampelodesmos mauritanica* (one population) and *Panicum virgatum* (switchgrass, cv Alamo). We studied the phenological cycle,



biomass production and the main survival parameters along the first three cycles. The main results concerning dry biomass production showed the highest values in giant reed, being the values in cocksfoot, tall fescue and smilo grass similar to the ones observed in switchgrass. The number of tillers per plant showed large differences between species and cycles, but in general, the values at the end of a cycle were superior to the ones at the beginning of the following cycle. No differences were found between species in the percentage of plants starting a growing period, being most of the values very high and over 90%, what means a good survival rate for these species.

Key words: productivity, perenniality, grasses.



Producción Animal

LEGUMINOSAS ANUALES PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN GALICIA

G. FLORES-CALVETE.

Instituto Galego de Calidade Alimentaria. Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (INGACAL-CIAM).
Apdo. 10, 15080 A Coruña. gonzalo.flores.calvete@xunta.es.

En la presente ponencia se presentan los principales resultados obtenidos en el CIAM en varios proyectos^{1,2} enfocados a la mejora del sistema de producción agrícola de las explotaciones lácteas gallegas, a la diferenciación del proceso productivo y de la leche producida en las explotaciones. Los ensayos aquí referidos se centraron en la producción de ensilados de elevada calidad nutricional para la alimentación del ganado vacuno de leche incorporando nuevas especies de leguminosas anuales en cultivo monofito o en mezclas con raigrases como cultivo invernal en rotaciones de dos cultivo por año con maíz como cultivo de verano. Las especies evaluadas fueron: trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum* L.), trébol encarnado (*T. incarnatum* L.), trébol migueliano (*T. michelianum* Savi.), trébol persa (*T. resupinatum* L.) ssp. *resupinatum* y ssp. *majus*, trébol vesiculoso (*T. vesiculosum* Savi.) y serradella (*Ornithopus sativus* Brot.) y los raigrases utilizados en las mezclas fueron: raigrás italiano (*Lolium multiflorum* L.) y raigrás híbrido (*Lolium x boucheanum* K.).

Contexto de los estudios

- a) Existe un renovado interés acerca de la recuperación del cultivo de leguminosas forrajeras en Europa, lo cual en parte es reflejo de la necesidad que tienen los agricultores de adaptar su modelo de manejo a las nuevas condiciones económicas y políticas que recogen las demandas de los agentes sociales relativos al desarrollo de una agricultura productora de alimentos de calidad, seguros, a precios asequibles y con modelos de producción de impacto reducido sobre el medio ambiente. A ello no es ajeno el sector productor de leche cuyo futuro se ve gravemente comprometido en una situación de bajos precios de la leche y de inputs caros y volátiles en un mercado cuya producción ya no está contingentada.
- b) Galicia produce aproximadamente el 40% de la leche de vacuno y concentra el 53% de las explotaciones lecheras del total del estado español, con un modelo productivo intensivo, dependiente del cultivo del maíz forrajero. Comparando la información obtenida en encuestas realizadas en el CIAM a explotaciones lecheras gallegas en los años 1996 y 2013 se observa que, en dicho período, el número de explotaciones se había reducido a una cuarta parte (de 47 mil a algo menos de 12 mil), la producción de leche total había aumentado en un 68% (de 1,6 a 2,4 millones de toneladas) y la producción por explotación se había multiplicado por seis (de 35 mil a 201 mil kg de leche/explotación). Dichos cambios, en ausencia de las dificultades para acomodar el incremento de tamaño de las explotaciones que permanecieron en el sector con el correspondiente aumento de la base territorial forrajera motivaron un aumento de la carga ganadera y de la dependencia del suministro de concentrados. En paralelo se produjo una mayor intensificación forrajera de la SAU disponible centrada en un incremento del cultivo del maíz forrajero, el predominio de los ensilados sobre el consumo de forrajes frescos y una disminución del

¹Proyecto PGDIT -09MRU012E financiado por la Dirección Xeral de Investigación (Consellería de Economía, Xunta de Galicia)

²Proyecto INIA RTA2012-0065-C05-02, coordinado entre los centros de investigación de Galicia (CIAM), Asturias (SERIDA), Cantabria (CIFA), País Vasco (NEIKER) y Navarra (INTIA), coordinado por SERIDA y cuyo objetivo central es mejorar la competitividad del sector productor de leche de las comunidades de la cornisa atlántica y Galicia ligada a la calidad, a la seguridad alimentaria y a la innovación.

uso de hierba de pradera, lo cual se pone de manifiesto sobre todo en las explotaciones de mayor dimensión. Para las granjas con más de 300 000 kg de cuota láctea, el cultivo de maíz forrajero ocupaba de media en 1996 el 11% de la SAU y aportaba el 22% de la materia seca (MS) forrajera producida, mientras que en 2013 estos porcentajes se elevaban al 44% de la superficie y al 63% de la materia seca forrajera obtenida en la explotación. Entre tanto, la contribución de la hierba de pradera al total de los recursos forrajeros de estas explotaciones se había reducido proporcionalmente desde el 78 al 37% en este período. En la actualidad, la rotación más popular es la de maíz con raigrás italiano anual (60% de las explotaciones), pero casi un 20% de los agricultores dejan el terreno sin cultivar durante el invierno. Por otra parte, menos del 2% de las granjas que cultivan maíz en rotación incluyen una leguminosa en la misma. El raigrás italiano, manejado en un único corte, con frecuencia presenta contenidos en proteína muy bajos y no es infrecuente el encamado. Los estudios realizados hasta la fecha para encontrar especies leguminosas que encajen en las rotaciones con maíz, como vezas, guisantes y haboncillos han señalado diversos problemas relativos a la variabilidad anual de los rendimientos y calidad del cultivo invernal y a la incidencia ocasional del encamado de la cosecha. Estos inconvenientes, junto con la dificultad del manejo de las mezclas de estas leguminosas con cereal, hacen que hasta el momento no haya sido exitosa su incorporación a las explotaciones.

- c) Se hace preciso mejorar la rotación forrajera predominante buscando cultivos invernales que aporten proteína a la dieta de las vacas lecheras, para lo cual las leguminosas forrajeras anuales llamadas “de segunda generación” podrían ser de utilidad. Estas leguminosas forrajeras, aunque mejoradas muchas de ellas en el hemisferio sur, proceden de área mediterránea europea y algunas eran utilizadas no hace mucho en la agricultura gallega habiendo hoy desaparecido. Adaptadas a un amplio rango de climas y suelos diversos han sido objeto de selección, entre otros atributos, en base a su productividad en primavera, la profundidad de su sistema radicular, amplia estación de crecimiento y asociación simbiótica adaptada a suelos ácidos. Hasta la fecha no existían estudios previos que proporcionasen información local acerca de su comportamiento productivo en los sistemas forrajeros intensivos de la zona atlántica española, de la calidad de sus ensilados ni tampoco de su utilización en las dietas del ganado vacuno lechero.

Estructura de la exposición de resultados y conclusiones de los estudios realizados

Los resultados que se exponen en la ponencia se estructuran en cuatro partes, relativas a: 1) Caracterización agronómica y nutricional de las siembras monofitas de leguminosas anuales y sus mezclas con raigrases aprovechadas para ensilar en primavera, realizada en pequeña parcela; 2) Extensión de resultados a explotaciones colaboradoras; 3) Productividad de las rotaciones con maíz, en gran parcela y 4) Evaluación de la respuesta, en términos de producción y composición en ácidos grasos de la leche, a la inclusión de ensilados de nuevas leguminosas forrajeras anuales en la dieta del ganado vacuno lechero.

En cuanto a las principales conclusiones se resaltan las siguientes:

- Las leguminosas anuales presentan una alta productividad y un elevado valor nutricional, adaptándose a un aprovechamiento en un único corte para ensilar a finales de abril-comienzos de mayo, compatible con las labores de preparación del terreno y siembra del maíz.
- Los tréboles migueliano y persa *resupinatum* para aprovechamientos más precoces y el trébol encarnado en los más tardíos parecen ser las especies de leguminosas anuales más interesantes para

rotar con el maíz como cultivo de verano en las explotaciones lecheras gallegas.

- Se recomienda la asociación de las leguminosas con raigrás italiano o híbrido con el fin de asegurar la implantación del cultivo y mejorar la ensilabilidad de la mezcla, que podría estar comprometida por la alta humedad de las leguminosas en el momento del corte.
- Los raigrases pueden presentar valores muy bajos de proteína, por lo que es esencial asegurar una proporción adecuada de leguminosas en la mezcla, que como mínimo debería ser del 50% de la materia seca total. A este respecto, la menor agresividad del raigrás híbrido lo hace preferible al raigrás italiano cuando la cosecha se realiza a finales de abril-comienzos de mayo.
- En estas condiciones, son de esperar rendimientos del cultivo invernal comparables a los del cultivo monofito de raigrás italiano, en el entorno de 4 a 7 t MS/ha, con un contenido de proteína superior al 12% y una concentración energética comparable a la del maíz forrajero.
- Los resultados obtenidos en las explotaciones colaboradoras reproducen, en general, los resultados obtenidos en condiciones experimentales en cuanto a la ausencia de diferencias en la productividad del cultivo de raigrás italiano y el de las leguminosas anuales y señalan una mejor respuesta de las mezclas de leguminosas con raigrás comparada con la de las siembras polifitas de leguminosas sin gramíneas acompañantes.
- El cultivo de una mezcla de raigrás y leguminosas anuales bien manejada, seguida por maíz forrajero, en condiciones normales de cultivo, incrementa en un 24-60% la productividad obtenida por el cultivo único de maíz sin aprovechamiento invernal del terreno.
- Dado el bajo contenido en materia seca de las leguminosas, el forraje segado debería presecarse en el campo para alcanzar un valor de MS cercano al 30% lo cual parece factible conseguirlo realizando secados de 24 ó 48 h, con buen tiempo.
- La substitución de ensilados de raigrás italiano por ensilados de leguminosas anuales en dietas isoproteicas ofrecidas a ganado vacuno lechero no modifica la producción de leche pero permite formular dietas más económicas al ser posible reducir el porcentaje de materias primas proteicas del concentrado.
- En paralelo, el uso de ensilados de leguminosas anuales permite mejorar el perfil de ácidos grasos de la leche de acuerdo con los requerimientos actuales relativos a la salud humana.
- En contrapartida a las ventajas agronómicas y productivas presentadas por las leguminosas anuales, debe considerarse, en comparación con el tradicional cultivo de raigrás, el superior precio de las semillas, las mayores dificultades de implantación y la carencia de materias activas de herbicidas autorizadas para combatir la flora adventicia.

IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE VACUNO EN BASE A FORRAJES A PARTIR DE LA COMPOSICIÓN DE LA LECHE

F. VICENTE, C. SANTIAGO, M.A. GONZÁLEZ, J.D. JIMÉNEZ-CALDERÓN Y A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ.
Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Apdo.13. 33300 Villaviciosa (España).
fvicente@serida.org.

RESUMEN

Durante un año se visitaron trimestralmente 16 ganaderías en las que se habían identificado cinco sistemas de alimentación en función de la composición de ingredientes de la ración. El sistema ensilado de maíz presentó una composición de la leche con mayores proporciones de proteína, lactosa, extracto seco magro y urea. Su perfil de ácidos grasos tuvo mayores proporciones de ácidos grasos saturados y menores de ácidos esteárico, vaccénico, oleico y α -linolénico. El perfil de ácidos grasos de los sistemas identificados como pastoreo, ensilado de hierba y forraje seco presentaron mayor grado de insaturación, con las mayores concentraciones de los ácidos ruménico, vaccénico, oleico, α -linolénico y esteárico. Los análisis de componentes principales diferenciaron el sistema de alimentación con ensilado de maíz, tanto a partir de la composición química de la leche como a partir del perfil de ácidos grasos. Con el resto de sistemas de alimentación no se pudieron establecer las diferencias de forma clara a través del análisis de componentes principales debido a su similitud.

Palabras clave: racionamiento, producción láctea, trazabilidad, origen, ácidos grasos.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se está trabajando intensamente en la búsqueda de componentes diferenciales que permitan asociar la composición de la leche con la alimentación y el sistema de manejo del ganado (Prache *et al.*, 2005). Terpenos, polifenoles, isótopos estables y ácidos grasos han sido propuestos como biomarcadores candidatos en la leche para la autenticación y trazabilidad de las dietas animales. Los ácidos grasos (AG) de la leche son los que más información aportan sobre la alimentación de la vaca (Engel *et al.*, 2007), discriminando dietas con alto o bajo contenido en ensilado de maíz. Sin embargo, hay pocos estudios que evalúen el potencial del perfil de AG de la leche para predecir el sistema de alimentación (Coppa *et al.*, 2013). El objetivo de este trabajo fue evaluar la posibilidad de predecir el tipo de alimentación de las vacas a partir de la composición y perfil de ácidos grasos a partir de muestras de leche del tanque.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se monitorizaron durante un año 16 granjas lecheras, con visitas trimestrales desde el verano de 2014 a la primavera de 2015, sobre las que se identificaron cinco sistemas de alimentación efectivamente utilizados según la composición de ingredientes de la ración (Santiago, 2015): Pastoreo (I), Ensilado de maíz (II), Ensilado de hierba (III), Forraje seco (IV) y Alto concentrado (V). La Tabla 1 muestra los ingredientes que componen cada ración. En cada visita de seguimiento, se tomaba la información, composición de la ración que era ofertada a los animales en producción, así como muestras de leche del tanque con la condición de que hubiera un número par de ordeños en el tanque. La leche fue analizada para su contenido en grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos y urea en el Laboratorio Interprofesional Lechero y Agroalimentario de Asturias. La proporción de AG de la leche fue analizada de acuerdo a la metodología propuesta por González-Arrojo *et al.* (2015). Para hallar las causas de variabilidad del conjunto de datos, se llevó a cabo un análisis multivalente por

componentes principales (PCA) con la composición y el perfil de AG de la leche. Los análisis estadísticos fueron llevados a cabo con R Core Team (2014).

Tabla 1. Ingredientes (%MS \pm desviación estándar) de las raciones en cada sistema de alimentación identificado.

	I (n = 6)	II (n = 4)	III (n = 8)	IV (n = 18)	V (n = 24)
Hierba	40,4 \pm 15,66	----	10,6 \pm 12,19	10,1 \pm 10,20	0,9 \pm 2,97
Ensilado de maíz	22,8 \pm 17,25	61,9 \pm 4,97	2,0 \pm 5,57	8,8 \pm 11,80	17,3 \pm 15,01
Ensilado de hierba	2,8 \pm 6,81	7,3 \pm 5,89	56,3 \pm 8,76	23,4 \pm 9,00	25,9 \pm 13,17
Forraje seco ¹	1,2 \pm 1,92	1,8 \pm 1,19	4,6 \pm 7,83	23,3 \pm 12,50	7,5 \pm 8,22
Concentrado	32,8 \pm 8,58	29,1 \pm 2,07	26,6 \pm 7,30	34,4 \pm 6,80	48,3 \pm 8,07

I: Pastoreo, II: Ensilado de maíz, III: Ensilado de hierba, IV: Forraje seco, V: Alto concentrado; n: número de muestras según sistema identificado. ¹ Henos, pajas, etc.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 muestra los resultados de la composición química y perfil de AG de la leche según el sistema de alimentación. Los animales alimentados con el sistema II presentaron unos valores más altos de proteína y extracto seco magro (3,42 y 8,98%, respectivamente). El resto de sistemas presentaron valores inferiores (3,1 y 8,6%, respectivamente, $P < 0,001$). Además, junto con el sistema V, presentó una mayor cantidad de lactosa y urea (4,8% y 306 mg/L) que los otros sistemas (4,7% y 237 mg/L, respectivamente, $P < 0,001$). El grupo I tuvo la misma cantidad de grasa, proteína y extracto seco magro que de los grupos III, IV y V, y fue el grupo con menor cantidad de urea (201 vs 276 mg/L) lo que supone una mejor eficiencia en el uso de la proteína. Algunos autores han descrito aumentos significativos en el porcentaje de grasa en leche de vacas estabuladas frente a vacas en pastoreo (Capuano *et al.*, 2014). Por el contrario, mayor concentración de grasa en la leche en ganaderías extensivas que en ganaderías intensivas ha sido reportado por Slots *et al.* (2009).

La leche del sistema II presentó mayor proporción de ácido palmítico (42,88 g/100 g AG totales, $P < 0,05$) que el resto de los sistemas de alimentación, así como de otros AG saturados como el C11:0 (0,11 g/100g AG totales, $P < 0,05$), C12:0 (4,12 g/100g AG totales, $P < 0,01$) y C13:0 (0,18 g/100g AG totales, $P < 0,001$). Sin embargo mostró las concentraciones más bajas de AG considerados como saludables para el hombre: C18:0 (8,97 g/100g AG totales, $P = 0,0771$), C18:1 trans-11 (0,36 g/100g AG totales, $P < 0,001$), C18:1 cis-9, (16,61 g/100g AG totales, $P < 0,01$); C18:2 cis-9, trans-11 (0,14 g/100g AG totales, $P < 0,001$) y α -linolénico (0,15 g/100 g AG totales, $P < 0,01$). Los perfiles de AG de la leche de los grupos I, III y IV fueron similares entre ellos, mientras que el grupo V mostró concentraciones intermedias y más parecidas a las del grupo II. El grupo II presentó la mayor proporción de saturados frente al resto de grupos (77,1 vs 67,7%, $P < 0,001$), lo que se refleja en una mayor relación saturados/insaturados (3,75 vs 2,16, $P < 0,001$). Los AG que forman el conjunto de ω -3 fue significativamente inferior en el grupo II (0,17 g/100g AG totales, $P < 0,01$), con el mayor porcentaje en el sistema III (0,42 g/100g AG totales, $P < 0,01$), observándose valores intermedios en los sistemas IV, V y I (0,33, 0,23 y 0,23 g/100g AG totales, respectivamente, $P < 0,01$). El sistema de alto concentrado (V) presentó bajas concentraciones de ácido ruménico y vaccénico y altas de oleico, coincidiendo con lo descrito por otros autores (Griinari y Bauman, 2006). El perfil de AG de este sistema es similar al sistema II y por tanto se corresponde con un perfil de AG menos beneficioso para la salud. En general, el forraje provee de precursores de AG insaturados, como el acetato. Una relación de forraje-concentrado de 52/48 puede estar produciendo un perfil más saturado y una falta de AG de cadena corta y media para la síntesis de AG insaturados. Este hecho también podría darse



en el sistema II ya que puede considerarse que el ensilado de maíz como un ingrediente que proporciona un 30% de concentrado y un 70% de forraje (de la Roza *et al.*, 2012) por su contenido en almidón y pared celular.

Tabla 2. Composición química y perfil de ácidos grasos (g/100 g ácidos grasos totales) de la leche según los sistemas de alimentación.

	I (n=6)	II (n=4)	III (n=8)	IV (n=18)	V (n=24)	rsd	P
Grasa %	3,88	3,83	3,86	3,73	3,84	0,026	NS
Proteína %	3,10 ^a	3,42 ^b	3,13 ^a	3,11 ^a	3,20 ^a	0,013	***
Lactosa %	4,74 ^a	4,83 ^b	4,72 ^a	4,72 ^a	4,80 ^b	0,009	***
ESM %	8,61 ^a	8,98 ^b	8,58 ^a	8,59 ^a	8,76 ^a	0,022	***
Urea (mg/L)	201 ^a	306 ^c	265 ^b	246 ^{a,b}	285 ^{b,c}	5,1	***
C6:0	0,95	1,23	1,00	0,81	0,86	0,037	NS
C8:0	0,81	0,88	0,80	0,76	0,87	0,013	NS
C9:0	0,02 ^a	0,04 ^b	0,01 ^a	0,01 ^a	0,01 ^a	0,002	***
C10:0	2,51	3,02	2,14	2,11	2,57	0,072	NS
C11:0	0,04 ^a	0,11 ^b	0,03 ^a	0,04 ^a	0,07 ^{a,b}	0,006	*
C12:0	3,21 ^a	4,12 ^b	2,94 ^a	2,91 ^a	3,48 ^{a,b}	0,082	**
C12:1 trans10	0,08	0,12	0,12	0,08	0,09	0,005	NS
C13:0	0,08 ^a	0,18 ^b	0,10 ^a	0,08 ^a	0,11 ^a	0,0002	***
C14:0	12,11	13,53	11,98	11,45	12,48	0,209	NS
C14:1 cis9	1,06	1,19	1,29	1,12	1,09	0,029	NS
C15:0	1,15	1,59	1,17	1,04	1,08	0,034	NS
C16:0	34,47 ^a	42,88 ^b	34,95 ^a	34,36 ^a	36,86 ^a	0,612	*
C16:1 cis9	0,04	0,01	0,03	0,02	0,02	0,005	NS
C16:1 trans9	1,73	2,05	1,83	1,68	1,64	0,045	NS
C17:0	0,53 ^b	0,51 ^b	0,46 ^{a,b}	0,41 ^{a,b}	0,37 ^a	0,013	*
C17:1 cis10	0,07 ^b	0,03 ^a	0,04 ^{a,b}	0,01 ^a	0,02 ^a	0,005	*
C18:0	12,32 ^b	8,97 ^a	10,90 ^{a,b}	12,06 ^{a,b}	11,21 ^b	0,272	t
C18:1 trans9	0,07	0,05	0,09	0,10	0,10	0,007	NS
C18:1 trans11	1,01 ^{b,c}	0,36 ^a	1,21 ^c	1,23 ^c	0,70 ^{2,b}	0,057	***
C18:1 cis9	24,66 ^b	16,61 ^a	26,27 ^b	26,68 ^b	23,37 ^b	0,583	**
C18:1 cis11	0,44	0,57	0,41	0,48	0,48	0,018	NS
C18:2 cis9 cis12	1,76	1,40	1,19	1,68	1,85	0,085	NS
C18:2 cis9 trans11	0,46 ^c	0,14 ^a	0,41 ^c	0,35 ^{b,c}	0,22 ^{a,b}	0,018	***
C18:3 cis6 cis9 cis12	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,001	NS
C18:3 cis9 cis12 cis15	0,22 ^{a,b}	0,15 ^a	0,37 ^c	0,31 ^{b,c}	0,21 ^{a,b}	0,013	**
C19:1 cis10	0,14	0,08	0,15	0,05	0,07	0,029	NS
C20:0	0,03	0,03	0,05	0,04	0,04	0,003	NS
C20:3 cis 8 cis11 cis14	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,002	NS
C20:4 cis5 cis8 cis11 cis14	0,03	0,06	0,04	0,04	0,05	0,003	NS
C20:5 cis5 cis8 cis11 cis14 cis17	0,01 ^a	0,01 ^a	0,02 ^b	0,01 ^a	0,01 ^a	0,001	***
C22:5 cis7 cis10 cis13 cis16 cis19	0,01 ^a	0,01 ^a	0,02 ^b	0,01 ^a	0,01 ^a	0,001	**

I: Pastoreo, II: Ensilado de maíz, III: Ensilado de hierba, IV: Forraje seco, V: Alto concentrado; n: número de muestras según sistema identificado; ESM: extracto seco magro; rsd: Desviación estándar residual; NS: no significativo a P>0,05, *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001; t: tendencia a P=0,0771; Diferentes letras dentro de una misma fila implica diferencias significativas a los niveles indicados.

Teniendo en cuenta este comportamiento, el porcentaje efectivo de forraje aportado en este sistema se reduciría de un 71% a un 50% que lo asimilaría al sistema V. El resto de sistemas de



alimentación (I, III y IV) presentaron concentraciones intermedias de los AG beneficiosos para la salud, siendo elevados el ácido oleico, el vaccénico, el ruménico, así como el C18:0 en los tres sistemas. Puesto que el forraje fresco presenta un porcentaje elevado de linolénico, el consumo de éste puede haber producido un mayor aporte de ácido linolénico al rumen, que conduce a una mayor proporción de vaccénico en la leche, como se observa en nuestro estudio, donde estos tres sistemas tienen una concentración de 1,15 g/100g AG totales frente a los 0,53 g/100 g AG totales en los sistemas II y V que no aportaban forraje verde en la ración. Un mayor aporte de linoleico en la ración puede incrementar su concentración al pasar directamente a la leche. Las vías descritas de biohidrogenación ruminal de AG insaturados, explican los mayores valores de vaccénico en el sistema I manteniendo una relación con el ruménico entre 2 y 2,5, coincidiendo con otros autores (Elgersma *et al.*, 2006). Las mayores cantidades de α -linolénico se encontraron en el sistema ensilado de hierba (III); ello puede ser debido a que el ensilado de hierba tiene mayor contenido en ácido linolénico que pasaría directamente a la leche (Nielsen *et al.*, 2006).

En el PCA sobre la composición química de la leche, la proyección de estas variables sobre los planos definidos por los componentes principales mostró que el extracto seco magro, la proteína y la lactosa presentan correlaciones positivas elevadas en el componente uno (0,99, 0,90 y 0,80, respectivamente), mientras que la grasa y la urea mostraron elevadas correlaciones en el componente dos (0,71 y 0,67, respectivamente). Las proyecciones sobre el primer componente explicaron un 52% de la variabilidad total entre grupos y sobre el segundo componente explicó el 23% de la variabilidad entre grupos. Con los datos normalizados sobre los componentes principales y agrupados en función del sistema de alimentación con una confianza del 95%, se observa que el sistema II se diferencia del resto de grupos (Figura 1a). El grupo V tiene el centroide de sus datos normalizados diferenciado, aunque la elipse se solapa parcialmente con los grupos I y III, entre los que no existe una diferencia clara.

El análisis PCA con los AG puede explicar el 54% de la variabilidad observada entre grupos a través de tres componentes principales. Además, al proyectar los AG sobre los componentes uno y dos (50% de la varianza) se observó una gran correlación en ambos componentes y en la misma dirección para el C18:0, el C18:1 cis-9 y el C18:1 trans-11. En el cuadrante opuesto a estos tres AG, se observó que el C12:0, C14:0 en el componente uno (32% de la varianza) y el C16:0 en el componente dos (18% de la varianza) tuvieron una alta correlación inversa. En la Figura 1b se muestran los datos normalizados agrupados con un intervalo de confianza del 95% sobre los componentes principales en función del sistema de alimentación. El grupo II se diferencia del resto de sistemas de alimentación. Sin embargo, dentro de su intervalo de confianza incluye el centroide del grupo V. La proyección de los datos de los grupos III, IV y V se sitúa en el interior de la elipse de confianza del grupo I, lo que confirma la similitud de resultados en el perfil de AG de estos sistemas. Se encontraron similitudes con otros estudios, como una correlación negativa entre C14:0 y C16:0 con el oleico y el C18:0 (Larsen *et al.*, 2014) poniendo en evidencia que las correlaciones que presentaron estos AG permitieron definir el grupo de ensilado de maíz.

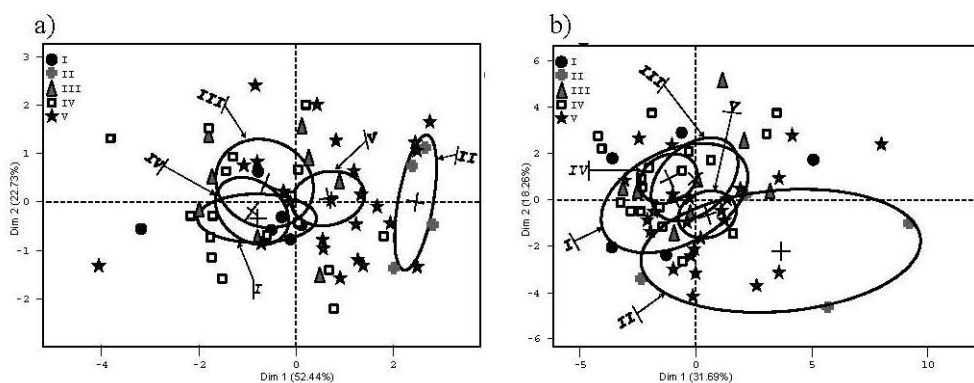


Figura 1. Elipses de confianza del sistema de alimentación tras el análisis de componentes principales de la composición (a) y de los de ácidos grasos (b) de la leche.

CONCLUSIONES

Los análisis de componentes principales diferenciaron el sistema de alimentación con ensilado de maíz, tanto a partir de la composición química de la leche como a partir del perfil de ácidos grasos. Sin embargo, con el resto de sistemas de alimentación no se pudieron establecer las diferencias de forma clara a través de este análisis.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por el proyecto RTA2012-00065-05-01 cofinanciado con fondos FEDER. José Daniel Jiménez-Calderón es beneficiario de un contrato predoctoral FPI-INIA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAPUANO E., RADEMAKER J., VAN DEN BIJGAART H. Y VAN RUTH S.M. (2014) Verification of fresh grass feeding, pasture grazing and organic farming by FTIR spectroscopy analysis of bovine milk. *Food Research International*, **60**, 59-65.
- COPPA M., FERLAY A., CHASSAING C., AGABRIEL C., GLASSER F., CHILLIARD Y., BORREANI G., BARCAROLO R., BAARS T., KUSCHE D., HARSTAD O.M., VERBIČ J., GOLECKÝ J. Y MARTIN B. (2013) Prediction of bulk milk fatty acid composition based on farming practices collected through on-farm surveys. *Journal of Dairy Science*, **96**, 4197-4211.
- DE LA ROZA DELGADO B., SOLDADO A., MODROÑO S., GONZÁLEZ M.A., ARGAMENTERÍA A. Y MARTÍNEZ FERNÁNDEZ A. (2012) Evolución da calidade dos ensilados de millo elaborados nas explotacións leiteiras da Cornixa Cantábrica nos últimos anos. *AFRIGA*, **100**, 74-80.
- ELGERSMA A., TAMMINGA S. Y ELLEN G. (2006) Modifying milk composition through forage. *Animal Feed Science and Technology*, **131**, 207-225.
- ENGEL E., FERLAY A., CORNU A., CHILLIARD Y., AGABRIEL C., BIELICKI G. Y MARTIN B. (2007) Relevance of isotopic and molecular biomarkers for the authentication of milk according to production zone and type of feeding. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **55**, 9099-9108.
- GONZÁLEZ-ARROJO A., SOLDADO A., VICENTE F. Y DE LA ROZA-DELGADO B. (2015) Microwave-Assisted Methodology Feasibility for One-Step Extraction and Transmethylation of Fatty Acids in Milk for GC-Mass Spectrometry. *Food Analytical Methods*, **8**, 2250-2260.
- GRIINARI J.M. Y BAUMAN D.E. (2006) Milk fat depression: concepts, mechanisms and management. En: Sejrsen K. et al. (Eds) *Ruminant physiology: digestion, metabolism and impact of nutrition*

- on gene expression, immunology and stress*, pp. 389-417. Wageningen, Holanda: Wageningen Academic.
- LARSEN M.K., ANDERSEN K.K., KAUFMANN N. Y WIKING L. (2014) Seasonal variation in the composition and melting behavior of milk fat. *Journal of Dairy Science*, **97**, 4703-4712.
- NIELSEN T.S., STRAARUP E.M. Y VESTERGAARD K.S. (2006) Effect of silage type and concentrate level on conjugated linoleic acids, trans-C18:1 isomers and fat content in milk from dairy cows. *Reproduction, nutrition, development*, **46**, 699-712.
- PRACHE S., CORNU A., BERDAGUÉ J.L. Y PRIOLO A. (2005) Traceability of animal feeding diet in the meat and milk of small ruminants. *Small Ruminant Research*, **59**, 157-168.
- R CORE TEAM (2014) *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical computing. <https://www.R-project.org/>.
- SANTIAGO C. (2015) *Influencia de los diferentes sistemas de alimentación utilizados en las ganaderías de vacuno de Asturias sobre la producción y composición de la leche*. Master of Science. Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España: Instituto Agronómico del Mediterráneo.
- SLOTS T., BUTLER G., LEIFERT C., KRISTENSEN T., SKIBSTED L.H. Y NIELSEN J.H. (2009) Potentials to differentiate milk composition by different feeding strategies. *Journal of Dairy Science*, **92**, 2057-2066.

IDENTIFICATION OF COW FEEDING SYSTEMS BASED ON FORAGES FROM THE COMPOSITION OF THE MILK

SUMMARY

Sixteen dairy farms, which five systems depending on the composition of feed ingredients were identified, were monitored quarterly throughout a year. The Maize silage system showed the highest proportions of protein, lactose, solids-non-fat in milk and urea. Besides, their fatty acid profiles were less unsaturated, with high proportions of fatty acids saturated and less amounts of stearic, vaccenic, oleic and α -linolenic acids. Fatty acid profiles of the systems identified as grazing, grass silage and dry forage had the highest proportion of unsaturated acids, such as, rumenic, vaccenic, oleic, α -linolenic and stearic acids. The PCA analysis made a distinction of the maize silage system, both from the chemical composition of milk as from the fatty acids profile. However, with other feeding systems are not able to establish differences clear because of their similarity in fatty acids proportions.

Key words: rationing, dairy production, traceability, origin, fatty acids.

PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN LA LECHE DE VACAS PASTANDO TRITICALE CON O SIN *Trifolium incarnatum*

G. SALCEDO DÍAZ¹, A. VILLAR BONET² Y J. DOLTRA BREGÓN².

¹Dpto. Calidad e Innovación. CIFP “La Granja”, 39792 Heras, Cantabria. gregoriosalce@ono.com. ²Centro de Investigación y Formación Agrarias (CIFA), 39600 Muriedas, Cantabria.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue comparar los efectos del pastoreo de triticale con genotipo DDDR, en monocultivo (TgDDRR_p) o asociado a *Trifolium incarnatum* (TgDDRR_{inc}), sobre el perfil de ácidos grasos (AG) de la leche en vacas Holstein-Friesian suplementadas con ensilado de maíz y concentrado. Doce vacas fueron distribuidas en dos grupos y asignadas a pastoreo en cada parcela, según un diseño experimental cruzado. El tratamiento TgDDRR_{inc} incrementó la producción de biomasa (P<0,001). La producción de leche y la corregida al 4% graso al igual que la composición química, no fueron diferentes entre forrajes. El contenido en AG omega-3 de la leche no difirió entre tratamientos y sí el contenido en AG omega-6 (P<0,05), mayor en TgDDRR_{inc} (2,58%) que en TgDDRR_p (2,34%). El contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) fue superior en TgDDRR_{inc} (1,08%) que en TgDDRR_p (0,62%). Los contenidos de AG insaturados y monoinsaturados de la leche fueron similares entre tratamientos, a diferencia del contenido en poliinsaturados que fue mayor en TgDDRR_{inc} (P<0,004).

Palabras clave: pastoreo, vacas de leche, ácido linoleico conjugado, triticale de nueva generación.

INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento a diente de los cereales de invierno por el vacuno lechero en la Cornisa Cantábrica es muy escaso, siendo el ensilado la forma más usual de utilizarlo (Salcedo, 2007). La utilización de forrajes en pastoreo proporcionan un mayor contenido en ácidos grasos (Kalac y Samková, 2010) que los ensilados. En general, la ingestión de leguminosas tienen un gran potencial para la mejora del perfil de ácidos grasos (AG) en la leche del ganado vacuno (Dewhurst *et al.*, 2003). El estudio sobre el empleo de cereales como forraje en pastoreo para producción de leche ha sido abordado fundamentalmente en los aspectos productivos y nutricionales, pero son más escasos los trabajos que tratan sobre su composición en AG (Clapham *et al.*, 2005; Salcedo *et al.*, 2014). El objetivo de este trabajo ha sido analizar el efecto del pastoreo de triticale con genotipo DDDR, asociado o no a trébol encarnado, sobre la producción y perfil en AG de la leche de vacas suplementadas con ensilado de maíz y concentrado, en la zona costera de Cantabria.

MATERIAL Y MÉTODOS

Operaciones de cultivo

La preparación del terreno consistió en dos pases cruzados de grada de discos y uno de fresadora paralelos a la posterior línea de siembra. La semilla del triticale con genotipo TgDDRR cv Alameda fue tratada con triticonazol 25 p/v. La fertilización de fondo consistió en la aplicación de 35 t ha⁻¹ de purín de vacuno lechero y de cobertera consistió en 15 kg de N mineral ha⁻¹ en forma de nitrato amónico cálcico del 27%. La dosis de siembra del triticale fue de 190 kg ha⁻¹ en monocultivo (TgDDRR_p) y de 170 kg ha⁻¹ en asociación (TgDDRR_{inc}) con 20 kg ha⁻¹ de *Trifolium incarnatum* cv Asterix, con una sembradora de chorrillo el 17 de octubre del 2014. Posteriormente a la siembra, se pasó un rodillo cultipacker para nivelar el terreno y minimizar la contaminación por tierra del forraje

durante los muestreos del pastoreo.

Animales, dietas, diseño experimental y manejo del pastoreo

Doce vacas lecheras (3 primíparas y 9 multíparas) con una producción inicial de $27,1 \pm 5$ kg de leche; $3,6 \pm 0,8\%$ de grasa; $3,30 \pm 0,48$ de proteína bruta; $2,16 \pm 1,1$ partos, 197 ± 140 días de lactación y 772 ± 72 kg de peso vivo, fueron distribuidas en dos grupos al azar según un diseño experimental cruzado (2×2): 2 tratamientos, triticale en monocultivo (TgDDRR_p) o asociado a *Trifolium incarnatum* (TgDDRR_{inc}), como fuentes de forraje aprovechado a diente, por 2 períodos experimentales de 9 días (7 días de adaptación y 2 de control) del 9 al 26 Marzo del 2015. Ambos grupos fueron suplementados con ensilado de maíz ($7,2 \pm 0,61$ kg MS d⁻¹) y concentrado ($7,3$ kg MS d⁻¹). Tras el consumo de ensilado y concentrado de la mañana, las vacas permanecían en pastoreo de 10:30h a 17:30h. La superficie de TgDDRR_p y TgDDRR_{inc} asignada fue de $30 \text{ m}^2 \text{ vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$, equivalentes a 100 kg de forraje fresco aprovechado entre los estados 36 (sexto nudo detectable) al 41 (vainas de la hoja bandera) (Zadoks *et al.*, 1974). El forraje ofertado y rechazado fue estimado diariamente mediante cuatro muestras de $0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$, cortando el forraje con una segadora manual a pilas y estimándose por diferencia, el pasto neto.

Mediciones, muestreo y análisis

Las vacas fueron ordeñadas dos veces al día (7:30h y 17:30h), anotándose la producción individual los dos últimos días de cada período de pastoreo, estimándose la producción al 4% graso según Gaines (1928). Dos alícuotas de leche individual de los ordeños de mañana y tarde fueron mezcladas y depositadas en sendos contenedores estériles; una con adición de azidiol y enviada al Laboratorio Interprofesional Lechero de Cantabria para analizar su contenido en grasa, proteína, lactosa y extracto seco magro (ESM) y, otra sin adición de conservante, se almacenaba a $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta el análisis de AG en el Laboratorio Agroalimentario de Santander, siguiendo la Norma ISO 15884/FIL 182:2002. Los índices de aterogenicidad (IA) y trombogenicidad (IT) de la leche fueron estimados según Ulbricht y Southgate (1991). Las relaciones de los AG $\text{C14:1}/(\text{C14:0}+\text{C14:1})$, $\text{C16:1}/(\text{C16:0}+\text{C16:1})$ y $\text{C18:1}/(\text{C18:0}+\text{C18:1})$ se obtuvieron para estimar la actividad de la enzima Δ^9 desaturasa (Fievez *et al.*, 2003; Lock y Garnsworthy, 2002).

Análisis estadístico

Los resultados de producción y composición química de la leche fueron analizados aplicando un Modelo Lineal Mixto utilizando el programa SPSS v 15.0 (SPSS, 2006), con el modelo: $Y = \mu + F_i + P_j + V_k + \epsilon_{ijk}$; siendo μ = media del conjunto; considerando F_i = Forraje (TgDDRR_p y TgDDRR_{inc}) como efecto fijo; P_j = Período (1 y 2) y V_k = Vaca (1 a 12) como efectos aleatorios y ϵ_{ijk} = error residual.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de forraje y composición química del TgDDRR_{inc} y TgDDRR_p

La producción de materia seca en oferta y rechazada fue mayor en TgDDRR_{inc} (Tabla 1). La proteína bruta y la digestibilidad estimada (Tabla 1) fueron similares a las indicadas por Salcedo *et al.*, (2014) en siembra pura y similar estado de madurez. El porcentaje de trébol fue bajo (4,85%), imputable al mayor crecimiento de la gramínea.

Tabla 1. Producción, utilización y composición morfológica del triticale.

	Tratamiento		Significación	
	TgDDRR _{inc}	TgDDRR _p	sd	P
Oferta, kg MS ha ⁻¹	3803	3020	427	<0,001
Rechazo, kg MS ha ⁻¹	1379	734	365	<0,001
Neta, kg MS ha ⁻¹	2424	2286	131	0,01
MS, g kg ⁻¹ MS	125	119	0,64	0,01
PB, g kg ⁻¹ MS	228	218	1,44	ns
DMO _{estmd} g kg ⁻¹ MS	591	588	1,94	ns

TgDDRR_{inc}: triticale con genotipo DRR asociado a trébol encarnado; TgDDRR_p: monocultivo triticale con genotipo DRR; MS: Materia seca; PB: Proteína bruta; DMO_{estmd}: Digestibilidad de la materia orgánica *in vivo* estimada; sd: desviación estándar; P: probabilidad; ns: no significativo.

Producción de leche

La producción de leche (kg día⁻¹) y la corregida al 4% graso no difieren entre tratamientos (Tabla 2), aunque presentó valores más elevados en TgDDRR_{inc} (27,6) vs TgDDRR_p (26,2).

Composición química de la leche

La composición química de la leche no presentó diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 2). Sin embargo, el porcentaje de grasa fue numéricamente inferior en TgDDRR_{inc} y el de proteína numéricamente superior en TgDDRR_{inc}.

Perfil de ácidos grasos en leche

En la Tabla 2 se observa que, sólo se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en el contenido en CLA (P<0,001), en omega-6 (P<0,05) y en el contenido total de AG poliinsaturados (P<0,01). Sin embargo, a pesar de no presentar diferencias significativas, los contenidos en ácido oleico (C18:1), omega-3, AG monoinsaturados y AG insaturados totales fueron numéricamente mayores en TgDDRR_{inc} respecto a TgDDRR_p, y los índices de aterogeneidad y trombogeneidad inferiores.

El grupo de ácidos grasos hipercolesterolémicos (C12:0, C14:0 y C16:0) representaron el 44,7±3,1% y 46,7±3,2% en TgDDRR_{inc} y TgDDRR_p, respectivamente. Estos porcentajes son similares al 43,4±5,1% obtenido por Salcedo y Villar (2014), en vacas lecheras pastando raigrás inglés con trébol blanco y suplementadas con ensilado de maíz y concentrados, en las mismas proporciones que las del presente trabajo. El ácido palmítico (C16:0), fue el ácido mayoritario de este grupo representando el 65,2% en TgDDRR_{inc} y el 66% en TgDDRR_p. Se observaron mayores contenidos de C18:2 *cis*-9 *trans*-11 (ácido ruménico) y C18:3 en TgDDRR_{inc}, si bien sólo en el primer caso el efecto del trébol en la dieta fue significativo.

El contenido de C16:0 fue inferior al 39% señalado por Flores *et al.* (2011) tanto en la leche de vacas pastando trébol violeta como pastando raigrás, suplementadas con ensilado de maíz (33% del total de la dieta) aunque con menor cantidad de concentrado. Las concentraciones de C18:0 y C18:1 no difirieron entre tratamientos aunque fueron 3,16% inferiores y 8,4% superiores, respectivamente, en TgDDRR_{inc}. El C18:0 fue ligeramente inferior al señalado por Flores *et al.* (2011) en trébol violeta (8,9 g 100 g⁻¹ AG) y en raigrás inglés (9,1 g 100 g⁻¹ AG). Contenidos similares en C18:0 y C18:1 son señalados por Salcedo y Villar (2014) en vacas lecheras en pastoreo sobre raigrás inglés y trébol blanco. La concentración de AG saturados fue un 2,8% menor en TgDDRR_{inc} y superior los AG insaturados un 8,9% que en TgDDRR_p, sin diferencias significativas entre ambos.

El contenido en poliinsaturados fue superior un 17,8% (P<0,004) y el de omega-6 un 9,3%



superior en el pastoreo de TgDDRR_{inc}, cifras inferiores a los incrementos del 22,6% y 22,1%, respectivamente, obtenidos por Flores *et al.* (2011) entre la dieta de raigrás inglés y la dieta de trébol violeta, en cultivo puro, diferencias que pueden ser consecuencia de que en esta experiencia el porcentaje de MS de trébol en la dieta es solo del 4,85% en asociación con el triticale.

Tabla 2. Producción, composición química y perfil de ácidos grasos de la leche.

	TgDDRR _{inc}	TgDDRR _p	esm	p
Producción y composición química de la leche				
Leche, kg d ⁻¹	27,6	26,2	1,4	ns
Leche corregida al 4% graso, kg d ⁻¹	24,1	23,3	0,86	ns
Grasa bruta, %	3,25	3,37	0,14	ns
Proteína bruta, %	3,54	3,47	0,11	ns
Lactosa, %	4,86	4,87	0,03	ns
Extracto seco magro, %	9,22	9,17	0,09	ns
Urea, mg L ⁻¹	109	116	7,7	ns
Ácidos grasos (g 100g⁻¹ AG)				
C4:0	3,24	3,39	0,08	ns
C6:0	2,25	2,34	0,04	ns
C8:0	1,78	1,43	0,19	ns
C10:0	3,38	3,39	0,13	ns
C12:0	3,95	4,00	0,17	ns
C14:0	11,57	11,85	0,27	ns
C14:1	1,24	1,24	0,06	ns
C15:0	1,40	1,18	0,08	ns
C16:0	29,1	30,8	0,55	ns
C16:1	1,66	1,61	0,12	ns
C17:0	0,55	0,52	0,01	ns
C18:0	7,64	7,89	0,38	ns
C18:1 ⁽¹⁾	24,92	22,83	0,75	ns
C18:2 c9, t1 ⁽¹⁾	1,08	0,624	0,05	0,001
C18:2 c9, c12, Ω6	2,58	2,34	0,05	0,05
C18:3 (n-3), Ω3 ⁽²⁾	0,424	0,397	0,01	ns
Δ ⁹ Índice desaturasa C14:0	0,097	0,094	0,005	ns
Δ ⁹ Índice desaturasa C16:0	0,054	0,050	0,004	ns
Δ ⁹ Índice desaturasa C18:0	0,765	0,748	0,013	ns
AG Cadena Corta	11,93	14,22	0,44	ns
AG Cadena Media	46,59	45,91	0,70	ns
AG Cadena Larga	34,6	36,5	0,82	ns
AG Saturados	64,9	66,8	0,96	ns
AG Insaturados	32,47	29,57	0,80	ns
AG Poliinsaturados	4,09	3,36	0,09	0,004
AG Monoinsaturados	27,82	25,69	0,95	ns
AG saturados/AGinsaturados	2,04	2,30	0,09	ns
Ω6/Ω3	6,15	6,04	0,14	ns
Total AG saturados, g L ⁻¹	21,21	22,51	1,04	ns
Total AG insaturados, g L ⁻¹	10,39	9,95	0,49	ns
Total AG Poliinsaturados, g L ⁻¹	1,29	1,12	0,05	ns
Total AG Monoinsaturados, g L ⁻¹	1,13	1,16	0,09	ns
CLA, g L ⁻¹⁽³⁾	0,336	0,208	0,02	0,02
Índice Aterogeneidad	1,43	1,61	0,10	ns
Índice Trombogeneidad	1,22	1,39	0,08	ns

CLA: ácido linoleico conjugado; esm: error estándar de la media; Δ⁹: Índice desaturasa: C14:1/(C14:0 + C14:1); C16:1/(C16:0+C16:1) y C18:1/(C18:0+C18:1); ⁽¹⁾ Sólo se incluye el isómero Cis-9 (C18:1); ⁽²⁾ Sólo se incluye el isómero Cis-9, 12, 15 (C18:3); ⁽³⁾ Sólo se incluye el isómero Cis-9, *trans*-11 (ácido ruménico); ns: no significativo.



Lourenço *et al.* (2008) constatan diferencias importantes en el C18:2 y C18:3 recuperados en leche de vacas alimentadas con forrajes de alta diversidad botánica, equivalentes a incrementos del 11,7% y 33,6%, respecto a dietas con predominio de gramíneas.

Diversos autores han constatado la influencia del consumo de trébol encarnado sobre el incremento del contenido de omega-3 en la leche (Dewhurst *et al.*, 2003 y Havemose *et al.*, 2004). Sin embargo, en esta experiencia el omega-3 no difirió entre tratamientos, aunque fue ligeramente superior en TgDDRR_{inc}. La relación omega-6/omega-3 fue muy superior a la encontrada en experiencias anteriores (Salcedo y Villar, 2014), donde se obtuvieron valores medios comprendidos entre 3,26 y 3,65 en leche de vacas en pastoreo de raigrás inglés y trébol blanco, respectivamente, esto parece estar más relacionado con el bajo contenido en omega-6, en esta experiencia.

La concentración de CLA fue un 38% superior en TgDDRR_{inc} (P<0,001), coincidente con las observaciones de De Wit y de Vries (2008) sobre el efecto del trébol encarnado sobre este ácido. Según Looor *et al.* (2002) la producción de C18:2 c9 t11 se incrementa a medida que lo hace el consumo de linoleico, sugiriendo que la capacidad microbiana para hidrogenar AG puede ser contrarrestada por una dieta con altos niveles de AG insaturados.

Los índices de la Δ^9 -desaturasa no difirieron entre tratamientos, si bien aparece un patrón de valores más altos en TgDDRR_{inc} que podría traducirse en una mayor tasa de desaturación y, por consecuencia, un menor contenido de ácidos grasos saturados totales de este tratamiento. El porcentaje de AG de cadena corta, media y larga de la leche no fue diferente entre tratamientos.

CONCLUSIONES

El *Trifolium incarnatum* asociado a triticale le confirió a la leche un perfil lipídico más cardiosaludable, con mayor concentración de AG poliinsaturados y de CLA. Los resultados de este trabajo indican que la presencia de trébol encarnado en asociación con triticale DRRR, puede incidir en el perfil de AG de la leche. De esta forma, el pastoreo de este cereal en asociación con leguminosa, se ofrece como una alternativa interesante para la optimización del potencial forrajero de las explotaciones de leche en Cantabria, con un efecto positivo sobre la calidad de la leche que puede ser transferido al valor de la producción obtenida.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Agroalimentaria la financiación del proyecto RTA2012-00065-C05-03 que dio origen a este trabajo. También agradecer a Agrasys por proporcionar las semillas de DRRR, y a Carmela de Andrés, del Laboratorio Agroalimentario de Santander, por el análisis de ácidos grasos; de igual manera al personal de la Unidad de Producción de Leche del CIFP por el cuidado de los animales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLAPHAM W.M., FOSTER J.G., NEEL J.S. Y FEDDERS J.M. (2005) Fatty acid composition of traditional and novel forages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **53**, 10068-10073.
- DEWHURST R.J., EVANS R.T., SCOLLAN N.D., MOORBY J.M., MERRY R.J. Y WILKINS R.J.(2003) Comparison of grass and legume silages for milk production. 2. *In vivo* and *in sacco* evaluations of rumen function. *Journal of Dairy Science*, **86**, 2612-2621.
- DE WIT J. Y DE VRIES A. (2008) Feed composition and strategies to improve poly-unsaturated fatty acid levels in organic cow milk. En: Neuhooff *et al.* (Eds) *Cultivating the Future Based on Science. Volume 2: Livestock, Socio-economy and Cross disciplinary Research in Organic*



- Agriculture*, pp. 760-763. Modena, Italia: International Society of Organic Agriculture Research.
- FIEVEZ V., VLAEMINCK B., DHANOA M.S. Y DEWHURST R.J. (2003) Use of principal component analysis to investigate the origin of heptadecenoic and conjugated linoleic acids in milk. *Journal of Dairy Science*, **86**, 4047-4053.
- FLORES G., RESCH C., FERNÁNDEZ-LORENZO B., GONZÁLEZ-ARRÁEZ A., VALLADARES J., DAGNAC T., LATORRE A., AGRUÑA M.J., PEREIRA S., DÍAZ N., GIMÉNEZ R. Y RODRÍGUEZ-DIZ X. (2011) Efecto del pastoreo de verano de trébol violeta sobre el contenido en omega-3 de la leche de vacuno. *Pastos*, **41(1)**, 79-99.
- GAINES W.L. (1928) *The energy basis of measuring milk yield in dairy cows*. Bulletin No. 308, Illinois Agricultural Experimental Station Annual Report. Illinois, EEUU: University of Illinois.
- HAVEMOSE M., WEISBJERG M., WENDER L., BREDIE J. Y NIELSEN. (2004) Influence of feeding different types of roughage on the oxidative stability of milk. *International Dairy Journal*, **14**, 563-570.
- KALAČ P. Y SAMKOVÁ E. (2010) The effects of feeding various forages on fatty acid composition of bovine milk fat: A review. *Czech Journal Animal Science*, **55**, 521-537.
- LOCK A.L. Y GARNSWORTHY P.C. (2002) Independent effects of dietary linoleic and linolenic fatty acids on the conjugated linoleic acid content of cows' milk. *Animal Science*, **74**, 163-176.
- LOOR J.J., QUILAN L.E., BANDARA A. Y HERBEIN J.H. (2002) Distribution of trans-vaccenic acid and cis9, trans11-conjugated linoleic acid (rumenic acid) in blood plasma lipid fractions and secretion in milk fat of Jersey cows fed canola or soybean oil. *Animal Research*, **51**, 119-134.
- LOURENÇO M., VAN RANST G., VLAEMINCK B., DE SMET S. Y FIEVEZ V. (2008) Influence of different dietary forages on the fatty acid composition of rumen digesta as well as ruminant meat and milk. *Animal Feed and Technology*, **145**, 418-437.
- SALCEDO G. (2007) El ensilado en la alimentación del vacuno de leche. Resultados de quince años de experiencias en Cantabria. *Pastos*, **37(1)**, 81-127.
- SALCEDO G., MARTÍNEZ C., BARCELÓ P., LAZZERI P. Y MARTÍN A. (2014) Potencial productivo de los triticales de nueva generación. En: Busqué J. *et al.* (Eds) *Pastos y PAC 2014-2020*, pp. 263-270. Potes, Cantabria, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- SALCEDO G. Y VILLAR A. (2014) Efectos de la fertilización nitrogenada del pasto sobre el perfil de ácidos grasos en la leche de vacas suplementadas con ensilado de maíz. En: Busqué J. *et al.* (Eds) *Pastos y PAC 2014-2020*, pp. 461-468. Potes, Cantabria, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- SPSS (2006) SPSS for Windows, versión 15.0 Ed. SPSS Inc., Chicago (USA).
- ULBRICHT T. Y SOUTHGATE D. (1991) Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet*, **338**, 985-992.
- ZADOKS J.C., CHANG T.T. Y KONZAK C.F. (1974) A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, **14**, 415-421.

FATTY ACID PROFILE OF MILK FROM COWS GRAZING ON TRITICALE WITH AND WITHOUT *Trifolium incarnatum*

SUMMARY

The aim of this study was to compare the fatty acid (FA) composition of milk produced by Holstein-Friesian cows grazing on triticale genotype DDDR monoculture (TgDDRRp) or the same



triticale combined with *Trifolium incarnatum* (TgDDRRinc). All cows were fed supplementary corn silage and concentrate. Twelve cows were divided into two groups and assigned to grazing plots, in a crossover experimental design. Biomass production was higher in TgDDRRinc ($P < 0.001$) than TgDDRRp plots. Milk production, 4% fat-corrected milk production and chemical composition did not differ in relation to forage crop. The omega-3 FA content of milk did not differ in relation to forage crop, but the omega-6 FA content ($P < 0.05$) was higher for TgDDRRinc (2.58%) than for TgDDRRp (2.34%). The conjugated linoleic acid (CLA) content was higher for TgDDRRinc (1.08%) than for TgDDRRp (0.62%). The unsaturated and monounsaturated FA contents of milk were similar for the different forage crops, unlike the polyunsaturated FA content, which was higher for TgDDRRinc ($P < 0.004$) than for TgDDRRp.

Key words: grazing, dairy cows, conjugated linoleic acid, new cereals.

COMPARACIÓN DE UNA MEZCLA DE TRÉBOLES ANUALES CON RAIGRÁS INGLÉS EN UN SISTEMA DE PASTOREO CON VACAS DE LECHE

M. VEIGA¹, A. BOTANA¹, C. RESCH¹, S. PEREIRA-CRESPO², T. DAGNAC¹, J. VALLADARES¹, N. DÍAZ¹, B. FERNÁNDEZ-LORENZO¹ Y G. FLORES-CALVETE¹.

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

RESUMEN

En este trabajo se presenta la comparación, en términos de rendimiento de materia seca y del valor nutritivo de la hierba así como de la producción y composición de leche de vaca, entre dos pastos: una mezcla de raigrás híbrido con tres especies de tréboles anuales (trébol alejandrino, trébol encarnado y trébol persa ssp. *resupinatum*) y un cultivo monofito de raigrás inglés. Ambos pastos se aprovecharon mediante un sistema de pastoreo rotacional por vacas lecheras durante la primavera en la zona atlántica de Galicia. A pesar del buen valor nutritivo inicial de la mezcla de raigrás y leguminosas anuales, la baja eficiencia de la utilización del pasto por las vacas debido al hábito semi-postrado de los tréboles anuales y la rápida disminución de la calidad, genera un inconveniente para la inclusión de los tréboles anuales en los sistemas de pastoreo. Además, los similares rendimientos en producción, grasa y proteína de la leche en ambos tratamientos, evidencian que el pastoreo de leguminosas anuales no es una alternativa clara a las praderas de raigrás inglés clásicas en las condiciones de producción de leche de Galicia.

Palabras clave: leguminosas anuales, valor nutritivo, producción, composición de la leche.

INTRODUCCIÓN

Las explotaciones lecheras gallegas gestionan aproximadamente un tercio de la superficie agrícola utilizada y generan el 40% del valor añadido bruto del sector agrícola de la región (López-Iglesias *et al.*, 2013). En la actualidad, la producción de leche de vaca alcanza los 2,5 millones de toneladas, que representa más del 40% de la producción total de leche de vaca de España. Esta cifra convierte a Galicia en una de las 10 regiones de la UE con el mayor nivel de producción de leche de vaca (Eurostat, 2013). El modelo de producción lechera en Galicia ha evolucionado hacia un uso intensivo de la tierra, en el que la rotación de raigrás italiano con maíz forrajero es predominante en las explotaciones más productivas (Fernández-Lorenzo *et al.*, 2009). A pesar de la alta productividad de este sistema, ambos cultivos presentan un bajo contenido en proteína, lo que obliga a utilizar concentrados con una alta proporción de materias primas proteicas importadas que encarecen notablemente el coste de la ración de las vacas de leche. Con el fin de incrementar la producción de proteína de este sistema, se realizaron estudios en Galicia sobre la inclusión de leguminosas anuales del género *Trifolium* como cultivo invernal, las cuales mostraron una alta productividad (Valladares *et al.*, 2012) y un buen valor nutritivo (Pereira-Crespo *et al.*, 2012a) cuando se cosechan en primavera para ensilar, siendo bien aceptados por los ganaderos en este tipo de aprovechamiento. Es conocido, por otra parte, que existen ventajas productivas y ambientales cuando se introducen especies leguminosas plurianuales en los pastos, en comparación con los cultivos monofitos de gramíneas en los sistemas de producción de leche (Dewhurst *et al.*, 2009). No existe información, sin embargo, acerca del comportamiento, a este respecto, de los tréboles anuales utilizados en pastoreo por vacas lecheras. Por esta razón se planteó un estudio cuyo objetivo era comparar, en términos de

producción y composición de la leche, una mezcla de tréboles anuales y raigrás híbrido con un pasto monofito de raigrás inglés durante el pastoreo de primavera-verano con vacas en lactación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este trabajo se llevó a cabo en la finca del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM) situado en Galicia (43° 15' N, 8° 18' W) entre los meses de abril y julio de 2015. Las características de los pastos evaluados fueron: a) una mezcla de tres tréboles anuales compuesta por trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum* L. cv Alex), trébol encarnado (*T. incarnatum* L. cv Viterbo) y trébol persa (*T. resupinatum* L. ssp. *resupinatum* cv Nitroplus) con un raigrás híbrido (*Lolium hybridum* Hauskn. cv Barsilo) (LAR), y b) un cultivo monofito de raigrás inglés (*Lolium perenne* L. cv Barsintra) (RI). Los dos tipos de pasto fueron sembrados en el otoño de 2014 en dos parcelas de 2 ha cada una, con una densidad de siembra de 30 kg ha⁻¹ de raigrás inglés para el pasto RI, y de 10 kg ha⁻¹ de raigrás híbrido, 5 kg ha⁻¹ de trébol encarnado, 5 kg ha⁻¹ de trébol alejandrino y 3 kg ha⁻¹ de trébol persa para el pasto LAR. El pasto RI recibió un aporte de 100 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N) fraccionado en dos aplicaciones iguales en la siembra y a mediados de marzo, mientras que el pasto LAR no recibió ninguna fertilización de N.

Se utilizaron 20 vacas Holstein-Friesian del rebaño del CIAM, con una producción de leche inicial de 37,5 ± 6,8 kg/día y un peso vivo inicial de 590 ± 66 kg que se distribuyeron al azar en dos grupos iguales (n=10), con dos vacas primíparas por grupo. Las vacas realizaron el pastoreo de forma rotacional, en bandas, mediante hilos electrificados y estaquillas móviles, desde el 27 de abril al 17 de julio. El pastoreo se realizó durante 10 horas al día, entre los dos ordeños (8:00 am y 18:00 pm) diarios, permaneciendo durante la noche en el establo donde se les ofreció una mezcla *unifeed* de 8,5 kg de materia seca (MS), cuya composición, expresada en MS, era de 5 kg de ensilado de maíz, 1 kg de heno de pradera y 2,5 kg de concentrado comercial con un contenido en proteína bruta (PB) de 250 g kg⁻¹ MS. La composición media del ensilado de maíz empleado como ingrediente de la ración fue: 314 g kg⁻¹ de MS, 72 g kg⁻¹ MS de PB, 294 g kg⁻¹ MS de almidón (ALM) y energía neta leche (ENL) de 1,38 Mcal kg⁻¹ MS. En el caso del heno de pradera, la composición media fue: 860 g kg⁻¹ de MS, 73 g kg⁻¹ MS de PB y 573 g kg⁻¹ de digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DMOIV).

El pasto se muestreó semanalmente en tres superficies cuadradas (0,36 m²) elegidas al azar en cada franja del pasto fresco ofrecido a las vacas, realizándose el corte del forraje de forma manual a una altura de 5 cm del suelo. De manera similar, se tomaron muestras post-pastoreo al trasladar las vacas a una nueva franja de pasto. Las muestras de pasto se pesaron y se dividieron en dos alícuotas para determinar: (1) el contenido de materia seca y valor nutritivo y (2) la composición botánica. La materia seca (MS) de las muestras de pasto se determinó en una estufa de aire forzado (80 °C, 16 h). La composición química y digestibilidad se estimó mediante ecuaciones NIRS desarrolladas en el CIAM (Pereira-Crespo *et al.*, 2012b).

La producción individual de leche de cada vaca, en cada ordeño, se registró diariamente a lo largo de todo el ensayo utilizando el Sistema Alpro DeLaval. Se tomaron muestras de leche por vaca individual en el ordeño de mañana y de tarde durante 3 días consecutivos en las semanas 3, 6, 9 y 12 del experimento (n=480). Las muestras de leche de cada ordeño se mantuvieron refrigeradas a 4 °C y se trasladaron inmediatamente al Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL), donde se estimó la composición química (grasa, proteína, lactosa, extracto seco magro y urea) y la composición de ácidos grasos (AG) de la leche mediante los análisis de rutina FTMIR utilizando un MilkoScan™ FT6000 (Foss Electric A/S, Hillerød, Denmark).

El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA utilizando el modelo $y = \mu + \alpha_i T + \beta_j P + (\alpha\beta)$

$ijTxP + Xijk + \epsilon_{ijk}$, donde T es el tipo de pasto (factor fijo), P es la semana del experimento (factor aleatorio) y X representa las covariables (días en leche, número de partos, rendimiento inicial y el peso vivo inicial) utilizadas en el análisis. La separación de medias se realizó mediante el procedimiento de rango múltiple de Duncan y todos los análisis se realizaron utilizando PROC GLM y PROC MIXED de SAS (SAS Institute, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ambos pastos estaban compuestos casi exclusivamente por las especies sembradas, con valores medios del 98,2% y del 98,4% de la MS de la biomasa total de los tratamientos LAR y RI, respectivamente. Los tréboles dominaron la composición del pasto en el tratamiento LAR en una proporción superior al 90% de la MS total, siendo de destacar la baja competitividad en la mezcla del raigrás híbrido, quizás derivada de la no aplicación de N en la siembra y el hábito de crecimiento semi-postrado de los tréboles, en particular del trébol persa. La presencia del trébol alejandrino en la mezcla se incrementó con el avance de la estación de pastoreo, debido a su capacidad de rebrote, pasando del 22% de la MS de la biomasa total en el primer período al 83% en el último. El valor medio de pasto en oferta fue muy superior para la mezcla de tréboles comparado con el del raigrás (4,87 vs 2,41 t ha⁻¹ MS, respectivamente), mostrando la alta productividad de biomasa de las leguminosas anuales en el período de primavera-verano. En contrapartida, la utilización del pasto de leguminosas por las vacas fue claramente inferior al observado para el raigrás, con valores del 44% y 62% en el primer período al 30% y 40% en el último, respectivamente.

El tipo de pasto y, particularmente, el período de ensayo mostraron una fuerte influencia sobre la composición y valor nutricional del forraje (Tabla 1). Comparado con el raigrás, la mezcla de tréboles anuales mostró un menor contenido ($p < 0,001$) en MS (204,8 vs 251,7 g kg⁻¹), fibra neutro detergente (FND 471,9 vs 553,8 g kg⁻¹ MS), azúcares (CSA 86,7 vs 192,8 g kg⁻¹ MS), carbohidratos no estructurales totales (CNET 126,6 vs 212,2 g kg⁻¹ MS), DMOIV (652,5 vs 701,9 g kg⁻¹) y ENL (1,34 vs 1,47 Mcal kg⁻¹ MS), mientras que la concentración de PB (133,5 vs 103,5 g kg⁻¹ MS) y de fibra ácido detergente (FAD 361,7 vs 310,0 g kg⁻¹ MS) fue superior ($p < 0,001$). El contenido en MS aumentó y la calidad del forraje disminuyó claramente para ambos pastos con el avance de la madurez. La tasa de incremento de MS fue prácticamente el doble para la mezcla de tréboles, comparada con la del raigrás (31,6 vs 17,4 g kg⁻¹ semana⁻¹). La reducción media del contenido de PB de la mezcla de leguminosas duplicó a la del raigrás (-5,1 vs -2,4 g kg⁻¹ MS semana⁻¹) si bien la concentración proteica de aquel tratamiento se mantuvo por encima de la del raigrás durante todo el ensayo. El incremento semanal de la concentración de FND fue casi la mitad para LAR comparado con RI (9,8 vs 15,2 g kg⁻¹ MS semana⁻¹), evidenciando que los tréboles anuales mantienen una mayor ingestibilidad potencial a lo largo de toda la estación. La magnitud del descenso de digestibilidad y valor energético de la hierba con el avance de la estación no fue diferente entre ambos tipos de pasto, con valores de DMOIV de -13,3 y -16,5 g kg⁻¹ semana⁻¹ y de ENL de -0,028 y -0,034 Mcal kg⁻¹ MS para los tratamientos LAR y RI, respectivamente. La rápida caída de PB y DMOIV en el pasto LAR concuerda con las observaciones de Pereira-Crespo *et al.* (2012a), relativas a una marcada reducción en el valor nutritivo de los tréboles anuales al alcanzar el estado de floración, si bien las excepcionales condiciones climáticas del verano de 2015, con precipitaciones anormalmente bajas, pudieran haber influido en la rápida pérdida de calidad del pasto.

Tabla 1. Efecto del tipo de pasto y de la interacción de tipo de pasto x período en el contenido de materia seca, composición química y valor nutricional de la hierba.

	Tipo de pasto			Tipo de pasto x Período								p	e.s.m.
	LAR	RI	p	LAR				RI					
				P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4		
MS	204,8	251,7	***	114,9	140,2	224,5	339,5	199,4	211,1	239,8	356,4	**	11,46
MO	911,1	914,7	ns	895,8	906,7	919,9	922,0	905,2	900,9	912,9	939,7	ns	6,52
PB	133,5	103,5	***	162,6	139,2	115,9	116,2	106,6	107,7	114,8	85,0	*	9,19
FAD	361,7	310,0	***	331,4	345,7	374,6	395,1	288,3	299,9	295,1	356,5	ns	11,94
FND	471,9	553,8	***	431,3	448,0	488,6	519,6	504,3	535,0	534,4	641,7	*	14,81
CSA	86,7	192,8	***	100,0	120,0	80,4	46,4	245,5	212,5	176,2	136,9	ns	15,92
CNET	126,6	212,2	***	130,4	145,2	127,9	103,0	254,8	213,7	202,0	178,5	ns	16,28
DMOIV	652,5	701,9	***	702,8	693,4	631,0	582,8	760,5	733,2	702,3	611,8	ns	11,78
ENL	1,34	1,47	***	1,44	1,43	1,30	1,19	1,60	1,52	1,47	1,29	ns	0,03

LAR: mezcla de tréboles anuales con raigrás híbrido; RI: cultivo monofito de raigrás inglés; P1: 27 abril-17 mayo; P2: 18 mayo-7 junio; P3: 8-28 junio; P4: 29 junio-19 julio; MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; FAD: fibra ácido detergente; FND: fibra neutro detergente; CSA: carbohidratos solubles en agua; CNET: carbohidratos no estructurales; DMOIV: digestibilidad *in vitro* MO; ENL: energía neta leche; p: significación del test F en el ANOVA; *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001; ns: no significativo; e.s.m.: error estándar de la media.

Como se muestra en la Tabla 2, el tipo de pasto no afectó significativamente a la producción diaria de leche, ni a la producción de grasa y proteína de la leche (valores medios de 27,94 y 27,12; 1,09 y 1,05; 0,78 y 0,75 kg vaca⁻¹ día⁻¹ para pasto LAR y pasto RI, respectivamente), si bien la producción de extracto seco magro fue ligeramente superior para el pasto de tréboles anuales comparado con el de raigrás (2,22 vs 2,14 kg vaca⁻¹ día⁻¹, respectivamente). Las concentraciones de grasa y proteína (valores medios de 4,16 y 2,97%, respectivamente) tampoco fueron significativamente diferentes para los dos tipos de pasto, mientras que el contenido de lactosa y de extracto seco magro fueron superiores para LAR en comparación con RI, con valores medios de 4,72 vs 4,66% (p <0,001) y 8,48 vs 8,41% (p <0,05), respectivamente. La grasa de la leche del pasto de raigrás mostró un perfil de AG menos saturado en comparación con el de tréboles anuales (p<0,01) con valores medios de AG saturados (AGS) de 69,83 y 70,93% del total de AG, respectivamente. La concentración de urea en leche de las vacas que consumieron el pasto LAR fue más alta (p<0,001) en comparación con las alimentadas con el pasto RI (168 vs 129 mg L⁻¹, respectivamente), lo que probablemente refleja una relación proteína/energía más alta en el pasto LAR y un déficit de proteína en el pasto de raigrás, que se hace particularmente evidente en la primera mitad del pastoreo.

Se observó una mayor disminución en los rendimientos diarios de leche y grasa y proteína de la leche a lo largo del ensayo para las vacas del tratamiento LAR comparadas con las de RI, con una variación semanal por vaca de, respectivamente, -0,71 vs -0,13 kg de leche, -31,1 vs -2,0 g de grasa y -15,5 vs -3,3 g de proteína, lo que refleja una pérdida mucho más acelerada de la calidad del pasto de tréboles anuales en comparación con el pasto de raigrás con el avance del periodo de pastoreo. Por otro lado, el porcentaje de AGS y AG monoinsaturados de la grasa de la leche (expresados sobre el total de AG) se mantuvo casi constante durante la temporada de pastoreo, mientras que el de AG poliinsaturados se redujo con el avance de la estación, de forma más rápida para las vacas que pastoreaban el tratamiento de tréboles anuales.



Tabla 2. Efecto del tipo de pasto y la interacción de tipo de pasto x período en la producción y composición de leche.

	Tipo de pasto			Tipo de pasto x Período								p	e.s.m.
	LAR	RI	p	LAR				RI					
				P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4		
Producción (kg vaca⁻¹ día⁻¹)													
Leche [†]	27,94	27,12	ns	32,37	28,16	24,75	25,95	27,51	28,38	26,32	26,26	***	0,676
Grasa	1,09	1,05	ns	1,27	1,10	0,96	0,99	1,07	1,07	1,02	1,05	***	0,327
Proteína	0,78	0,75	ns	0,88	0,77	0,70	0,74	0,74	0,81	0,74	0,71	***	0,019
Extracto seco magro	2,22	2,14	*	2,56	2,25	1,98	2,05	2,20	2,29	2,07	2,01	***	0,487
Composición leche (%)													
Grasa	4,16	4,16	ns	4,23	4,19	4,15	4,08	4,11	3,87	4,19	4,48	***	0,098
Proteína	2,97	2,97	ns	2,93	2,95	2,99	3,03	2,85	2,94	3,03	3,04	***	0,030
Lactosa	4,72	4,66	***	4,74	4,79	4,74	4,60	4,70	4,57	4,67	4,68	***	0,026
Extracto seco magro	8,48	8,41	*	8,48	8,54	8,52	8,37	8,38	8,31	8,46	8,48	ns	0,038
Urea													
Urea en leche (mg L ⁻¹)	168	129	***	163	150	151	210	93	77	144	202	***	8,478
AG en leche (% AGT)													
AGS	70,93	69,83	**	70,84	70,90	71,00	70,99	68,81	70,07	70,61	69,87	ns	0,536
AGMI	23,74	24,30	ns	23,70	23,04	23,72	24,56	25,06	23,04	23,68	25,39	ns	0,418
AGPI	1,67	1,71	ns	2,14	1,54	1,44	1,53	2,04	1,45	1,61	1,74	**	0,061

LAR: mezcla de tréboles anuales con raigrás híbrido; RI: cultivo monofito de raigrás inglés; P1: 27 abril-17 mayo; P2: 18 mayo-7 junio; P3: 8-28 junio; P4: 29 junio-19 julio. [†]Producción de leche corregida en grasa y proteína (3,5% grasa, 3,5% proteína); AGS: ácidos grasos saturados; AGMI: ácidos grasos monoinsaturados; AGPI: ácidos grasos poliinsaturados; p: significación del test F en el ANOVA; *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001; ns: no significativo; e.s.m.: error estándar de la media.

CONCLUSIONES

No se observan ventajas, en términos de producción y composición de la leche, del pastoreo de tréboles anuales en comparación con el raigrás inglés. El pasto de leguminosas mostró una elevada producción, una rápida caída de la calidad y una baja eficiencia de aprovechamiento en pastoreo debido al hábito de crecimiento semi-postrado de estas especies, lo cual sugiere que estas especies son más adecuadas para ensilar.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto se realizó en el marco de proyecto INIA RTA2012-00065-C05-02.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DEWHURST R.J., DELABY L., MOLONEY A., BOLAND T. Y LEWIS E. (2009) Nutritive value of forage legumes used for grazing and silage. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, **48**, 167-187.
- EUROSTAT (2013) http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Milk_and_milk_product_statistics.
- FERNÁNDEZ-LORENZO B., DAGNAC T., GONZÁLEZ-ARRAÉZ A., VALLADARES J., PEREIRA-CRESPO S. Y FLORES G. (2009) Estructura productiva de las explotaciones lecheras gallegas. *Pastos*, **39(2)**, 251-299.
- LÓPEZ-IGLESIAS E., SINEIRO-GARCÍA F. Y LORENZANA-FERNÁNDEZ R. (2013) Processes of Farmland Abandonment: Land Use Change and Structural Adjustment in Galicia (Spain). *Agriculture in Mediterranean Europe: Between Old and New Paradigms Chapter 5. Research in Rural Sociology and Development*, **19**, 91-120.
- 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 RODRÍGUEZ-DIZ X. (2012b) Prediction of the nutritive value of anual forage clovers and serradella by near infrared spectroscopy (NIRS). *Options méditerranéennes. Series A: Mediterranean Seminars*, **102**, 241-244.
- SAS INSTITUTE (2009) SAS/STAT USER'S GUIDE, V.9.2, SAS INSTITUTE INC., CARY, NC, USA.
- VALLADARES J., PEREIRA-CRESPO S., FLORES G., DÍAZ N., FERNÁNDEZ-LORENZO B., RESCH C., GONZÁLEZ-ARRÁEZ A., BANDE-CASTRO M.J., RODRÍGUEZ-DIZ X. Y PIÑEIRO J. (2012) New annual legumes as winter crops for intensive forage rotations in Galicia (NW Spain) I.-Dry Matter Yield. *Options méditerranéennes. Series A: Mediterranean Seminars*, **102**, 242-245.

COMPARISON OF A MIXTURE OF ANNUAL CLOVERS WITH PERENNIAL RYEGRASS IN A DAIRY COWS GRAZING SYSTEM

SUMMARY

This paper presents a comparison between a mixture of three annual clovers (berseem clover, crimson clover and persian clover ssp. *resupinatum*) with hybrid ryegrass and a pasture of perennial ryegrass, rotationally grazed by dairy cows during the spring-summer season in the Atlantic area of Galicia, in terms of pasture dry matter yield and nutritive value, milk yield and milk composition. Despite of the initially good nutritive value of the annual legume mixture, the low efficiency of herbage utilization by cows in this sward due to the semi-prostrate habit of annual clovers and the rapid decline in quality, possess a serious drawback for the inclusion of annual clovers in the dairy grazing systems. In addition, no differences were observed between treatments in the yield of milk, milk fat and milk protein, suggesting that annual legumes grazing is not a clear alternative to the classical perennial ryegrass swards in the conditions of the Galician dairy farming.

Key words: annual legumes, nutritive value, production, milk composition.

EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE ENSILADO DE LEGUMINOSAS ANUALES EN LA RACIÓN DEL GANADO VACUNO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA LECHE

A. BOTANA¹, C. RESCH¹, L. GONZÁLEZ¹, T. DAGNAC¹, S. PEREIRA-CRESPO², B. FERNÁNDEZ-LORENZO¹, J. VALLADARES¹, M. VEIGA¹ Y G. FLORES-CALVETE¹.

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

RESUMEN

Se presentan en este trabajo los resultados de un ensayo en el cual se evaluó el efecto de la inclusión de ensilados de leguminosas anuales en la dieta de vacas de leche sobre la producción y composición de ácidos grasos de la leche. Se cosecharon 4 ha de una mezcla de tréboles anuales (ML) y 4 ha de un cultivo monofito de raigrás italiano (RI) en la primera semana de mayo de 2013. Los cultivos fueron recogidos tras ser presecados 24 h y tratados con inoculante. Siguiendo un diseño en cuadrado latino 4 x 4, se asignaron cuatro dietas a un total de 24 vacas de leche de raza Holstein (seis vacas/grupo). Cada período experimental duró 3 semanas. Las raciones, en materia seca (MS), estaban compuestas por un 50% de ensilado RI y ML, en proporción variable, 25% de ensilado de maíz y 25% de un pienso comercial con diferente contenido en proteína bruta (PB). Las raciones eran isoproteicas (17% PB). La substitución progresiva del ensilado (RI) por ensilado (ML) permitió mejorar significativamente el perfil de ácidos grasos de la leche desde el punto de vista de la salud humana, sin comprometer a la ingestión voluntaria de la MS ni a la producción de leche. Los resultados demuestran la potencialidad de las leguminosas anuales para mejorar los sistemas de producción de leche basados en forrajes.

Palabras clave: tréboles anuales, dieta, vacuno lechero, perfil graso.

INTRODUCCIÓN

Existe un renovado interés acerca de la recuperación del cultivo de leguminosas forrajeras en Europa, obligado por la necesidad de adaptar los modelos de producción animal a la demanda de la sociedad acerca del desarrollo de una agricultura productora de alimentos de calidad, seguros, a precios asequibles y con modelos de producción de impacto reducido sobre el medio ambiente (Peeters *et al.*, 2006). A esta circunstancia se une una situación de la producción láctea en la UE con una marcada relación desfavorable entre los precios de la leche y el coste de producción, realidad que incide especialmente en el sector productor gallego. En este escenario, se hace necesario revisar el sistema actual de rotación con maíz forrajero practicado en las explotaciones lecheras de Galicia a fin de corregir el bajo contenido proteico de las rotaciones raigrás-maíz, que repercute negativamente en el coste de la alimentación al requerir una importante suplementación de materias primas proteicas importadas y de cumplir, al mismo tiempo, los requerimientos de la PAC relativos a la diversificación de cultivos como condición previa al cobro de las ayudas del pago único. Manteniendo el maíz forrajero un lugar preferente en la rotación, existe demanda de información sobre cultivos de invierno que incluyan leguminosas y que permitan realizar ensilados en primavera, con tiempo suficiente para preparar la siembra del maíz, con un valor proteico suficientemente alto para complementar el bajo valor del maíz. Estudios previos realizados en Galicia han evaluado el comportamiento de leguminosas anuales del género *Trifolium* como cultivo invernal en rotaciones con maíz, habiéndose evidenciado una elevada productividad (Valladares *et al.*, 2012) y un buen

valor nutritivo (Pereira-Crespo *et al.*, 2012) cuando se cortan en primavera para ensilar. Sin embargo, no existe hasta el momento información acerca de la respuesta productiva del ganado vacuno lechero a la introducción de ensilados de estas leguminosas, comparado con el uso tradicional de ensilados de raigrás italiano. Se presentan en este trabajo los resultados de un estudio en el cual se evaluó el efecto de la variación del porcentaje de ensilado de leguminosas en la dieta ofertada a vacas lecheras sobre la ingestión voluntaria, la producción y la composición de la leche, con especial atención al perfil de ácidos grasos de la misma.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización, siembra y cosecha del cultivo invernal.- El ensayo se realizó en la finca del CIAM en Mabegondo (A Coruña), zona costera de clima atlántico a 100 m de altitud, en condiciones de secano. En otoño de 2012 se sembraron un monocultivo de raigrás italiano tetraploide no alternativo cv Bolero (RI), a dosis de 40 kg ha⁻¹ y una mezcla de tréboles anuales (ML) compuesta por trébol alejandrino cv Alex (4 kg ha⁻¹), trébol encarnado cv Contea (10 kg ha⁻¹), trébol persa ssp. *resupinatum* cv Nitroplus (4 kg ha⁻¹) y trébol vesiculoso cv Zulu II (4 kg ha⁻¹), en una superficie de 4 ha para cada cultivo. La cosecha se realizó entre el 10 y el 12 de mayo de 2013, dejando el forraje sobre el terreno para presecar durante 24 h tras la siega. El forraje presecado fue recogido con una rotoempacadora-picadora dotada con un dosificador de aditivo que aplicó un inoculante a base de bacterias lácticas homofermentativas (11H50 de Pioneer) a la dosis indicada por el fabricante. El raigrás se encontraba en un estado fenológico próximo al 50% de espigado y en la mezcla de leguminosas los tréboles encarnado y persa estaban en plena floración mientras que el alejandrino y vesiculoso aún no habían florecido.

Ensayo de alimentación con vacas de leche.- Se realizó entre el 30 de septiembre y el 20 de diciembre de 2013. Los tratamientos consistieron en cuatro dietas *unifeed* formuladas con un 50% de la materia seca (MS) ofrecida como ensilados de raigrás y de leguminosas en proporciones variables, un 25% de ensilado de maíz y un 25% de concentrado (Tabla 1).

Tabla 1. Composición de las cuatro raciones *unifeed* (% MS total).

Tratamiento	Ensilados			Pienso base 25%PB	Soja 44%
	Raigrás	Mezcla leguminosas	Maíz		
T1	50	0	25	0	25
T2	33	17	25	6	19
T3	17	33	25	12	13
T4	0	50	25	17	8

PB: proteína bruta (%MS).

La composición del concentrado se modificó en cada tratamiento para conseguir dietas con el 17% de proteína bruta (PB, %MS). Se utilizaron 24 vacas Holstein del rebaño experimental del CIAM en fase descendiente de lactación (fecha media de parto 20 de julio de 2013), de las cuales cuatro eran novillas de primer parto. Las vacas fueron distribuidas en cuatro grupos (6 vacas/grupo) homogéneos en cuanto a peso vivo (613,6 ± 71,2), días en leche (72,0 ± 16,3), producción de leche (32,9 ± 5,0) y novillas de primer parto (1 novilla/grupo), a los cuales les fueron asignados, al azar, los cuatro tratamientos. El experimento siguió un diseño en cuadrado latino 4 x 4, con cuatro períodos de tres semanas por período, precedidos por un período de adaptación de tres semanas. El ganado estaba alojado en una nave dotada del sistema de puertas electrónicas Calan-Broadbent (American



Calan, Northwood, NH, USA) para el control individual de alimentación. Las raciones se ofertaban a voluntad del ganado, siendo permitido un 10-15% de rechazos. El control de la ingestión se realizó durante cinco días por semana, pesando el alimento ofrecido y el rehusado por cada vaca. Todos los animales se pesaron al inicio y al final de cada período durante dos días consecutivos después del ordeño de la mañana.

Toma de muestras y análisis de alimentos.- En la última semana de cada período se tomaron muestras de las cuatro raciones *unifeed* y de los ensilados (RI, ML y maíz) durante tres días. Las muestras se enviaron al Laboratorio Interprofesional Galego de Análisis de Leche (LIGAL) donde las muestras de *unifeed* fueron analizadas para el contenido en MS, materia orgánica (MO), PB, fibra bruta (FB), fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND), almidón (ALM), extracto etéreo (EE) y energía neta leche (ENL) y las muestras de ensilados fueron analizadas para MS, MO, FAD, FND, ALM (sólo en maíz), digestibilidad de la materia orgánica (DMO) y pH, siguiendo procedimientos internos mediante calibraciones NIRS.

Toma de muestras y análisis de leche.- Se recogieron muestras de leche durante los ordeños de la mañana (9:00 h) y la tarde (19:00 h) a lo largo de tres días de la última semana de cada período, tomando dos alícuotas de 50 mL por ordeño, animal y día de control. Una de las alícuotas se trasladó inmediatamente al LIGAL, refrigerada a 4 °C, donde se estimó la composición química de la leche (grasa, proteína, lactosa, extracto seco magro) y urea mediante los análisis de rutina FT MIR empleando un MilkoScan™ FT6000 (Foss Electric A/S, Hillerød, Denmark). La segunda alícuota se mantuvo congelada a -18 °C hasta su análisis para la determinación de su composición de ácidos grasos (AG). Esta determinación se realizó únicamente sobre la muestra del ordeño de mañana (n=288). Para comparar las diferencias en el perfil de AG entre los ordeños de mañana y de tarde, se analizaron la totalidad de las muestras correspondientes a dos vacas (n=48). La grasa de la leche fue extraída siguiendo la normativa ISO 14156:2001/FIL 172 y la derivatización de los ácidos grasos a sus ésteres metílicos según la normativa FIL 184:1999. Posteriormente los compuestos se separaron, identificaron y cuantificaron mediante cromatografía de gases según lo indicado en Flores et al. (2011).

Análisis estadístico.- El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA, utilizando el modelo $y = \mu + \alpha_i T + \beta_j P + X_{ijk} + \epsilon_{ijk}$, donde T es el tratamiento de ración *unifeed* (factor fijo), P es la semana del experimento (factor aleatorio) y X representa las covariables (días en leche, número de partos, rendimiento inicial y el peso vivo inicial) utilizadas en el análisis. La separación de medias se realizó mediante el procedimiento de rango múltiple de Duncan y todos los análisis se realizaron utilizando PROC GLM y PROC MIXED de SAS (SAS Institute, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características del valor nutritivo y calidad fermentativa de los ensilados RI y ML se muestran en la Tabla 2. Comparado con el ensilado de raigrás, el contenido en PB del ensilado de leguminosas fue casi el doble (14,5 vs 7,7 %MS) siendo la DMO un 5% inferior (64,5 vs 67,6 %).

Ambos ensilados estuvieron correctamente fermentados, con valores de pH en torno a 4,0 y contenidos de MS de 36,5 y 24,4% para RI y ML, respectivamente. Las características del ensilado de maíz utilizado en el ensayo son típicos para este forraje, con bajo contenido proteico (PB, 5,1 %MS), alta digestibilidad (DMO, 68,7%) y buena conservación (pH, 3,80).

Tabla 2. Composición química, digestibilidad y pH de los ensilados.

Ensilado	MS	MO	PB	FAD	FND	ALM	DMO	pH
Raigrás italiano	36,5	91,0	7,7	30,1	45,0	-	67,6	3,93
Mezcla leguminosas	24,4	89,9	14,5	38,7	47,7	-	64,5	4,06
Maíz	35,8	97,0	5,1	23,0	45,0	35,4	68,7	3,80

MS: materia seca (%); MO: materia orgánica (%MS); PB: proteína bruta (%MS); FAD: fibra ácido detergente (%MS); FND: fibra neutro detergente (%MS); ALM: almidón (%MS); DMO: digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica (%).

Como se puede observar en la Tabla 3, la composición química y el valor energético medio de las distintas raciones fueron similares, con valores medios entre tratamientos entre 16,6 y 17,8 %MS para PB y de entre 1,62 y 1,67 Mcal kg⁻¹ MS para ENL. Destaca la disminución de las concentraciones de MS, MO, FND y FB al incrementar el porcentaje de ensilado de ML en la ración.

Tabla 3. Composición química y valor nutricional de las raciones *unifeed*.

Tratamiento	MS	MO	PB	FAD	FND	FB	ALM	EE	ENL
T1	41,0	92,1	17,8	24,0	43,0	20,0	11,9	2,5	1,62
T2	37,9	91,0	16,6	22,7	42,0	18,9	12,2	2,5	1,65
T3	34,3	90,2	17,7	23,1	42,2	19,5	12,8	2,6	1,65
T4	33,1	89,7	16,8	22,5	41,5	18,9	13,1	2,5	1,67

MS: materia seca (%); MO: materia orgánica (%MS); PB: proteína bruta (%MS); FAD: fibra ácido detergente (%MS); FND: fibra neutro detergente (%MS); FB: fibra bruta (%MS); ALM: almidón (%MS); EE: extracto etéreo (%MS); ENL: energía neta leche (Mcal kg⁻¹MS).

Las vacas incrementaron su peso vivo a lo largo del ensayo, registrándose valores medios de 613,6 ± 71,2 kg y de 646,5 ± 74,4 kg al inicio y al final del período experimental, respectivamente. La ingestión voluntaria, la eficiencia de conversión de la MS y la producción de leche y sólidos de la leche no se vieron afectados por el tipo de dieta (Tabla 4). Los valores medios de ingestión voluntaria y eficiencia de conversión fueron de 21,0 kg MS vaca⁻¹d⁻¹ y 1,51 kg leche kg⁻¹ MS ingerida, respectivamente.

Tabla 4. Efecto de la dieta consumida sobre la ingestión voluntaria, la eficiencia de conversión, la producción diaria de leche y de sólidos de la leche.

	Tratamientos				p
	T1	T2	T3	T4	
n	72	72	72	72	
Ingestión voluntaria de MS (kg vaca ⁻¹ día ⁻¹)	21,4	21,4	20,6	20,7	ns
Eficiencia de conversión (kg leche kg ⁻¹ MS)	1,51	1,47	1,51	1,54	ns
Producción de leche (kg vaca ⁻¹ d ⁻¹)	31,6	31,6	31,1	31,5	ns
Producción de sólidos (kg vaca⁻¹ d⁻¹)					
Materia grasa	1,33	1,34	1,34	1,29	ns
Materia proteica	1,00	1,00	0,97	0,96	ns
Extracto seco magro	2,72	2,73	2,69	2,69	ns
Composición fisicoquímica de la leche (%)					
Materia grasa	4,25	4,27	4,30	4,13	ns
Materia proteica	3,18 ^a	3,18 ^a	3,14 ^{ab}	3,08 ^b	*
Lactosa	4,67 ^b	4,71 ^{ab}	4,74 ^a	4,73 ^a	*
Extracto seco magro	8,64	8,67	8,66	8,58	ns
Urea (mg L ⁻¹)	299	318	317	321	ns

n: número de observaciones; p: significación del test F en el ANOVA; ns: no significativo; *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001.



En cuanto a las variables productivas, la producción media de leche fue de 31,4 kg vaca⁻¹ d⁻¹, con una producción de grasa, proteína y extracto seco magro de 1,32 kg vaca⁻¹ d⁻¹, 0,98 kg vaca⁻¹ d⁻¹ y 2,71 kg vaca⁻¹ d⁻¹, respectivamente. La composición fisicoquímica de la leche fue muy semejante entre tratamientos, no siendo observadas diferencias significativas en cuanto al contenido en materia grasa, extracto seco magro y urea (valores medios de 4,24 %, 8,63 % y 314 mg L⁻¹, respectivamente). Se detectaron diferencias significativas (p<0,05), aunque cuantitativamente poco importantes, entre el contenido en proteína de la leche de los tratamientos T1 y T2 (3,18%) que fue superior a la de T4 (3,08%) e, inversamente, el de lactosa de T3 y T4 (4,74% y 4,73%) que fue más elevado que el de T1 (4,67%). La composición de la dieta afectó significativamente el perfil de AG de la leche, indicándose en la Tabla 5 los valores medios más relevantes. Al incrementarse la proporción de ensilado de leguminosas en la ración (de T1 a T4) se redujo linealmente la proporción de AG saturados (AGS) y la relación omega-6 y omega-3, mientras que aumentó de forma lineal la presencia de AG con carácter funcional como el ácido alfa-linolénico C18:3n3 (ALA, cabeza de la serie omega-3), el ácido vaccénico t11C18:1 (TVA) y el isómero c9t11 del ácido linoleico conjugado (CLA). El tratamiento sin ensilado de leguminosas (T1) mostró valores significativamente superiores de ácido linoleico C18:2n6 (LA) al de los restantes tratamientos, mientras que la proporción de AG poliinsaturados (AGPI) no fue significativamente diferente entre las diferentes dietas.

Tabla 5. Efecto de la dieta[†] y del momento de ordeño sobre el perfil de ácidos grasos (AG) de la leche.

(% sobre AG totales)	Tratamientos				p	Momento de ordeño		
	T1	T2	T3	T4		Mañana	Tarde	p
n	72	72	72	72		24	24	
AGS	74,80 ^a	74,50 ^a	72,34 ^b	71,89 ^b	***	70,27	66,07	***
AGMI	22,04 ^b	22,65 ^b	24,72 ^a	25,07 ^a	***	26,09	32,80	***
AGPI	2,84	2,74	2,82	2,85	ns	2,89	2,93	ns
ALA	0,40 ^b	0,41 ^b	0,45 ^a	0,45 ^a	**	0,46	0,40	***
LA	1,48 ^a	1,42 ^b	1,36 ^b	1,40 ^b	**	1,35	1,64	***
TVA	0,49 ^d	0,56 ^c	0,68 ^b	0,75 ^a	***	0,60	0,53	**
CLA	0,40 ^b	0,41 ^b	0,48 ^a	0,51 ^a	***	0,46	0,44	ns
Omega 6/Omega3	2,78 ^a	2,57 ^b	2,51 ^b	2,47 ^b	**	2,66	3,78	***

[†] muestras de leche correspondientes al ordeño de la mañana; n: número de muestras; AGS: AG Saturados; AGMI: AG Monoinsaturados; AGPI: AG Poliinsaturados; ALA: C18:3n3 (alfa linoléico); LA: C18:2n6 (linoleico); TVA: t11C18:1 (vaccénico); CLA: c9t11 CLA (linoleico conjugado); Omega 6/Omega3: relación entre el total de AG de las series omega-6 y omega-3; p: significación del test F en el ANOVA; ns: no significativo; *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001.

Los resultados confirman las observaciones de diversos estudios que indican que la introducción de leguminosas forrajeras en las raciones del ganado vacuno lechero mejora la calidad de la leche desde el punto de vista de la salud humana (Dewhurst *et al.*, 2006). El momento de ordeño afectó significativamente al perfil de AG de la leche salvo al contenido en AGPI y CLA, siendo observado que la leche del ordeño de la mañana tenía un perfil más saturado, menor proporción de AG monoinsaturados (AGMI), de LA y una relación Omega-6/Omega-3 más baja, mientras que el contenido en ALA era más elevado. Este aspecto debe ser tenido en cuenta para comparar los valores observados en el presente ensayo con los referidos por otros autores.

CONCLUSIONES

La inclusión de ensilados de leguminosas anuales en la dieta de vacas lecheras, en comparación con los ensilados de raigrás, permite reducir el nivel de suplementación con harina de



soja de la ración sin afectar a la eficiencia de conversión de la materia seca ni a la producción de leche de las vacas, a la par que obtener un perfil de AG de la leche más adecuado desde el punto de vista de la salud humana.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto se realizó en el marco de proyecto INIA RTA2012-00065-C05-02.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. *Animal Feed Science and Technology*, **113**, 168-206.
- FLORES G., RESCH C., FERNÁNDEZ-LORENZO B., GONZÁLEZ-ARRÁEZ A., VALLADARES J., DAGNAC T., LATORRE A., AGRUÑA M.J., PEREIRA S., DÍAZ N., GIMÉNEZ R. Y RODRÍGUEZ-DIZ X. (2011) Efecto del pastoreo de verano de trébol violeta sobre el contenido en omega-3 de la leche de vacuno. *Pastos*, **41(1)**, 79-99.
- PEETERS A., PARENTE G. Y LE GALL A. (2006) Temperate Legumes: key-species for sustainable temperate mixtures. En: Lloveras *et al.* (Eds) *Sustainable Grassland Productivity*, pp. 205-219. Badajoz, España: European Grassland Federation.
- 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. (2012) Rendimiento y valor nutritivo de nuevas leguminosas anuales como cultivo de invierno en rotaciones forrajeras intensivas en Galicia. *Pastos*, **42(1)**, 29-50.
- SAS INSTITUTE (2009) SAS v.9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- VALLADARES J., PEREIRA-CRESPO S., FLORES G., DÍAZ N., FERNÁNDEZ-LORENZO B., RESCH C., GONZÁLEZ-ARRÁEZ A., BANDE-CASTRO M.J., RODRÍGUEZ-DIZ X. Y PIÑEIRO J. (2012) New annual legumes as winter crops for intensive forage rotations in Galicia (NW Spain) I. Dry Matter Yield. *Options méditerranéennes. Series A: Mediterranean Seminars*, **102**, 242-245.

EFFECT OF THE INCLUSION OF ANNUAL LEGUMES SILAGE IN DAIRY COWS' RATIONS ON MILK YIELD AND MILK FATTY ACIDS PROFILE

SUMMARY

An experiment was conducted to study the effect of including annual legume silages in dairy cow rations on milk yield and milk fatty acids composition. A mixture of annual clovers (ML) field (4 ha) and a pure stand Italian ryegrass (RI) field (4 ha) were harvested in the first week of May 2013. Both forages were ensiled after being treated with an inoculant and wilted for 24 h. Four diets were randomly assigned to 24 Holstein dairy cows divided in four groups (six cows/group) following a 4 x 4 Latin square design. The experimental period lasted three weeks in each stage. Rations in dry matter were composed by 50% of RI and ML silages in a varying proportion, 25% of maize silage and 25% of a commercial concentrate with different crude protein (CP) content. Rations were isoproteic (17% CP). The progressive substitution of RI by ML silages significantly improved milk fatty acids profile from a human health perspective without compromising voluntary dry matter intake and cow milk production. These results show the potential of annual legumes for the improvement of dairy forage systems.

Key words: annual clovers, human health, milk productivity, fatty acids composition.



GRANO DE MAÍZ MOLIDO COMO SUPLEMENTO PARA VACAS LECHERAS EN PASTOREO O BAJO SIEGA DE PRADERAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE A PEQUEÑA ESCALA EN MÉXICO

J. VELARDE-GUILLÉN¹, J.G. ESTRADA-FLORES¹, A.A. RAYAS-AMOR², F. VICENTE³, A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ³, D. HEREDIA-NAVA⁴ Y C.M. ARRIAGA-JORDÁN¹.

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), 50000 Toluca, Estado de México, México. cmarriagaj@uaemex.mx. ²Departamento de Ciencias de la Alimentación (DCA), División de Ciencias Biológicas y de la Salud (CBS), Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma (UAM-L), 52006 Lerma de Villada, Estado de México, México. ³Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA), Ctra. Oviedo s/n, 33300 Villaviciosa, Asturias, España. ⁴Investigador de Cátedras CONACYT, Departamento de Ciencias Biológicas, Centro Universitario de Los Altos (CUALTOS), Universidad de Guadalajara, 47600 Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.

RESUMEN

Los sistemas de producción de leche a pequeña escala presentan altos costes dada su dependencia de insumos externos. En lugares del altiplano la alimentación de rebaños se basa en praderas bajo siega, suplementadas con concentrados comerciales. El alto contenido de proteína de las praderas puede cubrir los requerimientos de las vacas por lo que es posible utilizar suplementos de menor contenido de proteína y coste. Se realizó una investigación participativa con productores de leche a pequeña escala con ocho grupos de cuatro vacas en ordeño. Se estudiaron durante 12 semanas cuatro tratamientos en un diseño factorial 2x2 de parcelas divididas con grupo de vacas como unidad experimental: pastoreo vs siega, y grano de maíz molido vs concentrado comercial. No se observaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) en las variables de producción animal, ni en costes de alimentación; los cuales aunque no estadísticamente significativos fueron 10% para leche y 15% para leche corregida en energía menores en pastoreo. Se concluye que los productores de leche a pequeña escala pueden utilizar recursos locales y obtener rendimientos de leche similares a los obtenidos con concentrado comercial, y el pastoreo puede reducir los costes de alimentación.

Palabras clave: praderas de ballicos-trébol blanco, investigación participativa rural, costes, estrategias de alimentación.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción de leche a pequeña escala en México representan más del 78% de las unidades lecheras y producen el 37% de la producción nacional. Además, son importantes en la reducción de la pobreza en las zonas rurales. Los sistemas de producción de leche a pequeña escala son pequeñas fincas con rebaños entre 3 y 35 vacas más cría, que dependen fundamentalmente de la fuerza de trabajo familiar (Posadas-Dominguez *et al.*, 2014). En el altiplano central, muchas unidades de producción de leche a pequeña escala basan la alimentación de los rebaños en praderas irrigadas de ballicos (*Lolium multiflorum*, *L. perenne*) asociados con trébol blanco (*Trifolium repens*), generalmente bajo siega a mano con guadañas y acarreo del forraje verde, que se suministra junto con pajas y grandes cantidades de concentrados balanceados (piensos) comerciales que resultan en altos costes de producción y una baja puntuación en la escala económica de la sostenibilidad (Fadul-Pacheco *et al.*, 2013). Una opción para optimizar el uso de los recursos en estos sistemas es implementar el pastoreo de las praderas que permite reducir los costes. Igualmente, el contenido de proteína de la pradera puede cubrir los requerimientos para

rendimientos de leche moderados, por lo que los piensos comerciales podrían sustituirse por concentrados con un menor contenido de proteína y menor coste como el grano de maíz; además de eliminar el uso de pajas en las dietas.

El objetivo del trabajo fue evaluar, bajo investigación participativa rural en finca con productores de leche a pequeña escala, la respuesta al grano de maíz molido como suplemento para vacas lecheras en pastoreo de praderas irrigadas, en comparación con concentrado comercial y la utilización de praderas bajo siega.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el municipio de Aculco, en el del Estado de México, con altitud media de 2440 m, clima templado sub-húmedo con temperatura media anual de 13,2 °C, heladas de octubre a febrero, y una precipitación media de 800 mm anuales.

Se realizó una investigación en finca de investigación participativa rural para el desarrollo de tecnología ganadera (Conroy, 2005). Siete productores participaron en la investigación. Se evaluó la siega (S) o el pastoreo (P) de praderas de *Lolium perenne*, *L. multiflorum* y *Trifolium repens*, con un suplemento de 5 kg/vaca/día (base fresca) de concentrado balanceado comercial con 18% de proteína cruda (CC) utilizado usualmente por los productores, o con 5 kg/vaca/día de grano de maíz molido (base fresca) (MM). No se tiene la composición elemental del CC pues el fabricante no expresa la proporción de ingredientes. Como forraje base para todos los grupos se suministraron 3 kg en fresco de heno de avena de calidad moderada/vaca/día. Di Marco (2011) establece que un forraje tiene alta calidad cuando tiene menos de 50% de fibra neutro detergente (FND) y de mala calidad cuando la FND es mayor al 65%, por lo que el heno de avena fue de calidad moderada (Tabla 1). Seis productores participaron con un grupo de cuatro vacas cada uno y un productor participó con dos grupos; con cuatro grupos en siega (S) y cuatro en pastoreo (P). El pastoreo (P) fue de 8-9 h/día y en S se ofertó 8,25 kg MS de hierba/vaca/día (que se segó una vez al día) ofertados dos veces al día en una ración matutina y una vespertina. El ordeño fue dos veces al día a mano (cinco productores) o con máquina de ordeño portátil (dos productores). Se evaluó la combinación de tratamientos PCC, PMM, SCC y SMM.

En pastoreo se determinó la acumulación neta de forraje (ANF) en las praderas utilizando jaulas de exclusión y cortando cuadrantes de 2,0 x 0,25 m fuera y dentro de las jaulas cada 21 días, y en el tratamiento S, antes de la siega en las praderas bajo siega. Se tomaron muestras de pastoreo simulado en el tratamiento P y del forraje suministrado a las vacas en C cada 21 días. Cada semana se midió la altura de la pradera en P y antes del corte en C con un medidor de plato ascendente. Las muestras de hierba y suplementos se analizaron para materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PB), FND, y fibra ácido detergente (FAD), usando los procesos establecidos en el Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) de la Universidad Autónoma del estado de México, descritos por Anaya-Ortega *et al.* (2009).

El rendimiento de leche (RL), peso vivo (PV) y condición corporal (BCS por sus siglas en inglés para diferenciarlo del tratamiento CC) de cada grupo de vacas por tratamiento, antes del experimento fue de: PCC: 17,38±0,7 kg de RL, 478±25 kg PV y 1,8±0,2 BCS; PMM: 17,63±0,7 kg de RL, 487±23 kg PV y 1,8±0,2 BCS; SCC: 18,5±3,3 kg de RL, 456±49 kg PV y 1,7±0,1 BCS; SMM: 18,25±2,1 kg de RL, 441±36 kg PV y 1,8±0,2 BCS. El RL fue registrado semanalmente para cada vaca con una balanza de resorte, y se expresó igualmente como leche corregida a energía (LCE) utilizando la fórmula de Auld *et al.* (2013). Se determinó contenido de proteína y grasa en leche por medio de ultrasonido descrito por Mc Clements (1991). Igualmente, se determinó el nitrógeno ureico en leche



(NUL) (Chaney y Marbach, 1962) como un indicador del equilibrio energía:proteína en la ración de las vacas. Las vacas experimentales se pesaron cada 15 días usando una báscula electrónica, al mismo tiempo se determinó la BCS en una escala de 1 a 5.

Los resultados medios por grupo se sometieron a análisis de varianza usando el paquete estadístico JMP8, utilizando el rendimiento de leche antes del inicio del experimento como covariable. Se utilizó un diseño factorial 2 x 2 con dos formas de utilización de pradera (S vs P) y dos tipos de suplemento (CC vs MM), dentro de un diseño experimental de parcelas divididas recomendado por Stroup *et al.* (1993) para la investigación en finca; donde cada grupo de vacas fue la unidad experimental. El experimento tuvo una duración de 12 semanas. Se llevó a cabo el análisis de los costes de alimentación utilizando el método de presupuestos parciales, siguiendo los procedimientos utilizados en estudios anteriores (Alfonso-Ávila *et al.*, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La acumulación neta de forraje (ANF) fue de 38 kg MS/ha/día y de 68 kg/ha/día en P y S, respectivamente, con una altura promedio de 6 cm en P y 20 cm en C. No existieron diferencias estadísticamente significativas ($P>0,05$) en MS, MO y FND, pero si se presentaron diferencias significativas ($P<0,05$) en PB y FAD (Tabla 1).

Tabla 1. Composición química de praderas y suplementos.

Composición	Pradera en P	Pradera en S	PS ¹	MM	CC	SS ¹	Heno de Avena
MS (g/kg)	183	188	NS	900	902	NS	867
MO (g/kg MS)	869	872	NS	966	904	**	916
PB (g/kg MS)	169	130	**	63	190	**	61
FND (g/kg MS)	510	538	NS	133	273	**	564
FAD (g/kg MS)	229	275	**	21	93	**	314

P: Pastoreo; S: Siega; PS: Significancia de forma de uso de praderas; MM: Grano de Maíz Molido; CC: Concentrado comercial; SS: Significancia de suplementos; MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; FND: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente; ¹ NS: $P>0,05$; **: $P<0,05$.

No existieron diferencias estadísticamente significativas ($P>0,05$) en rendimientos de leche, LCE, grasa en leche, peso vivo o costes de alimentación; pero se observó una tendencia hacia mayor contenido de proteína en leche bajo pastoreo ($P<0,10$) dado el mayor contenido de proteína del pasto en P (169 g/kg MS) que en S (130 g/kg MS) que va de acuerdo a lo reportado por Kuoppala *et al.* (2010) en un experimento donde se compara el ensilado de pradera cosechado a una etapa temprana vs una etapa tardía, muestran que la etapa fenológica de la pradera tiene un efecto no solo en sus características nutricionales (156 g PB/kg MS en pradera de cosecha temprana vs 121,5 g PB/kg MS para pradera tardía) sino que también aumenta la ingesta de materia seca sin un efecto significativo en la digestión y absorción de nutrientes pero si un aumento numérico en la cantidad de proteína en leche (32,2 vs 31,7 g/kg leche para pradera de cosecha temprana vs tardía respectivamente), así como un aumento en la producción de leche, éste último debido a un mayor consumo de energía gracias al aumento de ingestión de materia seca (Jenkins y McGuire, 2006), sin embargo, el aumento de RL no fue observado. Igualmente se presentó un efecto estadísticamente significativo ($P<0,05$) para condición corporal en el tratamiento SCC (Tabla 2).



Tabla 2. Condición corporal, peso vivo, producción y composición de leche y costes de alimentación para las estrategias de alimentación.

	Estrategia de alimentación				Parcela Mayor				Parcela Menor				Interacción					
	PCC	PMM	SCC	SMM	p		s		Interacción p*s		W		p*W		s*W		p*s*W	
					EEM	p	EEM	p	EEM	P	EEM	p	EEM	p	EEM	p	EEM	p
RL (kg/vaca/d)	17,65	16,49	18,00	17,74	8,07	NS	8,07	NS	5,71	NS	0,22	NS	0,18	NS	0,18	NS	5,48	NS
LCE (kg/vaca/d)	16,24	15,92	16,63	16,35	5,72	NS	5,72	NS	4,04	NS	0,24	**	0,20	NS	0,20	NS	3,90	NS
Grasa (g/kg)	33,61	37,62	33,96	34,19	6,96	NS	6,96	NS	4,92	NS	0,53	NS	0,43	**	0,43	NS	4,82	NS
Proteína (g/kg)	32,18	32,95	31,92	31,29	0,74	*	0,74	NS	0,53	NS	0,12	NS	0,10	NS	0,10	NS	0,55	NS
NUL (mg/dL)	16,22	14,33	13,31	10,86	5,17	NS	5,17	NS	3,65	NS	0,83	**	0,68	NS	0,68	NS	3,84	NS
PV (kg)	483	482	515	491	101,83	NS	101,83	NS	72,01	NS	3,01	NS	3,48	NS	3,48	NS	65,96	NS
BCS	1,97 ^b	1,94 ^b	2,09 ^a	1,8 ^c	0,07	NS	0,07	**	0,05	*	0,03	**	0,04	NS	0,04	NS	0,07	*
€/kg leche	0,13	0,13	0,14	0,13	0,07	NS	0,07	NS	0,05	NS	0,00	NS	0,00	NS	0,00	NS	0,05	NS
€/kg LCE	0,14	0,13	0,16	0,15	0,06	NS	0,06	NS	0,04	NS	0,00	NS	0,00	NS	0,00	NS	0,04	NS

EEM: Error estándar de la media; ^{NS} P>0,10; * P<0,10; ** P<0,05; PCC: Pastoreo + Concentrado Comercial; PMM: Pastoreo + Grano de Maíz Molido; SCC: Siega + Concentrado Comercial; SMM: Siega + Grano de Maíz Molido; BCS: Condición corporal; RL: rendimiento de leche; LCE: leche corregida en energía; NUL: nitrógeno ureico en leche.

Los resultados indican que el pastoreo, además de reducir la carga de trabajo físico para los productores bajo el sistema de siega, permite sostener los rendimientos de leche e incrementa el contenido de proteína en leche similar a lo reportado por Auldist *et al.* (2013). Aunque no fue estadísticamente significativo (P>0,05), numéricamente se presentó un mayor contenido de grasa en leche con la suplementación del grano de maíz molido (MM), particularmente en el tratamiento de pastoreo (P), indicando una posible sinergia positiva similar a lo reportado por Granzin (2004).

Los costes de alimentación por kg de leche fueron 10% y 15% para LCE más altos bajo siega, aunque no se detectaron diferencias estadísticas (P>0,05). Estos resultados están en línea con reportes que documentan como la implementación del pastoreo en estos sistemas disminuye los costes de alimentación lo cual incrementa la rentabilidad y la eficiencia económica y por lo tanto se incrementa su sostenibilidad (Pincay-Figueroa *et al.*, 2013).

CONCLUSIONES

La inclusión de maíz molido, de menor coste y que puede ser producido en la misma unidad de producción, en sustitución del concentrado comercial de alto coste y altamente popularizado entre los sistemas de producción de leche a pequeña escala, es una opción viable debido a que no presenta diferencias con respecto al CC (rendimiento de leche y composición de la leche). Los productores de leche a pequeña escala pueden utilizar recursos locales (MM) y obtener rendimientos de leche similares a los obtenidos con CC, y la utilización de praderas mediante pastoreo puede reducir los costes de alimentación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a los siete productores y sus familias que participaron en esta investigación. Se agradece el financiamiento por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID 11-CAP2-1526), el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México (proyecto 129449 CB-2009), y la Fundación Educación Superior Empresa, A.C.(FESE) de México (UAEM 3300/2012E). Nuestro agradecimiento también para las T.L.



Laura Edith Contreras Martínez y Ma. Lourdes Maya Salazar por el apoyo técnico en los análisis de laboratorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- AULDIST M.J., MARETT L.C., GREENWOOD J.S., HANNAH M., JACOBS J.L. Y WALES W.J. (2013) Effects of different strategies for feeding supplements on milk production responses in cows grazing a restricted pasture allowance. *Journal of Dairy Science*, **96**, 1218-1231.
- CHANEY A.L. Y MARBACH E.P. (1962) Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chemistry*, **8**, 130-132.
- CONROY C. (2005) *Participatory Livestock Research*. Bourton-on-Dunsmore, Warwickshire, United Kingdom: ITDG Publishing.
- DI MARCO O. (2011) Estimación de la calidad de los forrajes. Facultad de ciencias agrarias, unidad integrada Blancarde, INTA Blancarde.
http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/45-calidad.pdf.
- FADUL-PACHECO L., WATTIAUX M.A., ESPINOZA-ORTEGA A., SÁNCHEZ-VERA E. Y ARRIAGA-JORDÁN C.M. (2013) Evaluation of sustainability of smallholder dairy production systems in the highlands of Mexico during the rainy season. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, **37**, 882-901.
- GRANZIN B.C. (2004) Effects of supplement grain type and level of feeding on the milk production of early-lactation Holstein-Friesian cows grazing temperate and tropical pastures. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **44**, 735-743.
- JENKINS T.C. Y MCGUIRE M.A. (2006) Major Advances in Nutrition: Impact on Milk Composition. *Journal of Dairy Science*, **89**, 1302-1310.
- KUOPPALA K., RINNE M., AHVENJÄRVI S., NOUSIAINEN J. Y HUHTANEN P. (2010) The effect of harvesting strategy of grass silage on digestion and nutrient supply in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, **93**, 3253-3263.
- MC CLEMENTS D.J. (1991) Ultrasonic characterisation of emulsions and suspensions. *Advances in Colloid and Interface Science*, **37**, 33-72.
- PINCAY-FIGUEROA P.E., HEREDIA-NAVA D., RAYAS-AMOR A.A., MARTÍNEZ-CASTAÑEDA F.E., VICENTE-MAINAR F., MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A. Y ARRIAGA-JORDÁN C.M. (2013) Sustentabilidad económica de sistemas de producción de leche a pequeña escala: Efecto del pastoreo sobre los costes de alimentación. En: Cavalloti-Vázquez B.A. et al. (Eds) *La ganadería en la seguridad alimentaria de las familias campesinas*, pp. 239-245. Chapingo, México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- POSADAS-DOMÍNGUEZ R.R., ARRIAGA-JORDÁN C.M. Y MARTÍNEZ-CASTAÑEDA F.E. (2014) Contribution of family labour to the profitability and competitiveness of small-scale dairy production systems in central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, **46**, 235-240.



STROUP W.W., HILDEBRAND P.E. Y FRANCIS C.A. (1993) Farmer participation for more effective research in sustainable agriculture. En: Ragland J. y Lai R. (Eds) *Technologies for sustainable agriculture in the tropics*, pp. 153-186. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy Inc. Crop Science Society of America Inc. Soil Society of America Inc.

MAIZE GRAIN AS A DIETARY SUPPLEMENT FOR DAIRY COWS GRAZING ON PASTURE OR FED BY THE CUT AND CARRY SYSTEM IN SMALL SCALE DAIRY SYSTEMS IN THE HIGHLANDS OF CENTRAL MEXICO

SUMMARY

Small-scale dairy systems contribute to ameliorating rural poverty, but have high costs due to their dependency on external inputs. In areas of the central highlands of Mexico, cow herds are fed on a cut and carry basis, supplemented with commercial concentrates. The high protein content of pasture may meet the cows' requirements so that supplements with lower protein content and cost can be used. A participatory experiment was undertaken with small-scale dairy farmers and 8 groups each of four milking cows. Four treatments were evaluated for 12 weeks in a 2x2 factorial split-plot experiment with cow group as the experimental unit: grazing vs. cut and carry, and milled maize grain vs. commercial concentrate. There were no statistically significant differences ($P < 0.05$) in animal performance variables nor in feeding costs. Although not statistically significant, costs were 10% lower for milk and 15% lower for energy corrected milk under grazing than under cut and carry. We conclude that small-scale dairy farmers could use local resources to obtain similar milk yields as with commercial concentrates and that they could reduce feeding costs by allowing cows to graze on pasture.

Key words: ryegrass-white clover pasture, participatory livestock research, costs, feeding strategies.

CONTRIBUCIÓN DEL METANO ENTÉRICO AL TOTAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO GENERADOS POR EL CULTIVO DE MAÍZ Y SU USO COMO ENSILADO EN LA ALIMENTACIÓN DE VACAS LECHERAS

G. SALCEDO DÍAZ.

Dpto. de Calidad e Innovación. CIFP “La Granja”, 39792 Heras, Cantabria. gregoriosalce@ono.com.

RESUMEN

Se comparan las estimaciones de emisiones de metano entérico producido por litro de leche y hectárea de sesenta explotaciones lecheras de Cantabria, clasificadas según cultiven (SMz) o no maíz (NMz) y, cuanto CO_{2-eq} puede reducirse con la suplementación de los animales en producción con ensilado de maíz.

La superficie media cultivada de maíz por explotación fue de 11,4 hectáreas, equivalentes al 30,2% de la superficie agraria útil. El ensilado de maíz representó el 19% de la materia seca total ingerida vaca y día. El CO_{2-eq} por hectárea de origen entérico no difirió entre explotaciones; por el contrario, si lo fue (P<0,001) el procedente de la producción de forraje considerando o no el secuestro de carbono. Las emisiones estimadas expresadas en CO_{2-eq} derivadas de la producción de forrajes fueron mayores en las explotaciones que cultivaban maíz; no obstante, la diferencia de CO_{2-eq} por kilogramo de leche procedente de la suma del CO_{2-eq} entérico y el procedente de la producción de forrajes fue menor en las explotaciones que cultivaban maíz. Por tanto, la alimentación de vacas lecheras con dietas que incorporan ensilado de maíz puede contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Palabras clave: ensilado maíz, mitigación, CO_{2-eq}.

INTRODUCCIÓN

Las estrategias de mitigación de gases de efecto invernadero en las explotaciones lecheras son cada vez más necesarias. Aspectos tales como la mejora de la eficiencia en el empleo de fertilizantes contribuyen a reducir las emisiones de óxido nitroso y, entre otras opciones para reducir el metano entérico está la manipulación de alimentos que componen la dieta en los rumiantes (Schils *et al.*, 2005; Lovett *et al.*, 2006; Olesen *et al.*, 2006).

El metano se produce en el rumen a partir del hidrógeno formado en la fermentación de los carbohidratos. El ácido acético allí formado da lugar a hidrógeno, mientras que la formación de propionato lo consume, lo que explica la relación positiva entre la producción de metano y la relación acetato/propionato originados en el rumen. El hidrógeno es por tanto, un elemento limitante en la producción de metano. Por encima del 6 al 10% del total de la energía bruta consumida por una vaca lechera es convertida en CH₄ y liberada vía eructo. De esta forma el metano perdido puede ser considerado una ineficiente conversión de alimento en leche.

El diseño de dietas que favorecen la formación de propionato mediante la adición de alimentos amiláceos como cereales o ensilados de maíz, entre otros, contribuye a reducir la formación de CH₄ (Ellis *et al.*, 2008; Dijkstra *et al.*, 2011), evitando siempre la acidosis ruminal. Reducciones del 8% de CH₄ en vacas lecheras son consideradas por aquellos autores cuando sustituyen el 50 % del ensilado de hierba por el ensilado de maíz. Sin embargo, la producción de maíz genera CO_{2-eq} (Van Middelaar *et al.*, 2013), habiéndose estimado en las explotaciones de Cantabria emisiones de 0,22 kg CO_{2-eq}/kg MS de materia seca ensilada sin considerar el secuestro de carbono en el suelo y de 0,21 kg al incluirlo (Salcedo, 2016). Autores como Vellinga y Hoving (2011),

señalan que las pérdidas de carbono en el suelo y el potencial de secuestro son más grandes que la mitigación cuando se incluyen altos porcentajes de ensilado de maíz en la dieta de los animales. La implantación de maíz en praderas favorece además de las emisiones de CO₂ las de N₂O, causadas por un cambio de C y N en los niveles del suelo (Van Middelaar *et al.*, 2013). Estas premisas sugieren un plan de alimentación estratégico donde han de contemplarse todos los procesos en las explotaciones, incluyendo la producción de insumos agrícolas.

El objetivo del presente trabajo se centra en estimar cuanto del CO_{2-eq} emitido por el cultivo de maíz puede reducirse con la suplementación en forma de ensilado de maíz a las vacas lecheras considerando las emisiones del cultivo y el secuestro de carbono.

MATERIAL Y MÉTODOS

Sesenta explotaciones lecheras de Cantabria fueron clasificadas en dos grupos según cultiven (SMz) o no maíz (NMz) para ensilar. Los *inputs* y *outputs* fueron obtenidos mediante una encuesta individualizada procedentes de los proyectos: RTA2012-00065-C05-04, el 05-640-02.2174 del Gobierno de Cantabria y del ADAPTA CLIMA II, solicitándose, entre otros, los siguientes datos: *i*) superficie (total, pradera, maíz y otras); *ii*) producción y composición química de la leche (grasa, proteína y urea); *iii*) animales (vacas lecheras, secas, novillas < y > de 1 año); *iv*) compra y venta de animales; compra de fertilizantes; combustibles; forrajes; concentrados y semillas y *v*) alimentos incluidos en las dietas de las vacas lecheras, vacas secas y novillas. Dentro de cada proyecto los alimentos fueron analizados en el laboratorio de nutrición animal del CIFP “La Granja”, cuando no era posible se recurrió a los valores del NRC (2001) o de datos propios. La cinética de degradación de los alimentos, las emisiones de metano entérico y las atribuidas a la producción de forraje proceden de modelo de simulación DairyCant (Salcedo, 2015).

La producción de metano vaca y día (CH₄ MJ vaca⁻¹ d⁻¹) fue estimada a partir de componentes nutricionales ingeridos: materia orgánica (kg d⁻¹), energía neta leche (M cal d⁻¹), fibra neutro detergente (kg d⁻¹), fibra ácido detergente (kg d⁻¹), materia orgánica digestible (kg d⁻¹), proteína bruta (kg d⁻¹) y energía metabolizable (MJ d⁻¹), adoptándose tres ecuaciones en función del sistema de producción lechera: intensivo, semi-intensivo y extensivo (Salcedo, 2012). Se asumen 50 kg de CH₄ al año para las vacas secas y novillas mayores y menores de un año (Sonesson, 2002). La metodología usada para estimar el CO_{2-eq} procedente de la producción de forraje y el secuestro de carbono fue descrita en esta misma reunión científica (Salcedo, 2016).

El análisis estadístico consistió en un ANOVA con el SPSS v. 15.0 (SPSS, 2006) utilizando como factor el tipo de explotación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La superficie media de maíz en las explotaciones que lo cultivan fue de 11,4±11,2 hectáreas equivalentes al 30,2±15,6% de la superficie agraria útil. La producción de forraje (kg MS ha⁻¹) fue un 20% mayor en las explotaciones SMz (P<0,001), imputable al maíz y al raigrás italiano. El ensilado de maíz representa el 18,7% de la dieta diaria en las vacas lecheras, con mínimos de 7,5% y máximos de 42,7% (Tabla 1). El consumo de concentrado vaca lechera y año no difiere entre sistemas forrajeros, aunque es superior numéricamente en SMz, y el porcentaje sobre el total de materia seca ingerida fue similar a las que no lo cultivan (Tabla 1). Las concentraciones de energía metabolizable (EM) y de los carbohidratos no fibrosos (CNF) y la digestibilidad de la materia orgánica (dMO) fueron mayores en las dietas de las vacas lecheras que incluyen ensilado de maíz (P<0,001), sin diferencias significativas la concentración de almidón (Tabla 1).

Tabla 1. Características técnico-productivas de las explotaciones lecheras utilizadas en el presente trabajo.

	Si maíz, SMz (n=34)	No maíz, NMz (n=26)	sd	P
Distribución de la SAU				
Superficie total, ha	33,1 (8-70)	26,1 (4-60)	17	ns
Superficie pradera, ha	21,2 (7-50)	26,1 (4-60)	13,1	ns
Superficie maíz, ha	11,4 (1-57)	-	11,2	-
Cultivos de invierno, ha	12,4 (1-57)	-	12,1	-
Producción de forrajes				
Materia seca total, kg ha ⁻¹	10 868 (14 987-6315)	8691(11 220-5554)	1887	***
Maíz, kg MS ha ⁻¹	3386 (9278-1062)	-	1181	-
Hierba verde, kg MS ha ⁻¹	2758 (5879-787)	4367 (5798-930)	1677	***
Ensilado de hierba, kg MS ha ⁻¹	2870 (5596-865)	4324	1732	***
Vallico, kg MS ha ⁻¹	1854 (4576-651)	-	886	-
Fertilización orgánica, kg N ha⁻¹	347 (61-815)	190 (23-755)	216	***
Animales y producción leche				
VL ha ⁻¹	2,04 (0,85-4,18)	1,77 (0,56-4,40)	0,91	ns
UGM ha ⁻¹	3,29 (1,48-7,01)	3,0 (0,92-7,56)	1,53	ns
Concentrado MS VL ⁻¹ año ⁻¹	3506 (785-5110)	3068 (785-5256)	1091	ns
Leche ECM VL ⁻¹ año ⁻¹	9042 (6238-12 988)	7180 (3541-12 043)	2098	***
Leche ECM ha ⁻¹	18 839 (6630-50 704)	13 061 (3265-52 991)	10358	*
Componentes de la ración (vacas lecheras)				
Hierba verde, kg MS d ⁻¹	2,5 (0-10,2)	5,7 (0-10,4)	3,6	ns
Ensilado hierba, kg MS d ⁻¹	2,8 (0-6,9)	3,1 (0,2-6,3)	1,7	ns
Ensilado maíz, kg MS d ⁻¹	4,1 (1,2-8,6)	-	1,8	-
Heno-Paja-Alfalfa, kg MS d ⁻¹	2,6 (0-7,6)	2,4 (0-6,3)	1,9	ns
Concentrados, kg MS d ⁻¹	9,3 (2,37-14,1)	9,0 (2,37-13,2)	2,9	ns
Concentración nutritiva de las dietas (vacas lecheras)				
Forraje, % sms	57,3 (44,8-84)	56,9 (34,7 -83,4)	10,4	ns
Concentrado, % sms	42,6 (15,7-55,1)	43,0 (16,6 -65,2)	10,4	ns
MS, kg d ⁻¹	21,2 (14,7-29,9)	20,5 (13,2 -26,7)	3,5	ns
EM, MJ kg ⁻¹ MS	10,8 (10-12,7)	10,1 (7,6-13,0)	0,9	***
PB, % sms	15,7 (12,9-19,9)	15,64 (11,5-21,9)	1,8	ns
PDR, % spb	64,3 (60,9-71,6)	63,0 (51,6-71,7)	3,0	ns
PNDR, % spb	35,7 (28,3-39,0)	36,9 (28,2-48,3)	3,0	ns
PB soluble, % spb	34,6 (30,4-44,8)	34,2 (7,4-40,3)	4,4	ns
FND, % sms	43,2 (33,3-61,8)	44,9 (32,6-60,6)	6,0	ns
Almidón, % sms	18,4 (10,2-29,3)	20,1 (7,8-38,6)	5,8	ns
Almidón degradable, % sms	52,7 (23,1-100)	67,5 (0,51-83,6)	24	**
dMO, % sms	69,1 (63,7-78,3)	63,5 (48,6-79,9)	5,7	***
CNF, % sms	31,8 (19,0-43,5)	26,1 (16,4-43,8)	5,5	***
GB, % sms	3,0 (2,6-6,4)	2,7 (1,9-6,4)	0,5	*

SAU: superficie agrícola útil; VL: vaca lechera; UGM: unidad de ganado mayor; ECM: leche corregida al 4% graso (Gaines, 1928); MS: materia seca; EM: energía metabolizable; PB: proteína bruta; PDR: proteína degradable en rumen; PNDR: proteína no degradable en rumen; FND: fibra neutro detergente; dMO: digestibilidad de la materia orgánica; CNF: carbohidratos no fibrosos; GB: grasa bruta; sd: desviación típica; n: número de observaciones; sms: sobre materia seca; spb: sobre proteína bruta; entre paréntesis (mínimo y máximo).

El metano entérico emitido por hectárea no difiere entre SMz y NMz (Tabla 2), debido a una carga ganadera similar (Tabla 1); por el contrario, el emitido por kilo de leche corregida por energía (ECM) fue un 29% inferior en SMz (P<0,001). El metano por tonelada de leche ECM fue un 26,5% y 38% superiores en SMz y NMz respectivamente al señalado por (Bannink *et al.*, 2011), posiblemente debido al no considerar todos los animales como en el presente trabajo. La Figura 1A representa las



relaciones entre la producción de leche corregida por energía y el CO_{2-eq} entérico kg⁻¹ ECM, disminuyendo éste último en todos los casos al aumentar la producción de leche, pero con diferente coeficiente de determinación entre vacas suplementadas o no con ensilado de maíz. Por el contrario, el consumo de concentrado por vaca y día manifestó baja correlación pero negativa respecto al metano emitido por kg de leche corregido por energía (r=-0,3; P<0,05) y ligeramente mayor (r=-0,38; P<0,01) el ensilado de maíz. Del mismo modo, el aumento porcentual de superficie de maíz llevó consigo mayor producción de biomasa (Tabla 1), reduciéndose el metano al aumentar la producción de maíz, equivalente a 0,00002 kg CO_{2-eq} kg MS de maíz recolectado (Figura 1B).

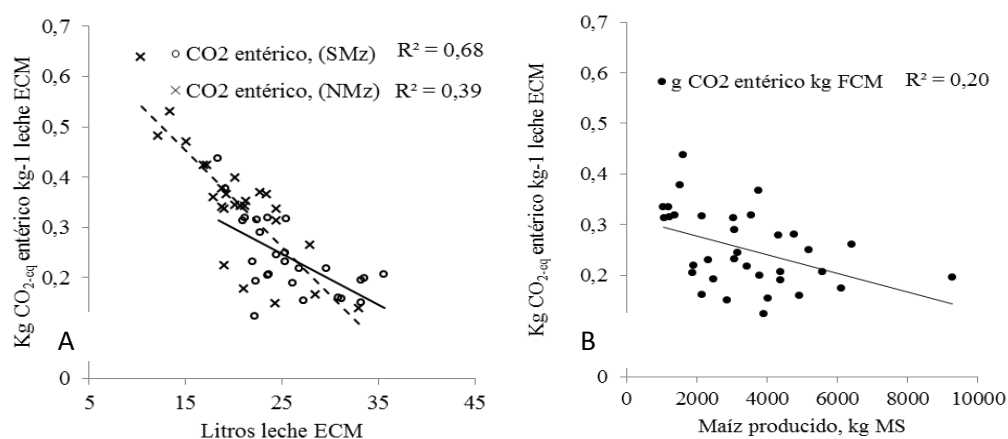


Figura 1. Relación entre la producción de leche (A) y la de maíz (B) con el CO₂ entérico.

Tabla 2. CO₂ entérico, el de forrajes y porcentaje de reducción de CO₂ del maíz.

	Si maíz, SMz	No maíz, NMz	sd	P
CO _{2-eq} entérico ha ⁻¹	6011 (2835 - 13 049)	5467 (2058 - 12 747)	2319	ns
(1) CO _{2-eq} forrajes OR ha ⁻¹	2272 (1017 - 4166)	1519 (839 - 3233)	841	***
(2) CO _{2-eq} forrajes SC ha ⁻¹	1945 (706 - 3956)	1325 (593 - 3594)	922	***
(3) CO _{2-eq} forrajes OR+SC ha ⁻¹	4218 (1730 - 6662)	2844 (1432 - 6721)	1595	***
(4) CO _{2-eq} entérico+forraje OR ha ⁻¹	8283 (3852 - 17 215)	6986 (2897 - 15 980)	2727	ns
(5) CO _{2-eq} entérico+forraje SC ha ⁻¹	10 229 (4565 - 19 711)	8291 (3491 - 19 468)	4993	ns
(6) CO _{2-eq} entérico+forraje OR kg ⁻¹ ECM	0,44 (0,581 - 0,34)	0,53 (0,88 - 0,30)	0,21	***
(7) CO _{2-eq} entérico+forraje SC kg ⁻¹ ECM	0,54 (0,69 - 0,399)	0,63 (1,16 - 0,36)	0,37	***
(8) Dif. CO _{2-eq} entérico+forraje OR, kg ⁻¹ ECM	-0,095 (-0,30 - 0,038)			
(9) Dif. CO _{2-eq} entérico+forraje SC, kg ⁻¹ ECM	-0,092 (-0,47 - 0,022)			
(10) Dif. CO ₂ OR respecto a MS total, kg ha ⁻¹	-207 (-233 - 143)			
(11) Dif. CO ₂ SC respecto a MS total, kg ha ⁻¹	-200 (-289 - 80)			
CO _{2-eq} origen maíz	747 (165 -1995)			
CO _{2-eq} secuestro carbono maíz	1432 (294 - 3029)			
(12) Reducción CO ₂ OR, %	-28 (-141 - 7)			
(13) Reducción CO ₂ SC, %	-14 (-98 - 3)			

1) kg CO_{2-eq} ha⁻¹ forrajes origen (OR); 2) kg CO_{2-eq} ha⁻¹ debido al secuestro de carbono (SC); 3) kg CO₂ ha⁻¹ forrajes OR + secuestro carbono (SC); 4) ∑ (kg CO₂ entérico ha⁻¹ + kg CO₂ forraje OR ha⁻¹); 5) ∑ (kg CO₂ entérico ha⁻¹ + kg CO₂ forraje SC ha⁻¹); 6) (kg CO₂ entérico + kg CO₂ forraje OR) ÷ kg leche ECM ha⁻¹; 7) (kg CO₂ entérico + kg CO₂ forraje SC) ÷ kg leche ECM ha⁻¹; 8) [(CO₂ entérico + CO₂ forraje OR_{SMz}) ÷ kg leche ECM_{SMz} ha⁻¹] - [(CO₂ entérico + CO₂ forraje OR_{NMz}) ÷ kg leche ECM_{NMz} ha⁻¹]; 9) [(CO₂ entérico + CO₂ forraje SC_{SMz}) ÷ kg leche ECM_{SMz} ha⁻¹] - [(CO₂ entérico + CO₂ forraje SC_{NMz}) ÷ kg leche ECM_{NMz} ha⁻¹]; 10) [(7) x (kg MS total ha⁻¹ SMz - kg MS total ha⁻¹ NMz)]; 11) [(8) x (kg MS total ha⁻¹ SMz - kg MS total ha⁻¹ NMz)]; 12) ((9) x100)/ kg CO₂ Maíz OR; 13) ((10) x100)/ kg CO₂ Maíz SC.

Las emisiones de CO_{2-eq} ha⁻¹ atribuidas a la producción de forraje fueron divididas en operaciones de cultivo, consumibles (incluyendo las originadas en los procesos de fermentación) y las atribuidas al *suelo* denominadas aquí todas ellas como origen (OR) más el secuestro de carbono (SC)



y descritas en esta reunión científica (Salcedo, 2016). El carbono secuestrado en el suelo referido en este trabajo a los inputs de los residuos de cosechas y purín, pudiendo variar entre años (Tomasula y Nutter, 2011). Las emisiones OR fueron un 33% superiores en SMz ($P < 0,001$) y un 32,5% al considerar SC, imputables al cultivo de maíz y al vallico. La suma de $\text{CO}_2\text{-eq}$ (entérico + forrajes) por hectárea no difiere entre sistemas forrajeros (Tabla 2); pero son menores ($P < 0,001$) por kilo de leche corregida por energía en SMz, equivalente al 17% para OR y 14% en SC. La diferencia en kilos de $\text{CO}_2\text{-eq}$ (entérico + forrajes) kg^{-1} ECM entre SMz y NMz fue $-0,095 \text{ kg}$ al considerar OR o $-0,092 \text{ kg}$ para SC. Estas diferencias equivalen a -207 y $-200 \text{ kg CO}_2\text{-eq ha}^{-1}$ en OR y SC respecto a la materia seca total producida, equivalentes a reducciones del 28% al considerar OR o del 14% para SC.

CONCLUSIONES

Las emisiones estimadas expresadas en $\text{CO}_2\text{-eq}$ derivadas de la producción de forrajes fueron mayores en las explotaciones que cultivaban maíz; no obstante, la diferencia de $\text{CO}_2\text{-eq}$ por kilogramo de leche procedente de la suma del $\text{CO}_2\text{-eq}$ entérico y el procedente de la producción de forrajes fue menor en las explotaciones que cultivaban maíz. Por tanto, la alimentación de vacas lecheras con dietas que incorporan ensilado de maíz puede contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al INIA la financiación del proyecto RTA2012-00065-C05-03 que dio origen a parte de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANNINK A., VAN SCHIJNDEL M.W. Y DIJKSTRA J. (2011) A model of enteric fermentation in dairy cows to estimate methane emission for the Dutch National Inventory Report using the IPCC Tier 3 approach. *Animal Feed Science Technology*, **166-167**, 603-618.
- DIJKSTRA J., OENEMA O. Y BANNINK A. (2011) Dietary strategies to reducing N excretion from cattle: implications for methane emissions. *Current Opinion Environmental Sustainability*, **3**, 414-422.
- ELLIS J.L., DIJKSTRA J., KEBREAB E., BANNINK A., ODONGO N.E., MCBRIDE B.W. Y FRANCE J. (2008) Aspects of rumen microbiology central to mechanistic modelling of methane production in cattle. *Journal of Agricultural Science*, **146**, 213-233.
- GAINES W.L. (1928) The energy basis of measuring milk yield in dairy cows. Illinois Agricultural Experimental Station Annual Report pp. 308.
- LOVETT D.K., SHALLOO L., DILLON P. Y O'MARA F.P. (2006) A systems approach to quantify greenhouse gas fluxes from pastoral dairy production as affected by management regime. *Agricultural Systems*, **88**, 156-179.
- NRC (2001) Nutrient Requirements for Dairy Cattle. 7th rev. Ed. Natl. Acad. Sci., Washington, D.C. (EE.UU).
- OLESEN J.E., SCHELDE K., WEISKE A., WEISBJERG M.R., ASMAN W.A. Y DJURHUUS J. (2006) Modelling greenhouse gas emissions from European conventional and organic dairy farms. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **112**, 207-220.
- SALCEDO, G. (2012) CH_4 entérico en los sistemas lecheros de Cantabria. I Workshop sobre Mitigación de emisión de gases de efecto invernadero en el sector agroforestal. Bilbao.
- SALCEDO G. (2015) DairyCant: A model for the reduction of dairy farm greenhouse gas emissions.



- Advances in Animal Biosciences*, **6(1)**, 24-26.
- SALCEDO G. (2016) La huella de carbono en los forrajes de Cantabria. 55ª Reunión Científica de la SEEP Lugo, 26-29 Abril de 2016.
- SCHILS R., VERHAGEN A., AARTS H. Y SEBEK L. (2005) A farm level approach to define successful mitigation strategies for GHG emissions from ruminant livestock systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **71**, 163-175.
- SONESSON, U. (2002) Development of methodology for quantifications of emissions of greenhouse gases in agriculture. Dnr. 108-356-01-Md. Stockholm, Sweden.
- SPSS. (2006) SPSS FOR WINDOWS, VERSIÓN 15.0 ED. SPSS INC., Chicago (USA).
- TOMASULA P. Y NUTTER D. (2011). Mitigation of Greenhouse Gas Emissions in the Production of Fluid Milk. *Advances in Food and Nutrition Research*, **62**, pp. 53.
- VAN MIDDELAAR C.E., BERENTSEN P.B., DIJKSTRA J. Y DE BOER I.J. (2013) Evaluation of a feeding strategy to reduce greenhouse gas emissions from dairy farming: The level of analysis matters. *Agricultural Systems*, **121**, 9-22.
- VELLINGA T. Y HOVING I. (2011) Maize silage for dairy cows: mitigation of methane emissions can be offset by land use change. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **89**, 413-426.

CONTRIBUTION OF ENTERIC METHANE TO THE TOTAL AMOUNT OF GREENHOUSE GASES GENERATED BY A MAIZE CROP AND USE OF THE CROP AS SILAGE FOR FEEDING DAIRY COWS

SUMMARY

We compared estimates of enteric methane emissions produced per litre of milk (corrected for fat and hectare) on sixty dairy farms in Cantabria, classified according to whether they grew a maize crop (SMz) or not (NMz), to determine whether the carbon dioxide equivalent ($\text{CO}_2\text{-eq}$) can be reduced by supplementary feeding of livestock with corn silage. The average corn acreage per farm was 11.4 hectares, equivalent to 30.2% of the agricultural area. Corn silage accounted for 19% of the total dry matter intake per cow and day. The $\text{CO}_2\text{-eq ha}^{-1}$ of enteric origin did not generally differ between the farms. However, the $\text{CO}_2\text{-eq ha}^{-1}$ derived from forage production did differ significantly between farms ($P < 0.001$), irrespective of carbon sequestration. The estimated emissions, expressed as $\text{CO}_2\text{-eq ha}^{-1}$ derived from fodder production, were higher on farms that grew maize; however, the difference in $\text{CO}_2\text{-eq}$ per kilogram of milk from the sum of $\text{CO}_2\text{-eq}$ from enteric and fodder production was lower on farms that grew maize. Feeding dairy cows diets incorporating corn silage thus appears to help reduce emissions of greenhouse gases.

Key words: maize silage, mitigation, $\text{CO}_2\text{-eq}$.

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES QUE INFLUYEN EN LA INTENCIÓN DE USO DE ENSILADO DE MAÍZ POR PRODUCTORES DE LECHE A PEQUEÑA ESCALA EN EL ALTIPLANO CENTRAL MEXICANO

J.D. GARCÍA-VILLEGAS¹, C.M. ARRIAGA-JORDAN¹, E. SÁNCHEZ-VERA¹, M. JUÁREZ-MORALES¹, A.A. RAYAS-AMOR² Y C.G. MARTINEZ-GARCIA¹.

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Instituto Literario 100, Col. Centro, 50000, Toluca, Estado de México, México. cgmartinezg@uaemex.mx.

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 identificar las variables socioeconómicas, de la unidad de producción, así como factores socio-psicológicos que influyen en la intención de los productores de leche en el uso del ensilado de maíz. La muestra (n=106) se dividió en productores que hacen uso de la innovación (Grupo 1, n=48) y en productores que no lo realizan (Grupo 2, n=58). Los datos se analizaron a través de la prueba de *U* de Mann-Whitney, correlaciones de Spearman y la Teoría del Comportamiento Planeado (TCP). Los resultados muestran que las variables edad, escolaridad y experiencia, no influyeron en la intención de los productores de ambos grupos. Sin embargo, las variables que describen las características de la unidad de producción (tamaño de rebaño, vacas en producción, leche producida por vaca por día, leche vendida por día, precio por litro de leche, hectáreas cultivadas con maíz) presentaron una correlación significativa ($P < 0,05$) con la intención de los productores que hacen uso de la innovación. Otros factores identificados fueron las creencias positivas, referentes sociales, así como las dificultades percibidas. Se concluye que la intención de los productores para usar ensilado de maíz se vio relacionada con las características de la unidad de producción, creencias, referentes sociales y dificultades que éstos perciben de la innovación.

Palabras clave: Teoría del Comportamiento Planeado (TCP), factores socio-psicológicos, producción láctea.

INTRODUCCIÓN

En México, los sistemas de producción de leche en pequeña escala (tamaño de rebaño de 3-35 animales) representan el 78% de las unidades de producción a nivel nacional, jugando un papel importante en la generación de empleos e ingresos diarios de familias rurales (Arriaga-Jordán *et al.*, 2002). La problemática que presentan estos sistemas de producción de leche en pequeña escala está relacionada con los altos costos de producción. Arriaga-Jordán *et al.* (2009) reportan que los costos por concepto de alimentación representan hasta el 90% de los costos directos de producción. El uso de ensilado de maíz ha mostrado ser una alternativa tecnológica que aumenta la sostenibilidad económica de los sistemas de producción de leche en pequeña escala (Fadul-Pacheco *et al.*, 2011). Sin embargo, ha presentado una baja adopción, que ha sido atribuida a la falta de recursos económicos (Arriaga-Jordán *et al.*, 2002), a las características de la unidad de producción (tamaño del rebaño, total de hectáreas y nivel tecnológico), del productor (nivel de educación, edad y experiencia) e institucionales (acceso a créditos y servicios de extensión) (Martínez-García *et al.*, 2012). Sin embargo, los factores socio-psicológicos han sido poco explorados (Martínez-García *et al.*, 2013). Por lo tanto, el objetivo del trabajo fue identificar las variables socioeconómicas, de la unidad

de producción y los factores socio-psicológicos que influyen en la intención de productores de leche en el uso de ensilado de maíz.

MATERIAL Y MÉTODOS

Selección de productores y toma de datos

La investigación se llevó a cabo en el municipio de Aculco, localizado al noroeste del Estado de México. Los datos fueron colectados durante los meses de febrero a junio de 2013. El criterio de selección de los productores entrevistados se basó en dos características: a) que estuvieran usando o no ensilado de maíz en sus unidades de producción, y b) que tuvieran un tamaño de rebaño de 3 a 35 animales. Se realizó el estudio con 106 productores, representando el 11,4% de productores del área de estudio. Los participantes se identificaron a través de un muestreo de bola de nieve (Vogt y Burke, 2011). Los datos fueron colectados en dos fases, como lo establece la Teoría del Comportamiento Planeado (TPB) (Ajzen, 2005). En la primera fase se realizaron entrevistas semi-estructuradas con 20 productores que hacen uso de ensilado de maíz y 20 productores que no. Las entrevistas permitieron obtener las creencias (ventajas y desventajas del uso de ensilado de maíz), referentes sociales (personas u organizaciones que influyen en las decisiones del individuo para usar ensilado de maíz) y las dificultades que los productores perciben sobre el uso y no uso de la innovación (control conductual percibido). En esta primera fase se obtuvieron 12 creencias, siete referentes sociales y cinco dificultades, que fueron utilizados para la elaboración del cuestionario que se aplicó posteriormente a 106 productores participantes en la segunda fase de colección de datos (incluyendo a los 40 productores de la primera fase). El cuestionario también recabó información referente a características del productor y de la unidad de producción.

Análisis de los datos

La muestra total fue dividida en productores que hacen uso (n=48) o no (n=58) de ensilado de maíz. Para identificar diferencias entre grupos, tres variables socioeconómicas (edad, educación y experiencia) y nueve variables que describen a la unidad de producción (número de integrantes de la familia, mano de obra familiar, tamaño de rebaño, número de vacas en producción, producción total de leche por rebaño y día, litros de leche vendida por día, precio de la leche, número de hectáreas y área cultivada con maíz), fueron analizadas individualmente a través de la prueba U de Mann-Whitney. La mediana y el rango intercuartil se utilizaron como medida de tendencia central y dispersión (Field, 2013). La intención del productor se midió a través de la siguiente pregunta “¿Qué tan fuerte es su intención para utilizar ensilado de maíz en su unidad de producción durante los próximos 12 meses?”. Las respuestas fueron registradas en una escala unipolar de cinco puntos que va desde muy débil (1) a muy fuerte (5). El valor de la mediana fue considerado para representar la intensidad de la intención de los productores para usar la innovación. Se realizaron correlaciones de Spearman (Field, 2013) 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 ensilado de maíz. Para identificar diferencias entre grupos con respecto a los componentes de la Teoría del Comportamiento Planeado: a) creencias hacia el comportamiento (actitud), b) creencias normativas (norma subjetiva) y c) dificultades sobre el uso de ensilado de maíz (control conductual percibido), se realizó una prueba U de Mann-Whitney.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comparación entre productores que hacen uso y no de ensilado de maíz

Las variables que describen a los productores (Tabla 1) no presentaron diferencias estadísticas ($P>0,05$) entre grupos; sin embargo, seis de las nueve variables que describen las características de la unidad de producción si mostraron diferencias significativas ($P<0,05$). Lo que indica que los productores que usan la innovación cuentan con rebaños más grandes, mayor producción y un mejor precio por litro de leche.

Tabla 1. Características generales y diferencias entre grupos de productores de leche que usan o no silo de maíz.

Variables	Grupo 1 (n=48)		Grupo 2 (n=58)		P
	Usan ensilado de maíz		No usan ensilado de maíz		
Características del productor	Mediana	RIC	Mediana	RIC	
Edad del productor, años	50,0	17,5	44,5	18,5	0,099
Educación del productor, años	6,0	3,0	6,0	3,7	0,809
Experiencia del productor, años	28,0	25,0	20,0	20,0	0,131
Características de la ud de producción					
Miembros de la familia, individuos	4,5	2,0	4,0	2,0	0,925
Mano de obra familiar, individuos	2,0	1,7	2,0	3,0	0,324
Tamaño de rebaño, cabezas	15,0	10,0	8,0	8,0	<0,001
Vacas en producción, cabezas	8,0	8,8	5,0	5,0	<0,001
Producción de leche/vaca/día, litros	15,5	5,8	10,0	6,2	<0,001
Leche vendida por día, litros	125	125	41,5	63,8	<0,001
Precio de leche por litro, pesos	5,3	0,4	5,0	0,4	<0,001
Número de hectáreas, ha	4,5	6,1	3,3	3,1	0,132
Área cultivada con maíz, ha	2,2	4,0	1,5	2,1	<0,041

RIC: Rango intercuartil; P: Valor de la prueba U de Mann-Whitney ($P<0,05$).

Intención de los productores para el uso de ensilado de maíz

La intención de usar ensilado de maíz para el siguiente año fue positiva en los productores que hacen uso de la innovación, ya que el 63% reportó una intención muy fuerte y el 29% una intención fuerte. Por otro lado, los productores que no usan la innovación manifestaron una intención negativa, ya que el 26% indicó una intención muy débil y el 29% débil. Sin embargo, el 24% de los productores indicó una intención fuerte, el 12% muy fuerte y el 9% estuvo indeciso. La prueba U de Mann-Whitney mostró que la intención de los productores que usan ensilado de maíz (mediana=5,0) fue significativamente mayor ($P<0,05$) comparada con la de los productores que no la usan (mediana=2,0).

Correlación entre intención del productor y variables consideradas

Seis de las nueve variables que describen a la unidad de producción presentaron una correlación significativa ($P<0,05$) con la intención de los productores que hacen uso de la innovación (Tabla 2). Indicando, que cuanto mayor sean las dimensiones de las unidades de producción y con una mayor disponibilidad de tierra, la intención de los productores para usar ensilado de maíz será mayor.

Tabla 2. Resultados del análisis de correlación de Spearman entre las variables del productor y la unidad de producción, y la intención de uso de silo de maíz.

Variables	Grupo 1 (n=48)	Grupo 2 (n=58)
	Usan ensilado de maíz Correlación (r)	No usan ensilado de maíz Correlación (r)
Características del productor		
Edad del productor, años	0,176 ns	0,131 ns
Educación del productor, años	0,120 ns	-0,025 ns
Experiencia del productor, años	0,120 ns	0,021 ns
Características, unidad de producción		
Miembros de la familia, individuos	-0,066 ns	-0,082 ns
Mano de obra familiar, individuos	-0,130 ns	-0,165 ns
Tamaño de rebaño, cabezas	0,330 **	0,141 ns
Vacas en producción, cabezas	0,263 **	0,090 ns
Producción de leche/vaca/día, litros	0,193 *	0,132 ns
Leche vendida por día, litros	0,250 *	0,063 ns
Precio de leche por litro, pesos	0,225 *	-0,144 ns
Número de hectáreas, ha	0,782 **	0,161 ns
Área cultivada con maíz, ha	0,169 ns	0,063 ns

ns: denota no significancia; *Correlación significativa a nivel de $P < 0,05$ (2-colas); **Correlación significativa a nivel de $P < 0,01$ (2-colas).

Creencias que influyen en la actitud del productor para usar ensilado de maíz

El uso de ensilado de maíz por ambos grupos fue visto como una innovación que puede mejorar la producción y brindar beneficios económicos. Los productores indicaron que el uso de ensilado de maíz incrementa la producción de leche en su unidad de producción, aumenta la grasa en leche, mantiene la producción de leche durante la época de sequía, disminuye el uso de concentrados comerciales, mantiene a las vacas en una buena condición corporal, proporciona forraje barato durante la época de secas, es bien consumido por las vacas y no lo desperdician. Sin embargo, algunas creencias negativas también fueron identificadas, tales como la demanda de una alta inversión inicial, la necesidad de maquinaria para su elaboración, el riesgo de pudrición si no se compacta correctamente y la necesidad de disponer de tierra para sembrar maíz.

Referentes sociales que influyen en la intención de los productores

Los resultados de la prueba U de Mann-Whitney indican que la norma subjetiva directa de los que usan ensilado de maíz (mediana=4,0) fue significativamente mayor ($U=679,00$; $P < 0,001$) de los que no usan la innovación (mediana=2,0) lo que indica que los que usan ensilado de maíz se ven mayormente influenciados por sus referentes sociales tales como otros productores, personal de servicios de extensión, personal de la universidad, padre, hermano y tío. Por lo tanto, los referentes sociales que mostraron influencia, deberían ser considerados como la principal fuente de comunicación y difusión de la innovación, como lo establece Garforth *et al.* (2004).

Dificultades que influyen en la intención de los productores para usar ensilado

Los productores de ambos grupos indicaron las siguientes dificultades: elevado costo de compra o arrendamiento de maquinaria, no hay disponibilidad de mano de obra durante la época de ensilado, terrenos inundados durante el ensilado que impiden el uso de maquinaria, contratación de mano de obra cuando la maquinaria no funciona adecuadamente, dotarse de buenas habilidades técnicas y conocimiento para su elaboración; siendo esta última la dificultad más limitante en el uso de ensilados de maíz por los productores que no usan la innovación.



CONCLUSIONES

Las variables que describen la unidad de producción juegan un papel importante en el uso de ensilado de maíz, así mismo presentaron una asociación con la intención de los productores, es decir que cuanto mejor sean las características de la unidad de producción, mayor será la intención del productor para el uso de ensilado de maíz. Así mismo, las características de la unidad de producción, las creencias tanto positivas y negativas de la innovación, sus referentes sociales y las dificultades percibidas, jugaron un papel importante en la toma de decisiones de los productores para el uso de ensilados de maíz. Por lo tanto, los resultados del trabajo podrían ser de utilidad para generar políticas públicas que permitan el diseño de servicios de extensión, encaminados a las transferencias, comunicación y uso de ensilados de maíz hacia sistemas productores que aún no hacen uso de la innovación.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece 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 concedida, 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*. 2ª Ed. Milton Keynes, England: Open University Press.
- 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.
- ARRIAGA-JORDÁN C., ESPINOZA-ORTEGA A., ALBARRÁN-PORTILLO B., GARCÍA-MARTÍNEZ A., GUADARRAMA-ESTRADA J., HEREDIA-NAVA D., RUIZ-ALBARRÁN M., GARDUÑO-CASTRO Y. Y CASTELÁN-ORTEGA O.A. (2009) Desarrollo participativo de estrategias de alimentación de ganado lechero. En: Reyes-Reyes B.G. (Ed) *Acercamientos conceptuales y metodológicos para el estudio de la realidad agropecuaria y rural de México. Sección 2. Estrategias campesinas de producción animal*, pp. 239-254. Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- 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. et al. (Eds) *La ganadería ante el agotamiento de los paradigmas dominantes, volumen 2*, pp. 173-186. México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- FIELD A. (2013) *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics*. 4ª Ed. Gran Bretaña: SAGE Publications.
- 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 behavior. *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. Y BURKE J.R. (2011) *Dictionary of statistics and methodology: a non-technical guide for the social sciences*. 4^a Ed. Estados Unidos: Sage Publications.

IDENTIFICATION OF FACTORS INFLUENCING INTENDED USE OF MAIZE SILAGE BY SMALL-SCALE DAIRY PRODUCERS IN THE HIGHLANDS OF CENTRAL MEXICO

SUMMARY

In order to identify variables and socio-psychological factors influencing farmers' intention to use maize silage, a comparative study was conducted in farmers who use and who do not use this innovation. Data was collected from 106 farmers, and the overall sample was divided in two groups: Group 1 comprised farmers who use the innovation (n=48), and Group 2 comprised non-users (n=58). The data was analyzed by Spearman's correlation, Mann-Whitney U test and the Theory of planned behaviour (TPB). The variables describing the farmer's characteristics, such as age, education and experience did not influence the intention of farmers from either group to use maize silage. However, the variables that describe farm characteristics (herd size, number of milking cows, milk yield per cow per day, milk sold per day, price per litre of milk, hectares cultivated with maize) were significantly correlated ($P < 0.05$) with the users' intention. Other factors influencing farmers' intention were positive beliefs, social peers and the difficulties perceived by farmers. We conclude that farmers' intention to use maize silage was influenced by the farm characteristics, beliefs, and by people or organizations that may influence farmer's decisions and the perceived constraints of the innovation.

Key words: Theory of planned behaviour (TPB), socio-psychological factors, milk yield.

APLICACIÓN DEL ANÁLISIS FACTORIAL A LA TIPIFICACIÓN DE LAS EXPLOTACIONES LECHERAS DE CANTABRIA EN FUNCIÓN DEL MANEJO DEL TERRITORIO

A. VILLAR¹, R. MOROS¹, J. DOLTRA¹, G. SALCEDO², I. VÁZQUEZ¹, B. FERNÁNDEZ³ Y J. BUSQUÉ¹.

¹Centro de Investigación y Formación Agrarias (CIFA). Gobierno de Cantabria. Héroe 2 de mayo 27, 39600. Muriedas, Cantabria. anavillar@cifacantabria.org. ²Dpto. Calidad e Innovación. CIFP “La Granja”, 39792 Heras, Cantabria. ³Sección de estudios y normativa. Gobierno de Cantabria. PTCAN C/Albert Einstein, 39011, Cantabria.

RESUMEN

En este estudio se ha llevado a cabo la tipificación de las explotaciones lecheras de Cantabria mediante análisis estadístico multivariante, sobre los datos de una encuesta a 40 ganaderías. Dado que el objetivo era visualizar la heterogeneidad en el manejo del territorio, en el análisis de componentes principales se incluyeron exclusivamente las variables asociadas al mismo, obteniéndose 3 factores que explicaban el 90,9% de la variabilidad: el factor 1 estaba asociado a la superficie dedicada a la rotación maíz/raigrás; el factor 2 estaba relacionado con la base territorial y el factor 3 estaba asociado al manejo de los pastos para la administración en verde y producción de ensilado. El análisis de conglomerados jerárquico sobre los 3 factores identificados permitió clasificar a las explotaciones en 4 grupos. Los modelos surgidos del análisis factorial permiten visualizar ciertas peculiaridades en el manejo del territorio existente en Cantabria: 1) El cultivo de maíz marca el modelo de manejo del territorio, pero con un solo umbral de discriminación (20% de la SAU); 2) La importancia del corte de hierba para administración en fresco y 3) El menor peso del cultivo de maíz permite visualizar un modelo de manejo basado en la producción de silo y heno de hierba.

Palabras clave: sistemas de producción de leche, análisis multivariante.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el sector bovino lechero en la Cornisa Cantábrica ha experimentado una intensificación productiva y un fuerte descenso en el número de explotaciones, principalmente por la desaparición de las de menor tamaño. A pesar de la gran diversidad de ganaderías de leche en cuanto a su base territorial, tamaño del rebaño, manejo del territorio y alimentación de las vacas, la práctica totalidad de los sistemas de producción de leche están basados, en mayor o menor medida, en el uso de pastos permanentes: en pastoreo, mediante corte en verde para la administración en pesebre, o a través de la producción de forrajes conservados.

En Cantabria el % SAU dedicada a pastos es del 93% frente a Asturias (80%) o Galicia (60%) y el % de SAU dedicado al cultivo de maíz es del 4% frente a Asturias (10,8%) o Galicia (20,3%) (INE, 2015), por tanto, a pesar de las similitudes en cuanto a condiciones edafoclimáticas que se dan en la Cornisa Cantábrica queda aún por analizar si en Cantabria los modelos de manejo del territorio identificados en otras comunidades autónomas como Asturias (Servicios Técnicos de Central Lechera Asturiana, 2012; Santiago *et al.*, 2015) o Galicia (Flores *et al.*, 2015) son extrapolables o bien se presentan peculiaridades específicas.

El empleo de técnicas de análisis multivariante es una herramienta útil a la hora de llevar a cabo la tipificación de los sistemas agrarios pues permite la simplificación de su diversidad y complejidad (Castel *et al.*, 2010; Vázquez *et al.*, 2012; Choisis *et al.*, 2012; Álvarez *et al.*, 2008).

MATERIAL Y MÉTODOS

Encuesta inicial

Entre octubre del 2013 y marzo de 2014, se llevó a cabo una encuesta en 40 explotaciones de Cantabria, seleccionadas mediante muestreo aleatorio estratificado en función de su cuota (≤ 75 t; de 75 a ≤ 125 t; de 125 a 225 t, de 225 a 325 t, de 325 a 500 y de >500 t), tomando como población de partida la totalidad de las explotaciones con cuota de la comunidad autónoma en el año 2011. La entrevista fue personalizada y realizada en la propia explotación. Se utilizó un formulario en el que se incluían preguntas relativas a diversos aspectos de la estructura de la explotación (base territorial, ocupación del suelo, composición del rebaño, manejo del territorio, producción de leche, alimentación de las vacas en lactación, etc.) y del proceso productivo.

Análisis estadístico

Se aplicó un análisis factorial por el método de componentes principales (ACP) con rotación ortogonal varimax a todas las variables relacionadas con el manejo del territorio. Las nuevas variables obtenidas (factores) fueron una combinación lineal de 7 de las variables originales. A continuación se llevó a cabo la agrupación de las explotaciones en función de esos factores obtenidos en el ACP mediante un análisis cluster jerarquizado, considerando el dendograma y la tasa de variación de los coeficientes de conglomeraciones como criterio de decisión del número óptimo de agrupaciones resultantes. Finalmente se llevó a cabo la caracterización de cada grupo aplicando análisis de estadísticos descriptivos, test paramétricos (ANOVA) y no paramétricos (Mann-Whitney), y pruebas post hoc entre los tipos obtenidos (grupo de explotaciones), para las variables productivas y las variables asociadas al manejo del territorio que permitieran la descripción de cada modelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de los datos recogidos en la encuesta se llevó a cabo una selección de las variables cuantitativas, relacionadas con el manejo del territorio, a incluir en el análisis de componentes principales (ACP), escogiendo aquellas variables que más saturaban en cada factor y con una carga factorial $>0,60$ y descartando aquellas que saturaban para más de un factor. Para la mejor interpretación de los componentes se aplicó la rotación varimax. El modelo finalmente seleccionado, de 3 factores, explicaba en gran medida la variabilidad del manejo territorial de las explotaciones (90,9%) y la adecuación muestral fue aceptable, siendo el índice de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) de 0,652 y en la prueba de la esfericidad de Barlett, siendo el p-valor (Sig.) $<0,001$. En la Tabla 1 se presenta la matriz rotada obtenida a partir de la matriz factorial inicial transformada utilizando la normalización varimax, en donde sólo se muestran los coeficientes con valores absolutos $>0,6$.

A partir de esa matriz se pasó a dar significado a los factores en función de las variables que incluyen: *Factor 1 "Manejo con cultivo de maíz/raigrás"*: explica el 49,6% de la variabilidad y combina 3 variables (Tabla 1) muy relacionadas entre sí: % SAU dedicado a pastos (coeficiente negativo); % SAU dedicado al cultivo de maíz y % SAU dedicado al cultivo de raigrás, por lo que este factor está relacionado con la importancia del cultivo de maíz en rotación con raigrás en el manejo territorial. *Factor 2 "Importancia de la base territorial"*: explica el 21,6% de la variabilidad y la asociación de las variables: SAU total (ha) y SAU dedicada exclusivamente a las vacas de leche (ha) indica sistemas de producción con mucha superficie. *Factor 3 "Manejo de los pastos para ensilado y corte para verde"*: explica el 19,6% de la variabilidad y combina las variables: % superficie dedicada a ensilar y % de superficie dedicada a corte para suministrar en verde a las vacas en lactación.

El análisis de conglomerados jerárquicos realizado sobre las 40 explotaciones, en base a los 3

factores del ACP, agrupa las ganaderías en 4 modelos diferentes de manejo del territorio constituidos por 15, 5, 7 y 13 explotaciones, respectivamente. Esta clasificación ha sido la solución propuesta tanto por el dendograma como por la representación gráfica de las tasas de variación de los coeficientes de conglomeración (figuras no incluidas).

Tabla 1. Matriz rotada obtenida a partir de la matriz factorial inicial transformada utilizando la normalización varimax.

Variable	Factor*		
	1	2	3
Superficie Agraria Útil (SAU)		0,974	
SAU (exclusivamente para vacas de leche)		0,925	
% SAU dedicada a ensilar hierba			0,898
% SAU dedicada a corte de hierba para verde			0,872
% SAU dedicada al cultivo de maíz	0,982		
% SAU dedicada al cultivo de raigrás	0,958		
% SAU para pastos permanentes	-0,922		

Método de extracción: Análisis de componentes principales; Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser; * Sólo se muestran los coeficientes >0,6.

Para evaluar la normalidad de cada conjunto de datos se llevó a cabo el Test de Kolmogorov-Smirnov. La aplicación de análisis de estadísticos descriptivos, análisis de la varianza (ANOVA) y pruebas post-hoc o pruebas no paramétricas (Mann-Whitney), permitieron describir cada modelo identificado en función de variables productivas, variables asociadas a las prácticas agrarias y manejo del territorio, así como el establecimiento de diferencias estadísticamente significativas (Tabla 2).

Tipo 1 (“Manejo con pastoreo”): incluye 15 explotaciones en las que casi el 100% de la superficie son pastos permanentes que dedican en un 48% a la producción de silo y, en menor medida, para corte en verde para alimentación en fresco o producción de heno. De media, en estas explotaciones el 58% de la SAU es pastada por la recria y las vacas secas, y hasta un 34% por las vacas en lactación. Son ganaderías con poca superficie, rebaños pequeños, con baja producción media por vaca (6842 litros anuales) y una alta producción media por ha (10 561 litros/ha).

Tipo 2 (“Manejo dirigido a corte para verde y ensilado de hierba”): incluye 5 explotaciones en las que más del 95% de la superficie son pastos permanentes que dedican en igual proporción (46%) a la producción de silo y para alimentación en fresco en el pesebre. Se trata, de nuevo, de rebaños pequeños, con baja densidad ganadera, baja producción media por vaca (6704 litros anuales) y muy baja producción media por ha (6897 litros/ha).

Tipo 3 (“Manejo dirigido a la producción de forrajes conservados”): incluye 7 explotaciones en las que el 95% de la superficie son pastos permanentes, que si bien en una alta proporción dedican a la producción de silo (52,5%), casi un 40% de la superficie la dedican a la producción de hierba seca. Son el grupo con más base territorial (SAU media de 51,3 ha), muy baja densidad ganadera, una producción media por vaca de 7543 litros anuales y muy baja producción media por ha (6855 litros/ha).

Tipo 4 (“Manejo con producción de silo de maíz”): incluye 13 explotaciones que dedican más del 20% de la superficie a maíz, cultivo al que dedican de media el 35% de la superficie; el 65% restante son pastos permanentes que dedican fundamentalmente a la producción de ensilado (58,7%). Es el grupo con la mayor densidad ganadera, la más alta producción media por vaca (9341 litros anuales) y la más alta producción media por ha (17 109 litros/ha).

Tabla 2. Descripción de los 4 tipos o modelos de manejo del territorio obtenidos en función del aprovechamiento de la superficie, capacidad productiva y manejo general.

	Modelo de manejo del territorio ⁽¹⁾				Total
	1 Pastoreo	2 Verde + Silo	3 Silo + Heno	4 >20% Maíz	
Nº de explotaciones (%)	15	5	7	13	40
SAU (sólo vacas leche)	16,08 b	21,79 ab	43,05 a	32,09 a	26,72
Nº vacas de leche	28 b	23 b	45 ab	67 a	43
UGM/ha (SAU vacas leche)⁽²⁾	1,89 ab	1,29 bc	1,07 c	2,11 a	1,74
Prácticas agrarias	Nº y (%) explotaciones				
Elaboración ensilado de hierba	13 (87%)	5 (100%)	7 (100%)	13 (100%)	38 (95%)
Corte hierba para admón. en fresco	10 (67%)	5 (100%)	1 (14%)	5 (38%)	21 (52%)
Elaboración Heno	7 (47%)	4 (80%)	6 (86%)	11 (85%)	28 (70%)
Elaboración ensilado de maíz	2 (13%)	1 (20%)	2 (29%)	13 (100%)	18 (45%)
Pastoreo vacas secas y recría	14 (93%)	4 (80%)	5 (71%)	10 (77%)	33 (82%)
Pastoreo vacas en lactación	8 (53%)	2 (40%)	1 (14%)	0 (0%)	11 (27%)
Manejo del territorio					
% ha dedicadas a pastoreo	57,87 a	25,98 ab	32,83 ab	15,93 b	35,87
% ha pastoreo vacas lactación	34,22 a	4,59 ab	4,90 ab	0,00 b	14,26
% ha dedicadas a maíz	1,13 b	3,58 b	3,57 b	34,98 a	12,86
% ha de pastos	98,87 a	96,42 a	94,94 a	65,02 b	85,41
% ha pastos para silo	47,69 a	46,10 a	52,52 a	58,68 a	51,91
% ha pastos para corte para verde	25,70 b	46,10 a	7,87 b	13,97 b	21,34
% ha pastos para heno	19,89 ab	7,80 b	39,62 a	27,35 ab	24,26
Productividad					
Producción media vaca/año (PVA) (litros)	6842 b	6704 b	7543 b	9341 a	7760
Litros/ha (ha dedicadas a leche) ⁽²⁾ (litros)	10 561 b	6897 b	6855 b	17 109 a	11 583

⁽¹⁾ Modelo 1: Manejo con pastoreo; Modelo 2: Manejo dirigido a corte en verde y ensilado de hierba; Modelo 3: Manejo dirigido a la producción de forrajes conservados; Modelo 4: Manejo con producción de silo de maíz, donde el cultivo representa >20% de la SAU. ⁽²⁾ ha dedicadas al ganado de leche. ⁽³⁾ Valores con diferente letra en la misma línea son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$).

Estos modelos surgidos del análisis factorial ponen de manifiesto varios hechos:

1. La realización o no de pastoreo de las vacas en lactación no se circunscribe a una única tipología de manejo del territorio, aunque sí es un factor diferencial entre el modelo 4 y los otros 3.
2. El cultivo o no de maíz sí determina un modelo de explotación respecto al manejo del territorio, pero sólo cuando la SAU dedicada a maíz supera el 20%; de hecho todas las explotaciones con más del 20% de la SAU dedicada a maíz se encuentran dentro del tipo 4. En este modelo la producción media por vaca (litros/año) y la producción media por hectárea (litros/ha) son significativamente



superiores a los otros 3 modelos.

3. El corte de hierba para administración en fresco es una práctica muy común en Cantabria que lleva a cabo el 52% de las explotaciones encuestadas (Tabla 2). A diferencia de la actividad de pastoreo, el % SAU (46%) que dedica a esta actividad el modelo 2, que se ha llamado “Manejo dirigido a corte para verde y ensilado de hierba”, es claramente superior al de los otros modelos de manejo del territorio.

4. Como era de esperar, las diferencias en el uso de la superficie agraria en las distintas comunidades cantábricas (INE, 2015) sí se refleja en los modelos de aprovechamiento del territorio, así el hecho de que en Cantabria el % de SAU dedicado al cultivo de maíz es claramente más bajo y se traduce en que el % de explotaciones que dedican > 20% de la SAU al cultivo de maíz en Cantabria (32,5%) es inferior respecto a Galicia (44,4%), así como en que ninguna explotación dedica más del 55% de su superficie a este cultivo. Por otra parte, si bien el % de explotaciones que llevan a cabo pastoreo de las vacas en lactación es menor que en Galicia (27,5% frente a 33,3%, respectivamente) (Flores *et al.*, 2015), el 62,5 % de las vacas en lactación en Cantabria consumen forraje verde una gran parte del año, en pastoreo o en pesebre.

CONCLUSIONES

La aplicación de análisis factorial múltiple a la tipificación de 40 explotaciones de ganado de leche de Cantabria dio como resultado su agrupación en 4 modelos de manejo del territorio. Finalmente, los modelos de manejo del territorio identificados han puesto de manifiesto algunos aspectos distintivos entre Cantabria y los modelos descritos en otras comunidades de la Cornisa Cantábrica: 1) en los modelos identificados en Galicia y Asturias, a los que ya se ha hecho referencia, el % de SAU dedicada al cultivo de maíz discrimina 3 de los 4 modelos, mientras en los modelos surgidos del análisis factorial realizado sólo discrimina a uno frente a los otros 3; 2) otro de los modelos está basado en igual medida en la práctica de ensilado de hierba y henificado; actividad esta última que quizá haya sido posible visualizar por el menor peso del maíz en esta región y 3) un modelo está definido por el aprovechamiento del pasto en fresco para alimentación de las vacas en lactación en el pesebre, lo que subraya la importancia de esta práctica en Cantabria.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo que se presenta forma parte de un proyecto de investigación financiado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), proyecto RTA2012-00065-C05. Los autores no quieren dejar de hacer constar que el proyecto es parte de un trabajo compartido con otras CCAA y fruto de una actividad coordinada por el CIAM, así mismo agradecen a los ganaderos colaboradores el tiempo dedicado a la realización de la encuesta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVÁREZ C., RIVEIRO J. Y MAREY M. (2008) Typology, classification and characterization of farms for agricultural production planning. *Spanish Journal of Agricultural Research*, **6(1)**, 125-136.
- CASTEL J.M., MADRY W., GOZDOWSKI D., ROSZKOWSKA-MADRA B., DABROWSKI M., LUPA W. Y MENA Y. (2010) Family dairy farms in the Podlasie province, Poland: farm typology according to farming system. *Spanish Journal of Agricultural Research*, **8(4)**, 946-961.
- CHOISIS J.P., THÉVENET C. Y GIBON A. (2012) Analyzing farming systems diversity: a case study in south-western France. *Spanish Journal of Agricultural Research*, **10(3)**, 605-618.
- FLORES G., FERNÁNDEZ-LORENZO B., DAGNAC T., RESCH C., PEREIRA-CRESPO S., LORENZANA R.,

- GONZÁLEZ L., AGRUÑA M.J., BARREAL M., VEIGA M. Y BOTANA A. (2015) Relación entre dieta y calidad de la leche en un panel de explotaciones lecheras gallegas. *AFRIGA*, **118**, 130-146.
- INE (2015) INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA. Microdatos censo agrario año 2009. http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176851&menu=resultados&secc=1254736194955&idp=1254735727106.
- SANTIAGO C., JIMÉNEZ-CALDERÓN J.D., GONZÁLEZ A., VICENTE F. Y MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A. (2015) The amount of maize in the feed ration influences milk composition in Northern Spain. En: Van den Pol-van Dasselaar A. *et al.* (Eds) *Grassland and forages in high output dairy farming systems*, pp. 122-124. Wageningen, Holanda: European Grassland Federation.
- SERVICIOS TÉCNICOS DE CENTRAL LECHERA (2012) Reducir el coste total de alimentos comprados fuera de la explotación como estrategia para mejorar los resultados económicos de las explotaciones lecheras. *Frisona Española*, **191**, 114-116.
- VÁZQUEZ GONZÁLEZ I., MAREY PÉREZ M.F., SINEIRO GARCÍA F., LORENZANA FERNÁNDEZ R., GARCÍA ARIAS A. Y PÉREZ FRA M. (2012) Caracterización productiva y relaciones con el territorio de las explotaciones de bovino en Galicia. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, **233**, 69-99.

APPLICATION OF FACTORIAL ANALYSIS TO THE TYPIFICATION OF CANTABRIAN DAIRY FARMING SYSTEMS ON THE BASIS OF TO THE MANAGING OF THE TERRITORY

SUMMARY

The aim of this work was to establish a typology of Cantabrian dairy farming systems using multivariate statistical analysis, from a survey of 40 farms. Due to the objective was to visualize the heterogeneity in the management of the territory, only the variables associated with this management were included in the Principal Components Analysis. Three factors were obtained, explaining 90.9% of the total variance. First factor was associated to the percentage of the total surface dedicated to raigrás-maize rotation; second factor was associated to the size of the farm and the third factor was associated to the management of the pasture towards production of ensilage and offered as fresh grass in the stable. Hierarchical cluster analysis identified four groups of farms. The types arisen from the factorial analysis allowed visualize some peculiarities in the managing of the territory in Cantabria: 1) Maize culture marks the type of management, but with a single discrimination threshold (20% of UAA); 2) The importance of the practice of offering fresh grass in the stable and 3) The minor weight of maize culture has made possible to observe a type characterized by production of ensiled and dry forage.

Key words: dairy productive systems, multivariate analysis.



LA PRODUCCIÓN DE CARNE DE RAZA TUDANCA EN CANTABRIA DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS GANADEROS Y OTROS ESLABONES DE LA CADENA DE VALOR

I. VÁZQUEZ¹, A.M. OLAIZOLA², H. RESANO², L. LÓPEZ¹ Y E. SERRANO¹.

¹Centro de Investigación y Formación Agrarias (CIFA). Gobierno de Cantabria. Héroes 2 de mayo, 27, 39600 Muriedas, Cantabria. ibanvazquez@cifacantabria.org. ²Departamento de CC. Agrarias y del Medio Natural. Instituto Agroalimentario de Aragón-IA2 (Universidad de Zaragoza-CITA).

RESUMEN

A pesar de que las peculiaridades de la producción del ganado con raza Tudanca pueden conferir una calidad diferenciada de la carne y de su inclusión desde 2004 dentro de la IGP “Carne de Cantabria”, todavía su penetración en el mercado es reducida. En el presente estudio, se han realizado entrevistas a un grupo de expertos pertenecientes a distintos eslabones de la cadena de valor de la carne de vacuno en Cantabria utilizando el método Delphi e incluyendo un análisis DAFO para evaluar sus percepciones sobre la cría, el cebo y la comercialización de la carne. También se han realizado encuestas socio-económicas a productores, con el objetivo de relacionar el cebo con el manejo y la situación económica de la explotación. Los resultados revelan que existen diferencias estadísticamente significativas en la estructura productiva y socioeconómica de las explotaciones que ceban, lo que podría suponer un mayor grado de viabilidad económica y/o social de estas explotaciones. Además, el desarrollo y la promoción de la producción de terneros cebados en condiciones alternativas al cebo industrial “cebo en la explotación”, podría a su vez consolidar la presencia en los distintos puntos de venta de carne con calidad diferenciada.

Palabras clave: razas autóctonas, cebo en la explotación, método Delphi, análisis DAFO.

INTRODUCCIÓN

La Tudanca es una raza bovina autóctona de Cantabria clasificada en peligro de extinción según el catálogo oficial de razas de ganado de España (R.D. 2129/2008) (Humada, 2015), que se encuentra incluida junto a la Monchina, Pardo de montaña, Asturiana, Limusina y sus cruces, en la IGP “Carne de Cantabria” (Serrano *et al.*, 2013).

En la actualidad, hay registradas en España un total de 9344 reproductoras, de las que aproximadamente 9000 se localizan en Cantabria (MAGRAMA, 2014) en 810 explotaciones.

La raza Tudanca es una raza rústica que destaca por su belleza y la elevada capacidad de aprovechamiento de recursos forrajeros de baja calidad en medios difíciles (Mora *et al.*, 2010), con respecto a otras razas seleccionadas de mayores pesos y rendimientos de la canal. Se adapta muy bien a las condiciones específicas del territorio cántabro, caracterizado por una accidentada orografía, abundancia de precipitaciones y temperaturas suaves que favorece el establecimiento de los prados tan característicos de este territorio.

Pese a la inclusión de la Tudanca en la IGP y ser utilizada su imagen como el logotipo identificativo de la misma, la comercialización de ganado cebado de esta raza bajo este distintivo de producto con calidad diferenciada es reducida (Atance *et al.*, 2003; Serrano *et al.*, 2013), puesto que la mayoría de terneros se venden como pasteros a una edad inferior a los 6 meses para ser acabados en otras regiones (Humada *et al.*, 2013).

En el marco de un proyecto de investigación sobre las alternativas de producción de terneros con razas rústicas, los objetivos de este trabajo son: i) estudiar los factores que, según un grupo de expertos de la cadena de valor de la carne de vacuno en Cantabria, condicionan la disposición de los

productores a realizar el cebo, y ii) realizar un análisis preliminar de las diferencias estructurales y económicas de la explotación según su especialización en el cebo.

MATERIAL Y MÉTODOS

La información para determinar factores que condicionan la disposición de los productores a realizar el cebo, procede de 38 entrevistas con expertos de la cadena de valor (18 producción, 12 industria y 8 distribución), realizada a comienzos de 2015 en dos rondas sucesivas aplicando la metodología Delphi (Landeta, 2002; Olaizola *et al.*, 2012).

Se ha seleccionado una muestra de 18 explotaciones de ganado Tudanco en Cantabria, coherente con la distribución por tamaño (3 más de 100 UGM (Unidad de Ganado Mayor), 8 entre 50 y 100, 7 menos de 50 UGM) y localización (9 Saja-Nansa, 2 Costa Occidental, 4 del Besaya, 2 de Campoo, 1 Pas-Miera-Pisueña). La selección de los restantes 20 expertos (4 salas de despiece, 4 mataderos, 2 cadenas distribución, 6 carniceros y 4 restaurantes) se ha realizado considerando los mataderos, salas de despiece, supermercados, etc., presentes en Cantabria.

La metodología Delphi surge como un método de investigación prospectivo para obtener una respuesta grupal fidedigna a partir de un proceso sistemático e iterativo de recogida y análisis de información de un grupo de expertos (Domínguez y Gómez, 2013). El cuestionario Delphi desarrollado para este trabajo, contiene en segunda ronda un total de 10 preguntas y 85 registros, agrupados en los siguientes cuatro bloques: A-análisis de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO) de la situación del sector de vacuno de carne de razas autóctonas en Cantabria; B-calidad de la carne; C-atractivo de la carne de vacuno para el consumidor; D-rentabilidad y atractivo de la actividad de cebo (hasta los 10 meses) de terneros de raza Tudanca a lo largo de los diferentes eslabones de la cadena de valor. A los resultados obtenidos en la segunda ronda de respuestas, se aplican análisis de estadísticos descriptivos (medias, agrupación porcentual de respuesta).

Para profundizar en la problemática asociada al cebo se ha realizado una encuesta directa a las anteriores 18 explotaciones de vacuno Tudanco, utilizando un enfoque de casos de estudio. El cuestionario recogía información sobre las características generales de la explotación, las características socio-demográficas del titular y la familia, estructura y manejo de las explotaciones e información económica referida a ingresos y gastos.

Para el tratamiento de esta información se ha utilizado análisis de estadísticos descriptivos y de la varianza (ANOVA), para analizar si existen diferencias en las características estructurales, socioeconómicas y relacionadas con el manejo de la explotación en función de la realización del cebo de terneros tudancos (SPSS v.18).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La principal **debilidad** de la actividad de cría de razas de vacuno autóctonas en Cantabria, es la no diferenciación de la raza autóctona en la IGP “Carne de Cantabria”, pues así lo consideran bastante o muy importante un 94,6% de los expertos, que le dan una valoración media de 4,4 puntos sobre 5 (Figura 1). Según los expertos, se estaría utilizando la imagen de la raza Tudanca como distintivo de la IGP cuando pueden formar parte otras razas.

La principal **amenaza** es el deterioro de las superficies de pastos comunales, pues así lo consideran bastante o muy importante un 82,9% de los expertos, que le dan una valoración media de 4,1 puntos sobre 5. Según ellos el deterioro de los pastos comunales se debe a una mala gestión y conservación.

La principal **fortaleza** de la actividad de cría de razas de vacuno autóctonas en Cantabria, que más puede contribuir a una evolución positiva, es la elevada calidad de la carne, pues así lo consideran bastante o muy importante un 84,2% de los expertos que le dan una valoración media de 4,5 puntos sobre 5. Sin embargo, consideran que la elevada calidad de la carne no se ve recompensada por el mercado, pues el precio pagado al productor es el mismo que el de otras razas cárnicas mejoradas, que presentan mayores pesos y rendimientos de la canal.

La principal **oportunidad** para contribuir a una evolución positiva de la cría de razas de vacuno autóctonas en Cantabria, es que haya una mayor presencia en los puntos de venta de productos cárnicos de calidad diferenciada (IGP, DOP, ecológico, etc.), pues así lo consideran bastante o muy importante un 94,7% de los expertos que le dan una valoración media de 4,5 puntos sobre 5. Esta oportunidad supondría una mejora en la comercialización al permitir generar una demanda estable a nivel de consumidor como consecuencia de la mayor facilidad para encontrar este tipo de productos y creación de hábitos de consumo.

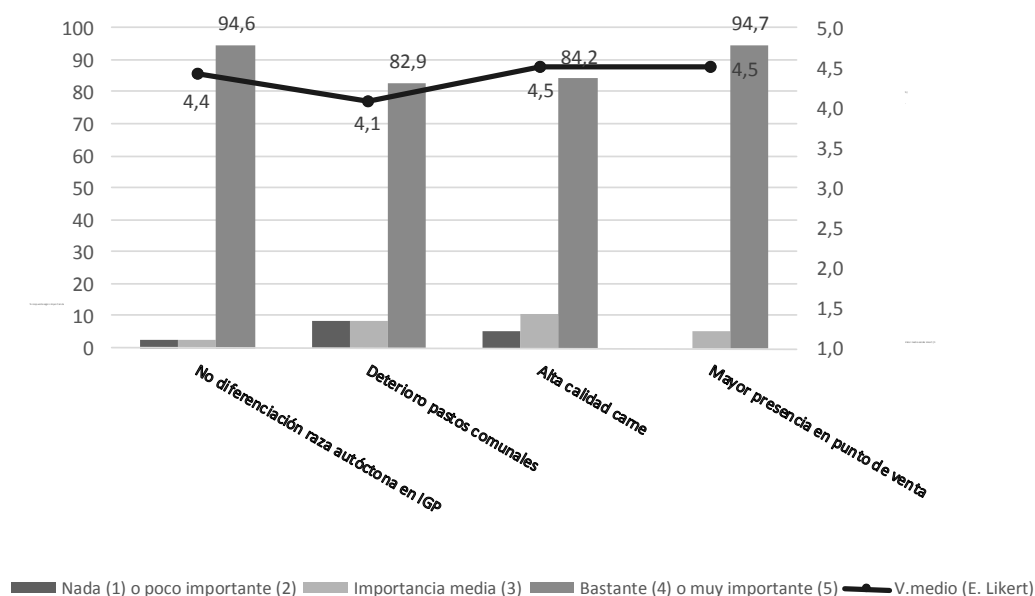


Figura 1. Valoración del grado de importancia de los principales factores del análisis DAFO del sector de vacuno de carne de razas autóctonas en Cantabria.

Los principales obstáculos para consolidar el cebo (hasta los 10 meses), sacrificio y comercialización de carne de animales de raza Tudanca, como actividad económicamente rentable para todos los eslabones de la cadena, es el no haber condicionado las subvenciones al cebo (desacoplamiento de las ayudas de la PAC), el bajo precio pagado al productor, el elevado precio de los alimentos y la ausencia de una demanda estable a nivel de consumidor (Figura 2). En su opinión, no ven interés por parte de los productores en iniciar una actividad que les exigiría mayores necesidades de mano de obra y capital, para el bajo precio que se paga y los elevados costes de los alimentos. No obstante, en la última reforma de la PAC (2015-2020) se ha incluido una ayuda asociada al vacuno de engorde, consistente en un pago unitario por ternero cebado, que puede paliar parcialmente la falta de interés por el cebo de terneros y, por tanto, incrementar la producción de carne de calidad diferenciada certificada en la IGP “Carne de Cantabria”. La producción de una carne de calidad diferenciada, procedente de terneros Tudancos sacrificados a los 10 meses,

destetados a los 5 meses y alimentados con forrajes de alta calidad y una oferta limitada de concentrado, según los expertos, debería tener un precio mínimo de 4,92 €/kg canal para el productor y un precio de venta al público de 13,97 €/kg de filete 1° A para que el cebo fuese atractivo y económicamente rentable (Vázquez *et al.*, 2015).

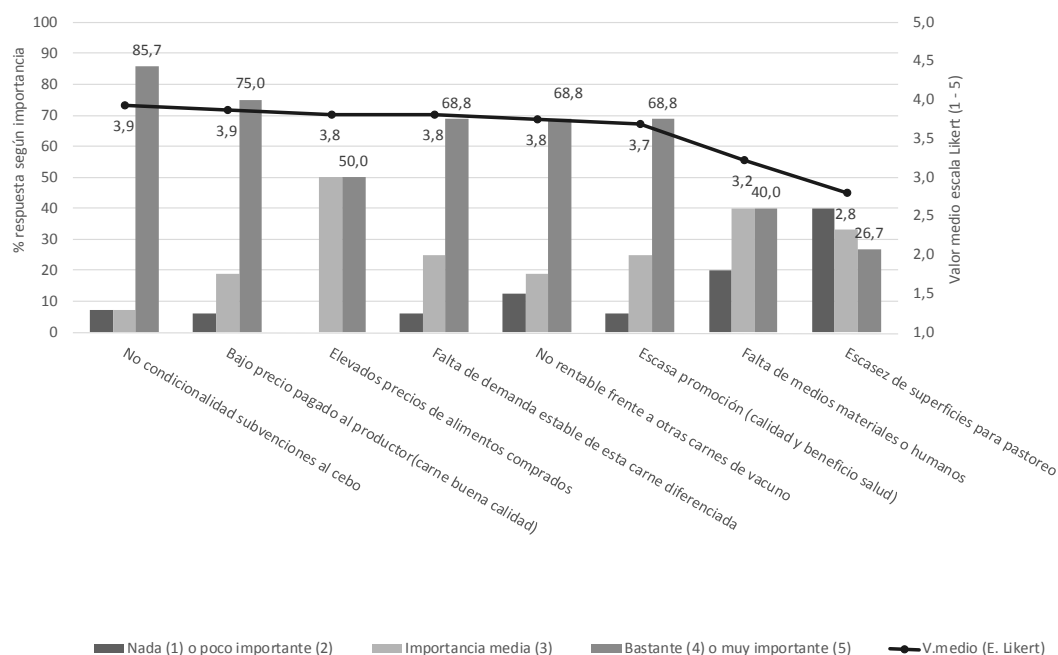


Figura 2. Valoración del grado de importancia de obstáculos para consolidar el cebo (hasta los 10 meses) de terneros Tudancos.

Con relación al análisis de las explotaciones de ganado Tudanco, del total de explotaciones estudiadas, 10 explotaciones ceban terneros, con una media de 16 terneros al año, que son sacrificados con 10 meses de edad y pesos de 165 kg canal, alcanzando un precio medio de 4,1 €/kg canal.

Las explotaciones que realizan el cebo de terneros tienen una estructura productiva más favorable con respecto a la tierra, caracterizada por una mayor superficie agraria útil (SAU), de media 30 ha de las que el 57% es arrendada, y tamaño medio de las parcelas (1,92 ha), aunque no se encuentran diferencias significativas respecto a las explotaciones que venden pasteros (Tabla 1). En lo relativo al manejo del ganado, las diferencias son aún mayores y estadísticamente significativas (Tabla 1), las explotaciones que ceban presentan un tamaño medio de explotación (64 vacas), 2,5 veces superior a las que no ceban, mayor dimensión del rebaño por ocupado (35 vacas) y mayor fertilidad (0,91 terneros nacidos al año por vaca).

Además, existen diferencias significativas en la estructura socioeconómica de la explotación en función de la realización de la actividad del cebo. En términos medios, las explotaciones que ceban tienen titulares 12 años más jóvenes (42,7 años) y familias más numerosas (4,5 miembros), que las que no ceban. Las características sociodemográficas de las explotaciones, entre otros factores, se consideran determinantes para explicar los cambios y la evolución de las explotaciones (García-Martínez *et al.*, 2009). Así mismo, las explotaciones más especializadas en el cebo presentan un mayor grado de ocupación en la explotación (2 UTA) y mejor resultado económico (32 mil € anuales) expresado por el Valor Añadido Bruto. Esta mejor estructura socioeconómica de las explotaciones que realizan la actividad del cebo parece evidenciar un mayor grado de viabilidad económica y social.



Tabla 1. Valores medios y ANOVA de las principales variables productivas y socioeconómicas, en función de la realización del cebo.

	Ceba	No ceba	Total	F Fisher
Nº de explotaciones	10	8	18	
Superficie agrícola útil (SAU)	30,3	21,6	26,4	1,81
% SAU arriendo (s. SAU)	57,0	27,2	43,8	2,73
Coste arrendamiento (€/ ha SAU)	139,7 (8)	97,7 (3)	128,2 (11)	1,10
Prados siega (% s. SAU)	70,8	78,1	74,0	0,24
Prado sólo pastoreo (% s. SAU)	28,3	21,3	25,2	0,22
Coste pasto comunal (€/vaca)	27,6 (8)	3,7 (8)	15,6 (16)	0,12
Dimensión media parcelas (ha)	1,92	1,59	1,77	1,82
Vacas totales (nº)	64,0	25,8	47,0	15,2***
Tasa reposición (% novillas reposición s. vacas)	30,1	35,7	32,6	0,338
Vacas/UTA	34,6	22,3	29,1	4,47*
Carga ganadera (vacas/ha SAU)	2,42	1,87	2,18	0,64
Fertilidad (terneros nacidos/vaca)	0,91	0,76	0,84	3,69*
Edad titular (años)	42,7	55,1	48,2	3,98*
Número de miembros familia	4,5	3,0	3,8	8,65**
UTA total	1,99	1,21	1,64	8,12**
UTA familiar (% s. total)	93,2	100,0	96,2	1,59
Valor Añadido Bruto (€)	32 203	8274	21 568	7,50**
Ingresos ganado (ventas-compras) (€)	22 417	5192	14 761	4,44*
Costes específicos y generales (€)	21 581	8395	15 720	9,94***

Significación estadística prueba ANOVA (estadístico Fisher): * 10% ($p < 0,1$), ** 5% ($p < 0,05$), *** 1% ($p < 0,01$). El valor numérico entre paréntesis expresa el número de explotaciones que manejan SAU arrendada y/o hacen uso de pastos comunales. UTA= persona ocupada a tiempo completo 228 jornadas al año. Valor Añadido Bruto = Ingresos totales (ganado, subvenciones y otros) – costes específicos y generales.

CONCLUSIONES

Este trabajo ha pretendido abordar la problemática asociada al bajo cebo de terneros Tudancos en Cantabria y la incidencia que dicha actividad tiene en el manejo de la explotación. Para ello, se ha realizado entrevistas a expertos de los diferentes eslabones de la cadena de valor y una encuesta socioeconómica a los ganaderos.

Los expertos consideran necesario para contribuir al buen desarrollo del sector de carne de razas autóctonas en Cantabria, que exista una diferenciación del producto en la denominación de calidad IGP “Carne de Cantabria”, que se realice una buena gestión y conservación de los pastos comunales y que haya una mayor presencia en los puntos de venta de productos con calidad diferenciada. Los factores que más condicionan el cebo de terneros, serían, el desacoplamiento de las ayudas en la anterior reforma de la PAC, el elevado coste de los alimentos adquiridos fuera de la explotación, la ausencia de una demanda estable y el reducido precio pagado al productor, que debería situarse cercano a los 5€ kg/canal.

La realización del cebo de terneros en las explotaciones estudiadas presenta diferencias estadísticamente significativas en su estructura productiva y socioeconómica. En este sentido, las explotaciones que ceban, se caracterizan por un mayor tamaño productivo, menor edad de los titulares, familias más numerosas y mayores rendimientos económicos, lo que podría suponer un mayor grado de viabilidad económica y/o social.

AGRADECIMIENTOS

Al MINECO por la financiación del proyecto INIA RTA 2012-00084-C03 con fondos FEDER, a



los expertos participantes en el estudio Delphi, Ángel Valentín, Javier García, Javier Terán, a Manuel Mora, Benito Fernández-Rodríguez, Marcos Domínguez, Fátima Gómez y demás personal investigador y técnico del CIFA y a la Asociación de Productores de la Raza Tudanca en Cantabria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATANCE I., BAJARDI I. Y TIO C. (2003) Instrumentos de diferenciación de la producción en el sector de la carne de vacuno. *Distribución y consumo*, **68**, 68-81.
- DOMÍNGUEZ M. Y GÓMEZ F. (2013) Pagos agroambientales y productores agrarios: un análisis Delphi de las percepciones y demandas de los ganaderos beneficiarios de los programas de ayudas. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, **236**, 81-118.
- GARCÍA-MARTÍNEZ A., OLAIZOLA A.M. Y BERNUÉS A. (2009) Trajectories of evolution and drivers of change in European mountain cattle farming systems. *Animal*, **3**, 152-165.
- HUMADA M.J., SAÑUDO C., CIMADEVILLA C. Y SERRANO E. (2013) Efecto del sistema de producción y la edad de sacrificio sobre parámetros productivos, calidad de la canal y rendimiento económico de la producción de terneros y añojos de raza Tudanca. *Información Técnica Económica Agraria*, **109**, 183-200.
- HUMADA M.J. (2015) Caracterización productiva, de calidad de la canal, de la carne y de la grasa de la raza bovina Tudanca. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza.
- LANDETA RODRIGUEZ J. (2002) *El método Delphi. Una técnica de previsión del futuro*. Barcelona, España: Ariel.
- MAGRAMA (2014) *Datos censales del catálogo oficial de razas ganaderas (ARCA)*. España: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- MORA M.J., BUSQUÉ J. Y FRUTOS P. (2010) Invasión de pastos de montaña por lecherina. (*Euphorbia polygalifolia*): estudios dirigidos al desarrollo de un sistema de control biológico basado en el pastoreo. *Serie Monografías Técnicas*. Consejería de Desarrollo Rural, Ganadería Pesca y Biodiversidad. Gobierno de Cantabria. Santander (Cantabria). España.
- OLAIZOLA A., BERNUÉS A., BLASCO I. Y SANZ A. (2012) Perspectivas de una carne de calidad diferenciada: análisis exploratorio para la carne de vacuno “serrana de teruel”. *Información Técnica Económica Agraria*, **108**, 546-562.
- SERRANO E., HUMADA M.J. Y CIMADEVILLA C. (2013) Sistemas de producción de terneros jóvenes de raza Tudanca. En: Calvo-Lacosta *et al.* (Eds) *XV Jornadas sobre Producción Animal*, pp. 736-738. Zaragoza, España: Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario.
- VAZQUEZ I., OLAIZOLA A., RESANO H., SERRANO E., GÓMEZ F. Y DOMÍNGUEZ M. (2015) Perspectivas del cebo de terneros de la raza Tudanca en Cantabria: aplicación del método Delphi. En: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (Ed) *Raças Autóctones, Economia Local e Paisagem Rural -Livro de Atas do Congresso Ibérico*, pp. 84-86. Vila Real, Portugal.

BEEF PRODUCTION OF TUDANCA BREED IN CANTABRIA FROM THE FARMER'S PERSPECTIVE AND OTHER STAKEHOLDERS FROM THE VALUE CHAIN

SUMMARY

Despite the specificities of Tudanca autochthonous breed production and its registration in the PGI ‘Carne de Cantabria’ in 2004, the market penetration is still low. In this study, interviews with experts belonging to different stages of the beef value chain in Cantabria have been carried out in 2015. Experts’ expectations concerning rearing, fattening and beef marketing have been analysed



applying Delphi methodology and SWOT analysis. Farmers' socio-economic direct survey has also been conducted to find the link between the fattening activity and livestock management and the socio-economic structure of the farm. Main findings reveal that in spite of the threats facing the fattening activity, there are significant differences in the socio-economic structure and productive capacity of those farms developing the fattening activity. This fact may imply a greater economic, and/ or social feasibility of these farms. The development and promotion of calf fattening using alternative ways of feeding, closing cycle in farms may also help to consolidate the presence of beef carrying PGI in a wider range of points of sale.

Key words: autochthonous breed, fattening, Delphi method, SWOT analysis.

DISCRIMINACIÓN DEL TIPO Y NIVEL DE FORRAJE DE LA DIETA DE TERNEROS ACABADOS EN ESTABILIZACIÓN UTILIZANDO EL CONTENIDO EN CAROTENOIDES EN PLASMA Y TEJIDO ADIPOSEO

E. SERRANO¹, M.J. HUMADA¹, S. GUTIÉRREZ¹ Y J. MATEO².

¹CIFA. Dirección Gral. Desarrollo Rural. Gobierno de Cantabria. Héroes 2 de mayo 27, 39600 Muriedas, Cantabria. emmaserrano@cifacantabria.org. ²Dpto. de Higiene y Tecnología de los Alimentos Universidad de León. Campus de Vegazana s/n 24071 León. jmato@unileon.es.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar la utilidad del método del espectro de reflectancia de la grasa en la zona de absorción de los carotenoides para discriminar la grasa de terneros de raza Tudanca alimentados con silo de hierba y concentrado *ad libitum* (lote SH-CA, n=7), silo de hierba *ad libitum* y concentrado limitado (lote SH-CL, n=7), paja de cebada y concentrado *ad libitum* (lote P-CA, n=8) desde el destete hasta el sacrificio a los 11 meses de edad. Se observaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) de la variable Valor Absoluto de la Integral entre 450 y 510 nanómetros entre los tres lotes estudiados. El valor medio más alto correspondió al lote SH-CL, el lote SH-CA presentó un valor intermedio y el lote P-CA presentó el valor medio más bajo. Considerando la distribución de los valores individuales de los 22 terneros estudiados, no se observó ninguna superposición de valores entre los lotes SH-CL y P-CA, todos los terneros del lote SH-CL presentaron valores superiores a 200 y solo se produjo una superposición entre los valores de dos animales del lote SH-CA y 1 animal del lote SH-CL en el extremo superior de la distribución de los valores del lote SH-CA e inferior del lote SH-CL.

Palabras clave: vacuno de carne, trazabilidad, silo de hierba, espectro de reflectancia.

INTRODUCCIÓN

Los productos obtenidos de rumiantes alimentados mayoritariamente con pasto presentan características favorables, desde el punto de vista de la salud de los consumidores (Humada *et al.*, 2012; 2014) por lo que existe un interés creciente de algunos grupos de consumidores por este tipo de productos. Se han desarrollado diversos métodos para diferenciar la carne de los rumiantes alimentados con pasto frente a la de los alimentados con forrajes conservados y concentrados, utilizando como marcadores distintos compuestos, como los carotenoides, los terpenos u otros compuestos volátiles como el escatol o la octanodiona (Serrano *et al.*, 2006; 2011; Soto *et al.*, 2014). Los carotenoides son pigmentos vegetales que no pueden ser sintetizados por los animales. Estos pigmentos se encuentran en grandes cantidades en los forrajes verdes y su contenido disminuye como consecuencia de los procesos de conservación de los mismos (Chauveau-Duriot *et al.*, 2005). Los tubérculos y los cereales presentan concentraciones relativamente bajas de estos compuestos (Williams *et al.*, 1998). Prache y Theriez (1999) desarrollaron un método basado en la utilización de los carotenoides depositados en los tejidos adiposos como biomarcadores de la alimentación con forrajes verdes. Estos autores observaron que el espectro de reflectancia entre 410 y 510 nm de la grasa de corderos alimentados con heno y concentrado a libre disposición, difería del obtenido a partir de la grasa de corderos alimentados con forrajes verdes.

Teniendo en cuenta que algunas de las características positivas de la alimentación con pasto, se mantienen cuando los animales se alimentan con forrajes conservados y cantidades limitadas de concentrado; que hay situaciones y épocas del año en las que es necesario alimentar a los animales

con forrajes conservados; y que el método de conservación de los forrajes puede tener efecto sobre el contenido en carotenoides de los forrajes, el objetivo de este trabajo fue estudiar la utilidad del método desarrollado por Prache y Theriez (1999) para discriminar la grasa de terneros alimentados con tres dietas constituidas por dos tipos de forraje conservado (silo de hierba y paja) y dos niveles de concentrado (*ad libitum* y restringido).

MATERIAL Y MÉTODOS

Este trabajo se llevó a cabo en la granja experimental “Finca Aranda” del Gobierno de Cantabria (latitud: 43° 23' 15" N, longitud: 04° 11' 32" W; 84 m s. n. m.). Se utilizaron 22 terneros de raza Tudanca nacidos en el invierno. Los terneros se mantuvieron en pastoreo con sus madres hasta el destete, entre los 5 y los 6 meses de edad (151±19,2 días). A continuación los animales se dividieron en tres grupos considerando su edad y su peso vivo al destete, se alojaron en tres estabulaciones libres y se alimentaron con heno de hierba a libre disposición y 1 kg de concentrado comercial de iniciación/animal/día durante 15 días. Después de este periodo de adaptación, cada uno de los lotes se asignó a una de las siguientes dietas: silo de hierba *ad libitum* y concentrado comercial de cebo *ad libitum* (SH-CA), silo de hierba *ad libitum* y concentrado comercial de cebo limitado a la mitad del consumo del lote *ad libitum* (SH-CL), paja de cebada *ad libitum* y concentrado comercial de cebo *ad libitum* (P-CA) hasta el sacrificio aproximadamente a los 11 meses de edad.

El ensilado se elaboró en rotopacas. Se utilizó el primer corte de dos parcelas sembradas de raigrás que se segaron en abril y mayo. Antes de la elaboración de las rotopacas, se hizo un presecado del forraje hasta que se alcanzó un contenido en materia seca de 30% aproximadamente. En el momento de elaboración de las rotopacas, el forraje se picó utilizando el accesorio de corte de la propia rotoempacadora (New Holland BR6070 Crop Cutter II). Se tomaron muestras de todos los alimentos para determinar su contenido en materia seca y carotenoides totales (Rodríguez-Amaya y Kimura, 2004). La oferta y el rechazo de cada lote de animales de silo de hierba y paja, se registraba tres días por semana. A partir de estos datos, se estimó el consumo total de forraje durante todo el periodo experimental. El concentrado se suministró a los animales de los lotes SH-CA y P-CA en una tolva, y se registraron todas las cantidades de pienso introducidas en la tolva y el rechazo una vez por semana. En el caso del lote SH-CL, el pienso se suministró en un comedero con la longitud suficiente para evitar competencia entre los animales, no se produjeron rechazos de concentrado y se registró el consumo diario del lote. Se tomaron muestras de la oferta y el rechazo de todos los alimentos para determinar su contenido en materia seca. Salvo en el caso del concentrado suministrado al lote SH-CL, todos los alimentos se suministraron en cantidad suficiente para asegurar un rechazo igual o superior al 10% de la oferta. El consumo por animal se estimó dividiendo el consumo del lote entre el número de animales.

Todos los animales se pesaron individualmente el día antes del sacrificio a las 9:00 horas previamente a la distribución de los alimentos. El sacrificio se realizó en un matadero comercial situado a 35 km de la explotación y los animales permanecieron en el matadero privados de alimento durante 12 horas. Los animales se dividieron en dos lotes de sacrificio, 14 de enero (4 SH-CA, 4 SH-CL y 4 P-CA) y 21 de enero (3 SH-CA, 3 SH-CL y 4 P-CA) de acuerdo con la edad. Inmediatamente después del sacrificio, se extrajo y pesó la grasa perirrenal, se registró el peso de la canal caliente y la nota de clasificación por engrasamiento (escala de 5 (muy engrasada) a 1 (muy poco engrasada)) (Reglamento (CE) 1183/2006). A las 24 horas postsacrificio, se extrajo de la media canal izquierda la chuleta correspondiente a la 6ª costilla y se determinó la composición tisular por disección. La grasa perirrenal se mantuvo en condiciones de refrigeración en contenedores opacos hasta las 24 horas postsacrificio. A

las 24 horas postsacrificio se registraron la coordenada b* del espacio de color CIELAB y el espectro de reflectancia entre las longitudes de onda de 400 y 700 nanómetros utilizando un espectrofotómetro portátil Minolta CM-2600d (iluminante D65, ángulo de observación 2°). Del tejido adiposo perirrenal de cada animal, se registraron tres espectros correspondientes a tres zonas del interior de la masa de tejido libres de vasos sanguíneos. De cada espectro se consideró la proporción de luz reflejada cada 10 nm entre las longitudes de onda de 450 y 510 nm. Los espectros de reflectancia se desplazaron restando a cada valor la reflectancia correspondiente a 510 nm. A continuación, se calculó el valor absoluto de la integral (VAI₄₅₀₋₅₁₀) de los espectros de reflectancia considerando los valores de reflectancia (VR) entre 450 y 510 nm según la ecuación incluida en la metodología desarrollada por Prache y Theriez (1999):

$$VAI_{450-510} = (VR_{450}/2 + VR_{460} + VR_{470} + VR_{480} + VR_{490} + VR_{500} + VR_{510}/2) \times 10$$

El 9 de enero (5 o 12 días antes del sacrificio según el lote de sacrificio) a primera hora de la mañana, antes de la distribución de los alimentos, se tomaron muestras de sangre de la vena caudal en tubos con EDTA-K. Las muestras se envolvieron inmediatamente en papel de aluminio para protegerlas de la luz. A continuación, las muestras de sangre se centrifugaron para obtener el plasma que se conservó congelado a -32 °C hasta el momento de la determinación del contenido en carotenoides totales por espectrofotometría según la metodología descrita en Prache *et al.* (2003).

Los lotes se compararon utilizando el procedimiento ANOVA del programa SPSS v. 17.0. En el caso de las variables, clasificación de engrasamiento de la canal, Índice de amarillo b*, carotenoides totales en plasma y VAI₄₅₀₋₅₁₀ se realizó una transformación logarítmica previa al análisis de la varianza. En las tablas se presentan los valores originales de todas las variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El consumo medio de silo de hierba durante todo el periodo experimental por animal de los lotes SH-CA y SH-CL fue de 692 y 1055 kg, respectivamente. El consumo de paja del lote P-CA fue de 78 kg. El consumo medio de concentrado por animal de los tres lotes (SH-CA, SH-CL y P-CA) fue de 709, 400 y 781 kg, respectivamente. Los animales consumieron las dietas experimentales durante 141 días en el caso del primer lote de sacrificio y durante 158 días en el caso del segundo. La Tabla 1 muestra el contenido en carotenoides totales de los distintos alimentos (concentrado, silo hierba y paja) utilizados en las tres dietas experimentales. Los valores de contenido en carotenoides totales del silo de hierba y del concentrado son similares a los obtenidos por Chauveau-Duriot *et al.* (2005) y Serrano *et al.* (2006).

Tabla 1. Contenido en carotenoides totales de los forrajes y de los concentrados.

Tipo de alimento	Carotenoides totales (mg/kg)
Concentrado cebo ^{1,2}	5,05
Silo Tanda 1 ³	146,6
Silo Tanda 2 ⁴	141,3
Paja	6,0

¹: Composición del concentrado de cebo: Maíz 40%, cebada 25,2%, torta de soja 11,7%; torta de girasol 5,1%, pulpa de remolacha 5%, cascarilla de soja 4,4%, melaza de caña de azúcar 3%, aceite de soja 2,6%, carbonato cálcico 1,4%, bicarbonato sódico 0,7%, fosfato dicálcico 0,38%, cloruro sódico 0,3%, óxido de magnesio 0,2%, vitamina A (E-672) 10000 UI/kg, vitamina D3 (E-671) 2000 UI/kg, vitamina E (alfa-tocoferol) 43,7 mg/kg; ²: Valor medio de 4 muestras correspondientes a 4 lotes de fabricación (rango de valores: 3,8-5,7); ³: Valor medio de 3 muestras obtenidas de tres rotopacas (rango de valores: 86,8-207,1); ⁴: Valor medio de 3 muestras obtenidas de tres rotopacas (rango de valores: 114,0-175,5).

El consumo de los distintos lotes experimentales y las diferencias en el contenido en carotenoides de los alimentos, implican que el mayor aporte total de carotenoides corresponda a la



dieta SH-CL, la dieta SH-CA presentaría un aporte intermedio y el valor más bajo correspondería a la dieta P-CA.

Se observó un efecto significativo ($p \leq 0,05$) de la dieta sobre el peso al sacrificio y el peso de la canal (Tabla 2). Los animales de los lotes alimentados con concentrado a libre disposición presentaron valores superiores ($p \leq 0,05$) a los animales en los que se restringió el consumo de concentrado. La dieta también afectó ($p \leq 0,05$) al peso de la grasa perirrenal, el lote alimentado con silo y concentrado a libre disposición presentó valores superiores ($p \leq 0,05$) a los otros dos lotes. En el caso de la variable % de grasa de la 6ª costilla se observó una tendencia a la significación ($p \leq 0,1$) y los valores medios de los lotes repitieron el patrón observado en la grasa perirrenal. No se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre lotes, en la clasificación por engrasamiento de la canal (Tabla 2).

Tabla 2. Edad y peso vivo al sacrificio, características de la canal y peso y color de la grasa perirrenal de los lotes SH-CA (silo de hierba y concentrado *ad libitum*), SH-CL (silo de hierba y concentrado limitado) y P-CA (paja y concentrado *ad libitum*).

	SH-CA	SH-CL	P-CA	¹ D.E.	P
	Media	Media	Media		
Edad al sacrificio (días)	322	322	324	17,1	0,988
Peso vivo al sacrificio (kg)	299 ^a	250 ^b	287 ^a	34,6	0,039
Peso de la canal (kg)	156 ^a	129 ^b	150 ^a	19,8	0,043
Engrasamiento (escala 1-5)	5,14	4,43	4,75	0,65	0,189
% de Grasa de la 6ª costilla	16,5	14,0	14,0	2,11	0,055
Peso de la grasa perirrenal (g)	4602 ^a	2684 ^b	3363 ^b	740,4	0,001
Índice de amarillo (b*) de la grasa perirrenal	8,90 ^b	10,67 ^a	7,98 ^b	0,794	0,000
Carotenoides totales en plasma (µg/ml)	1,66 ^a	1,82 ^a	0,32 ^b	0,577	0,000
Valor Absoluto de la Integral entre 450 y 510 nm	162 ^b	242 ^a	101 ^c	36,5	0,000

¹D.E.: desviación estándar.

La dieta tuvo un efecto significativo ($p \leq 0,05$) sobre el valor b* de la grasa perirrenal, el contenido en carotenoides totales en plasma y el VAI₄₅₀₋₅₁₀ (Tabla 2). En el caso del valor b*, el lote SH-CL presentó valores superiores ($p \leq 0,05$) a los otros dos lotes que no presentaron diferencias significativas entre ellos ($p > 0,05$). En el caso del contenido en carotenoides totales en plasma, el lote P-CA presentó valores inferiores ($p \leq 0,05$) a los otros dos lotes estudiados que no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre ellos ($p > 0,05$). La variable VAI₄₅₀₋₅₁₀ sí permitió observar diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los tres lotes estudiados. Los valores más altos correspondieron al lote SH-CL, el lote SH-CA presentó valores intermedios y significativamente diferentes a los otros dos lotes y el lote P-CA presentó los valores medio más bajos. Serrano *et al.* (2006) también observaron una mayor capacidad de discriminación de la variable VAI₄₅₀₋₅₁₀ comparada con el parámetro b* o el contenido en carotenoides del plasma. Estos autores también observaron que en terneros jóvenes, como los utilizados en este trabajo, el estudio del espectro de reflectancia de la grasa perirrenal proporcionaba mejores resultados que el de la grasa subcutánea. Los valores de b*, de carotenoides totales en plasma y de VAI₄₅₀₋₅₁₀ correspondientes al grupo alimentado con silo y concentrado limitado (SH-CL) fueron inferiores a los obtenidos en los trabajos de Serrano *et al.* (2006) y Blanco *et al.* (2011) con animales alimentados en pastoreo.

En la Figura 1 se muestra la distribución de los valores individuales de la variable VAI₄₅₀₋₅₁₀ de los 22 terneros. Se puede observar que no hay ninguna superposición de valores entre los lotes SH-CL

y P-CA, que todos los terneros del lote SH-CL presentaron valores superiores a 200 y que solo existe una superposición entre los valores de 2 animales del lote SH-CA y 1 animal del lote SH-CL en el tramo entre 200 y 225, extremo superior de la distribución de los valores del lote SH-CA e inferior de los valores del lote SH-CL.

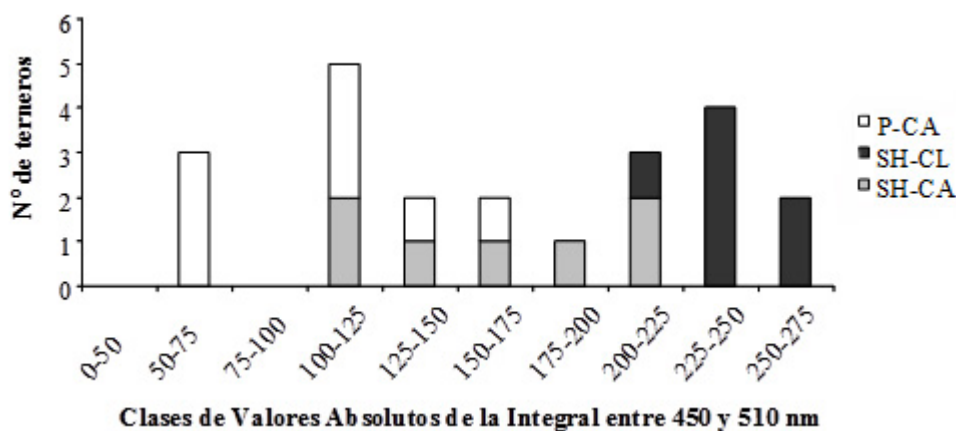


Figura 1. Distribución de los terneros de los tres tratamientos (SH-CA: silo de hierba y concentrado *ad libitum*; SH-CL: silo de hierba y concentrado limitado; P-CA: paja y concentrado *ad libitum*) según los valores absolutos de la integral del espectro trasladado entre 450 y 510 nanómetros.

CONCLUSIONES

El estudio del espectro de reflectancia de la grasa perirrenal, influenciado por los carotenoides depositados en la misma, puede ser útil para diferenciar animales acabados con forrajes de baja calidad y proporciones altas de concentrados frente a los acabados con dietas ricas en forrajes conservados utilizando métodos de conservación como el ensilado, que permiten mantener una parte importante de los carotenoides presentes en los forrajes frescos.

AGRADECIMIENTOS

César Cimadevilla, Jose Ramón Vallejo Oruña, Carlos Murga, Patricia Manrique, Irene Velasco, Sara Jiménez. Mar Calonge (INBIOTEC). Operarios de la Finca Aranda. Cooperativa Agrocantabria. Personal y SVO del Matadero de Guarnizo. Laboratorio del CIFA. INIA RTA 2012-00084-C03. Prog. Doc-INIA 2008 (E. Serrano).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLANCO M., JOY M., RIPOLL G., SAUERWEIN H. Y CASASÚS I. (2011) Grazing lucerne as fattening management for young bulls: technical and economic performance and diet authentication. *Animal*, **5**, 113-122.
- CHAUVEAU-DURIOT B., THOMAS D., PORTELLI J. Y DOREAU M. (2005) Effet du mode de conservation sur la teneur en caroténoïdes des fourrages. *Rencontres Recherches Ruminants*, **12**, 117.
- HUMADA M.J., SAÑUDO C. Y SERRANO E. (2014) Chemical composition, vitamin E content, lipid oxidation, colour and cooking losses in meat from Tudanca bulls finished on semi-extensive or intensive systems and slaughtered at 12 or 14 months. *Meat Science*, **96**, 908-915.
- HUMADA M.J., SERRANO E., SAÑUDO C., ROLLAND D.C. Y DUGAN M.E.R. (2012) Production system and slaughter age effects on intramuscular fatty acids from young Tudanca bulls. *Meat Science*, **90**, 678-685.
- PRACHE S. Y THERIEZ M. (1999) Traceability of lamb production systems: carotenoids in plasma and

- adipose tissue. *Animal Science*, **69**, 29-36.
- PRACHE S., PRIOLO A. Y GROLIER P. (2003) Effect of concentrate finishing on the carotenoid content of perirenal fat in grazing sheep: its significance for discriminating grass-fed, concentrate-fed and concentrate-finished grazing lambs. *Animal Science*, **77**, 225-233.
- RODRÍGUEZ-AMAYA D.B. Y KIMURA M. (2004) Screening Method for Sweetpotato and Cassava. En: HarvestPlus Handbook for Carotenoid Analysis, pp. 35-36. Washington, USA y Cali, Colombia: International Food Policy Research Institute e International Center for Tropical Agriculture.
- SERRANO E., CORNU A., KONDOYAN N., AGABRIEL J. Y MICOL D. (2011) Traceability of grass feeding in beef: terpenes, 2,3-octanedione and skatole accumulation in adipose tissue of young bulls. *Animal*, **5**, 641-649.
- SERRANO E., PRACHE S., CHAUVEAU-DURIOT B., AGABRIEL J. Y MICOL D. (2006) Traceability of grass-feeding in young beef using carotenoid pigments in plasma and adipose tissue. *Animal Science*, **82**, 909-918.
- SOTO S., FERNÁNDEZ-DÍEZ I., CARO I., HUMADA M.J., CIMADEVILLA C., MATEO J. Y SERRANO E. (2014) Efecto del sistema de producción sobre las características de la canal, de la carne y de la grasa de terneros de raza Tudanca. En: Busqué J. *et al.* (Eds) *Pastos y PAC 2014-2020*, pp. 437-444. Potes, Cantabria, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- WILLIAMS P.E.V., BALLETT N. Y ROBERT J.C. (1998) A review of the provision of vitamins for ruminants. En: *Proceedings of the Preconference Symposium of the Cornell Nutrition Conference*, 7-37.

DISCRIMINATION OF FORAGE FEEDING IN STALL FED CALVES USING CAROTENOID PIGMENTS IN PLASMA AND ADIPOSE TISSUE

SUMMARY

The aim of this study was to assess the ability of a method based on the reflectance spectrum of fat in the zone of light absorption, affected by carotenoid pigments, to discriminate the carcasses of calves fed on *ad libitum* grass silage and concentrate (lot GS-AC, n=7), *ad libitum* grass silage and limited concentrate (lot GS-LC, n=7), *ad libitum* barley straw and concentrate (lot S-AC, n=8) from weaning to slaughter at 11 months of age. Significant differences ($p \leq 0.05$) were observed between the three feeding systems for the values of the variable Absolute Value of the Integral between 450 and 510 nm. The GS-LC system presented the highest average value, GS-AC presented intermediate average value and S-AC presented the lowest mean value. Considering the individual values from the 22 calves studied, any overlapping was observed between GS-LC and S-AC samples, all GS-LC fat samples presented values over 200. Furthermore, only one overlapping was observed between the values corresponding to the fat from two GS-AC animals and one GS-LC animal by the higher end of the distribution of the GS-AC values and the lower end of the GS-LC values.

Key words: beef cattle, meat traceability, grass silage, reflectance spectrum.

EVALUACIÓN COMPARATIVA DE *Festulolium* CON DOS VARIEDADES DE *Lolium perenne* L. EN PRADERAS DEL ALTIPLANO CENTRAL DE MÉXICO

F. LÓPEZ-GONZÁLEZ¹, M. ROSAS-DAVILA¹, I.A. DOMINGUEZ-VARA² Y C.M. ARRIAGA-JORDÁN¹.

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). flopezg@uaemex.mx, cmarriagaj@uaemex.mx.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Instituto Literario # 100, Col. Centro, 50000 Toluca, Estado de México.

RESUMEN

El objetivo fue evaluar ante la posible menor disponibilidad de agua debida al cambio climático de dos raigrás *Lolium perenne* L. cv Bargala y cv Payday, respecto a una variedad de *Festulolium* cv Spring Green en praderas bajo pastoreo por vacas lecheras. Se utilizaron seis vacas Holstein en un diseño de cuadro latino 3x3 repetido. Los tratamientos fueron Bargala, Payday y *Festulolium* Spring Green, además 5 kg de concentrado/vaca/día. Se evaluó rendimiento de leche, peso vivo de las vacas, proteína y grasa en leche. En las praderas se evaluó la acumulación neta de forraje (ANF), altura, fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y proteína bruta (PB). No existieron diferencias significativas ($P>0,05$) entre tratamientos para rendimiento de leche, peso vivo, proteína y grasa en leche, ni para las variables de pradera. Aunque las diferencias no fueron significativas, la ANF del *Festulolium* Spring Green fue numéricamente 53% superior al raigrás Pay Day, y más de tres veces superior al raigrás Bargala lo que apunta a su potencial productivo. Se concluye que el *Festulolium* Spring Green puede ser una opción para sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) ante el cambio climático, al tener potencial para una mayor producción de hierba.

Palabras clave: pastoreo intensivo, gramíneas de clima templado, producción de leche en pequeña escala, cambio climático.

INTRODUCCIÓN

En México los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) han sido considerados como alternativa viable de desarrollo rural ya que aportan ingresos superiores al salario mínimo local por día de trabajo familiar, se desarrollan en pequeñas superficies de tierra con rebaños de 3 a 35 vacas más la recria y dependen de la mano de obra familiar, lo que les permite superar los índices de pobreza (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007; Fadul-Pacheco *et al.*, 2013). Los SPLPE tienen altos costes de alimentación con una gran dependencia de insumos externos; siendo la escala económica la limitante de su sostenibilidad (Fadul-Pacheco *et al.*, 2013). El pastoreo de praderas ha demostrado ser una opción eficaz para reducir costes de alimentación y la dependencia en insumos externos (Pincay-Figueroa *et al.*, 2013).

Además, el cambio climático tiene como posibles efectos lluvias erráticas y escasas con temperaturas más elevadas, por lo que es necesario evaluar estrategias de adaptación a esos nuevos escenarios. En ese sentido, es necesario contar con especies adaptadas al pastoreo intensivo; así como a una menor disponibilidad de agua (de lluvia y/o riego) y temperaturas extremas, que aseguren una adecuada producción de forraje para la alimentación del ganado de manera estable durante el año. Una alternativa son variedades resistentes a estas condiciones como el *Festulolium*, híbrido de raigrás con festuca. El objetivo del trabajo fue evaluar bajo pastoreo con vacas lecheras el *Festulolium* (*Lolium multiflorum* x *Festuca pratensis*) cv Spring Green en comparación con dos



variedades de raigrás (*Lolium perenne* L.) cv Bargala y cv Payday.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización del lugar experimental

El presente trabajo tuvo lugar en el municipio de Aculco, en el Estado de México, ubicado entre las coordenadas 20° 00' y 20° 17' Norte y entre 99° 40' y 100° 00' Oeste, con una altitud promedio de 2440 m. El clima es templado subhúmedo con temperaturas entre los 10 y 18 °C, y una precipitación anual entre 700 y 1000 mm.

Desarrollo experimental

El trabajo se llevó a cabo bajo experimentación en una finca con un productor de leche en pequeña escala bajo un diseño experimental de cuadro latino 3X3 repetido (dos cuadros) simultáneos, donde se utilizaron seis vacas Holstein multíparas en segundo tercio de lactación, con un rendimiento de leche antes del experimento de 14,2±1,3 kg y un peso promedio de 507±11 kg. Las vacas se agruparon por cuadro de acuerdo a la producción de leche. Los tratamientos se establecieron en dos praderas de una hectárea cada una divididas en tres partes, la secuencia de tratamientos se asignaron de manera aleatoria contando con dos vacas por tratamiento en cada periodo experimental de 14 días (10 de adaptación y 4 de muestreo) siguiendo la metodología de Pérez-Ramírez *et al.* (2012). Se registró rendimiento diario de leche (kg/vaca) y el peso de las vacas al final de cada periodo experimental. Las muestras de leche se analizaron para contenido de proteína y grasa mediante ultrasonido con un equipo Milk Analyzer KAM98-2^a que opera con los principios descritos por (Mc Clements, 1991).

Para la determinación de la Acumulación Neta de Forraje (ANF) se hicieron cortes de forraje de jaulas de exclusión con cuadrantes de 0,25 m² por cada periodo experimental, y se determinó la altura de las praderas con mediciones cada catorce días con un medidor de plato ascendente registrando 30 mediciones por pradera en zigzag al final de cada periodo (Hodgson, 1994). La composición química de las praderas se determinó a partir de muestras de pastoreo simulado al final de cada periodo de catorce días. Se determinaron los contenidos en fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) mediante el método de micro-bolsas según ANKOM (2005), y proteína bruta (PB) se determinó utilizando el método Kjeldahl (AOAC, 1990), según los procedimientos reportados por Anaya-Ortega *et al.* (2009).

Tratamientos

Los tratamientos fueron los siguientes: *Lolium perenne* cv Bargala en asociación con trébol blanco (*Trifolium repens*) cv Ladino, *Lolium perenne* cv Payday en asociación con trébol blanco cv Ladino y *Festulolium* cv Spring Green en asociación con trébol blanco cv Ladino, sembradas a una dosis de 30 kg de semilla de gramínea y 3 kg de semilla de trébol/ha. Las vacas tuvieron acceso a las praderas en pastoreo continuo por 10 h/día y recibieron 5 kg/vaca/día de un alimento concentrado (pienso) comercial con 18% de PB, distribuido en dos raciones durante los ordeños a mano dos veces al día (06:00 y 18:00 horas).

Análisis estadístico

El análisis utilizó el modelo (Anaya-Ortega *et al.*, 2009): $Y_{ijkl} = \mu + C_i + V_j(i) + P_k + t_l + e_{ijkl}$, donde: Y=Variable respuesta, μ =Media general, C=Efecto de los cuadros (1, 2), V=Efecto de las vacas dentro de cuadros (1, 2, 3), P= Efecto de los periodos experimentales (1, 2, 3), t=Efecto de los tratamientos

(1, 2, 3) y e=Error residual. Los valores medios totales de las variables de pradera (Altura, ANF, FND, FAD y PB) se analizaron con un modelo totalmente aleatorizado.

RESULTADOS

Los resultados de producción animal se muestran en la Tabla 1. No hubo diferencias significativas entre tratamientos para las variables rendimiento de leche, peso vivo, proteína y grasa en leche ($P>0,05$). El rendimiento de leche medio de los tratamientos fue de 15,7 kg/vaca/día, 10,6% (1,5 kg) más que al inicio del experimento, sin presentar diferencias significativas entre los tres pastos evaluados. Las demás variables presentaron resultados muy similares en los tres tratamientos.

Tabla 1. Respuesta productiva de vacas en pastoreo de tres gramíneas en sistemas de producción de leche en pequeña escala.

Tratamiento	RL (kg/vaca/día)	Grasa (g/kg)	Proteína (g/kg)	PV (kg)
Bargala	15,5	34,33	32,88	521,3
Payday	15,8	34,12	32,18	524,1
Spring Green	15,8	34,26	31,76	513,0
Media ¹	15,7	34,23	32,27	519,0
EEM	1,23 ^{NS}	1,23 ^{NS}	0,83 ^{NS}	24,3 ^{NS}

RL: Rendimiento de leche; PV: Peso vivo; ¹ Media de cuatro días de medición; EEM: Error estándar de la media; ^{NS}: $P>0,05$.

Tabla 2. Datos promedio de altura, acumulación neta de forraje (ANF) y composición química del forraje de pradera.

Tratamiento	Altura (cm)	ANF (kg MS/ha)	FND (g/kg MS)	FAD (g/kg MS)	PB (g/kg MS)
Bargala	5,5	1160	530	276	176
Payday	6,1	2494	530	281	180
Festulolium	6,1	3822	515	265	184
Media	5,9	2492	525	274	180
EEM	0,12 ^{NS}	957,8 ^{NS}	10,2 ^{NS}	8,6 ^{NS}	6,6 ^{NS}

ANF: Acumulación neta de forraje; FND: Fibra neutro detergente; FAD: Fibra ácido detergente; PB: Proteína bruta; EEM: Error estándar de la media; ^{NS}: $P>0,05$.

La Tabla 2 muestra los resultados para variables de la pradera y composición química, para los cuales no existieron diferencias significativas ($P>0,05$). La altura de la pradera se encontró entre 5,5 y 6,1 cm. En términos de ANF no obstante las grandes diferencias numéricas, no se detectaron diferencias estadísticas ($P>0,05$) debido al bajo número de repeticiones en las jaulas de exclusión. Numéricamente, la Acumulación Neta de Forraje fue mayor para *Festulolium* seguida por Payday. La ANF media fue de 59 kg MS/ha al día, representando una disponibilidad media de hierba de 19,8 kg MS/vaca al día. Los contenidos de FND, FAD y PB son similares para los tres tratamientos.

DISCUSIÓN

La ANF del *Festulolium* (3822 kg MS/ha), aunque no estadísticamente significativa, fue 53% mayor que el raigrás Payday y más de tres veces que el raigrás Bargala. Lo anterior apunta hacia el potencial del *Festulolium* en estos sistemas que requiere de mayor investigación. La ANF observada es menor a lo reportado por Heredia-Nava *et al.* (2007) con una ANF de 93 kg MS/ha al día en praderas de raigrás. Sin embargo, los resultados son mayores a los reportes de otros autores con valores de ANF de 28 y 34 kg MS/ha al día (Anaya-Ortega *et al.*, 2009; Hernández-Ortega *et al.*, 2011), también en praderas de raigrás ; aunque los trabajos reportados fueron con variedades diferentes de

raigrás. La altura de la pradera es un factor que puede restringir el consumo por parte de las vacas en pastoreo. Según Hodgson (1994) la altura ideal para animales en pastoreo continuo es de 5 a 8 cm de alto y que por debajo de 5 cm se restringe el consumo. En este trabajo los valores por encima de 5,5 cm de altura comprimida (medidor de plato ascendente), indican que las vacas tuvieron una buena disponibilidad de forraje. Estos resultados son diferentes a los de Heredia-Nava *et al.* (2007), con resultados muy bajos con alturas de la pradera de 2,4 cm.

Las fibras son factores que determinan el consumo (FND) y la digestibilidad de los forrajes (FAD). El contenido FND en este trabajo fue en torno a 500 g/kg MS y de FAD a 280 g/kg MS, valores similares a los reportados por Heredia-Nava *et al.* (2007) y Hernández-Ortega *et al.* (2011), quienes reportan respectivamente para FND 525 g/kg MS y 499 g/kg MS, y para FAD reportan valores de 282 g/kg MS y 243 g/kg MS; pero menores a los reportados por Garduño-Castro *et al.* (2009) y Albarrán *et al.* (2012). En cuanto a la PB, Anaya-Ortega *et al.* (2009) reportan un valor de 164 g/kg MS en praderas de raigrás con trébol blanco, menor a los observados en este trabajo.

El rendimiento medio de leche en los tres tratamientos fue 15,7 kg vaca/día mayor a los rendimientos con alimentación tradicional de 14,6 kg leche/vaca/día reportados por Alfonso-Ávila *et al.* (2012) para época de lluvias y de 13,7 kg leche/vaca/día para época de seca reportados por Martínez-García *et al.* (2015) en unidades de producción de leche en pequeña escala también en el municipio de Aculco. De hecho las vacas aumentaron el rendimiento de leche con relación en los rendimientos al inicio del experimento, aunque este incremento no fue significativo ($P > 0,05$), lo que indica que el pastoreo de praderas como las evaluadas con los niveles de suplementación establecidos, pueden sostener rendimientos moderados de leche superiores a los obtenidos con estrategias de alimentación tradicionales. No obstante, estos rendimientos son inferiores a los reportados por Heredia-Nava *et al.* (2007), Anaya-Ortega *et al.* (2009), Hernández-Ortega *et al.* (2011), y Albarrán *et al.* (2012), que reportan producciones por encima de los 18 kg/vaca/día en sistemas similares del altiplano central, o al trabajo de Miguel *et al.* (2014) en el sur de Brasil, con rendimientos en torno a los 20 kg/vaca/día aunque con vacas de mayor talla y mayor potencial productivo. Sin embargo, los rendimientos de este trabajo son similares a lo reportado por Guadarrama-Estrada *et al.* (2007) quienes reportan producciones de leche de 15 kg/vaca/día.

En este trabajo el contenido de grasa y de proteína de la leche se encuentran por encima de lo que marca la norma mexicana (la NMX-F-700-COFOCALEC-2004) que establece un mínimo de grasa de 30 g/kg y 28 g/kg de proteína en leche, con valores similares a lo reportado por Alfonso-Ávila *et al.* (2012) bajo estrategias tradicionales de alimentación.

CONCLUSIONES

El *Festulolium* Spring Green en comparación con dos variedades *Lolium perenne* (cv Bargala y cv Payday) obtuvo numéricamente una mayor ANF, aunque no significativa y con rendimientos y composición de leche similares, por lo cual puede ser una opción viable para la alimentación de vacas en pastoreo en estos sistemas de producción de leche en pequeña escala ante el cambio climático.

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 R., WATTIAUX M.A., ESPINOZA A., SANCHEZ E. Y ARRIAGA 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(3)**, 637-646.
- 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.
- ANKOM (2005) Procedures (for NDF, ADF, and *in vitro* Digestibility). ANKOM Technology Method. <http://www.ankom.com>.
- AOAC (1990) *Official Methods of Analysis*. En: Helrick K. (Ed), 15th Edition, pp: 69-88. Washington, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- ESPINOZA-ORTEGA A., ESPINOSA-AYALA E., BASTIDA-LÓPEZ J., CASTAÑEDA-MARTÍNEZ T. Y ARRIAGA-JORDÁN C.M. (2007) Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: technical, economic and social aspects and their impact on poverty. *Experimental Agriculture*, **43**, 241-256.
- FADUL-PACHECO L., WATTIAUX M.A., ESPINOZA-ORTEGA A., SÁNCHEZ-VERA E. Y ARRIAGA-JORDAN C.M. (2013) Evaluation of sustainability of small-scale dairy production systems in the highlands of Mexico during the rainy season. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, **37**, 882-901.
- GARDUÑO-CASTRO Y., ESPINOZA-ORTEGA A., GONZÁLEZ-ESQUIVEL C.E., MATEO-SALAZAR B. Y ARRIAGA-JORDÁN C.M. (2009) Intercropped oats (*Avena sativa*) common vetch (*Vicia sativa*) silage in the dry season for small-scale dairy systems in the Highlands of Central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, **41**, 827-834.
- GUADARRAMA-ESTRADA J., ESPINOZA-ORTEGA A., GONZÁLEZ-ESQUIVEL C.E. Y ARRIAGA-JORDÁN C.M. (2007) Inclusion of Maize or Oats-vetch Silage for Grazing Dairy Cows in Small-scale Campesino Systems in the Highlands of Central Mexico. *Journal of Applied Animal Research*, **32**, 19-23.
- HEREDIA-NAVA D., ESPINOZA-ORTEGA A., GONZÁLEZ-ESQUIVEL C.E. Y ARRIAGA-JORDÁN, C.M. (2007) Feeding strategies for small-scale dairy systems based on perennial (*Lolium perenne*) or annual (*Lolium multiflorum*) ryegrass in the central highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, **39**, 179-188.
- HERNÁNDEZ-ORTEGA M., HEREDIA-NAVA D., ESPINOZA-ORTEGA A., SÁNCHEZ-VERA E. Y. ARRIAGA-JORDÁN C.M. (2011) Effect of silage from ryegrass intercropped with winter or common vetch for grazing dairy cows in small-scale dairy systems in Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, **43**, 947-954.
- HODGSON J. (1994) *Manejo de pastos. Teoría y práctica*. México, D. F.: Editorial Diana.
- MARTÍNEZ-GARCÍA C.G., RAYAS-AMOR A.A., ANAYA-ORTEGA J.P., MARTÍNEZ-CASTAÑEDA F.E., ESPINOZA-ORTEGA A., PROSPERO-BERNAL F. Y ARRIAGA-JORDÁN C.M. (2015) Performance of small-scale dairy farms in the highlands of central Mexico during the dry season under traditional feeding strategies. *Tropical Animal Health and Production*, **47**, 331-337.
- MC CLEMENTS D.J. (1991) Ultrasonic characterisation of emulsions and suspensions. *Advances in Colloid and Interface Science*, **37**, 33-72.
- MIGUEL M.F., RIBEIRO-FILHO H., MENDONÇA N.A., DE ANDRADE E.G., MORAES T.C. Y DELAGARDE R. (2014) Pasture intake and milk production of dairy cows grazing annual ryegrass with or without corn silage supplementation. *Animal Production Science*, **54**, 1810-1816.
- PÉREZ-RAMÍREZ E., PEYRAUD J.L. Y DELAGARDE R. (2012) N-alkanes v. ytterbium/faecal index as two methods for estimating herbage intake of dairy cows fed on diets differing in the herbage:



maize silage ratio and feeding level. *Animal*, **6(2)**, 232-244.

PINCAY-FIGUEROA P.E., HEREDIA-NAVA D., RAYAS-AMOR A.A., MARTÍNEZ-CASTAÑEDA F.E., VICENTE-MAINAR F., MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A. Y ARRIAGA-JORDÁN C.M. (2013) Sustentabilidad económica de sistemas de producción de leche a pequeña escala: Efecto del pastoreo sobre los costes de alimentación. En: Cavalloti-Vázquez B.A. *et al.* (Eds) *La ganadería en la seguridad alimentaria de las familias campesinas*, pp. 239-245. Chapingo, México: Universidad Autónoma de Chapingo.

COMPARISON OF *Festulolium* AND TWO VARIETIES OF *Lolium perenne* L. GROWN AS PASTURE IN THE HIGHLANDS OF CENTRAL MEXICO

SUMMARY

In light of lower water availability due to climate change, the aim of this study was to compare the performance of two *Lolium perenne* cv Bargala and cv Payday, and an alternative species, *Festulolium* cv Spring Green, as pasture for grazing by dairy cows. Six Holstein milking cows were used in a repeated 3x3 Latin square design. The cows grazed on Bargala, Payday or *Festulolium* Spring Green and all were fed 5 kg of supplementary concentrate/cow/day. The variables evaluated were live weight, milk yield, milk fat and protein content. Net herbage accumulation (NHA), sward height, neutral detergent fibre and acid detergent fibre were determined in the pastures. There were no significant differences ($P>0.05$) between the crops in relation to milk yield, live weight, milk fat or protein content, or pasture variables. The NHA was 53% higher in *Festulolium* Spring Green than in Pay Day ryegrass and more than three times higher than in Bargala ryegrass, although the differences were not statistically significant. We conclude that *Festulolium* Spring Green may be a useful option for small-scale dairy systems given its high productive potential in areas with low water availability.

Key words: intensive grazing, temperate grasses, dairy production, climate change.

EVALUACIÓN DE *Bromus catharticus* Vahl COMO RECURSO PARA PRADERAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE MÉXICO

D.A. PLATA-REYES¹, A. GÓMEZ-MIRANDA¹, F. LÓPEZ-GONZÁLEZ¹, I.A. DOMÍNGUEZ-VARA² Y C.M. ARRIAGA-JORDÁN¹.

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Instituto Literario # 100, Col. Centro, 50000 Toluca, México. dalia_andrea_01@hotmail.com, cmarriagaj@uaemex.mx.

RESUMEN

Enfrentar el cambio climático requiere de especies vegetales para vacas lecheras en pastoreo adaptadas a menor disponibilidad de agua y altas temperaturas. El objetivo fue evaluar *Bromus catharticus* Vahl cv Matua frente a dos variedades de *Lolium perenne* L. (cv Bargala y cv Pay Day), y una de *Festulolium* cv Spring Green, en dos épocas estacionales del año (primavera y otoño) para lo cual se realizaron dos experimentos. En el experimento 1 (EXP1) se evaluó bromo cv Matua en comparación con *L. perenne* cv Bargala en monocultivo y asociados entre sí. En el experimento 2 (EXP2) se comparó el Bromo cv Matua con *L. perenne* cv Pay Day y *Festulolium* cv Spring Green. No se encontraron diferencias (EXP1) estadísticamente significativas ($P > 0,05$) para las variables de producción animal con un rendimiento de leche medio de $19,41 \pm 0,14$ kg/vaca/día. En el EXP2 se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en rendimiento de leche para Bromo cv Matua (16,7 kg leche/vaca/día), 9% menor que para *L. perenne* cv Pay Day y *Festulolium* cv Spring Green, no observándose diferencias significativas ($P > 0,05$) en las demás variables de producción animal. Se concluye que el bromo cv Matua presenta un comportamiento similar al *L. perenne* cv Bargala en primavera y menor que *L. perenne* cv Pay Day y *Festulolium* cv Spring Green en otoño.

Palabras clave: pastoreo continuo intensivo, *Lolium perenne* L., *Festulolium* cv Spring Green, cambio climático.

INTRODUCCIÓN

La evaluación de la sostenibilidad en los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) indica una debilidad en la escala económica debido a la alta dependencia de insumos externos (Fadul-Pacheco *et al.*, 2013; Martínez-García *et al.*, 2015). La utilización de praderas de raigrás asociados con trébol blanco en sistemas de pastoreo continuo intensivo bajo riego ha demostrado ser una opción viable para reducir costes de alimentación, aumentar la rentabilidad de estos sistemas y por lo tanto incrementar su sostenibilidad (Pincay-Figueroa *et al.*, 2013). Sin embargo, los escenarios futuros ante el cambio climático pronostican una disminución en la disponibilidad de agua con lluvias menores y erráticas, y una mayor frecuencia de temperaturas extremas. Los raigrases son sensibles al déficit hídrico y reducen su crecimiento a temperaturas mayores a 25 °C (Parsons y Chapman, 2000) por lo que es necesario evaluar otras variedades de gramíneas con mayor tolerancia al déficit hídrico y a temperaturas elevadas durante diferentes épocas del año con la finalidad de encontrar la forma de manejo adecuada tanto para la producción animal como para la producción del forraje. El Bromo (*Bromus catharticus* Vahl) cv Matua fue desarrollado en Nueva Zelanda, presenta una mayor tolerancia a la falta de agua y a temperaturas elevadas, con rendimientos y valor nutritivo similar al del raigrás, características que lo hacen una excelente fuente de forraje para sistemas de producción animal basados en pastoreo (Belesky *et al.*, 2007).

El objetivo de este trabajo ha sido evaluar tanto la respuesta productiva bajo pastoreo continuo intensivo de vacas lecheras en praderas de *Bromus catharticus* Vahl cv Matua asociado con trébol blanco (*Trifolium repens* L. cv Ladino) en comparación con *Lolium perenne* L. cv Bargala, *Lolium perenne* L. cv Pay Day y *Festulolium* (*Lolium perenne* L. x *Festuca pratensis* Huds.) cv Spring Green.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo mediante experimentación en finca en dos unidades de producción de leche en pequeña escala bajo el enfoque de investigación participativa rural para el desarrollo de tecnología ganadera (Conroy, 2005) en dos experimentos diferentes, durante primavera (4 de junio al 15 julio de 2015, EXP1) y en otoño (17 de octubre al 27 noviembre de 2015, EXP2). Se seleccionaron tres vacas multíparas Holstein similares en número de partos para ambos experimentos, con un peso vivo de 414 ± 32 para el EXP1 y 505 ± 54 para EXP2, 90 ± 75 días de lactación para EXP1 y 115 ± 67 para EXP2; con un rendimiento de leche de $21,46 \pm 2,86$ para EXP1, y $18,93 \pm 3,1$ para el EXP2.

Cada experimento tuvo una duración de 42 días dividido en tres periodos experimentales de 14 días (10 días de adaptación a la dieta y 4 para la recolección de muestras de forraje y leche) siguiendo la metodología de Pérez-Ramírez *et al.* (2012), para lo cual se utilizó un diseño de cuadro latino 3x3, asignando aleatoriamente la secuencia de los tratamientos y la distribución de las vacas a cada secuencia de tratamientos.

EXP1: En una superficie de 1,0 ha dividida en tres parcelas iguales, se establecieron (13 marzo 2015) mediante asignación aleatoria tres praderas gramínea-trébol blanco en las cuales las gramíneas utilizadas fueron: T1=*Bromus catharticus* Vahl cv Matua; T3=*Lolium perenne* L. cv Bargala y T2=la mezcla (5 kg de semilla a la siembra de cada variedad). La dosis de siembra en todas las parcelas fue de 30 kg/ha de semilla de gramínea y 3 kg/ha de semilla de trébol blanco (*Trifolium repens* L. cv Ladino).

EXP2: En una superficie de 1,0 ha dividida en tres parcelas iguales asignadas aleatoriamente se establecieron (30 abril 2015) otras tres praderas gramínea-leguminosa cuyas gramíneas fueron: T4=*Lolium perenne* L. cv Pay Day; T5=*Festulolium* cv Spring Green y T6=*Bromus catharticus* Vahl cv Matua, con la misma dosis de 30 kg/ha de semilla de gramínea y 3 kg/ha de semilla de trébol blanco.

En ambos experimentos las praderas se fertilizaron a la siembra con una dosis de 60-80-60 kg/ha de NPK con urea, fosfato diamónico y cloruro de potasio, y se realizó una fertilización de mantenimiento de 23 kg N/ha con urea cada 28 días. Las vacas en ambos experimentos fueron suplementadas en establo con 5 kg/vaca/día en peso fresco de concentrado comercial con un 18% de proteína bruta distribuido en dos porciones, suministrados en cada ordeño.

En el EXP1, el productor participante propuso adicionar 2,0 kg MS/vaca/día de trébol violeta (*Trifolium pratense* L. cv Kenland) de corte (se estimó que corresponde a un 16% de la dieta considerando un consumo probable de 3% del peso vivo equivalente a 12,5 kg MS/vaca/día), de manera similar a lo suministrado a sus otras seis vacas en lactación, en una sola asignación antes del ordeño de la tarde. La ingesta de forraje y concentrado fue estimada del probable consumo voluntario de MS considerando una ingesta del 3% del peso vivo de las vacas (Chamberlain y Wilkinson, 2002). Las variables evaluadas en cuanto a producción animal fueron: el rendimiento de leche (kg de leche/vaca/día) y peso vivo (kg/vaca). Sobre las muestras de leche se evaluó la composición química (grasa y proteína) mediante un medidor de ultrasonido (Ekomiik-M®) basada en los principios descritos por Mc Clements (1991). Se estimó la acumulación neta de forraje (ANF) cortando al inicio y al final de cada periodo utilizando dos jaulas de exclusión por tratamiento

expresando los resultados en kg MS/ha, se midió la altura comprimida (cm) de las praderas con un medidor de plato ascendente (Hodgson, 1994). Se determinó la composición bromatológica de acuerdo con los procedimientos establecidos en los protocolos de la AOAC (2005), en términos de materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) de las praderas de ambos experimentos en muestras de pastoreo simulado y del trébol violeta incluido en el EXP1. No se realizó la determinación del contenido de trébol blanco en las praderas ya que al tratarse del primer año de establecimiento, su contribución a la producción de forraje fue mínima. El análisis e interpretación de los resultados obtenidos correspondientes a los parámetros de producción animal se realizó mediante un diseño de cuadro latino 3x3 con análisis de varianza con el modelo: $Y_{jkl} = \mu + V_j + P_k + t_l + e_{jkl}$, donde: Y_{jkl} =Variable respuesta, μ =Media general, V =Efecto de las vacas ($j=1, 2, 3$), P =Efecto de los periodos experimentales ($k=1, 2, 3$), t =Efecto de los tratamientos ($l=1, 2, 3$) y e =error experimental. Para la altura, ANF y composición nutricional en ambos experimentos se utilizó un diseño completamente al azar con tres tratamientos mediante el modelo: $Y_i = \mu + T_i + e_i$. Donde: Y_i =Variable de repuesta, μ =Media general, T_i =Efecto tratamiento, e_i error experimental, con el programa estadístico Minitab v.14.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las variables de las praderas se presentan en la Tabla 1. No existieron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) en ambos experimentos para ninguna de las variables evaluadas.

En el EXP1 los valores promedio de ANF por periodo fueron de 308,31 kg MS/ha, con una acumulación neta de 21,03 kg MS/ha/día. En el EXP2 la ANF promedio fue de 307,63 kg MS/ha, 21,97 kg MS/ha por día. En cuanto a la altura de las praderas para el EXP1 fue de 3,46 cm, a pesar de las bajas alturas registradas en el EXP 1, éstas fueron capaces de obtener rendimientos promedio diarios de 19 kg de leche por vaca lo que indica que la altura de las praderas no limitó severamente el consumo de forraje. Para el EXP2 la altura promedio fue de 5,24 cm. No se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos para ninguna de las variables ($P > 0,05$).

La Tabla 2 presenta los resultados bromatológicos de las praderas y el trébol violeta. Los resultados indican una buena calidad de las praderas evaluadas en los dos experimentos no encontrando diferencias estadísticas.

Tabla 1. Acumulación neta de forraje y altura de las praderas (valores promedio).

Variable	EXP1			EEM	Sig.	EXP2			EEM	Sig.
	T1	T2	T3			T4	T5	T6		
ANF (kg MS/ha)	317,21	282,91	324,82	111,95	NS	356,83	150,67	415,41	85,35	NS
ANF (kg MS/ha/día)	22,66	20,21	20,23	7,99	NS	25,49	10,76	29,67	6,09	NS
Altura (cm)	3,09	3,19	4,10	0,42	NS	5,16	5,44	5,13	0,32	NS

ANF=acumulación neta de forraje; EXP1=Experimento 1; EXP2=Experimento 2; T1=*Bromus catharticus* Vahl cv Matua; T2=*Bromus catharticus* Vahl cv Matua + *Lolium perenne* L. cv Bargala; T3=*Lolium perenne* L. cv Bargala; T4=*Lolium perenne* L. cv Pay Day; T5=*Festulolium* cv Spring Green; T6=*Bromus catharticus* Vahl cv Matua; EEM=Error Estándar de la Media; NS=No significativo ($P > 0,05$).

En el EXP1 no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, obteniendo resultados muy similares entre el T1, T2, T3 para los resultados del rendimiento animal, no obstante, en el EXP2 existieron diferencias estadísticamente significativas donde el T6 presentó un menor rendimiento de leche que en el T4 y el T5 tal como se muestra en la Tabla 3. Los mayores valores de producción de leche diaria se observaron en el EXP1 para el T1, que alcanzó una



producción de 16,68 kg/vaca/día.

Tabla 2. Calidad nutricional de los forrajes (g/kg de MS).

Variable	EXP1					EXP2						
	T1	T2	T3	EEM	Sig.	Trébol violeta	EEM	T4	T5	T6	EEM	Sig.
MS	155,50	162,04	156,43	10,84	NS	190,12	3,5	175,67	192,65	246,40	39,00	NS
PB	196,02	191,76	192,61	1,90	NS	157,52	20,67	236,12	222,48	217,39	21,07	NS
MO	884,66	878,75	879,25	6,38	NS	923,34	2,8	846,19	831,05	836,89	4,48	NS
FND	559,03	574,56	582,89	9,62	NS	475,67	475,67	533,16	492,40	494,83	10,69	NS
FAD	265,71	260,10	261,36	7,64	NS	267,78	7,09	222,15	202,37	235,39	15,52	NS

MS= materia seca; PB=proteína bruta; MO=materia orgánica; FND=fibra neutro detergente; FAD=fibra ácido detergente; EXP1=Experimento 1; EXP2=Experimento 2; T1=*Bromus catharticus* Vahl cv Matua; T2=*Bromus catharticus* Vahl cv Matua+ *Lolium perenne* cv Bargala; T3=*Lolium perenne* cv Bargala; T4=*Lolium perenne* cv Pay Day; T5=*Festulolium* cv Spring Green; T6=*Bromus catharticus* Vahl cv Matua.; EEM=Error Estándar de la Media; NS=No significativo (P>0,05).

No hubo diferencias (P>0,05) en el rendimiento de leche en el EXP1, con una media de 19,41±0,14 kg de leche/vaca/día, semejante a lo reportado por Hernández-Ortega *et al.* (2011) con promedios de 18 kg de leche/vaca/día y Albarrán *et al.* (2012) con rendimientos de 19,0 kg/vaca/día, en experimentos donde la alimentación de las vacas en pastoreo fue complementada con ensilados y concentrados. La producción media en el EXP2, en otoño, fue de 17,78±0,21 kg de leche/vaca/día, superior a lo reportado por Anaya-Ortega *et al.* (2009). Existieron diferencias estadísticamente significativas (P<0,05), donde el rendimiento de leche de 16,7 kg leche/vaca/día en T6 fue 9% menor que el rendimiento medio de T4 y T5 de 18,35 kg/vaca/día entre los que no hubo diferencias (P>0,05). La composición química de la leche del EXP1 y EXP2, no mostró diferencias estadísticamente significativas en contenido de grasa proteína y lactosa (P>0,05), en ninguno de los dos experimentos, observando solamente un mayor contenido de grasa en el EXP2 en otoño. Los valores cumplan con lo establecido en la norma mexicana, y son semejantes o ligeramente mayores a los reportados en otros trabajos en SPLPE (Anaya-Ortega *et al.*, 2009; Hernández-Ortega *et al.*, 2011).

Tabla 3. Producción y composición química de la leche.

Variable	EXP1					EXP2				
	T1	T2	T3	EEM	Significancia	T4	T5	T6	EEM	Significancia
RL (kg/vaca/día)	19,68	19,17	19,4	0,14	NS	18,7 ^a	18,0 ^a	16,7 ^b	0,21	*
PV (kg)	419	418	418	4,83	NS	523	528	521	4,8	NS
Grasa (g/kg)	30,8	30,8	30,1	0,43	NS	38,4	36,7	39,2	0,33	NS
Proteína (g/kg)	33,3	32,8	32,8	0,07	NS	32	32	32	0,04	NS
Lactosa (g/kg)	46,4	46,9	47,6	0,98	NS	47,7	46,8	46,7	0,68	NS

RL=rendimiento de leche; PV=peso vivo; EXP1=Experimento 1 (4 de junio al 15 julio de 2015); EXP2=Experimento 2 (17 de octubre al 27 noviembre de 2015); T1=*Bromus catharticus* Vahl cv Matua; T2=*Bromus catharticus* Vahl cv Matua + *Lolium perenne* cv Bargala; T3=*Lolium perenne* cv Bargala; T4=*Lolium perenne* cv Pay Day; T5=*Festulolium* cv Spring Green; T6=*Bromus catharticus* Vahl cv Matua; EEM=Error Estándar de la Media; NS= (P>0,05); a, b = (P<0,05).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que la inclusión de bromo cv Matua bajo pastoreo durante primavera es una estrategia de alimentación viable al mostrar un comportamiento similar al raigrás cv Bargala. Sin embargo, su desempeño en el otoño es menos favorable puesto que los rendimientos de leche fueron significativamente menores a los obtenidos con raigrás cv Pay Day o *Festulolium* cv Spring Green.



AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los productores participantes y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento al proyecto Clave 129449 CB-2009.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBARRÁN B., GARCÍA A., ESPINOZA A., ESPINOSA E. Y ARRIAGA C. (2012) Maize silage in the dry season for grazing dairy cows in small-scale production systems in Mexico Highlands. *Indian Journal of Animal Research*, **46(4)**, 317-324.
- ANAYA-ORTEGA J.P., GARDUÑO-CASTRO G., ESPINOZA-ORTEGA A., ROJO-RUBIO R. Y ARRIAGA-JORDAN 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.
- AOAC International. (2005) Official Methods of analysis, 18th Edition. Washington, DC Gaithersburg, MD.
- BELESKY D.P., RUCLE J.M. Y ABAYE A.O. (2007) Seasonal distribution of herbage mass and nutritive value of Prairiegrass (*Bromus catharticus* Vahl). *Grass and Forage Science*, **62**, 301-311.
- CHAMBERLAIN A.T. Y WILKINSON J.M. (2002) *Alimentación de la vaca lechera*. Zaragoza, España: Acriba.
- CONROY C. (2005) *Participatory Livestock Research*. Bourton-on-Dunsmore, Warwickshire, Reino Unido: ITDG Publishing.
- FADUL-PACHECO L., WATTIAUX M.A., ESPINOZA-ORTEGA A., SÁNCHEZ-VERA E. Y ARRIAGA-JORDAN C.M. (2013) Evaluation of sustainability of small-scale dairy production systems in the highlands of Mexico during the rainy season. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, **37**, 882-901.
- HERNÁNDEZ-ORTEGA M., HEREDIA-NAVA D., ESPINOZA-ORTEGA A., SÁNCHEZ-VERA E. Y ARRIAGA-JORDAN C.M. (2011) Effect of silage from ryegrass intercropped with winter or common vetch for grazing dairy cows in small-scale dairy systems in Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, **43**, 947-954.
- HODGSON J. (1994) *Manejo de pastos. Teoría y práctica*. México, D. F.: Editorial Diana.
- MARTÍNEZ-GARCÍA C., RAYAS-AMOR A., ANAYA-ORTEGA J.P., MARTÍNEZ-CASTAÑEDA F.E., ESPINOZA-ORTEGA A., PROSPERO-BERNAL F. Y ARRIAGA-JORDAN C.M. (2015) Performance of small-scale dairy farms in the highlands of central Mexico during the dry season under traditional feeding strategies. *Tropical Animal Health and Production*, **47**, 331-337.
- MC CLEMENTS D.J. (1991) Ultrasonic characterisation of emulsions and suspensions. *Advances in Colloid and Interface Science*, **37**, 33 -72.
- PARSONS A.J. Y CHAPMAN D.F. (2000) The principles of pasture growth and utilization. En: Hopkins A. et al. (ed) *Grass: Its production and utilization*. pp. 31-89. Oxford, Reino Unido: Blackwell Science.
- PÉREZ-RAMÍREZ E., PEYRAUD J.L. Y DELAGARDE R. (2012) N-alkanes v. ytterbium/faecal index as two methods for estimating herbage intake of dairy cows fed on diets differing in the herbage: maize silage ratio and feeding level. *Animal*, **6(2)**, 232-244.
- PINCAY-FIGUEROA P.E., HEREDIA-NAVA D., RAYAS AMOR A., MARTÍNEZ-CASTAÑEDA E., VICENTE-MAINAR F., MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A. Y ARRIAGA-JORDAN C.M. (2013) Sustentabilidad económica de sistemas de producción de leche en pequeña escala: Efecto del pastoreo de praderas sobre costes de alimentación. En: Cavallotti B.A. et al. (Eds). *La ganadería en la*



seguridad alimentaria de las familias campesinas. pp. 235-241. Chapingo, México: Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo.

EVALUATION OF *Bromus catharticus* Vahl AS A PASTURE RESOURCE FOR SMALL-SCALE DAIRY SYSTEMS IN THE CENTRAL HIGHLANDS OF MEXICO

SUMMARY

In order to respond to climate change, plant species adapted to low water availability and high temperatures are required as pasture for dairy cows. The aim of this study was to compare the performance of *Bromus catharticus* Vahl cv Matua and two varieties of *Lolium perenne* L. (cv Bargala and cv Pay Day) and one of *Festulolium* cv Spring Green, grown in two seasons (spring and autumn), as forage crops. In one experiment (EXP1), bromegrass cv Matua, *L. perenne* cv Bargala and a combination of both crops were compared. In a second experiment (EXP2), bromegrass cv Matua, *Lolium perenne* cv Pay Day and *Festulolium* cv Spring Green were compared. In EXP1, no statistically significant differences ($P>0.05$) in animal variables were observed, and the mean yield was 19.41 ± 0.14 kg milk/cow/day. In EXP2, significant differences in milk yield were observed ($P<0.05$), with lower yields (9% less) under bromegrass cv Matua (16.7 kg milk/cow/day) than under ryegrass cv Pay Day or *Festulolium* cv Spring Green. No significant differences ($P>0.05$) were observed in other animal production variables. We conclude that bromegrass cv Matua performs similarly to ryegrass cv Bargala in spring, but less well than ryegrass cv Pay Day and *Festulolium* cv Spring Green in autumn.

Key words: intensive continuous grazing, *Lolium perenne* L, *Festulolium* cv Spring Green, climate change.



ENSILADO DE AVENA-VALLICO PARA SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE MÉXICO

M.D. CELIS-ALVAREZ, F. LÓPEZ-GONZÁLEZ, C.G. MARTÍNEZ-GARCÍA, J.G. ESTRADA-FLORES Y C.M. ARRIAGA-JORDÁN.

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM).
Instituto Literario # 100. C.P. 50000 Toluca, Estado de México, México. mvzdanaeecelis@yahoo.com.mx,
cmarriagaj@uaemex.mx.

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la inclusión de ensilado de avena-vallico (EAV) y ensilado de maíz (EMz) sobre la respuesta productiva, composición química de la leche y costes de alimentación de vacas en pastoreo continuo en cuatro tratamientos: T1=100% EAV, T2=66% EAV + 34% EMz, T3=34% EAV + 66% EMz, y T4=100% EMz, complementando la ración con 4,65 kg materia seca (MS) de concentrado comercial y 8 horas de pastoreo. Los resultados observados para rendimiento, composición química y nitrógeno ureico en leche no presentaron diferencias significativas ($P>0,05$) entre tratamientos. El consumo de ensilados fue mayor en T4 y menor en T1 ($P<0,05$) e intermedio para T2 y T3; pero el consumo estimado de pradera no presentó diferencias entre tratamientos ($P>0,05$). Los resultados obtenidos indican que es posible utilizar EAV en diferentes proporciones junto con EMz con el mismo efecto en rendimientos del ganado lechero.

Palabras clave: forrajes conservados, estrategias de alimentación, pastoreo continuo.

INTRODUCCIÓN

La producción de leche en pequeña escala juega un papel importante dentro de los sectores económicos y sociales en el altiplano central de México. Dentro de la cadena productiva genera ingresos de manera directa e indirecta, genera un aporte económico a nivel regional y sectorial dando como resultado una reducción en los niveles de pobreza y generación de riqueza. A pesar de los factores internos y externos dentro de los costes de producción que presentan, estos sistemas son considerados competitivos y rentables debido a la participación de fuerza de trabajo familiar y la producción de insumos internos que disminuyen el coste por litro de leche producida (Posadas *et al.*, 2012).

En regiones del altiplano central de México con acceso a riego (limitado) se ha evaluado en sistemas de producción de leche en pequeña escala el pastoreo de praderas irrigadas de vallicos asociados con trébol blanco para reducir los costes de alimentación (Heredia-Nava *et al.*, 2007). Sin embargo, el clima subhúmedo con una época de sequía de mediados de octubre a principios de mayo limita el crecimiento de las praderas por lo que es necesaria una fuente complementaria de forraje de calidad. Estudios realizados en estos sistemas (Anaya-Ortega *et al.*, 2009; Garduño-Castro *et al.*, 2009) han demostrado que proporcionar ensilados con cantidades moderadas de concentrados en vacas en pastoreo es una opción de alimentación viable, generando condiciones favorables en el rendimiento de leche y márgenes económicos favorables.

En México el ensilado de maíz es utilizado como una opción forrajera con o sin riego; sin embargo cuando es incierta la siembra de maíz debido a retrasos en la temporada de lluvias, la avena puede ser una alternativa por su producción de materia seca en condiciones climáticas adversas, como escasez de agua y bajas temperaturas (Ochoa-Márquez *et al.*, 2002). Es importante buscar nuevas alternativas forrajeras además del ensilado de maíz para los sistemas de producción de leche

en pequeña escala, a fin de asegurar una provisión de forrajes de calidad en particular para la época de sequía.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la composición química, respuesta productiva y costes en la integración del ensilado de avena-vallico y/o ensilado de maíz en la alimentación vacas lecheras en pastoreo de vallicos (perenne y anual) durante la época de sequía, dentro de la producción de leche en pequeña escala.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo del 2 de febrero al 30 de marzo de 2015, en la temporada de sequía, en una unidad de producción de leche en pequeña escala en el municipio de Aculco, en el altiplano central de México (localizado entre 20° 00' y 20° 17' Norte y 99° 40' y 100° 00' Oeste) a 2440 m s. n. m. de altitud, clima templado subhúmedo, con una temperatura anual que oscila entre los 10-18 °C y una precipitación anual de 700-1000 mm con lluvias en verano.

Se utilizaron dos praderas, la pradera 1 de 1,2 ha (P1) y la pradera 2 de 1,7 ha (P2) fueron utilizadas. Ambas superficies se sembraron con 20 kg/ha de vallico perenne (*Lolium perenne* cv Barlatra); 15 kg/ha de vallico anual (*Lolium multiflorum* cv Maximus) y 3 kg/ha de trébol blanco (*Trifolium repens* cv Ladino). En la pradera 1, se sembró además avena (*Avena sativa* cv Chihuahua) a 100 kg/ha como cultivo de cobertera, y fue cosechada con una picadora de forraje en etapa fenológica de inflorescencia, y ensilada para este experimento. La pradera 1 fue utilizada para el pastoreo a la semana de la cosecha de la avena. Las ocho vacas del experimento pastorearon alternativamente cada una de las dos praderas durante 4 horas/día. El pastoreo se inició en la pradera 1 de 8:30 a 12:30 h, y se cambió a la pradera 2 para pastorear de 12:30 a 16:30 h. En el siguiente día se iniciaba en la pradera 2 y a las 12:30 cambiaban a la pradera 1.

El ensilado de maíz se hizo de una variedad local ("criolla") de la región, sembrado a una densidad de siembra de 30 kg/ha en la primera quincena de abril, fertilizando con urea y fosfato diamónico para una dosis aproximadamente de 160 kg N/ha y 100 kg P₂O₅ /ha siguiendo los procedimientos usuales de los productores de la región, y fue cosechado con una picadora de forraje cuando el grano en etapa de masa dura a finales del mes de octubre.

Se utilizaron ocho vacas (tres primíparas y cinco multíparas) Holstein por absorción, con una producción de leche inicial de 14,4±2,80 kg/vaca/día; 162,8±109,1 días de lactación y un peso promedio de 425,7±41,20 kg. No obstante, las vacas del genotipo Holstein presentan un tamaño pequeño debido a que habitualmente los productores de leche en pequeña escala, las terneras se cubren a partir de los 12 meses de edad, con tallas por debajo del óptimo. Las ocho vacas se distribuyeron en dos grupos de cuatro con similares etapas de lactación y asignadas aleatoriamente a las secuencias de tratamientos donde se evaluó la inclusión de ensilado de avena-vallico (EAV) y ensilado de maíz (EMz): T1=4,0 kg MS de EAV/vaca/día (100% EAV); T2 =2,68 kg MS de EAV/vaca/día (66% EAV) y 1,32 kg MS de EMz/vaca/día (34% EMz); T3=1,32 kg MS de EAV/vaca/día (33% EAV) y 2,68 kg MS de EMz/vaca/día (66% EMz) y T4=4,0 kg MS de EMz/vaca/día (100% EMz) en vacas en pastoreo continuo por 8 horas/día, suplementadas con 4,65 kg MS/vaca/día de concentrado comercial (18% de proteína bruta). El experimento tuvo una duración de 56 días divididos en cuatro periodos experimentales de 14 días cada uno, de los cuales los primeros diez días fueron de adaptación a la dieta y los últimos cuatro para toma de muestras (Pérez-Ramírez *et al.*, 2012).

Durante los cuatro días de los periodos de muestreo se registró diariamente en cada ordeño la producción de leche y se tomaron muestras para analizar su composición química (grasa, proteína, sólidos no grasos y lactosa) mediante un analizador de ultrasonido (Lacti-check Modelo LC/01), y el

contenido de nitrógeno ureico en leche (NUL) fue determinado por el método colorimétrico descrito por Chaney y Marbach (1962).

Se determinó el consumo de ensilado individual por vaca (kg MS/vaca por día) mediante el cálculo de la diferencia entre las cantidades de ensilado ofrecido y rechazado, igualmente para el concentrado del cual no hubo rechazos. Igualmente se midió el consumo de concentrado del cual no se presentaron rechazos. El consumo de pradera se estimó a partir de la energía metabolizable utilizada, restando el aporte del ensilado y el concentrado, estimando el consumo de pradera a partir de su contenido estimado de energía (Hernández-Mendo y Leaver, 2006).

La acumulación neta de forraje (ANF) fue determinada cada 14 días en las praderas durante todo el experimento utilizando seis jaulas de exclusión, como un indicador de disponibilidad de forraje y se expresó en kg MS/ha. La altura de la pradera se midió en cada periodo de muestreo con un medidor de plato ascendente como indicador de las condiciones de pastoreo (Hodgson, 1990).

Durante el periodo de medición se recolectaron muestras de pastoreo simulado, ensilados y concentrado, para la determinación de materia seca (MS), cenizas, proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), y la digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS), siguiendo los procedimientos descritos por Garduño-Castro *et al.* (2009). La energía metabolizable (EM) de los alimentos fue estimada a partir de DIVMS (Di Marco, 2011).

Las vacas en cada grupo (cuadros) de cuatro se asignaron aleatoriamente a la secuencia de tratamientos de acuerdo a un diseño de cuadro latino 4x4 replicado (simultáneo) siguiendo el modelo de análisis de Anaya-Ortega *et al.* (2009). Los datos obtenidos se analizaron mediante análisis de varianza (con un nivel alfa $P < 0,05$), aplicando la prueba Tukey para establecer diferencias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La acumulación neta de forraje en las dos praderas fue en promedio de 1135,4 kg MS/ha (20,3 kg MS/ha por día) durante todo el experimento, con una altura (comprimida, medida con medidor de plato ascendente) promedio de las dos praderas de 2,65 cm, una altura baja dado que el crecimiento de las praderas fue en época de sequía. En esta zona, el crecimiento, se ve reducido por la baja disponibilidad de agua aun contando con riego (Hernández-Ortega *et al.*, 2011).

Los resultados de la composición química de los forrajes se muestran en la Tabla 1. La cosecha temprana del forraje de avena dio como resultado un EAV similar en cuanto al contenido de EM que el EMz, sin embargo destaca un mayor contenido de proteína y FAD. La cosecha del EAV con una picadora de forraje ocasionó una contaminación con tierra, lo que se manifiesta en un bajo contenido de materia orgánica.

Tabla 1. Valor nutricional de los ensilados, hierba de pradera y concentrado.

	Ensilado de maíz	Ensilado de avena-vallico	Pradera 1	Pradera 2	Concentrado comercial
Materia seca (g/kg)	310	212	204	196	930
Materia orgánica (g/kg MS)	956	806	928	907	993
Proteína bruta (g/kg MS)	76	119	175	179	182
Fibra neutro detergente (g/kg MS)	669	586	439	457	286
Fibra ácido detergente (g/kg MS)	364	409	229	226	106
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (g/kg MS)	607	606	843	800	817
Energía metabolizable (MJ/kg MS)	9,2	9,1	12,7	12,1	12,3

La Tabla 2 presenta los resultados de las variables de rendimiento animal y de consumo de alimentos. No existieron diferencias estadísticamente significativas ($P>0,05$) para ninguna variable de rendimiento animal.

Tabla 2. Consumo de alimentos, producción, composición química y nitrógeno ureico de la leche en los tratamientos.

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	EEM (T)
Leche					
Producción de leche (kg)	15,4	15,8	14,8	16,1	4,97 ^{NS}
Grasa (g/kg)	33,6	35,6	35,6	33,6	4,35 ^{NS}
Proteína (g/kg)	32,1	32,5	32,6	32,3	3,07 ^{NS}
Lactosa (g/kg)	46,8	47,2	46,8	46,7	1,62 ^{NS}
Sólidos no grasos en leche (g/kg)	84,9	86,2	85,5	85,5	3,04 ^{NS}
Nitrógeno ureico (mg/dl)	12,0	11,9	10,5	10,7	2,08 ^{NS}
Consumo de Alimentos (kg MS)					
Concentrado	4,65	4,65	4,65	4,65	
Ensilado	2,92 ^c	3,36 ^b	3,31 ^b	3,69 ^a	0,44 [*]
Pradera	3,37	3,18	2,87	3,26	1,38 ^{NS}
Consumo total	10,94	11,18	10,82	11,60	

EEM= Error Estándar de la Media; NS= No significativo ($P>0,05$).

La media de producción de leche fue de 15,6 kg/vaca/día, rendimientos menores a los reportados por otros autores para sistemas en pequeña escala similares utilizando como base alimenticia praderas o pradera con ensilados (Heredia-Nava *et al.*, 2007; Anaya-Ortega *et al.*, 2009; Garduño-Castro *et al.*, 2009). La composición química de leche producida se encuentra dentro de los valores recomendados por la norma mexicana.

El mayor consumo de ensilado (determinado individualmente por vaca por la diferencia entre ofrecido y rechazado) se produjo en el T4 con 100% EMz y el menor consumo en T1 con 100% EAV ($P<0,05$), con consumos intermedios para T2 y T3 ($P>0,05$). La diferencia existente en el consumo de ensilados no influyó en el consumo estimado de pradera a través de método de energía metabolizable utilizada (Hernández-Mendo y Leaver, 2006); donde no se observaron diferencias estadísticas ($P>0,05$) (Tabla 2). El contenido de proteína cruda promedio de la ración ofrecido en los 4 tratamientos fue de 161,5±7,2 g/kg MS, cubriendo los niveles de proteína necesarios para satisfacer producciones medianas de leche. Lo anterior se corrobora por el contenido de nitrógeno ureico en leche, como indicador de la nutrición proteica de las vacas, que en los cuatro tratamientos estuvo por encima de los 10 mg/dl, el valor mínimo normal (Wattiaux *et al.*, 2005).

El EAV puede ser una opción forrajera para estos sistemas de producción, en sustitución del ensilado de maíz en caso de condiciones que limiten su siembra, ya que por ser un cultivo de ciclo corto, tiene características de mejor adaptación ante condiciones adversas. Sin embargo, Garduño-Castro *et al.* (2009) establecen que la utilización de forraje de avena-leguminosa presenta mayores costes de alimentación en comparación con el ensilado de maíz.

CONCLUSIONES

Se concluye que los diferentes niveles de inclusión de los ensilados no presentaron diferencias en la respuesta productiva de las vacas. El ensilado de avena-vallico, cosechado en etapa de inflorescencia de la avena, presentó un valor nutricional semejante al ensilado de maíz, por lo que



es una opción para la alimentación de vacas en ordeño en sistemas de producción de leche en pequeña escala en la época de sequía.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido posible gracias al productor participante en este experimento en finca, al financiamiento obtenido por la Universidad Autónoma del Estado de México para el proyecto (Clave 3676/2014-CIA) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca para los estudios de posgrado de M.D. Celis-Álvarez.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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 vallico (*Lolium multiflorum*) or their mixture in the dry season feeding of grazing dairy cows in small-scale campesino dairy production systems in the Highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, **41**, 607-616.
- CHANEY A.L. Y MARBACH E.P. (1962) Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chemistry*, **8**, 130-132.
- DI MARCO O. (2011) Estimación de la calidad de los forrajes. Facultad de ciencias agrarias, unidad integrada Blancarde, INTA Blancarde.
http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/45-calidad.pdf.
- GARDUÑO-CASTRO Y., ESPINOZA-ORTEGA A., GONZÁLEZ-ESQUIVEL C.E., MATEO-SALAZAR B. Y ARRIAGA-JORDÁN C.M. (2009) Intercropped oats (*Avena sativa*) - common vetch (*Vicia sativa*) silage in the dry season for small-scale dairy systems in the Highlands of Central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, **41**, 827-834.
- HEREDIA-NAVA D., ESPINOZA-ORTEGA A., GONZÁLEZ-ESQUIVEL C.E. Y ARRIAGA-JORDÁN C.M. (2007) Feeding strategies for small-scale dairy systems based on perennial (*Lolium perenne*) or annual (*Lolium multiflorum*) vallico in the central highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, **39**, 179-188.
- HERNÁNDEZ-MENDO O. Y LEAVER J.D. (2006) Production and behavioural responses of high- and low-yielding dairy cows to different periods of access to grazing or to a maize silage and soybean meal diet fed indoors. *Grass and Forage Science*, **61**, 335-346.
- HERNÁNDEZ-ORTEGA M., HEREDIA-NAVA D., ESPINOZA-ORTEGA A., SÁNCHEZ-VERA E. Y ARRIAGA-JORDÁN C.M. (2011) Effect of silage from ryegrass intercropped with winter or common vetch for grazing dairy cows in small-scale dairy systems in Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, **43**, 947-954.
- HODGSON J. (1990) *Grazing Management: Science into Practice*. Harlow, United Kingdom: Longman Scientific and Technical.
- OCHOA-MÁRQUEZ R., REYES-MURO L., ROBLES-ESCOBEDO F.J. Y PADILLA-RAMÍREZ J.S. (2002) Cultivos alternativos para el altiplano semiárido de México. *Agricultura Técnica en México*, **28**, 125-135.
- PÉREZ-RAMÍREZ E., PEYRAUD J.L. Y DELAGARDE R. (2012) N-alkanes v. ytterbium/faecal index as two methods for estimating herbage intake of dairy cows fed on diets differing in the herbage: maize silage ratio and feeding level. *Animal*, **6(2)**, 232-244.
- POSADAS-DOMÍNGUEZ R.R., SALINAS-MARTÍNEZ J.A., ARRIAGA-JORDÁN C.M., CALLEJAS-JUÁREZ N. Y MARTÍNEZ-CASTAÑEDA F.E. (2012) Competitividad y rentabilidad privada en la lechería de

pequeña escala. En: Cavallotti-Vázquez B.A. *et al.* (Eds) *Ganadería y Alimentación: alternativas frente a la crisis ambiental y el cambio social*, pp. 593-605. Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo.

WATTIAUX M.A., NORDHEIM E.V. Y CRUMP P. (2005) Statistical evaluation of factors and interactions affecting dairy herd improvement milk urea nitrogen in commercial midwest dairy herds. *Journal of Dairy Science*, **88**, 3020-3035.

OAT-RYEGRASS SILAGE FOR MILKING COWS IN SMALL SCALE DAIRY SYSTEMS IN THE HIGHLANDS OF CENTRAL MEXICO

SUMMARY

The objective was to assess the inclusion of oat-raigrás silage (ORS) and maize silage MzS on milk yield, milk composition and feeding costs. Eight cows under continuous grazing for 8 h received four treatments: T1=100% ORS, T2=66% ORS + 34% MzS, T3=34% ORS + 66% MzS, and T4=100% MzS, supplemented with 4.65 kg dry matter (DM) of commercial concentrate. Eight Holstein cows were assigned to groups of four, and randomly assigned to treatment sequences in a repeated 4x4 Latin square experimental design. There were no statistical differences among treatments for the animal performance variables ($P>0.05$). There were differences with higher silage intake in T4 and less in T1 ($P<0.05$) with intermediate values for T2 and T3, but no differences in herbage intake ($P>0.05$). It is concluded that it is feasible to use ORS in different proportions with MzS with the same performance in terms of milk yields and composition.

Key words: conserved forages, feeding strategies, continuous grazing.

RACIONES OBTENIDAS EN PASTOREO SOBRE UNA ROTACIÓN DE CULTIVOS FORRAJEROS ADAPTADA AL SECANO SEMIÁRIDO EN NAVARRA

J.M. MANGADO.

INTIA S.A. Avda. Serapio Huici, 22. Edif. Peritos. 31610 Villava (Navarra). jmangado@intiasa.es.

RESUMEN

Se presentan los resultados obtenidos en el seguimiento durante siete años del manejo en pastoreo con ovino de una rotación de cultivos forrajeros adaptados al secano semiárido del valle del Ebro (*Lolium rigidum* + veza, avena + guisante, cebada, triticale). El cultivo más productivo es triticale aprovechado en estado de grano maduro sobre el que se obtienen 2415 raciones de mantenimiento/ha y a continuación la asociación de *Lolium rigidum* y veza pastada en estado vegetativo con 1832 raciones de mantenimiento/ha. Sobre cebada aprovechada en grano maduro se obtienen menos raciones (1782 raciones/ha) debido a la menor calidad de su grano y a la caída de espiga. La asociación avena y guisante aprovechada en estado de grano inmaduro presenta una baja eficiencia (1702 raciones/ha) y alta dispersión pero cubre el bache de oferta pascícola entre el aprovechamiento de cultivos en estado vegetativo y en estado de grano maduro, dando continuidad al periodo de pastoreo.

Palabras clave: ración de mantenimiento, *Lolium rigidum* + veza, avena + guisante, cebada, triticale.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas agropastorales extensivos de cereal-ovino ligados al aprovechamiento ganadero de pastos arbustivos y residuos de cosecha de cultivos de cereal (rastros y barbechos) constituyen un modelo muy representativo de la España semiárida y seca. En esos entornos la escasez y bajo valor nutritivo de los recursos pastables de las tierras no cultivadas así como la incertidumbre de la producción agrícola debida a la escasez de precipitaciones y su alta variabilidad interanual y estacional dificulta la planificación del uso de esos recursos y afecta a la viabilidad técnica y económica de las explotaciones. Hace 20 años ya se proponían rotaciones de cultivos forrajeros adaptados a estos entornos agroclimáticos para mejorar su productividad y reducir la inseguridad en la gestión ganadera (Delgado *et al.*, 1996). Siguiendo esos criterios se diseñó una rotación de cultivos forrajeros adaptados a las condiciones agroclimáticas del secano del área mediterránea para su manejo en pastoreo y se desarrolló en la finca “El Serrón”, finca de referencia de sistemas de ovino en secano semiárido. Los objetivos de esa rotación son incrementar la oferta de recursos pastables y lograr una secuenciación razonable de los periodos de aprovechamiento en pastoreo. En esta comunicación se presentan los resultados de producción y calidad de 4 cultivos y las raciones de mantenimiento de ovejas obtenidas sobre cada cultivo durante siete años de seguimiento de la experiencia.

MATERIAL Y MÉTODOS

La experiencia se lleva a cabo en la finca El Serrón, en la ribera del Ebro de Navarra y comprende el seguimiento durante 7 años (2006-2012 incl.) del rendimiento de una rotación de cultivos forrajeros manejados en pastoreo. Durante el periodo de ensayo la precipitación anual media fue de 386,1 mm con dos periodos de precipitaciones bajas (primavera-otoño) y dos periodos secos (verano-invierno). La temperatura media anual fue de 13,9 °C y el periodo de aridez estival abarca desde el inicio de junio a mediados de septiembre. El índice ombrotérmico fue de 2,3 seco

inferior (Loidi y Báscones, 2006).

El diseño de la experiencia y los métodos empleados están recogidos en Mangado *et al.* (2009). La sucesión de cultivos forrajeros cada año fue: [lluejo (LR) (*Lolium rigidum* Gaud.) + veza (VS) (*Vicia sativa* L.)] ► cebada (HV) (*Hordeum vulgare* L.) ► [avena (AS) (*Avena sativa* L.) + guisante (PS) (*Pisum sativum* L.)] ► triticale (TT) (x *Triticosecale* Wittm.). En los cultivos asociados la proporción de granos en la dosis de siembra fue de 200 granos/m² de gramínea y 100 granos/m² de leguminosa. En la Figura 1 se presentan los periodos y la secuencia de los aprovechamientos de los cultivos en pastoreo.

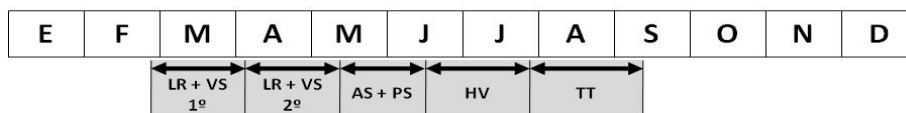


Figura 1. Secuencia de pastoreo de los 4 cultivos forrajeros.

Se excluyeron 3 zonas de pastoreo sobre cada parcela de cultivo y se segaron al finalizar su aprovechamiento. En los cultivos que se aprovechan en fase vegetativa (LR+VS / AS+PS) se pesó la producción en materia verde y se enviaron muestras al laboratorio para el análisis de los parámetros de calidad (materia seca, cenizas, proteína bruta, fibra bruta y fibra neutro detergente). En los cultivos que se aprovechan en fase de grano maduro (HV/TT) se separaron sus fracciones (grano/paja), se pesaron y se enviaron muestras al laboratorio para el análisis de materia seca, cenizas, proteína bruta, fibra bruta, grasa bruta y almidón en “grano” y materia seca, cenizas, proteína bruta y fibra bruta en “paja”.

Cada año el pastoreo se realizó con ovejas de la raza autóctona “navarra”, de 3-4 años de edad, vacías y de 50-60 kg de peso vivo. Los animales se pesaron al inicio de cada periodo de pastoreo y cada cinco días, a la misma hora, durante su estancia sobre el cultivo. El pastoreo se daba por finalizado cuando, tras su evolución durante el período de pastoreo, el peso medio de los animales se igualaba al peso de entrada. El potencial de producción animal de cada cultivo se midió en “raciones de mantenimiento” que son los días de estancia por el número de cabezas. La analítica de calidad se llevó a cabo en el laboratorio NASERTIC.

Todos los parámetros se analizaron mediante un análisis de varianza y contraste de medias (Duncan, prueba “t”) mediante el paquete PASW Statistics 18.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción vegetal y rotación

Los cultivos que se aprovechan en estado vegetativo (LR+VS, 1º y 2º pastoreo y AS+PS) se encontraban en distintas fases de crecimiento durante el periodo de pastoreo. LR+VS (1º) se aprovecha con un equilibrio entre gramínea y leguminosa que se corresponde con la proporción de granos en la dosis de siembra y ambas especies se encuentran en estado vegetativo. En LR+VS (2º) el lluejo, que rebrota bien tras el 1º pastoreo, se encuentra en fase desde inicio a pleno espigado mientras que la presencia de veza es baja dado que lo es su capacidad de rebrote tras la defoliación del 1º pastoreo. El cultivo de AS+PS se intercala entre los aprovechamientos de LR+VS 2º y de los cereales.

El momento de aprovechamiento fue variable a lo largo de los años, en función de la oferta de LR+VS que le precede en el pastoreo. Debido a ello en esta experiencia encontramos en el momento de pastoreo estados fenológicos para ambas especies que varían desde inicio de la



formación de grano a grano pastoso-duro. El rango de producciones registrado fue de 2520 a 9636 kg ms/ha, con coeficiente de variación de 39,1.

Tabla 1. Producción y calidad de los cultivos aprovechados en estado vegetativo.

	LR+VS 1º pastoreo	LR+VS 2º pastoreo	AS+PS
Producción (kg ms/ha)	3863 a	3526 a	5346 b
Materia seca (%)	19,5 a	37,0 b	54,6 c
Cenizas (% s/ms)	11,8 c	9,1 a	10,5 b
Proteína bruta (% s/ms)	15,4 b	11,8 a	10,8 a
Fibra bruta (% s/ms)	21,7 a	26,6 b	31,0 c
Fibra neutro detergente (% s/ms)	44,9 a	53,3 b	57,0 c

En la misma fila valores seguidos de letra distinta difieren significativamente ($p < 0,05$) Duncan; LR+VS: lluejo+veza; AS+PS: avena+guisante.

En la Tabla 1 se presentan los resultados en producción y calidad de los cultivos que se aprovechan en estado vegetativo. La producción de AS+PS fue significativamente superior a cada uno de los aprovechamientos de LR+VS por separado pero no a su adición. La materia seca y los contenidos en fibra bruta y paredes celulares se incrementaron, de forma estadísticamente significativa, conforme avanzaba la época del aprovechamiento, lo que implica que la digestibilidad de la oferta pascícola evolucione de forma descendente. El contenido en proteína bruta de LR+VS 1º fue significativamente superior al de los otros dos aprovechamientos debido a la mayor presencia de leguminosa respecto a LR+VS 2º y al estado vegetativo de ambas especies frente al estado reproductivo de las especies en AS+PS.

Tabla 2. Producción y calidad de los cultivos aprovechados en grano maduro.

	HV	TT	p-valor	sig.
Producción (kg ms/ha)	3095	2321	0,231	NS
Materia seca (%)	89,7	90,7	0,636	NS
Cenizas (% s/ms)	2,3	2,1	0,094	NS
Grano Proteína bruta (% s/ms)	11,7	14,7	0,080	NS
Fibra bruta (% s/ms)	5,2	3,4	0,001	**
Grasa bruta (% s/ms)	1,7	1,1	0,000	***
Almidón (% s/ms)	48,3	52,2	0,070	NS
Paja Materia seca (%)	84,0	85,8	0,569	NS
Cenizas (% s/ms)	6,8	6,0	0,267	NS
Proteína bruta (% s/ms)	7,0	6,4	0,622	NS
Fibra bruta (% s/ms)	34,9	36,7	0,391	NS

† Student * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$, NS: no significativa; HV: cebada; TT: triticale.

En la Tabla 2 se presentan los resultados de producción y calidad de los cultivos aprovechados en forma de grano maduro. La producción de grano de HV fue superior a la de TT, aunque no estadísticamente significativa. En los parámetros de calidad se encontraron diferencias estadísticamente significativas en fibra y grasa brutas (superior en HV) y tendencias a que los contenidos en proteína bruta y almidón de TT superen a los de HV. El menor contenido en fibra bruta de TT supuso una mayor digestibilidad de este frente a HV lo que unido a las tendencias de mayores contenidos en proteína bruta y almidón hicieron que el valor nutritivo de TT fuera superior al de HV. No se tuvo en cuenta el contenido en grasa bruta por el bajo valor que alcanza para ambos cultivos. En el caso de la paja, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los



parámetros de calidad en ambos cultivos.

Potencial de producción animal

En los cultivos que se aprovechan en estado vegetativo (Figura 2) encontramos que en el 1º pastoreo de LR+VS las raciones obtenidas superaron de forma significativa a las obtenidas en el 2º pastoreo de ese recurso, ocupando una posición intermedia las raciones obtenidas sobre AS+PS. Aunque no se encontraron diferencias significativas en la producción vegetal entre 1º y 2º aprovechamiento de LR+VS la diferencia entre las raciones obtenidas en el pastoreo de ambos recursos pudo deberse a la mejor calidad de 1º frente a 2º (Tabla 1).

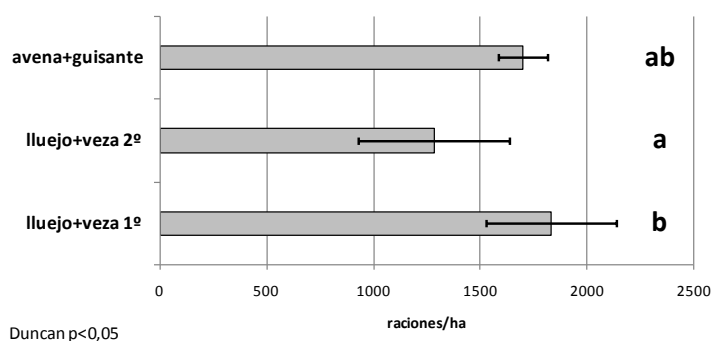


Figura 2. Raciones obtenidas sobre los recursos que se pastan en estado vegetativo (avena+guisante y lluejo+veza 1º y 2º) (media ± error estándar), las distintas letras presentan diferencias estadísticamente significativas (p<0,05).

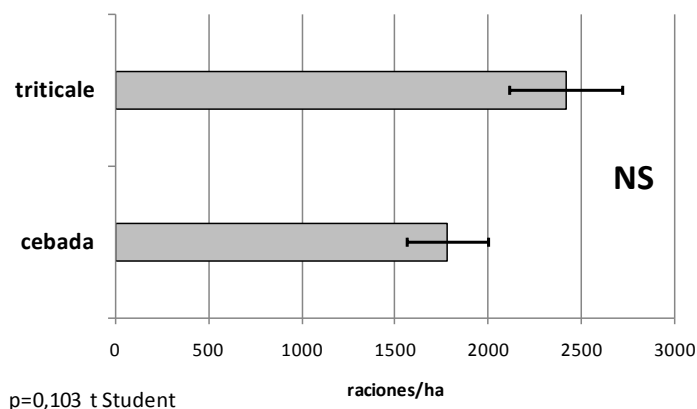


Figura 3. Raciones obtenidas sobre los cultivos que pastan en grano maduro (triticales y cebada) (media ± error estándar; NS: diferencias estadísticas no significativas).

Por otra parte, la producción vegetal significativamente superior de AS+PS no se tradujo en mayor número de raciones obtenidas en pastoreo ya que quedaba diluida por su menor calidad. En los cultivos que se pastan en estado de grano maduro, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las raciones obtenidas sobre ambos recursos (Figura 3).

Valderrábano (1991) indica que en el primer aprovechamiento en pastoreo de rastrojos de cereal las ovejas consumen la práctica totalidad de las espigas mientras que la diferencia de paja antes y después del paso del ganado no es significativa. Esto induce a considerar que en el pastoreo de cereales es el consumo de grano el que cubre las necesidades de mantenimiento de las ovejas, completando las necesidades de rumia con la ingesta de paja, que es un recurso más abundante que el grano. Por ello, en este caso, se buscó la correlación entre las raciones obtenidas en pastoreo y la producción de grano en HV y TT. En la Tabla 2 se muestra que la producción media de grano en HV

fue un 33 % superior a la de TT, sin embargo las raciones obtenidas en pastoreo sobre HV suponen el 74 % de las obtenidas sobre TT de forma que una ración obtenida en pastoreo sobre HV supone un consumo de 1,69 kg de grano mientras que sobre TT el consumo de grano se reduce a 0,96 kg/ración ($p=0,001$, t Student). Dos pueden ser las razones que explican esta diferencia: la primera la mayor calidad del grano de TT (superior contenido en almidón y proteína bruta y mayor digestibilidad) frente al grano de HV (Tabla 2), la segunda puede deberse a que la mayor robustez de la sujeción de la espiga de TT frente a HV hace que en el primer cultivo la práctica totalidad de la espiga y el grano quede en la parte apical de la planta hasta que es consumida por el ganado mientras que en HV, con una sujeción de la espiga más frágil, tanto las condiciones climáticas (vientos) como el propio tránsito del ganado hagan que una parte de las espigas caigan y queden ocultas en la masa vegetal, fuera del alcance de la oveja.

La diversidad tanto interanual como estacional de las precipitaciones en estos entornos se traduce en una alta variabilidad interanual en la producción vegetal y en las raciones obtenidas en pastoreo, permitiendo la búsqueda de correlaciones entre ambas series de datos. En la Figura 4 se presentan las relaciones encontradas para los cultivos que se aprovechan en estado vegetativo. La mejor correlación se encontró para LR+VS 1º ($R^2=0,6844$) mientras que en LR+VS 2º y AS+PS la correlación fue muy baja. La respuesta más eficiente en raciones obtenidas al incrementarse la producción vegetal se encontró en LR+VS 1º (2,33 kg ms/ración), siendo menor la respuesta en LR+VS 2º (3,6 kg ms/ración). En AS+PS los datos obtenidos no permitieron llegar a ninguna conclusión. En los cultivos aprovechados en estado de grano maduro (Figura 5) en ambos casos se encontraron buenas correlaciones entre la producción de grano y las raciones obtenidas (0,7238 en HV, 0,702 en TT), siendo más eficiente la respuesta en TT (1,49 kg grano/ración) que en HV (2,71 kg grano/ración).

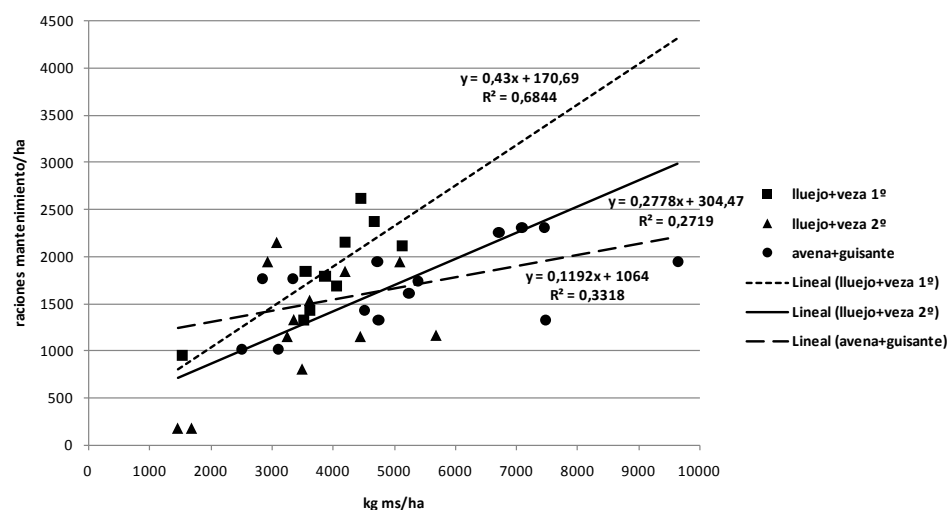


Figura 4. Correlación entre la producción vegetal y las raciones obtenidas sobre los cultivos que se pastan en estado vegetativo (avena+guisante y lluejo+veza 1º y 2º).

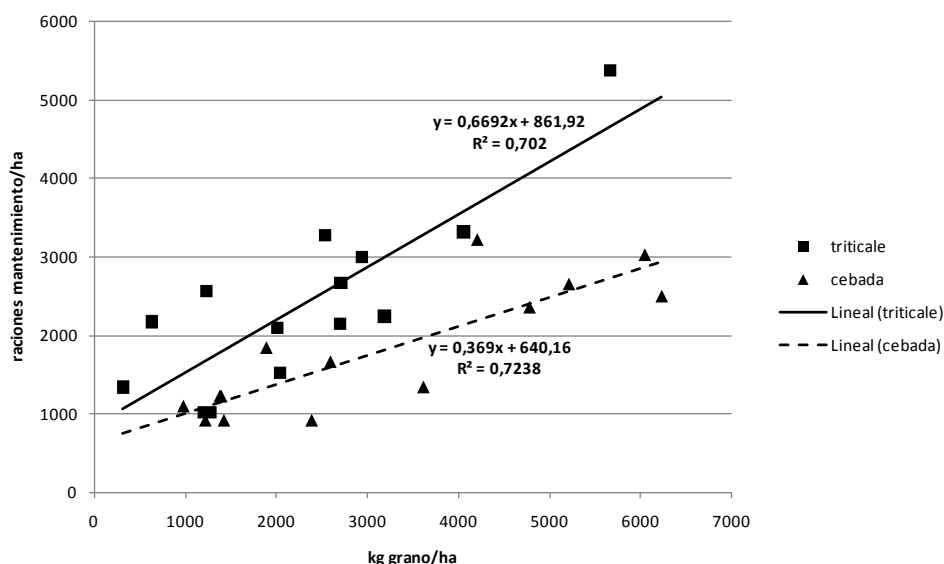


Figura 5. Correlación entre la producción vegetal y las raciones obtenidas sobre los cultivos que se pastan en estado de grano maduro (triticale y cebada).

CONCLUSIONES

Entre los cultivos ensayados por su adaptación al secano semiárido del valle del Ebro, los más productivos para su aprovechamiento en pastoreo con ovino fueron el triticale aprovechado en estado de grano maduro y la asociación lluejo+veza aprovechada en estado vegetativo. El cultivo asociado de avena+guisante resultó el menos productivo pero permitió cubrir el bache de oferta pascícola entre los aprovechamientos de ambos recursos y dar continuidad al periodo de pastoreo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DELGADO I., MUÑOZ F. Y ANDUEZA D. (1996) Alternativa forrajera a los secanos no competitivos. *ITEA*, **17**, 395-403.
- LOIDI J. Y BÁSCONES J.C. (2006) *Memoria del mapa de series de vegetación de Navarra*. Pamplona, España: Gobierno de Navarra.
- MANGADO J.M., AZPILICUETA J.P., OIARBIDE J. Y BARBERÍA A. (2009) Pastoreo de ovino sobre rotaciones forrajeras en secano semiárido en manejo convencional y ecológico. Costes económicos y ambientales. En: Reiné R. *et al.* (Eds) *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp. 479-485. Huesca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- VALDERRÁBANO J. (1991) Utilización de las rastrojeras de cereal por ganado ovino. En: Consejería de Agricultura de la Región de Murcia (Ed) *Pastoralismo en zonas áridas mediterráneas*, pp. 368-372. Murcia, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

FEED RATIONS OBTAINED BY SHEEP GRAZING ON A CROP ROTATION ADAPTED TO SEMIARID LAND IN NAVARRA (SPAIN)

SUMMARY

The results of a seven-year-long monitoring study of sheep grazing on a crop rotation adapted to the edaphoclimatic conditions of the Ebro valley are presented. The most productive crop was triticale, with state of mature grains producing 2415 maintenance rations/ha. The second most

productive crop was the combination of *Lolium rigidum* + vetch, grazed at the vegetative state of growth and producing a total of 1832 maintenance rations/ha. The barley grazed as mature grain only produced 1782 maintenance rations/ha because of the poorer quality of grain relative to triticale and to ear shedding. The combination of oats and pea grazed at immature grain stages was the least efficient and most variable crop in terms of sheep maintenance rations produced (1702 maintenance rations/ha), but was most useful for covering the grazing period between crops grazed at the vegetative state and crops grazed as mature grains.

Key words: maintenance rations, *Lolium rigidum* + vetch, oat + pea, barley, triticale.

DIMENSIONAMIENTO DE FOSAS DE PURÍN PARA OPTIMIZAR SU VALOR FERTILIZANTE EN EXPLOTACIONES DE VACUNO DE LECHE GALLEGAS

J.F. CASTRO, M.D. BÁEZ Y M.I. GARCÍA.

CIAM-INGACAL. Apdo. 10, 15080, A Coruña (España). juan.fernando.castro@xunta.es.

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar la capacidad de almacenamiento de las fosas de purín en las explotaciones de vacuno de leche gallegas y proponer mejoras para optimizar su gestión como abono. Los datos de las fosas se obtuvieron de la encuesta realizada para el proyecto INIA RTA2014-00086-C03-03, que clasifica las explotaciones en estratos, del 1 al 6, de menor a mayor cuota de leche disponible. Las fosas estaban cubiertas en un porcentaje que variaba desde el 75% al 42% para las explotaciones del estrato 3 y 6 respectivamente y la capacidad de almacenamiento variaba de 3,6 a 8,5 m³ UGM⁻¹ para las explotaciones del estrato 1 y 5 respectivamente.

En las explotaciones más grandes (estratos 4, 5 y 6), que poseían el 75 % de la cuota de leche, se recomienda cubrir y aumentar la capacidad de las fosas para almacenar el purín entre 5 y 6 meses, con un dimensionamiento de 14 m³ UGM⁻¹. El valor del N aprovechado supondría un ahorro medio de 1949, 1672 y 4163 € al año por explotación, siendo el coste de cubrición y ampliación de las fosas 1764, 15 237 y 37 942 € por explotación para los estratos 4, 5 y 6, respectivamente.

Palabras clave: nitrógeno, abono orgánico, eficiencia, buenas prácticas agrarias.

INTRODUCCIÓN

En el año 2013 las 11 884 explotaciones de vacuno gallegas tenían una cuota de leche de 2 359 millones de toneladas situándose en el puesto noveno de todas las regiones europeas. Galicia es la única de las 10 principales regiones europeas especializadas en la producción de leche (Eurostat, 2016), que no tiene zonas vulnerables y cumple la Directiva Nitratos (JRC, 2016), lo que simplifica el cumplimiento de los requisitos legales de la condicionalidad en las ayudas de la PAC, de tal forma que ciertas medidas de mejora de la gestión del purín podrían considerarse medidas agroambientales, al ir más allá de las exigencias básicas que impone el cumplimiento de la condicionalidad. La cubrición y la ampliación de las fosas se podrían considerar medidas agroambientales, ya que mejorarían la calidad del agua, al no tener que aplicar el purín en invierno, reducirían las emisiones de GEI asociadas a la fabricación industrial de fertilizantes químicos, y las de óxido nitroso, al disminuir o eliminar la aplicación al suelo de nitrógeno mineral.

Por otro lado habría que tener en cuenta que en Galicia la elevada pluviometría en el período de otoño-invierno dificulta las buenas prácticas en labores de aplicación del purín en relación a otras regiones productoras.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizó la información obtenida en la encuesta de explotaciones realizada para el proyecto INIA RTA2014-00086-C03-03 de la que se obtuvieron los datos que caracterizaron la gestión del purín. La encuesta fue realizada en una muestra aleatoria estratificada en 6 grupos de creciente cuota lechera, con una tasa de muestreo de 2,4. La población (n=11 884 explotaciones) fue dividida en seis estratos de cuota (Q), 1 (Q ≤ 25 t), 2 (25 t < Q ≤ 75 t), 3 (75 t < Q ≤ 175 t), 4 (175t < Q ≤ 325 t), 5 (325 t < Q ≤ 500) y 6 (Q > 500 t), que representan el 12%, 22%, 29%, 20%, 10% y 7 % de las explotaciones y el 1%, 6%, 18%, 24%, 20% y 31% de la cuota lechera, respectivamente.

Con los datos recogidos en la encuesta, junto con los datos climáticos y edáficos, se analizan las posibilidades y las mejores prácticas disponibles para la buena gestión del purín como abono.

En la Tabla 1 se presentan las características de las explotaciones gallegas, tomadas de la encuesta del año 2013, que son relevantes para la gestión del purín como abono, así como su peso sobre el total de la cuota y de la SAU gestionada por el conjunto de las explotaciones.

Tabla 1. Principales características de las explotaciones lecheras gallegas.

Estrato	SAU (ha)	%SAU pastoreo	%SAU maíz	UGM	UGM ha ⁻¹	L ha ⁻¹	% explotaciones	% cuota	%SAU
1	7,7	45	22	14,6	1,9	3621	12	1	4,4
2	10,9	42	26	17,4	1,6	5650	22	6	11,7
3	18,0	40	35	36,0	2,0	9038	29	18	25,9
4	25,1	21	42	55,2	2,2	11 283	20	24	24,1
5	32,2	9	49	74,1	2,3	13 621	10	20	15,0
6	52,5	3	57	147,0	2,8	18 898	7	31	19,0

Para el cálculo de las necesidades de almacenamiento del purín deberemos tener en cuenta tanto las condiciones edafoclimáticas de la zona como las características específicas de manejo de la explotación. Se estima un coste unitario medio de 30 euros por m³ de fosa de hormigón y 20 euros por m² de costes de cubrición. El valor fertilizante nitrogenado del purín, la producción de maíz forrajero y la dosis de abonado se obtuvieron del programa on-line RAX de recomendación de abonado con purines del CIAM (www.ciam.gal/raxgalv1/), elaborado teniendo en cuenta los resultados obtenidos en proyectos de investigación (García *et al.*, 2015).

Condiciones edafoclimáticas de la zona

Se considera que no se debería aplicar purín en aquellos períodos con:

a) Un alto grado de saturación del suelo, lo que desaconseja el tránsito de la maquinaria para evitar destruir la estructura del suelo, y favorece la contaminación de las aguas, tanto subterráneas (lixiviación) como superficiales (escorrentía), así como las emisiones de óxido nitroso.

b) Bajas temperaturas, que limitan el crecimiento vegetativo de los cultivos y por lo tanto el nitrógeno que contiene el purín no sería aprovechado.

Tabla 2. Características climáticas de las principales regiones europeas productoras de leche.

Zonas ambientales	T ^a >5 °C (días)	Precipitaciones (mm)		
		Otoño-Invierno	Primavera-Verano	Total
ATN	255	658	491	1149
ATC	296	437	389	826
CON	227	270	415	685
LUS	353	622	406	1028
GALICIA				
Melide	334	999	414	1413
Lugo	322	648	314	962
Lalín	345	821	314	1135

ATN: Atlántico Norte; Holstein y Wesser-Ems (Alemania); ATC: Atlántico Central; Irlanda del Sur, Normandía, Bretaña, (Francia); CON: Continental; Polonia; LUS: Lusitánica; Valle del Loira, Galicia.

En la Tabla 2 se describen las condiciones climatológicas en las principales regiones europeas



productoras de leche, siguiendo la clasificación empleada por Metzger *et al.* (2011): Atlántico Norte (ATN), Atlántico Central (ATC), Continental (CON) y Lusitánica (LUS), siendo en esta última donde se encuentran situadas las regiones de la Cordillera Cantábrica y Galicia. La región de Galicia se divide en tres zonas representativas de la producción lechera: Melide, Lugo y Lalín. Se puede observar que Galicia tiene unas condiciones más desfavorables para la aplicación del purín debido a la mayor pluviometría en el período de otoño-invierno, y a la menor pluviometría en el período de primavera-verano (sequía estival).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3 se clasifican los meses del año en función de la idoneidad para la aplicación de purín como abono. En el período de otoño-invierno las precipitaciones mensuales superan la evapotranspiración, con lo que el suelo alcanza un alto grado de saturación, aunque en el caso del cultivo de praderas se podría aplicar antes que otros cultivos, debido a la mayor evapotranspiración. En el verano no hay crecimiento por la sequía.

La elevada pluviometría en el período de otoño-invierno así como la sequía estival limitan en Galicia el período apto para la aplicación del purín como abono. Se debería almacenar el exceso de lluvia producida en otoño invierno para poder regar el maíz en el período estival y así aumentar el rendimiento forrajero.

Tabla 3. Idoneidad para la aplicación del purín en función del clima.

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
ATN	LT	LT						Rayado				
ATC		Rayado	Rayado						Rayado	Rayado		
CON	LT	LT	LT						Rayado	Rayado	Rayado	LT
LUS			Rayado	Rayado		LP			Rayado			
GAL			Rayado	Rayado			LP					

ATN: Atlántico Norte; Holstein y Wesser-Ems (Alemania); ATC: Atlántico Central; Irlanda del Sur, Normandía, Bretaña, (Francia); CON: Continental; Polonia; LUS: Lusitánica; Valle del Loira, Galicia; GAL: Galicia; LT: la media de temperaturas mínimas diarias es inferior a 0 °C; LP: la evapotranspiración supera a la pluviometría en más de 150 mm; Sombreado gris: meses no aptos para aplicar purín; Rayado: se puede aplicar en praderas pero no en otros cultivos; Blanco: meses aptos.

Datos específicos de cada explotación

Para el dimensionamiento de las fosas de purín son relevantes los siguientes factores productivos (Tabla 4): el número de cabezas de ganado expresadas en UGM, el tiempo que el ganado está dentro o fuera del establo, los cultivos y el manejo de la base territorial.

La cubrición de las fosas aumenta la capacidad real de almacenamiento del purín al evitar la entrada del agua de lluvia. En las fosas no cubiertas, con capacidad de almacenamiento de 5-6 meses, la lluvia disminuirá la MS del purín aproximadamente del 9% al 5%, para un purín de composición media en las condiciones pluviométricas de Galicia.

En cuanto al aprovechamiento de los nutrientes, la forma más eficiente de utilizar el N del purín es aplicarlo y enterrarlo inmediatamente, con grada o arado en las labores de preparación del terreno para el cultivo del maíz (abril-mayo), o después de cosecharlo (octubre) para lo cual se tendría que poder almacenar el purín durante 5-6 meses.

En la Tabla 5 se estima, en las condiciones de almacenamiento reflejadas en la Tabla 4, el nitrógeno almacenado y disponible para el abonado, en fosas cubiertas (60% de las fosas) o descubiertas (40%).



Tabla 4. Características relevantes de las explotaciones para el dimensionamiento de las fosas de purín.

Estrato	m ³	Área fosa (m ²)	% cubiertas	UGM	m ³ UGM ⁻¹	Pastoreo (% explotaciones)	Maíz (%SAU)
1	53	19,6	47	14,6	3,6	78	22
2	118	43,7	75	17,4	6,8	68	26
3	169	62,6	71	36,0	4,7	71	35
4	300	111,1	69	55,2	5,4	41	42
5	626	231,9	60	74,1	8,5	18	49
6	1041	385,6	42	147,0	7,1	5	57

Tabla 5. Estimación del nitrógeno disponible en el purín en función de las características de las fosas (encuesta de explotaciones CIAM, 2013).

Estrato	N ¹ disponible por explotación (UF)		
	SAU (ha)	Fosa Cubierta 9% MS	Fosa Descubierta 5% MS
1	7,7	181	101
2	10,9	404	224
3	18,0	578	321
4	25,1	1026	570
5	32,2	2141	1189
6	52,5	3560	1978

¹N disponible: se estima una materia seca del purín del 9 y del 5%, en fosas cubiertas o descubiertas respectivamente y una riqueza media de nitrógeno del 3,8% sobre materia seca; MS: materia seca.

En la Tabla 6 se estiman las hectáreas de maíz que se podrían abonar sólo con purín en la hipótesis de que se cubrieran y se hubiera ampliado el tamaño de las fosas para un periodo de almacenamiento de 6 meses (14m³ UGM⁻¹), y se comparan con las fosas descritas en la encuesta del proyecto INIA RTA-2012-00065-C05-02.

Tabla 6. Hectáreas de maíz que se podrían abonar con el N del purín, sin ampliar las fosas (año 2013), y si se cubrieran y ampliaran para 6 meses (dimensión óptima).

Estrato	Nº explotaciones	Dimensión 2013 m ³ UGM ⁻¹	Maíz ¹ ha	Dimensión óptima m ³ UGM ⁻¹	Maíz ha	Diferencia
4	2338	5,4	13 246	14	34 342	21 096
5	1133	8,5	13 551	14	22 320	8769
6	881	7,1	17 470	14	34 449	16 978
		TOTAL	44 268	TOTAL	91 111	46 843

¹Se calculan las hectáreas que se podrían abonar sólo con purín para una dosis media de abonado de 180 kg de N ha⁻¹ y cuando el purín sea enterrado inmediatamente.

En la Tabla 7 se calcula el ahorro anual en la compra de abonos nitrogenados minerales que supondría la ampliación de las fosas de purín a seis meses en las explotaciones que poseían en el año 2013 el 75% de la cuota de leche de Galicia (estratos 4, 5 y 6 de la encuesta de explotaciones de leche).



Tabla 7. Estimación del ahorro anual en la compra de fertilizantes minerales nitrogenados.

Estrato	Nº explotaciones	Ahorro anual (€)	
		Explotación	Total de explotaciones
4	2338	1949	4 556 661
5	1133	1672	1 894 016
6	881	4163	3 667 327
		TOTAL	10 118 004

Cálculo de costes de ampliación y cubrición de fosas

Como estrategia se prioriza la adecuación de las fosas de aquellas explotaciones que por su dimensión (nº de UGM > 50), pueden tener un impacto significativo sobre la mejora del medio ambiente, que son las explotaciones de los estratos más intensivos (4, 5 y 6).

Tabla 8. Estimación de los costes de cubrición y ampliación de fosas de purín a 6 meses.

Estrato	Ampliación (m ³)	Coste por explotación			Coste total explotaciones (1000 euros)	
		Ampliación	Cubrición	Total	Ampliación	Ampliación y cubrición
4	8,6	14 247	3518	17 764	33 309	41 533
5	5,5	12 220	3017	15 237	13 845	17 264
6	6,9	30 429	7513	37 942	26 808	33 427
				TOTAL	73 962	92 224

Estrategias de dimensionamiento de las fosas en función del tipo de manejo de la explotación***Explotaciones intensivas***

Para las explotaciones intensivas (estratos 4, 5 y 6), sin pastoreo, con cargas ganaderas mayores que 2 UGM ha⁻¹, donde las labores del maíz permiten aplicar y enterrar purín grueso (alto grado de materia seca), se recomienda cubrir las fosas un período de almacenamiento de 6 meses para poder aportar el purín, en abril o mayo, en el abonado del maíz. Esta estrategia obliga a realizar un cálculo de dimensionamiento de 13-14 m³ UGM⁻¹, este volumen se podrá disminuir en función del tiempo que el ganado esté fuera del establo.

Explotaciones extensivas

Para las explotaciones extensivas (estratos 1, 2 y 3), con pastoreo, con carga ganadera menor de 2 UGM ha⁻¹, y donde las praderas son el cultivo principal, se recomienda calcular el tiempo que el ganado está dentro del establo y no cubrir las fosas para que el purín esté diluido (máximo un 6% de MS) para así mejorar la infiltración y minimizar las pérdidas de nitrógeno amoniacal. Con esta dilución también se evitará que se forme costra superficial en la pradera (sólo será necesario cubrir las fosas en zonas de alta pluviometría como es la zona atlántica de Galicia). Con esta estrategia el período de almacenamiento debería ser de 4-5 meses, para evitar los períodos no apropiados de aplicación, y la fosa se debería dimensionar para un cálculo de 9-10 m³ UGM⁻¹ (en fosas cubiertas), debiendo aumentar la capacidad en función de la pluviometría local de la zona en las fosas descubiertas.

CONCLUSIONES

Dada la variabilidad de clima y suelo de Galicia, cada explotación deberá dimensionar su fosa de purín en función de su manejo particular y condiciones edafoclimáticas.

En general en las explotaciones intensivas sin pastoreo, con cargas ganaderas mayores de 2 UGM ha⁻¹, donde el maíz es el cultivo principal, se recomienda cubrir las fosas y dimensionarlas con



13-14 m³ UGM⁻¹, lo que permitiría almacenar las heces, orina, aguas de limpieza de la sala de ordeño, lechería y espera, durante un período de 6 meses.

Para las explotaciones extensivas, con pastoreo, con cargas ganaderas menores de 2 UGM ha⁻¹, donde las praderas son el cultivo principal, en general, no será necesario cubrir las fosas para que el purín esté diluido (máximo de un 6% de MS) y se pueda infiltrar en el suelo rápidamente para minimizar las pérdidas de nitrógeno amoniacal, evitando que se forme costra. En estas explotaciones sólo será necesario cubrir las fosas en zonas de alta pluviometría, como es la zona atlántica de Galicia, en cuyo caso la fosa debería dimensionarse con 9-10 m³ UGM⁻¹ (en fosas cubiertas, debiendo aumentar la capacidad en función de la pluviometría local en las fosas descubiertas), lo que permitiría un período de almacenamiento de 4-5 meses. Los costes medios de ampliación y cubrición de las fosas, teniendo en cuenta sólo las explotaciones más grandes e intensivas (estratos, 4, 5 y 6), sería de 17 764, 15 237 y 37 942 euros por explotación, respectivamente.

Dado que Galicia cumple la directiva nitratos, la cubrición y ampliación de las fosas se podrían considerar como medidas agroambientales y financiar a través del nuevo PDR 2014-2020, con ayudas de hasta el 80% de los gastos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la información aportada por la encuesta de explotaciones de vacuno de leche realizada por los investigadores del proyecto INIA: RTA-2012-00065-C05-02.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EUROSTAT (2016) <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>.

GARCÍA M.I., BÁEZ D., CASTRO J. Y GILSANZ C. (2015) La aplicación web RAX de Recomendación de Abonado con Purín en el maíz forrajero. *Afriga*, **115**, 132-140.

INIA: RTA-2012-00065-C05-02. Evaluación de nuevas leguminosas anuales del género *Trifolium* y de mejores prácticas de manejo en las rotaciones forrajeras con maíz para la producción de ensilados en la Cornisa Cantábrica y Galicia.

JOINT RESEARCH CENTER (2016) GIS web tools and web services FATE Maps - Nitrates Directive EU27, Nitrate Vulnerable.

METZGER M.J., SHKARUBA A.D., JONGMAN R.H.G. Y BUNCE R.G.H. (2011) Descriptions of the european environmental zones and strata-Report. Wageningen, The Netherlands: WUR-Alterra.

SIZING SLURRY PITS TO OPTIMIZE THEIR FERTILIZER VALUE IN GALICIA DAIRY FARMS

SUMMARY

The aim of this work was to evaluate the storage capacity of slurry pits in the Galician dairy farms and propose improvements to optimise his management as fertilizer.

Pits data were obtained from the survey conducted for the INIA RTA2014-00086-C03-03 project, which classifies farms into strata, from 1 to 6, from lowest to highest quota of milk available. According to the data the pits were covered in a percentage that varied from 75% to 42% for the dairy farms of the strata 3 and 6, respectively. The sized varied from a minimum of 3.6 m³ UGM⁻¹ to a maximum of 8.5 m³ UGM⁻¹ for the dairy farms of the strata 1 and 5, respectively.

In the most intensive farms (strata 4, 5 and 6), that possessed the 75% of the Galician milk quota, it is recommended to cover and increase the capacity of the slurry pits to be able to store the

slurry between 5 and 6 months, what involves a sizing $14 \text{ m}^3 \text{ UGM}^{-1}$. The value of nitrogen taken advantage would average saving of 1949, 1672, and 4163 € to the year being the cost of cover and increase of the pits, 17 764, 15 237 and 37 942 € by dairy farm, for the strata 4, 5 and 6 respectively. Since Galicia fulfils the Nitrates Directive, cover and increase of the slurry pits could consider like agro environment measures.

Key words: nitrogen, organic fertilizer, efficiency, best agricultural management practices.



Sistemas y Recursos Silvopastorales

SISTEMAS SILVOPASTORALES EN GALICIA Y SU VINCULACIÓN A LA POLÍTICA EUROPEA

M.R. MOSQUERA-LOSADA Y A. RIGUEIRO RODRÍGUEZ.

Departamento de Producción Vegetal. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela.
mrosa.mosquera.losada@usc.es; antonio.rigueiro@usc.es.

INTRODUCCIÓN

Galicia es una región perteneciente a la región biogeográfica Atlántica, pero que, a diferencia del resto de las zonas de Europa pertenecientes a esta región, presenta de forma habitual una sequía de verano más o menos prolongada (Mosquera-Losada y González Rodríguez, 1999). Este período de sequía hace necesario realizar previsiones en las explotaciones para cubrir las necesidades de la cabaña ganadera y en donde las prácticas agroforestales pueden jugar un papel importante para gestionar el rebaño de forma sostenible. De no ser así, las explotaciones tienen que basar su producción en recursos externos, que llegan a suponer el 50% de los costes de producción de las granjas. El objetivo de esta ponencia es analizar el potencial de las prácticas agroforestales en Galicia y como la Política Agraria Común ha contribuido o puede contribuir a su extensión.

USO Y GESTIÓN DEL TERRITORIO EN GALICIA

Galicia es una región forestal, en la que el terreno arbolado ocupa 2,03 millones de hectáreas que representa un 69% del territorio (4 Inventario Forestal Nacional (IFN4). De los poco más de dos millones de hectáreas de terreno forestal gallego, cerca del 26,76% está ocupado por pastos arbustivos que en muchos casos no están asociados a pastoreo con animales domésticos (IFN4). La superficie destinada a cultivos representa un 11,53% de Galicia, y dentro de ella el 78,5% está ocupada por cultivos forrajeros, principalmente maíz, que sirve para cubrir las necesidades de alimento originadas por la sequía de verano y el frío en invierno. Los cultivos leñosos representan el 0,66% de la superficie gallega de las que cerca del 60% se asocia a frutales y el 40% a viñedo.

Atendiendo al uso del territorio, Galicia es una región ganadera con cerca de 700 000 animales de ganado vacuno (73% leche y 26% carne), 211 198 efectivos de ganado ovino y 48 335 cabras. Existen además otros tipos de ganadería que están vinculadas al medio rural gallego como es el caso de los 1300 ejemplares de caballo pura raza gallega o el cerdo celta que pastorea en los montes gallegos, además de las 5 razas autóctonas de bovino que pueden asociarse a áreas arbustivas como son la Limiá, Frieiresa, Cachena, Caldelá y Vianesa con 892, 845, 5049, 1460 y 2563 ejemplares.

A pesar del enorme potencial que hay en Galicia para implementar sistemas silvopastorales, el uso a escala de parcela está muy limitado tanto en las parcelas agrícolas como en las forestales. No hay una clara y deliberada integración del árbol como recurso alimenticio del animal en el caso de las parcelas agrícolas, en las que sin embargo, la presencia del arbolado de forma aislada o formando parte de setos vivos es bastante común. Por otra parte, el pastoreo en las masas arboladas es más bien escaso, a pesar de los importantes servicios ecosistémicos que esta práctica puede proporcionar en estos montes. No obstante, Galicia es un área que, a escala de paisaje, puede considerarse agroforestal, ya que hay una integración del componente leñoso y agrícola a escala territorial, que en definitiva se beneficia de los innumerables servicios ecosistémicos que esta mezcla supone en relación a la calidad de aguas, velocidad del viento, control de la erosión, etc.

LOS SISTEMAS SILVOPASTORALES EN GALICIA

Zona forestal

La superficie arbolada de Galicia no está mayoritariamente pastoreada en la actualidad, por lo tanto el grado de implementación de sistemas silvopastorales es más bien escaso. Factores como el envejecimiento de la población rural, asociada a la falta de mano de obra y su elevado coste y el minifundismo de la región gallega limita la implementación de este tipo de sistemas en gran parte de nuestra región. No obstante, este pastoreo podría potenciarse en las casi 700 000 hectáreas ocupadas por los montes vecinales en mano común, cuya superficie media es de 237 hectáreas. El empleo de sistemas silvopastorales en estas zonas mediante la introducción de ganado doméstico, contribuiría por una parte a aumentar su productividad, cifrada en un 25% en el caso de masas de pino radiata, gracias a la producción de carne, pero también a que reduce los costes de producción de estas masas, puesto que evita los desbroces, facilita actividades selvícolas como la poda y fomenta la ejecución de claras. Experiencias desarrolladas en masas de pino radiata en Galicia, han demostrado que además el pastoreo favorece el aumento de la biodiversidad, sobre todo si éste es rotacional (Rigueiro-Rodríguez *et al.*, 2009). El desbroce biológico, además de ser menos costoso que el desbroce convencional, presenta unos efectos más prolongados sobre la capacidad de rebrote de las especies arbustivas, contribuyendo al establecimiento de una cubierta herbácea, de mayor capacidad productiva y calidad como alimento para el ganado.

La especie forestal define el marco de compatibilidad de las masas forestales con las actividades agrícolas, fundamentalmente por su capacidad de crecimiento y las características intrínsecas de la especie en cuanto a la capacidad física de interceptar la luz (Rigueiro *et al.*, 2009). Especies de crecimiento rápido como el eucalipto reducen el tiempo en el que se alcanza la cobertura forestal total, pero deja pasar una gran cantidad de luz al sotobosque por la disposición de sus hojas, si bien sus efectos alelopáticos limitan el desarrollo de especies de potencial forrajero en la región. Especies con turnos de corta intermedio, como el pino, (i) retrasan el período de tiempo en el que se alcanza la cobertura total en comparación con el eucalipto, resultando más adecuadas para la producción de pasto, pero, una vez que se produce el cierre de copas, se (ii) produce una mortandad masiva de acículas que se deposita a modo de mantillo en el suelo e (iii) impide durante un período prolongado de tiempo el desarrollo de especies herbáceas. Sin embargo, una vez que la mayor parte de las acículas son depositadas en el suelo, se incrementa la cantidad de luz que llega al sotobosque, favoreciendo la productividad y crecimiento de especies arbustivas de alto riesgo de incendio, si no se realiza un pastoreo adecuado. Finalmente, los bosques de roble o de masas mixtas caducifolias, presentan un período de crecimiento inicial prolongado, por lo que se tarda más tiempo en producirse el cierre de copas, y permite un aprovechamiento silvopastoral óptimo y perfectamente compatible durante este período. Una vez que se produce el cierre de copas, el desarrollo de pasto herbáceo o arbustivo es mucho más limitado que en el caso de las especies previamente mencionadas por la reducida cantidad de luz que llega al sotobosque, sobre todo durante el período de primavera o por la cantidad de hojarasca que se deposita en el otoño. Sin embargo, la producción de fruto de estas masas (bellota, castaña), permite que durante el período de otoño exista una cabaña ganadera de porcino que genera productos cárnicos de elevada calidad.

Zona agrícola

En la actualidad no existe un uso claro del componente leñoso en las superficies arables gallegas. Sin embargo, es común encontrar árboles dispersos y setos vivos en ellas. La existencia del

paisaje agroforestal gallego, en el que se entremezclan zonas forestales y agrícolas limita los efectos negativos de la escasa presencia de componente leñoso existente en otras zonas atlánticas europeas como es el caso de Holanda, Irlanda o Bélgica en donde es común encontrarse con notables problemas relacionados con la elevada presencia de nitratos en las aguas. En relación a la superficie asociada a los pastos permanentes que están en uso, están constituidos fundamentalmente por especies herbáceas, debido a la importante cabaña ganadera de ganado bovino (Frisona y Rubia Gallega fundamentalmente) de menor potencial ramoneador.

LA POLÍTICA AGRARIA COMÚN Y LOS SISTEMAS AGROFORESTALES EN GALICIA

La PAC ha sido modificada de forma sustancial en los últimos años con el objeto de adaptar los sistemas agrícolas a los estándares de sostenibilidad promovidos por la FAO desde la Agenda 21. En un principio, se realizaban pagos a la actividad agrícola identificada por la generación de productos, son los pagos acoplados. Hoy en día, estamos en un proceso de transición de la PAC en el que los pagos pasan de asociarse a la producción de determinados productos a superficies de uso. La PAC está asociada siempre a una actividad agrícola, que la persona receptora de la ayuda debe demostrar, además de poseer el derecho de pago. El derecho de pago debe asociarse a una superficie de uso agrícola que, a su vez, debe cumplir una serie de condiciones. Estas condiciones están determinadas por la llamada “condicionalidad”, el Pilar I y el Pilar II.

Condicionabilidad

La condicionalidad implica el cumplimiento de una serie de requisitos identificados como Requisitos legales de gestión (normas comunitarias y estatales) y buenas condiciones agrarias y medio ambientales identificadas en el RD 1078/2014, de entre las que el componente leñoso (setos, grupos de árboles) se protege durante el período de cría y reproducción de árboles. En otros países hay una protección expresa a árboles aislados.

Pilar I

El Pilar I es el pilar vinculado a la producción agrícola, y en principio los terrenos forestales no pueden acogerse a él, salvo excepciones. La recepción del pago básico se vincula al Pilar I, en el que el concepto de elegibilidad es de suma importancia. Este concepto está vinculado a tres tipos diferenciados de superficies, el primero es la zona arable o tierra de cultivo, el segundo es la de pasto permanente y el tercero es la zona de cultivo permanente. La elegibilidad de la zona arable, está limitada por una densidad arbórea máxima, que se asocia a 100 árboles por hectárea como máximo por la Unión Europea. Estos 100 árboles son árboles adultos ya que se vinculan sólo a árboles con más de 4 metros de diámetro de copa. Sin embargo, en muchos países miembros esta densidad se asocia a masas jóvenes, limitando por lo tanto la presencia de arbolado en terrenos agrícolas. En nuestro caso esto tiene suma importancia en comunidades autónomas como la de Castilla León. La elegibilidad de la zona de pasto permanente, podría haber seguido la determinada para la zona arable si atendemos a la normativa europea, pero en España se decidió el cómputo, siguiendo un sistema de prorrateo, en el que la presencia del componente leñoso descuenta retribución de forma porcentual a la superficie que ocupa. España, y por tanto Galicia, ha seguido este último modelo, contribuyendo a una disminución notable de las retribuciones asociadas a estas superficies, en relación directa a la presencia del componente leñoso, generando no pocos conflictos con los agricultores. El empleo del concepto de “prácticas locales establecidas” se hace esencial para que la elegibilidad total de estas zonas y por tanto la retribución al ganadero no se vea restringida o la

destrucción del componente leñoso no se vea potenciada. Las áreas de cultivo permanente son completamente elegibles para la PAC independientemente de la presencia del componente leñoso. Estas integran los cultivos arbóreos que pueden ser tratados a monte bajo dependiendo de dos conceptos la densidad mínima de plantación y el período máximo de cosecha.

Pilar II

Del Pilar II y durante la PAC 2007-2013, Galicia no activó medidas que pueden ser de gran importancia para la región vinculadas al establecimiento de sistemas agroforestales (medida 222) o la medida de pastoreo en zonas forestales, ambas muy necesarias para paliar los efectos devastadores en la zona de mayor incidencia de incendios de Europa. Solamente las medidas 111, 122 y 323 se asociaron al pago de pastoreo de montaña (con un porcentaje de ejecución inferior al 65%), la 214 al pastoreo de zonas de cultivos permanentes (porcentaje de ejecución próximo al 80%), 216 a los setos vivos (porcentaje de ejecución del 50%), 226 a la presencia de bosquetes (porcentaje de ejecución del 88%) y la 214 al fomento de la apicultura (porcentaje de ejecución del 50%) como forma de sistema agroforestal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MOSQUERA-LOSADA R. Y GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ A. (1999) Pasture production in Northern Spain dairy systems. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, **42**, 125-132.
- RIGUEIRO-RODRÍGUEZ A., FERNÁNDEZ-NÚÑEZ E., GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ P., McADAM J.H. Y MOSQUERA-LOSADA M.R. (2009) Agroforestry systems in Europe: Productive, Ecological and Social Perspectives. En: Rigueiro-Rodríguez A. *et al.* (Eds) *Agroforestry in Europe. Current Status and Future Prospects*, pp 43-66. Springer.

INTEGRACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS PASTOS DE MONTAÑA DEL NORTE PENINSULAR

J. BUSQUÉ¹, R. ROSA GARCÍA², R. CELAYA², I. ALBIZU³, N. ALDAI⁴, J. ALDAZ⁵, F.J. SESMA⁶, D. SOLA⁷, K. OSORO² Y OTROS DEL GPMN[†].

¹Centro de Investigación y Formación Agrarias. Cantabria. juanbusque@cifacantabria.org. ²Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Asturias. ³NEIKER-Tecnalia. Instituto Vasco de I+D Agrario. ⁴Facultad de Farmacia. Universidad del País Vasco (UPV/EHU). ⁵Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA, S.A.). ⁶Fundación HAZI de Desarrollo Rural, Litoral y Alimentario. Gobierno Vasco. ⁷Gobierno de Navarra.

RESUMEN

Los pastos de montaña del norte peninsular y su ganadería extensiva asociada comparten unas características y problemáticas similares que han sido estudiadas en las últimas décadas de forma fragmentada por múltiples equipos técnicos y científicos próximos, pero relativamente aislados entre sí. Recientemente se ha creado un grupo de expertos de distintas regiones y centros del norte de España para integrar los trabajos realizados y buscar conjuntamente soluciones a la actual tendencia de degradación y abandono en estos agro-ecosistemas. La primera labor de este grupo ha sido organizarse entorno a unos bloques temáticos (producción y calidad pascícola, suelos y biodiversidad, tipos de vegetación, comportamiento y rendimiento animal, calidad de productos y socioeconomía y servicios ecosistémicos) que agrupan aspectos clave para conocer y gestionar adecuadamente los pastos de montaña. Posteriormente se implementó una base de datos para recoger de forma estructurada la información de trabajos ya realizados, permitiendo así evaluar los conocimientos disponibles y las lagunas existentes. Aunque aún quedan muchos trabajos por incorporar, los 266 incluidos han servido para generar una estadística preliminar general y por bloques temáticos que ha permitido identificar las lagunas de información más evidentes. Estos aspectos se detallan de forma resumida en esta comunicación.

Palabras clave: base de datos, bloques temáticos, lagunas de conocimiento.

INTRODUCCIÓN

Los pastos de montaña son agro-ecosistemas ampliamente representados en la Cordillera Cantábrica y Pirineos. Su uso histórico y actual, basado principalmente en el aprovechamiento en pastoreo por una ganadería extensiva, es bastante similar en todo este territorio, al compartir condiciones ecológicas y culturales semejantes (Montserrat y Fillat, 1990). Actualmente todos también comparten en mayor o menor grado una dinámica de abandono de las actividades tradicionales, que trae consigo, no sólo una imparable pérdida del patrimonio cultural, sino también una creciente matorralización y multitud de problemas asociados: embastecimiento del pasto, mayor incidencia de incendios, mayores riesgos de depredación, pérdida de biodiversidad y de mosaicos paisajísticos, etc.

La investigación sobre diversos aspectos de estos sistemas ganaderos en las últimas décadas es amplia, pero ha discurrido, en general, de forma aislada entre equipos, normalmente pequeños, de distintas administraciones territoriales e instituciones. Partiendo de la premisa de que para

[†] Otros del GPMN (Grupo de Pastos de Montaña del Norte): M. Aurtenetxe (UPV/EHU), A. Bernués (CITA), I. Casasús (CITA), J.F. Castro (CIAM), S. Crecente (CIAM), V. Ferrer (Belardi), G. Maestro (CIFA), N. Mandaluniz (NEIKER), J.M. Mangado (INTIA), A. Martínez (SERIDA), S. Mendarte (NEIKER), A. Ortubai (HAZI), R. Posado (ITACYL), E. Serrano (CIFA), T. Rodríguez-Ortega (CITA) y R. Ruíz (NEIKER).

afrontar los problemas existentes y proponer soluciones robustas se deben juntar conocimientos y esfuerzos de múltiples disciplinas, en 2014 se creó un grupo de trabajo de expertos con el objetivo de aunar esfuerzos para apoyar científicamente posibles propuestas de gestión sostenible de pastos de montaña del norte de la Península Ibérica. Como medida inicial, este grupo se propuso recopilar de forma estructurada la información científico-técnica existente, organizada según bloques temáticos interrelacionados. Esta recopilación permitió sintetizar el estado del conocimiento y las lagunas existentes, pero también analizar la manera de utilizar esta información en actuaciones encaminadas a revertir los actuales desequilibrios en el uso de estos recursos naturales. Estos objetivos se plantearon dentro de una Acción Complementaria del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), a la cual se sumaron la mayoría de expertos en el tema del área geográfica. En este trabajo se resumen los resultados de esta Acción Complementaria.

MATERIAL Y MÉTODOS

Recopilación estructurada de información

De cara a que la información escrita existente, publicada o no, pueda ser analizada en conjunto, se creó una base de datos que, además de dejar constancia de los datos de referencia de los trabajos (autores, título, año de publicación, etc.), permitiera definir de forma precisa su localización y los tipos de pastos y herbívoros objeto de estudio, así como las variables medidas.

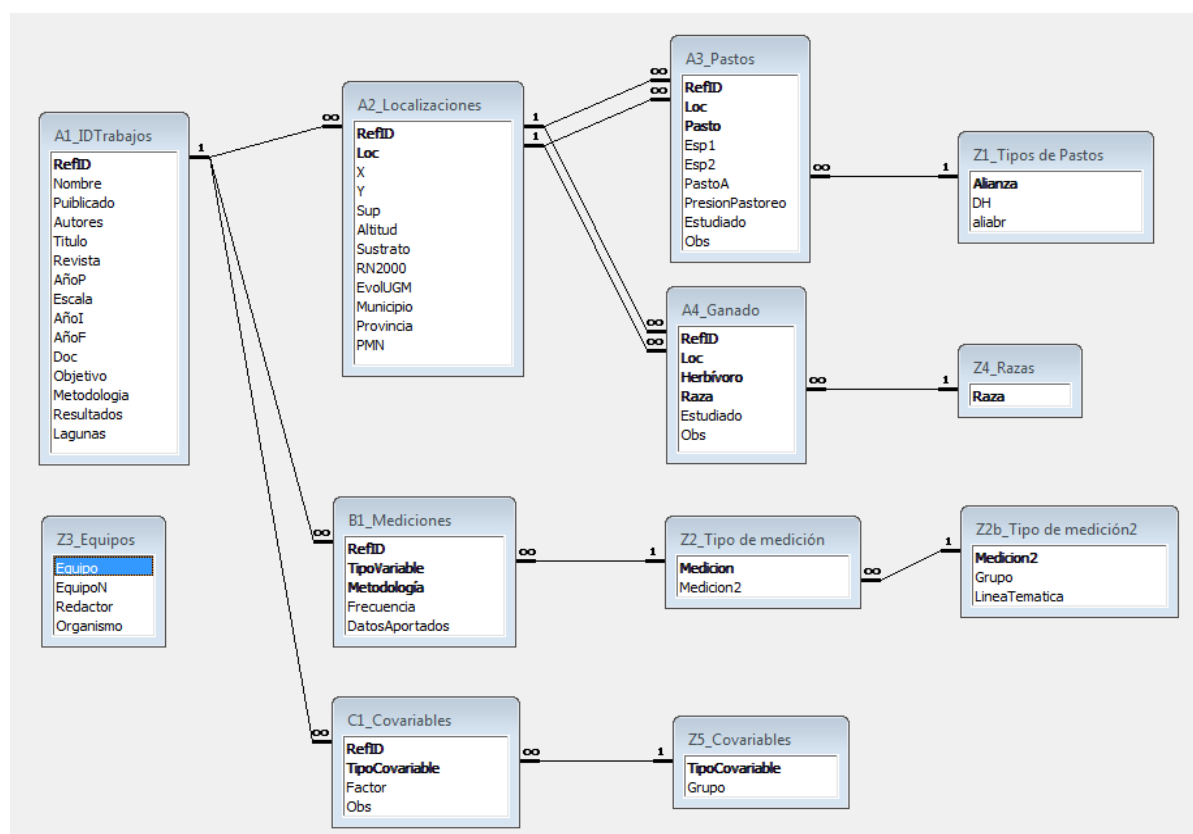


Figura 1. Estructura de la base de datos creada (Microsoft Access) y relación entre los campos de las tablas.

Estas variables, agrupadas en tipos, se asignan a uno de seis bloques temáticos previamente definidos: producción y calidad pascícola, suelos y biodiversidad, tipos de vegetación, comportamiento y rendimiento animal, calidad de productos y socioeconomía y servicios

ecosistémicos. La estructura de la base de datos relacional (Figura 1) contempla una tabla con los datos de referencia de cada trabajo (*A1_IDTrabajos*). A cada trabajo se le puede asignar una o varias localizaciones (Tabla *A2_Localizaciones*), mediciones (Tabla *B1_Mediciones*) y covariables consideradas (Tabla *C1_Covariables*). Por su parte, en el caso habitual de asignar localizaciones a un trabajo, ligadas a éstas se puede aportar información sobre los tipos de pastos (Tabla *A3_Pastos*) y de ganado (Tabla *A4_Ganado*) existentes y estudiados en cada una de ellas. La incorporación, edición y consulta de la información de cada trabajo se facilita mediante la creación de un formulario que integra todas las tablas (Figura 2).

Análisis de la información

La información recopilada en la base de datos se ha analizado, tanto de forma global como por bloques temáticos, con el objetivo de elaborar fichas descriptivas. Cada ficha de bloque temático contiene estadísticas descriptivas de los siguientes aspectos:

- Trabajos: número, nº medio de tipos de variables medidas por trabajo, nº de autores, nº medio de autores por trabajo, nº de trabajos por año.
- Localizaciones: nº de localidades diferentes, nº de provincias representadas, mapa con los puntos de las localizaciones, distribución de los trabajos por altitud, por tipo de sustrato geológico, por inclusión o no en Red Natura 2000 y por evolución en su carga ganadera.
- Pastos: nº de trabajos por alianza fitosociológica.
- Ganado: nº de trabajos según el tipo de ganado, considerando tanto la especie como la raza; nº de trabajos según el número referenciado de especies de ganado diferentes.
- Mediciones: nº de trabajos con datos sobre las mediciones asignadas al bloque temático; tipos de covariables estudiadas en cada medición.

Estas estadísticas se han calculado mediante consultas a las tablas de la base de datos utilizando la librería *data.table* (Dowle *et al.*, 2014) de R (R core team, 2015), y su integración en *R Markdown* (<http://rmarkdown.rstudio.com/>) para la creación de informes automáticos. El empleo de estas estadísticas ha servido para evaluar el estado del conocimiento y las lagunas de información existentes sobre nuestros pastos y ganado.

The screenshot shows a complex web form for data entry. Key sections include:

- Título:** A text area for the title, with a placeholder: "Estructura, crecimiento y aprovechamiento de pastos de puerto cantábrico invadidos o no por lecherina (*Euphorbia polygalifolia*)".
- Autores:** A text field with "Busqué J.; Méndez S.; Fernández B.".
- Publicación:** A text field with "Pastos 23: 283-304".
- Año de Publicación:** A text field with "2003".
- Localizaciones:** A section with fields for "Localidad" (Sejos), "Superficie (has)" (2000), "Altitud" (1600), "Sustrato" (silíceo), "RN2000" (Si), "Evol UGM", "Municipio" (Mancomunidad Campoo-Cabuézniga), and "Provincia" (Cantabria).
- PASTOS:** A table with columns: Pasto, Esp1, Esp2, Alianza, PresionPasto, Estudiado. It lists "Festuca-Agrostis-f Festuca r Agrostis ca Nardion strictae" and "Lecherina Euphorbia Agrostis ca Nardion strictae".
- GANADO:** A table with columns: Herbívoro, Raza, Estudiado, Obs. It lists "Equino eq Hispano-B", "Equino eq Indefinido", "Vacuno de carne vc Asturiana c", "Vacuno de carne vc Limusina", "Vacuno de carne vc Mestiza", and "Vacuno de carne vc Tudanca".
- VARIABLES MEDIDAS:** A section for selecting measurement variables like "Ci.Precipitación", "Ci.Temperature del aire", and "P.Aprovechamiento de pasto (UP)".
- COVARIABLES:** A table with columns: TipoCovariable, Factor, Obs. It lists "P Tipo de pasto".

Figura 2. Formulario para la edición y consulta de un registro completo de la base de datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número total de trabajos recopilados hasta el momento es de 266, de un total de 286 autores, con una media de 3,9 autores y 3,0 variables medidas por trabajo. La mayoría de los trabajos (95%) son de los últimos 20 años, y sobre todo de los últimos 12 años (Figura 3). Las provincias con más trabajos recopilados son Asturias (47), Bizkaia (46), Huesca (37), Navarra (36) y Cantabria (30). No existen todavía trabajos en la base de datos de Girona, Lleida, Lugo, Ourense y Palencia. La representación cartográfica de las localidades con trabajos recopilados (Figura 4) muestra la escasez de éstos en los extremos occidental (Galicia) y oriental (Cataluña), así como en la vertiente sur de la Cordillera Cantábrica (Castilla y León). La esperada incorporación de nuevos trabajos permitirá paliar en breve estas lagunas geográficas.

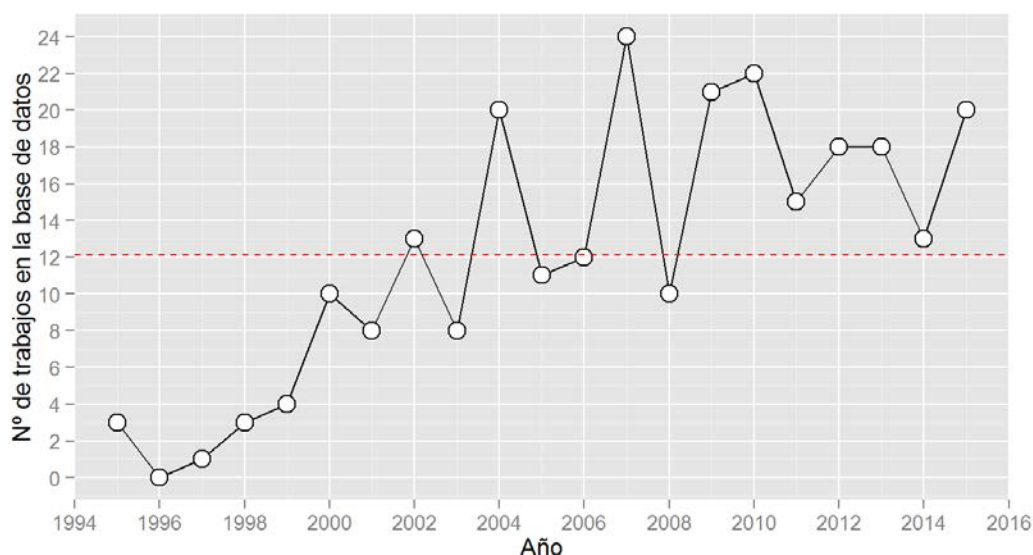


Figura 3. Nº de trabajos registrados de los últimos 20 años (línea discontinua: media).

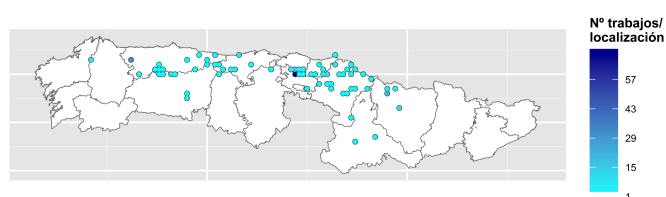


Figura 4. Localizaciones de los trabajos en las provincias del norte de España.

La media (y mediana) de altitud de las 95 localizaciones diferentes de los trabajos recopilados es de 950 m, con un rango intercuartílico de 750-1100 m. Un 59% de estas localizaciones se sitúan sobre sustrato calizo y un 73% están totalmente incluidas en espacios de la Red Natura 2000.

Los trabajos se han desarrollado en pastos que se adscriben a 47 alianzas fitosociológicas diferentes, aunque sólo 29 alianzas están representadas en más de un trabajo. Las alianzas que aparecen en más trabajos son *Cynosurion cristati* (106), *Daboecion cantabricae* (51), *Violion caninae* (47) y *Potentillo-Brachypodium rupestris* (24). El tipo de ganado en las localidades estudiadas corresponde principalmente a ganado de aptitud cárnica: vacuno (155 trabajos), equino (89), caprino (73) y ovino (64). Para el ganado de aptitud lechera se dispone de trabajos con ovino (53), caprino (28) y vacuno (9). La mayoría de trabajos centrados en el ganado (160) lo hacen sobre rebaños

monoespecíficos (74%), mientras que un 16% estudian dos y un 6% tres especies de ganado en el mismo trabajo.

Respecto a las variables medidas y registradas en la base de datos, se realizó una agrupación de éstas por tipos y una asignación de estos tipos a uno de los seis bloques temáticos (Tabla 1). El número total de tipos de variables registradas es de 88.

Tabla 1. Número de variables medidas, número de trabajos de la base de datos en que aparecen y medidas más frecuentes por bloque temático.

Bloque Temático	Nº Variables	Nº trabajos	Tipos de variables más frecuentes	Nº trabajos
Producción y Calidad pascícola	8	127	Oferta de pasto	64
			Valor nutritivo del pasto	58
			Valor pastoral	23
Suelos y Biodiversidad	13	42	Análisis físico-químico del suelo	17
			Abundancia de artrópodos	10
			Indicadores de diversidad vegetal	9
Tipos de Vegetación	8	82	Composición botánica	69
			Clasificación de tipos de pasto	9
Comportamiento y Rendimiento Animal	21	100	Peso vivo	56
			Selección de dieta	27
			Selección de hábitat	23
Calidad de Productos	18	48	Calidad de canal	35
			Análisis químico de carne	28
			Calidad sensorial/instrumental de carne	26
Socioeconomía y Servicios Ecosistémicos	20	54	Uso ganadero	8
			Caracterización de sistemas ganaderos	7
			Caracterización territorial	7

El análisis de los tipos de variables y su relación con posibles covariables ha permitido definir las principales lagunas de información de la base de datos para cada bloque temático:

- *Producción y calidad pascícola*: productividad y calidad de especies leñosas; opciones de mejora de pastos; productividad y dinámica de las raíces; efecto de factores abióticos.
- *Suelos y biodiversidad*: diversidad de ciertos grupos estructurales del ecosistema; biodiversidad a escalas más amplias; efectos del ganado y su manejo sobre la biodiversidad; presencia y ecología de especies invasoras; herramientas de diagnóstico.
- *Tipos de vegetación*: unificación de la nomenclatura de tipificación de pastos; tratamiento de los mosaicos de vegetación.
- *Comportamiento y rendimiento animal*: de ciertas especies (porcino y equino) y razas (especialmente muchas autóctonas); efectos culturales heredados en el ganado; en ciertos tipos de vegetación leñosa (p. ej. aulagares de *Genista occidentalis*); manejos del pastoreo alternativos a los tradicionales; efectos de la suplementación, calendario reproductivo y tratamientos sanitarios; incidencia de enfermedades infecciosas.
- *Calidad de productos*: trabajos exclusivamente en pastoreo de montaña; autenticación (búsqueda de marcadores) de alimentos de montaña; uso de mediciones no destructivas; caracterización del proteoma para especies, razas y sistemas productivos; comparaciones sensoriales con otros sistemas productivos; estudios de consumidores; estudio del equino.
- *Socioeconomía y servicios ecosistémicos*: sistemática de medición de la evolución en censos ganaderos; estudios técnico-económicos de las explotaciones y de su periodo de pastoreo en montaña; análisis del Coeficiente de Admisibilidad de Pastos; compatibilización de rentabilidad

con conservación de Zonas de Alto Valor Natural; interacción del ganado con la fauna salvaje; valoración de servicios ecosistémicos; valoración del abandono ganadero; percepción y expectativas de las poblaciones rurales y urbanas.

CONCLUSIONES

La elaboración de una base de datos sobre los trabajos científicos y técnicos de los pastos de montaña del norte peninsular, aún no siendo todavía completa, constituye una buena herramienta para determinar el estado de conocimientos actual y las principales lagunas existentes. A pesar de que disponemos ya de información relevante, quedan muchos estudios por registrar y otros por realizar para mejorar la gestión sostenible de los pastos de montaña. Dicha gestión debe afrontarse con un enfoque multidisciplinar para garantizar la consideración de los aspectos productivos, ambientales y socioeconómicos. Invitamos a los interesados a consultar y aportar nuevos trabajos, ofreciendo para ello la última versión de la base de datos y el apoyo técnico necesario para su uso.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por INIA AC2014-00049-00-00: “Integración multidisciplinar de los resultados y conocimientos derivados de la I+D+i para la gestión sostenible de los pastos de montaña del norte peninsular”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DOWLE M., SHORT T., LIANGLOU S. Y SRINIVASAN A. (2014) *Data.table: Extension of data.frame*. Versión de librería de R 1.9.4. <http://CRAN.R-project.org/package=data.table>.
- MONTSERRAT P. Y FILLAT F. (1990) The systems of grassland management in Spain. En: Breymeyer A. (Ed) *Managed grasslands*, pp. 37-70. Amsterdam, Países Bajos: Elsevier.
- R CORE TEAM. (2015) *R: A language and environment for statistical computing*. Viena, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org/>.

INTEGRATION OF RESEARCH STUDIES FOR A SUSTAINABLE MANAGEMENT OF MOUNTAIN PASTURES OF THE NORTH OF THE IBERIAN PENINSULA

SUMMARY

Mountain pastures and their associated extensive livestock systems share similar characteristics and problems in the north of the Iberian Peninsula. In the last decades, these have been studied in a fragmented and isolated way by several technical and scientific groups physically close to each other. Recently, a group integrated by experts from different regions of northern Spain has been created with the purpose of compiling all existing studies and search for solutions to overcome the current trend of degradation and abandonment of these agro-ecosystems. The first task of the group has dealt with the organization of the existing information within few thematic blocks: pasture productivity, soils and biodiversity, vegetation types, livestock behaviour and performance, quality of livestock products and socio-economy and ecosystem services. Later, a database was created in order to organize all the information and evaluate, in a structured way, the existing knowledge and gaps. Even though there are still many studies that need to be incorporated in the database, we have been able to summarise some representative statistics and knowledge gaps from the 266 works already introduced. All these aspects are detailed in the present communication.

Key words: data base, thematic blocks, knowledge gaps.

PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL FORRAJE DE VARIEDADES DE TRITICALE CULTIVADAS EN CONDICIONES DE SOMBRA, PARA SU UTILIZACIÓN EN SISTEMAS AGROFORESTALES

O. SANTAMARÍA¹, S. RODRIGO¹, A. ALBARRÁN¹, G. MORENO² Y L. OLEA¹.

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

RESUMEN

El triticale es un cereal cada vez más utilizado como cultivo forrajero en dehesas. Sin embargo aún se desconoce su comportamiento productivo creciendo en condiciones de sombra frente a condiciones de insolación completa. Así, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la cobertura arbórea sobre la producción de biomasa herbácea y parámetros de calidad nutritiva (proteína bruta, fibra neutro y ácido detergente y lignina) en tres cultivares de triticale, cv Fronteira, cv Montijano y cv Verato, que se usan muy comúnmente en la dehesa. En el año 2014/2015 en una dehesa de Badajoz, se sembraron 1,5 ha de cada variedad. Tomando como referencia cuatro árboles situados en el área sembrada por cada variedad, se tomaron muestras de forraje de la zona bajo copa, zona borde y zona fuera de copa, en dos aprovechamientos, uno invernal y otro primaveral. Los resultados mostraron como la cobertura arbórea tuvo una incidencia clara sobre la producción y calidad del forraje del triticale. Mientras la producción invernal se vio favorecida por dicha cobertura, tanto la primaveral como la total anual disminuyó cerca del 30% con respecto a la producida fuera de copas. Los parámetros de calidad del forraje se vieron favorecidos por la cobertura del árbol, especialmente proteína y fibra, aunque éste último sobre todo en el corte invernal. Ninguna de las variedades ensayadas mostró una especial aptitud para crecer en condiciones de sombra.

Palabras clave: *Triticum x Secale*, dehesa, biomasa, valor nutritivo, cobertura arbórea.

INTRODUCCIÓN

Las dehesas son sistemas agrosilvopastorales con árboles dispersos y un estrato herbáceo muy desarrollado, dedicados principalmente a la alimentación del ganado en régimen extensivo. Este ecosistema está situado principalmente en el suroeste de España y centro-sur de Portugal. En estas zonas, como consecuencia de la baja e irregular precipitación típica de los climas mediterráneos y de los suelos escasos y poco fértiles, la producción de pastos es en general escasa y de baja calidad nutritiva (Vázquez de Aldana *et al.*, 2006). Aunque muy variable, la producción de materia seca del pasto herbáceo en estas áreas ronda los 1500 kg MS/ha, un porcentaje medio de leguminosas de 4-20%, contenidos de proteína bruta del forraje de 9-12% y de fibra neutro detergente y ácido detergente de 44-59% y 28-37%, respectivamente (Olea y San Miguel-Ayanz, 2006).

En estas condiciones de baja productividad del pasto herbáceo, los ganaderos se ven obligados a adquirir anualmente gran cantidad de alimento (piensos, forrajes, etc.) para suplementar la dieta de los animales, lo cual incrementa mucho los costes de producción y pone en riesgo la rentabilidad de las explotaciones. Tradicionalmente en estas zonas, para mejorar la producción de biomasa herbácea, el manejo se ha enfocado desde tres puntos de vista (Rossiter, 1966): baja intensidad de pastoreo, fertilización del pasto natural principalmente con fósforo y/o siembra de especies pratenses productivas o cultivos forrajeros. Dentro de los cultivos forrajeros, el triticale es un cereal que está adquiriendo cada vez más interés y protagonismo debido a su gran capacidad para ser aprovechado en invierno mediante pastoreo, y poder ser aprovechado de nuevo a finales de



primavera o verano para henificar o para grano. Los cultivares de triticale utilizados con esta doble aptitud han sido desarrollados creciendo en áreas desarboladas, en las que reciben altos niveles de insolación. La influencia de la cubierta arbórea sobre la producción herbácea ya ha sido analizada sobre la cosecha de grano de algunos cereales, como el trigo, o sobre la biomasa herbácea del pasto (Pardini *et al.*, 2010). Sin embargo, en el triticale su respuesta productiva cuando crece en condiciones de sombra, todavía no es muy conocida. Por tanto, el objetivo del presente trabajo consistió en evaluar el efecto de la cobertura arbórea sobre la producción de biomasa herbácea y parámetros de calidad nutritiva (proteína bruta, fibra neutro y ácido detergente y lignina) en tres cultivares de triticale que se usan muy comúnmente con esta doble aptitud.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los ensayos fueron realizados durante el año agrícola 2014/2015 en la dehesa Los Varales, situada en el término municipal de La Albuera, Badajoz (Coordenadas UTM: 30N, X = 686864 m; Y = 4293812 m). El estrato arbóreo de la zona estaba dominado por encinas (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) adultas con una densidad de unos 20 pies/ha. Dicha explotación se dedica a la cría de ovino y porcino (cargas ganaderas de 4 ovejas/ha y 0,5 cerdos/ha, respectivamente), con pastoreo continuo en los meses de producción herbácea y suplementación en los meses de carencia de alimento. El clima de la zona de ensayo es semiárido mediterráneo. Las características climáticas del año de estudio y del año medio pueden observarse en la Figura 1. El ensayo se asentó sobre un suelo pobre, de pH ácido y cuyas características se detallan en la Tabla 1.

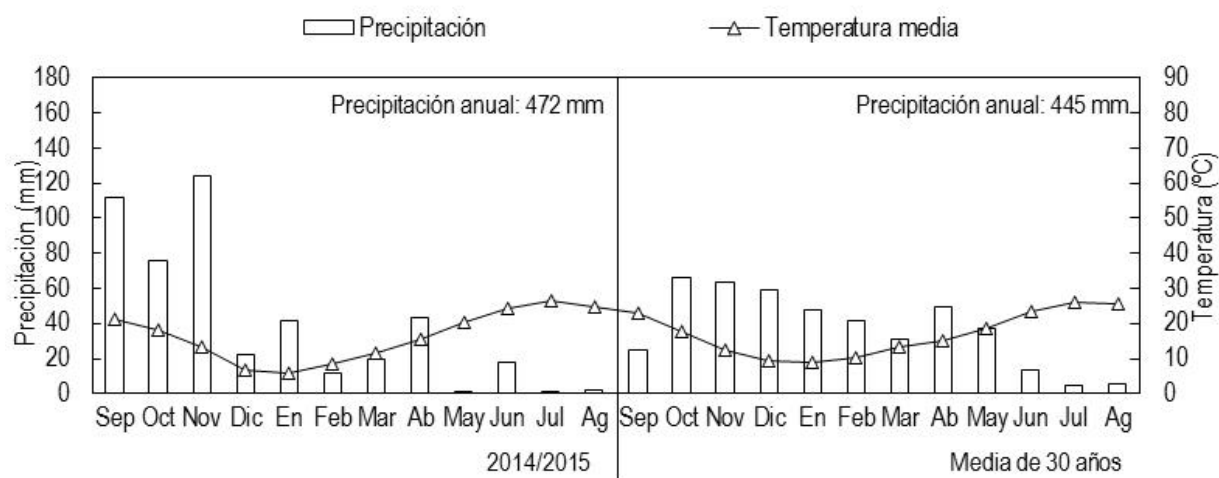


Figura 1. Diagrama ombrotérmico en la zona de estudio durante el año agrícola 2014/2015 y en el año medio (media de 30 años).

Para establecer el experimento se seleccionó una zona de 4,5 ha. Dicha zona se dividió en 3 parcelas de 1,5 ha, que tuvieran al menos 4 encinas por parcela, para sembrar cada uno de los tres cultivares de triticale utilizados: cv Fronteira (Portugal), cv Montijano (España), cv Verato (España). La siembra se llevó a cabo el 3 de noviembre de 2014 a una dosis de 220 kg de semilla/ha con una sembradora en líneas. Previamente a la siembra, la tierra había sido labrada según laboreo convencional (dos pases cruzados de cultivador) y se había fertilizado con 200 kg/ha (NPK: 27-09-09) de un producto con liberación lenta de N.

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

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
Textura	Franco arenoso	P Olsen (ppm)	0,20 \pm 0,02
pH	5,36 \pm 0,10	K (meq/100 g)	1,25 \pm 0,02
Cond. electr. (μ S/cm)	469,0 \pm 59,6	Mg (meq/100 g)	0,70 \pm 0,07
Materia orgánica (%)	0,31 \pm 0,07	Ca (meq/100 g)	2,25 \pm 0,06
Nitrógeno (%)	0,1 \pm 0,0	Na (meq/100 g)	0,19 \pm 0,02

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

Dentro de cada parcela se seleccionaron 4 árboles adultos similares para la toma de muestras durante la duración del ensayo. El área de cultivo debajo de cada árbol fue dividido en 4 sectores, (1) uno justo en las inmediaciones del tronco, que fue excluido de la toma de muestras por la falta de homogeneidad de plantas derivada de la siembra mecanizada; (2) un segundo sector situado claramente bajo la copa del árbol y denominado como zona sombra; (3) un tercer sector situado claramente fuera de la copa del árbol y denominado como zona sol; y (4) un cuarto sector situado entre los dos anteriores y denominado como zona borde. El área experimental fue pastoreado/segado en dos momentos del año: el 27/02/2015 cuando las plantas estaban en el estadio 31 de la escala de Zadocks, y el 13/05/2015, cuando las plantas estaban en el estadio 75-77 de dicha escala. Justo antes de cada aprovechamiento se tomaron muestras de forraje de cada sector, de cada encina y de cada parcela de una superficie de 0,25 m² (por tanto se tomaron un total de 36 muestras por aprovechamiento). Todas las muestras fueron tomadas en orientación Este según el fuste del árbol.

Las muestras de forraje cortadas y etiquetadas fueron llevadas a 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 peso 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 2/3 entradas y test de comparaciones múltiples (LSD de Fisher) para ver la influencia de los factores analizados (influencia de la variedad, influencia de la copa del árbol y/o influencia del corte, y sus interacciones) sobre cada una de las variables de producción y calidad analizadas. Las variables fueron transformadas cuando fue necesario para estabilizar la varianza residual. Todo ello se hizo con el paquete estadístico Statistix v. 8.10 package.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de biomasa invernal, primaveral y total (suma de las dos anteriores) se vio significativamente afectada ($P < 0,05$) tanto por la variedad de triticale como por el nivel de sombreado derivado de la cubierta del árbol, aunque no así por la interacción entre ambos. La variedad Fronteira fue la que produjo más biomasa tanto en invierno (2311 kg/ha) como en primavera (2465 kg/ha), aunque en esta última fecha sin diferencias significativas con la variedad Verato (2724 kg/ha); al igual que en la producción anual, donde tampoco hubo diferencias entre ambas (4776 y 4231 kg/ha, respectivamente; (Figura 2). Por otra parte, en el aprovechamiento invernal la cubierta arbórea tuvo un efecto positivo sobre la biomasa (se produjo un 70% más con respecto al triticale sin cubierta), posiblemente debido a su carácter amortiguador de las temperaturas bajas, principal factor limitante para el crecimiento vegetal en esas fechas. Sin



embargo, en primavera la producción fue mucho más importante en la zona situada fuera de la influencia del árbol (Figura 2). Así, cuando la humedad y la temperatura son menos limitantes para el crecimiento, la insolación incidente parece ser el principal factor que afecta la producción. El efecto de la insolación en primavera fue más importante que el efecto amortiguador de las temperaturas en invierno, puesto que en el cómputo anual la producción también fue mayor en la zona situada fuera de la influencia de la copa. Por tanto, en términos anuales, se podría indicar que la pérdida de producción derivada de la zona de sombra rondaría el 30%.

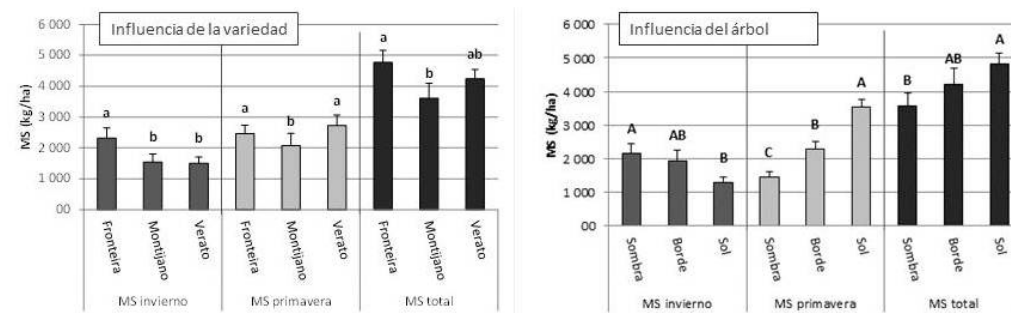


Figura 2. Influencia de la variedad y del árbol en la producción de materia seca (MS) en invierno, primavera y total. Valores medios \pm error estándar. Para cada barra, letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$) según test LSD de Fisher. Para el ANOVA y test de Fisher las variables fueron transformadas según $\ln(x + 1)$.

Con respecto a los parámetros de calidad nutritiva, los tres efectos principales considerados, variedad, sombra y aprovechamiento, tuvieron influencia significativa ($P < 0,05$) sobre la proteína, pero no así ninguna interacción. En este sentido la variedad menos productiva, cv Montijano, fue la de mayor contenido proteico, posiblemente debido a un menor efecto de dilución y a la mayor juventud de los tejidos por el retraso en el desarrollo (Figura 3a). Por otra parte el forraje situado bajo influencia de la copa mostró un mayor contenido en proteína que el situado fuera de copa (Figura 3a). Esto podría ser explicado por las temperaturas más suaves y las condiciones microclimáticas de mayor humedad que se encuentran bajo la copa, que producirían un retraso en el ciclo productivo de las plantas. Retrasos en el ciclo conllevarían mayores valores de proteína en el forraje puesto que ya ha sido ampliamente demostrado, y se observa también en el presente trabajo (en los mayores valores de proteína en el corte de invierno, (Figura 3a), que dichos valores van disminuyendo según avanza el desarrollo fenológico (Santamaría *et al.*, 2014).

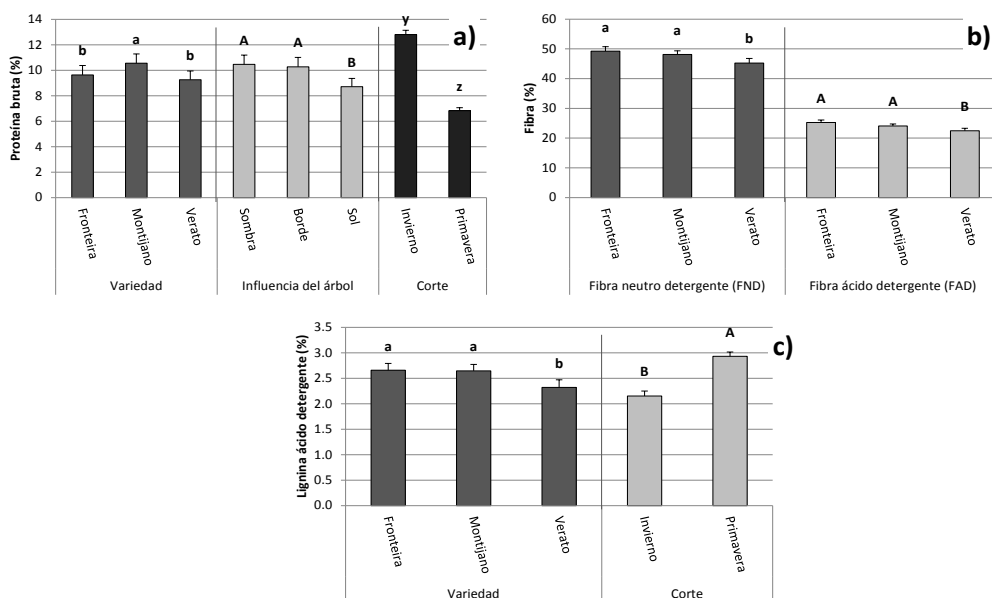


Figura 3. Influencia de la variedad de triticale, de la situación frente al árbol y del momento del aprovechamiento en la proteína bruta (a), fibra (b) y lignina ácido detergente (c) del forraje de triticale. Valores medios \pm error estándar. Dentro de cada variable, letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$) según test LSD de Fisher.

La fibra (tanto la FND como la FAD) y la lignina (LAD) del forraje fueron afectadas significativamente por el cultivar, siendo cv Verato el que tuvo los menores valores (Figura 3b y 3c). La influencia del árbol también se observó en los contenidos de fibra (FND y FAD), pero de manera desigual en función del aprovechamiento (Tabla 2). Así para FND, mientras en el corte primaveral no hubo diferencias, en el corte invernal, los menores valores se observaron en la zona fuera de la influencia de la copa. Una tendencia similar se observó para FAD, aunque con alguna pequeña diferencia también en primavera. En la misma línea que lo explicado antes, en invierno el mayor frío de la zona fuera de copas provocaría retrasos en el ciclo de la planta, y por tanto valores menores de fibra en su biomasa.

Tabla 2. Valores medios y error estándar de la fibra neutro detergente (FND) y ácido detergente (FAD) del forraje de triticale afectado por la interacción corte (invierno y primavera) e influencia del árbol (sombra, borde y sol).

	Corte	Influencia			Media
		Zona sombra	Zona borde	Zona sol	
FND	Invierno	42,7 \pm 1,1 b	41,6 \pm 1,0 b	39,3 \pm 0,8 c	41,2 \pm 0,6 B
	Primavera	53,3 \pm 0,9 a	53,1 \pm 0,7 a	55,1 \pm 0,8 a	53,8 \pm 0,5 A
	media	48,0 \pm 1,3	47,4 \pm 1,4	47,2 \pm 1,8	
FAD	Invierno	21,5 \pm 0,8 y	21,2 \pm 0,7 yz	19,8 \pm 0,5 z	20,8 \pm 0,4 Z
	Primavera	26,0 \pm 0,9 x	26,6 \pm 0,6 x	28,5 \pm 0,6 w	27,0 \pm 0,4 Y
	media	23,8 \pm 0,8	23,9 \pm 0,7	24,2 \pm 1,0	

Para cada variable analizada (FND y FAD) letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$) en la interacción según test LSD de Fisher. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$) en el efecto principal "aprovechamiento (corte)" según test LSD de Fisher.

CONCLUSIONES

La variedad de triticale y la cobertura arbórea tuvieron una incidencia clara sobre la producción y calidad del forraje en el cultivo del triticale. Mientras la producción invernal se vio favorecida por la cobertura arbórea, tanto la primaveral como la total anual disminuyó cerca del 30% con respecto a la producida fuera de copas. Sin embargo, los parámetros de calidad del forraje se vieron favorecidos por la cobertura del árbol. De las variedades ensayadas, ninguna mostró una especial aptitud para crecer en condiciones de sombra.

AGRADECIMIENTOS

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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- OLEA L. Y SAN MIGUEL-AYANZ A. (2006) The Spanish *dehesa*. A traditional Mediterranean silvopastoral system linking production and nature conservation. *Grassland Science in Europe*, **11**, 3-13.
- PARDINI A., MORI S., RIGUEIRO-RODRÍGUEZ A. Y MOSQUERA-LOSADA M.R. (2010) Efecto del arbolado en la producción de pasto y trigo (*Triticum aestivum* L.) ecológicos en la Maremma Toscana (Italia central). *Pastos*, **40**, 211-223.
- ROSSITER R.C. (1966) Ecology of Mediterranean annual-type pastures. *Advances in Agronomy*, **11**, 1-56.
- SANTAMARÍA O., RODRIGO S., POBLACIONES M.J. Y OLEA L. (2014) Fertilizer application (P, K, S, Ca and Mg) on pasture in calcareous *dehesas*: effects on herbage yield, botanical composition and nutritive value. *Plant, Soil & Environment*, **60**, 303-308.
- VÁZQUEZ DE ALDANA B.R., GARCÍA-CIUDAD A. Y GARCÍA-CRIADO B. (2006) Biomass production and protein content of semiarid grasslands in western Spain over a 20-years period. *Grassland Science in Europe*, **11**, 547-549.

BIOMASS YIELD AND NUTRITIVE VALUE OF TRITICALE FORAGE WHEN CULTIVATED UNDER TREE COVER, WITH THE PURPOSE OF ITS USAGE IN AGROFORESTRY SYSTEMS

SUMMARY

Triticale is a cereal with an increasing interest to be used as forage crop in *dehesas*. However its productive behaviour growing under shade conditions is still unknown. Then, the objective of the work was to evaluate the effect of tree cover on the biomass yield and nutritive value parameters (crude protein, neutral and acid detergent fibre, and lignin) in three triticale cultivars, cv Fronteira, cv Montijano and cv Verato, very frequently used in *dehesas*. In 2014/2015 in a *dehesa* farm from Badajoz (South-West of Spain), 1.5 ha were sown with each cultivar. In four trees of each, forage samples were taken two times, late winter and late spring, from three areas: under tree cover, out of the tree cover influence, and from the border area. Forage was carried to the laboratory where the different determinations were performed. The results showed that tree cover has a high and clear

influence on the biomass yield and quality parameters of the triticale forage. Whilst the winter herbage production was enhanced by tree cover, the spring and annual productivity decreased around 30% under shade conditions. The nutritive value parameters of the forage were also enhanced by tree cover in general terms, especially crude protein and fibre, this latter parameter in the winter forage. None of the cultivars examined showed a special aptitude to grow under shade conditions.

Key words: *Triticum x Secale*, dehesa, biomass, nutritive value, tree cover.

CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LOS PASTOS HERBÁCEOS EN LA DEHESA DEL PARQUE NACIONAL DE LAS TABLAS DE DAIMIEL

C. LÓPEZ-CARRASCO¹, C. RUÍZ DE LA HERMOSA² Y S. ROIG³.

¹Servicio de Política Forestal y Espacios Naturales. JC Castilla-La Mancha. Avda Portugal Nº 42. Talavera de la Reina. Toledo. lcarrasco@local.jccm.es. ²Parque Nacional "Tablas de Daimiel". Ciudad Real. ³Dpto de Sistemas y Recursos Forestales. ETS de Ingeniería de Montes, Forestal y Medio Natural. U.P.Madrid.

RESUMEN

Con el objetivo de transformar zonas de dehesas agrícolas a dehesas con uso ganadero y recuperar las comunidades pascícolas sobre suelos básicos, especialmente los majadales, se realizó una primera evaluación de la producción y composición de pastos herbáceos en un área de dehesa cultivada, en el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel (Ciudad Real), considerando diferentes usos del suelo, como erial a pastos, posío y reforestación.

La producción de los pastos en los distintos sitios analizados ha sido baja, limitada por la escasez de precipitaciones de mitad de primavera; la contribución de las gramíneas, leguminosas y otras familias ha sido distinta según el uso del suelo, aunque no hemos encontrado diferencias en el índice Shannon de diversidad, que presenta un valor medio de 2. La alta riqueza de leguminosas de suelos neutros y básicos, especialmente del género *Medicago*, puede facilitar la recuperación de comunidades pascícolas más productivas y de mejor calidad y la recuperación de majadales a corto-medio plazo.

Palabras clave: cultivo abandonado, barbecho, majadal, suelos básicos.

INTRODUCCIÓN

En 2014, se realizó la última ampliación del parque Nacional de las Tablas de Daimiel con la adquisición de una finca adehesada, con el objetivo de incluir sistemas naturales valiosos no presentes en el parque, como un primer paso hacia su conservación y la restauración de hábitats (BOE, 27-01-2014). Biogeográficamente incluido en la provincia Castellano-Maestrazgo Manchega, Sector Manchego, su bosque climático se corresponde con el sintaxon *Bupleurum rigidi-Quercetum rotundifoliae*, formaciones vestigiales e inmersas en áreas históricamente alteradas por las prácticas agrícolas (Cirujano, 1998).

En la Mancha, las formaciones adehesadas de encinas tienen un uso principalmente agrícola y las que se dedican a la ganadería, lo hacen bajo el sistema mixto cereal-ovino para la producción de queso. La dependencia de alimentos de fuera de la explotación es del 60% y las ovejas complementan su alimentación en las rastrojeras y los barbechos (Rivas *et al.*, 2014). Cada 3 o 4 años, toda la finca se labra, por lo tanto, no se permite el mantenimiento de comunidades pascícolas de forma permanente; esto afecta especialmente a los majadales sobre suelos básicos, de los que no queda representación en el entorno, siendo un hábitat de interés prioritario (6220) según la Directiva Hábitat 92/43/CEE.

De entre los territorios incorporados al Parque, cabe destacar, el paraje denominado Quinto de la Torre que formaba parte de la Finca Zacatena, una de las pocas que cuenta con una gran superficie adehesada y dedicada a la producción de queso manchego. El objetivo del Parque, con la adquisición de estos terrenos, es conseguir un mosaico de formaciones vegetales donde se intercalen manchas de monte, pastizales naturales, dehesa y olivar ecológico, incrementando la biodiversidad y ampliando el espacio de refugio y campeo para las especies animales. Especial interés tiene la

recuperación de la dehesa para uso ganadero, lo que implica la restauración de las comunidades herbáceas propias de suelos básicos, con especial atención a los majadales. Un primer paso en esta tarea consiste en conocer la situación actual de las especies herbáceas presentes en la zona y su capacidad productiva, con el fin de aplicar las técnicas más adecuadas en el manejo de pastos para recuperar el uso ganadero tradicional de la dehesa. Este es el principal objetivo del trabajo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolla en el “Quinto de la Torre”, dentro del Parque Nacional de la Tablas de Daimiel (Ciudad Real). Se trata de una zona adehesada, con la encina como especie dominante y topografía llana. El clima es continental, tipo templado-frío con 400-500 mm de precipitación anual, T^a media entre 12-14 °C y 0,5 °C promedio de las mínimas del mes más frío (Álvarez y Sánchez-Carrillo, 1998). En la actualidad no disponemos de información detallada sobre las características edáficas de la zona concreta del estudio, sin embargo, en 2009 se realizó un muestreo de suelos en distintas zonas del parque. Tomamos como referencia los resultados obtenidos en una zona relativamente próxima de erial y encinar de degradación, con suelos pardo calizos, pedregosos y estructura franco-arcillo-limoso, pH 7,38 (H₂O) y 3,4% de MO. El trabajo se desarrolla sobre las áreas de cultivo de cereal y de pastizal, donde es posible diferenciar cinco zonas con distintos tipos de aprovechamiento: (1) Cultivado hasta 2001 y abandonado (14 años sin labrar ni pastorear), 18 ha de superficie con 13 encinas/ha, (**E**). (2) Cultivado hasta 2011 y abandonado posteriormente (4 años sin labrar ni pastorear), 4,4 ha de superficie y 13 encinas/ha, (**En**). (3) Cultivado hasta 2001, en que se reforesta con encinas, retamas y cornicabras. Se roturó para la implantación y mantenimiento de la reforestación hasta 2011, momento a partir del cual no se labra, 30 ha de superficie con dos encinas/ha, (**RF**). (4) Cultivado actualmente, en fase de segundo año de posío (**Pmbd**). Se pastorea con unas 200 ovejas de raza Manchega de forma itinerante e intermitente en algunas épocas del año. Superficie de 37 ha con cinco encinas/ha. (5) Igual que **Pmbd** pero con mayor densidad de arbolado, 13 encinas/ha y 12,2 ha de superficie, (**Pbd**).

Para estimar la producción y composición del pasto herbáceo en cada sitio, se realizó un recorrido longitudinal los días 21 y 22 de mayo de 2015. Se muestrearon tres zonas en **E**, **RF** y **Pmbd** y cuatro zonas en **Pbd** y **En**, fuera de la copa de las encinas. Se segaron 4 marcos de muestreo de 50 x 50 cm, por zona y se recogió el pasto en bolsas independientes que se pesaron y mantuvieron en refrigeración, congelándose hasta su procesamiento posterior. En total, se analizaron 68 muestras, sobre las que se realizó una separación manual por especie, que fue desecada de manera individualizada en estufa de de aire forzado durante 24 horas a 80 °C. Las variables estimadas fueron: producción (g/m²) y porcentaje de materia seca (%), contribución de leguminosas, gramíneas y otras familias a la producción de MS, riqueza en especies y diversidad mediante el índice de Shannon. Para analizar las distintas variables, se utilizó un ANOVA de una vía y el test de mínima diferencia significativa (mds) para la comparación de medias. En caso de no cumplirse los requisitos del ANOVA, se utilizó el test no paramétrico Kruskal-Wallis. La relación entre las distintas familias con el contenido en materia seca se testó mediante regresión lineal. El nivel de confianza fue del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de precipitación de 2014/15 se comparan con los datos históricos de la estación meteorológica del Parque Nacional en la Tabla 1.

Tabla 1. Precipitación anual, de otoño y primavera en las Tablas de Daimiel.

	Histórico*	2014/15	% respecto a media histórica*
P año (mm)	403,9	360,5	-11
P otoño (mm)	113,6	179,1	+58
P primavera (mm)	123,2	85,1	-31

*precipitaciones: 1970/71 a 2013/14.

Las precipitaciones registradas en otoño y primavera, que son las que van a condicionar en gran medida la producción y composición de los pastos (Heady, 1997), fueron muy diferentes a las esperadas. En concreto, la precipitación de otoño fue casi un 60% superior a la media, mientras que la de primavera fue un 30% inferior a la media.

Producción de materia seca y contribución de las principales familias

La producción de materia seca de los pastos herbáceos fue distinta según el tipo de aprovechamiento realizado. Así, la zona sin cultivar desde hace 14 años (**E**), la reforestada (**RF**) y el posío con muy baja densidad de arbolado (**Pmbd**) presentaron la mayor oferta de pastos, similar entre sí y un valor medio de 135,4 g/m² de MS, valor muy por debajo de 468 g/m² de MS, referido por Casado *et al.* (1997), para eriales a pastos en el centro peninsular. La necromasa acumulada en **E**, podría haber afectado negativamente a la producción (Tilman, 1987). El posío con densidad baja de arbolado (**PSbd**) y la zona sin cultivar desde hace 4 años (**En**), presentaron los valores medios más bajos de oferta de pasto (853 kg MS/ha) que supuso un 37% menos respecto a la media del resto de tratamientos (Tabla 2).

Tabla 2. Producción de materia seca y contribución de las principales familias según el uso del terreno.

	E	En	RF	Pmbd	Pbd	estadístico	significación
MS (g/m ²)	126,1b	73,9a	141,1b	134,8b	96,8a	F(4,62)=8,2	P=0,0
%MS	68c	72c	54ab	64bc	50a	F(4,62)=6,7	P=0,0002
%LEG	8a	19,1b	8,4a	19,9b	7,1a	F(4,62)=4,5	P=0,003
%GRA	71,0b	59,1b	37,9a	27,7a	21,2a	H(4,64)=23,3	P=0,001
%OTRAS	21,0a	21,8a	53,7bc	52,4b	71,7bc	H(4,68)=26,4	P=0
leg (g/m ²)	8,8a	14,9a	11,7a	24,1b	6,5a	F(4,62)=4,3	P=0,004
gra (g/m ²)	92,5c	40,5b	43,3b	32,7ab	18,3a	H(4,67)=22,6	P=0,0001
otras (g/m ²)	24,8a	16,6a	90,4b	77,9b	71,9b	H(4,67)=23,4	P=0,0001

Para cada fila, letras diferentes indican diferencias significativas entre zonas con diferente historial de uso.

Nuestros resultados estarían más acorde con los valores aportados por San Miguel (2001) en el intervalo 2000-3000 kg/ha de MS, para comunidades de pastos subnitrofilos. Teniendo en cuenta, en nuestro caso, la pedregosidad del terreno y por tanto, la menor cobertura vegetal y el acortamiento del ciclo vegetativo por la sequía primaveral de 2015, es posible que en años de precipitación media, la cifra entrara en dicho rango, aunque se necesitarían, obviamente, más años de estudio y analizar otras características edáficas.

En mayo la precipitación fue nula, lo que explicaría, en parte, los altos valores de MS de la hierba, aunque hay diferencias entre los sitios con distinto historial de uso. Los valores más bajos se obtuvieron en **RF** (54%) y **Pbd** (50%), mientras que en **E** y **En**, se registraron valores excepcionalmente altos del 68% y 72% respectivamente (Tabla 2).

A medida que las plantas maduran, se incrementa el contenido de MS, y según su composición florística, los valores pueden fluctuar en gran medida (Licitra *et al.*, 1997). Las gramíneas

presentan un mayor contenido de MS que las leguminosas a igual estado fenológico. En este sentido, el porcentaje de gramíneas fue muy elevado en **E** y **En**, con un valor medio de 65%, superior a la media del resto de tratamientos con un valor medio de 29%. Sin embargo, el análisis de regresión lineal entre la MS y el porcentaje de gramíneas, no detectó relación entre estas variables. Sí encontramos relación lineal negativa y significativa entre la MS y el porcentaje de otras familias ($R^2=0,27$; $p < 0,001$) y positiva entre el contenido de MS y el porcentaje de leguminosas ($R^2=0,33$; $p < 0,001$). Tanto gramíneas como leguminosas estaban en fase de senescencia, a diferencia del grupo de otras, con fenología más retrasada como la familia de las compuestas (datos no presentados).

La falta de datos sobre cuál es la composición botánica media a esperar en estas zonas, dificulta la interpretación de los resultados. En nuestro caso, **En** y **Pmbd**, presentaron un valor medio de leguminosas del 19,5%, significativamente superior al 8%, valor medio obtenido en el resto de tratamientos. Sólo en el caso de **Pmbd** este porcentaje se tradujo en una mayor contribución de las leguminosas a la producción (Tabla 2). Teniendo en cuenta que en años secos las leguminosas se ven muy negativamente afectadas, obtener casi un 20% de leguminosas es un valor alto si comparamos con valores en torno al 5%, referidos por Castro *et al.* (2016) en posíos de segundo año. Sin embargo, en nuestro caso, las leguminosas presentes como las del género *Medicago* están adaptadas a 400 mm de lluvia y presumiblemente su ciclo vegetativo sea más corto y temprano respecto al de leguminosas de zonas entre 500-600 mm en las dehesas del Centro-Oeste peninsular, por lo que se habrían visto menos afectadas frente a un episodio de sequía al final de la primavera, a lo que habría que sumar el efecto positivo de las abundantes lluvias registradas en el otoño (Tabla 1).

El grupo de otras familias tuvo su menor representación en los tratamientos de **E** y **En**. En los tratamientos de posío, la abundancia de especies arvenses y otras nitrófilas capaces de aprovechar el nitrógeno residual de los fertilizantes aplicados en el cultivo, así como la presencia de ganado, podría explicar parcialmente estos resultados.

Riqueza específica y biodiversidad

Los resultados relativos a riqueza específica y diversidad se exponen en la Tabla 3. El número total de especies registradas en el conjunto de las cinco zonas analizadas fue 96.

Tabla 3. Riqueza específica y diversidad de pastos herbáceos en zonas con diferente uso.

	E	En	RF	Pmbd	Pbd	estadístico	Signif.
Riqueza (nº total sp)	56	38	32	42	48		
Riqueza media (nº sp/marco*)	13a	9abc	8c	12ab	10ab	H(4,64)=11,5	P=0,02
Leg (nº medio sp/marco)	2ab	2b	1a	4c	1a	F(4,59)=10,2	P=0,0
Gram (nº medio sp/marco)	5b	3a	3a	3a	2a	H(4,64)=12	P=0,017
Otras (nº medio sp/marco)	7b	4a	4a	5ab	7b	F(4,63)=4,1	P=0,006
Diversidad (H')	1,97	1,95	1,76	1,82	2,24	H(4,68)=5,4	P=0,25

H': Índice Shannon. Para cada fila, letras diferentes indican diferencias significativas entre zonas distintas.*Marco de muestreo.

La riqueza media en especies varió entre 8 en **RF** y 13 en **E**, siendo éste valor similar al de los barbechos. Hernández *et al.* (2003), para barbechos en Toledo, refieren valores semejantes pero sin leguminosas, mientras que Castro *et al.* (2016) registraron 21 especies. Teniendo en cuenta la sequía de primavera y la fecha de muestreo, es probable que en nuestro caso la riqueza en especies esté subestimada, puesto que habrían quedado fuera aquellas especies de fin de invierno y principios de primavera. **Pmbd** presentó el valor medio más alto de leguminosas y más del doble respecto a **Pbd**, por tanto, aunque tuvieron el mismo tratamiento agrícola, hay otros factores que podrían haber

influido sobre la distinta composición y producción de estas dos zonas, como las variaciones espaciales en cuanto al contenido en nutrientes del suelo, o el tamaño y composición del banco de semillas de diferentes zonas y el menor pastoreo de **Pbd** por su mayor distancia a la majada.

Las especies de leguminosas más frecuentes y presentes en todos los casos han sido las del género *Medicago*: *M. minima*, *M. truncatula* y *M. orbicularis*. Otras leguminosas como *Astragalus sesameus*, *Trigonella monspeliaca*, *Ononis biflora*, *Hippocrepis sp*, *Coronilla sp* y *Scorpiorus muricatus*, aparecen con distinta frecuencia según el sitio, con la mayor presencia en **Pmbd**. En total se registraron 16 especies distintas de leguminosas. El erial a pastos más longevo (E), presentó el mayor número medio de especies de gramíneas, (Tabla 3). Las especies más frecuentes fueron las del género *Aegilops*, como *A. neglecta*, *A. triuncialis*, sustituidas por especies del género *Bromus*, como *B. diandrus*, *B. tectorum*, en el resto de los tratamientos. *Avena barbata* y *Lolium rigidum* fueron frecuentes en todos los casos. La familia más representada fue la de las compuestas, con 28 especies en el total de tratamientos. Su fenología de final de primavera, cuando florecen y fructifican, y la fecha del muestreo, podría haber favorecido a esta familia respecto al resto.

A pesar de la diferente contribución de familias a la producción y riqueza en los tratamientos, no encontramos diferencias significativas de diversidad, cuando lo esperado es un aumento de esta variable a medida que progresa la sucesión (Rivero y Puerto, 1997). Los valores de diversidad fueron bajos, especialmente en E, si comparamos 1,98 con el valor 4,4 referido por Casado *et al.* (1997) para “herbazales”. En nuestro caso, la gruesa capa de material seco acumulado habría contribuido a la dominancia de gramíneas y pérdida de diversidad (Willems y Bik, 1998). El valor medio obtenido en los posíos se aproxima al valor de 2,2 aportado por Castro *et al.* (2016), para posíos de segundo año, siendo inferior al valor de 3,1 referido por Casado *et al.* (1997) para pastos al inicio de la sucesión, aunque sus condiciones de precipitación y suelos son muy distintas a las de nuestra zona de estudio.

CONCLUSIONES

Los mejores resultados en cuanto a producción y composición herbácea se obtienen en el posío con muy baja densidad de encinas. La riqueza en especies de leguminosas y su contribución a la producción, entorno al 20%, nos indican que el banco de semillas, a pesar del uso agrícola, tiene potencial para la recuperación de comunidades más productivas y diversas como los majadales sobre suelos básicos. La presencia de otras leguminosas, distintas a *Medicago spp.*, abre las puertas a la selección de otras especies adaptadas a suelos básicos en zonas secas, donde la recuperación de la dehesa puede ser una solución de adaptación a los efectos del cambio climático en estas áreas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ M. Y SÁNCHEZ CARRILLO S. (1998) Clima. En: *Parque Nacional Las Tablas de Daimiel*, pp. 68-80. Talavera de la Reina, España: Esfagno S.L.
- BOE (27-01-2014). www.boe.es/boe/dias/2014/01/27/pdfs/BOE-A-2014-785.pdf.
- CASADO M.A., DE MIGUEL J.M. Y DÍAZ PINEDA F. (1997) Modelos de estados de transición en pastizales mediterráneos montaña y dehesa del centro de la península ibérica. *Ecotrópicos*, **10(2)**, 113-132.
- CASTRO H., BARRICO L., RODRÍGUEZ-ECHEVARRÍA S. Y FREITAS H. (2016) Trends in plant and soil microbial diversity associated with Mediterranean extensive cereal fallow rotation agro-ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **217**, 33-40.

- CIRUJANO S. (1998) Flora y vegetación. En: *Parque Nacional Las Tablas de Daimiel*, pp. 81-132. Talavera de la Reina, España: Esfagno S.L.
- ESPIGARES T. Y PECO B. (1993) Mediterranean pastures dynamics: the role of germination. *Journal of Vegetation Science*, **4**, 189-194.
- HEADY H.F. (1997) Perspectivas on rangeland ecology and management. *Pastos*, **XXVII(1)**, 3-26.
- HERNÁNDEZ A. J., GIL A. Y PASTOR J. (2003) Estudio de barbechos en el territorio arcósico de Toledo sobre distintos tipos de suelo y sometidos a diferentes usos. En: Robles A.B. *et al.* (Eds) *Pastos, desarrollo y conservación*, pp. 735-741. Granada, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- LICITRA G., CARPINO I., SCHADT M., AVONDO S. Y BARRESI S. (1997) Forage quality of native pasture in a Mediterranean area. *Animal Feed Science Technology*, **69**, 315-328.
- RIVERO J.M. Y PUERTO A. (1997) Distribución de especies del género *Trifolium* L. en campos de cultivo abandonados. *Pastos*, **XXVII(1)**, 47-61.
- RIVAS J., GARCÍA A., TORO-MÚGICA P., ANGÓN E., PEREA J., MORANTES M. Y DIOS-PALOMARES R. (2014) Caracterización técnica, social y comercial de las explotaciones ovino manchegas, centro-sur de España. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, **5(3)**, 291-306.
- SAN MIGUEL A. (2001) *Pastos naturales españoles. Caracterización, aprovechamiento y posibilidades de mejora*. Madrid, España: Fundación Conde del Valle de Salazar-Mundi-Prensa.
- TILMAN D. (1987) Secondary succession and the pattern of plant dominance along experimental nitrogen gradient. *Ecological Monographs*, **57(3)**, 189-214.
- WILLENS J.H. Y BIK L.P.M. (1998) Restoration of high species density in calcareous grassland: the role of seed rain and soil seed bank. *Applied Vegetation Science*, **1**, 91-100.

CHARACTERIZATION AND DIAGNOSTIC OF HERBACEOUS PASTURES IN A DEHESA-SYSTEM IN THE NATIONAL PARK “LAS TABLAS DE DAIMIEL”

SUMMARY

In order to restore the traditional dehesa-system and pastures communities on alkaline soils, with special attention on “majadal pastures”, a preliminary evaluation of aboveground biomasses and botanical composition of Mediterranean grasslands, has been assessed on the dehesa system, at the National Park “Las Tablas de Daimiel”, Ciudad Real (Spain). Vegetation of ungrazed and uncultivated old agricultural land, pastoral fallows and reforested areas were assessed to determinate herbage production, richness and diversity in 2015. Pasture production was low in all sites associated to a very dry spring. Contribution of *Leguminosae*, *Poaceae* and other families was different between sites, although diversity have shown similar values. The high richness of legumes species on neutral-alkaline soils, specially *Medicago spp.*, can provide more productive and quality pastures and further the recovery of majadal communities at short and medium term.

Key words: abandoned fields, pastoral fallow, majadal, alkaline soils.

DIFERENCIAS EN LA CUBIERTA DE PASTOS HERBÁCEOS DE DEHESA POR INFLUENCIA DEL ARBOLADO Y LA GESTIÓN GANADERA

A. LÓPEZ-SÁNCHEZ¹, C. LÓPEZ-CARRASCO² Y S. ROIG¹.

¹ECOGESFOR. Departamento de Sistemas y Recursos Naturales. Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria, s/n Madrid. aida.lopez@upm.es, sonia.roig@upm.es. ²Servicio de Política Forestal y Espacios Naturales. JC Castilla-La Mancha. Avda. Portugal nº42. Talavera de la Reina. Toledo. clcarrasco@local.jccm.es.

RESUMEN

La cobertura del suelo por pastos herbáceos se emplea en la caracterización de espacios pastoreados, siendo además, un indicador de sobrepastoreo y de la protección del suelo frente a la erosión hídrica. En una dehesa del centro peninsular y durante dos años con condiciones meteorológicas muy contrastadas hemos analizado el comportamiento de esta variable en distintas alternativas de manejo ganadero (pastoreo de vacuno, ovino o ungulados silvestres) teniendo en cuenta la presencia y situación del arbolado. La cobertura depende del año, tipo de animal en pastoreo y posición respecto al arbolado; el porcentaje de suelo desnudo en el año húmedo fue muy pequeño (<1% de media) mientras que en el año seco se detectaron mayores diferencias en los factores considerados, con valores superiores asociados a zonas pastadas por ungulados silvestres y ovino, así como en pastos bajo la copa de las encinas. Tras un año extremadamente seco, los pastos herbáceos se recuperaron rápidamente en cobertura y producción en la siguiente temporada.

Palabras clave: suelo desnudo, sistema agroforestal, carga y especie ganadera, ganado doméstico, ungulados silvestres.

INTRODUCCIÓN

La cobertura de los pastos herbáceos es una interesante variable que refleja y condiciona los procesos de la dinámica suelo-vegetación así como el impacto de las actividades humanas en los ecosistemas. Se emplea en la caracterización de los sistemas pastorales en relación, por ejemplo, con la producción o con la protección del suelo frente a la erosión hídrica (Pulido *et al.*, 2011). Además, puede ser un indicador de procesos de cambio de estos sistemas como la intensificación de los aprovechamientos y la aparición de sobrepastoreo, problemas puntuales como la presencia de animales en periodos críticos o la eficacia de medidas de conservación (Linstädter *et al.*, 2014). El uso de este tipo de variables indicadoras es especialmente importante para el seguimiento de espacios protegidos o hábitats de interés comunitario, como el paradigmático ejemplo de las dehesas (código 6620 Directiva 43/92/EEC). El objetivo de este trabajo fue analizar, en distintas situaciones ecológicas en una dehesa mediterránea, el efecto de la gestión ganadera sobre la cobertura de los pastos herbáceos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se realizó durante dos años (2012 y 2013) en el CIA Dehesón del Encinar, Oropesa, Toledo, en seis zonas de la finca de una hectárea de superficie cada una, con relieve suave y densidad baja del arbolado (<40 pies ha⁻¹), con la encina (*Quercus ilex* ssp. *ballota* Lam.) como especie dominante. El suelo es franco-arenoso, pH ácido y con bajo contenido en materia orgánica (MO). La vegetación herbácea de las zonas se corresponde con pastos de anuales subnitrófilos

(posíos, *Stellarietea mediae*) y pastos de anuales terofíticos (*Tuberarietea guttatae*). La precipitación anual (de marzo a mayo en paréntesis) durante el periodo de estudio (años 2012-2013) fue de 274 (82) mm y de 810 (318) mm. La finca tiene pastoreo de fauna silvestre, especialmente por ciervo (*Cervus elaphus* L.) con bajas densidades (menos de 0,05 ind ha⁻¹). Cuatro de las zonas seleccionadas han mantenido pastoreo de ganado doméstico durante 25 años. Dos de las zonas están pastoreadas por bovino (raza avileña negra-ibérica) con una carga ganadera aproximada de 0,33 vacas ha⁻¹. Las otras dos zonas están pastoreadas por ovino (raza talaverana) con una carga ganadera aproximada de 1 oveja ha⁻¹. En cada zona se seleccionaron 4 árboles donde se colocaron 6 marcos de muestreo de 50 cm x 50 cm situados: dos de ellos bajo las copas a una distancia igual a la mitad del radio de copa (0,5R en adelante), otros dos bajo las copas a una distancia igual al radio de copa (ecotono en adelante) y por último, dos fuera de la influencia de las copas. El total de marcos muestreados fue de 144 en cada año. En cada marco se midió la cobertura herbácea considerando cinco categorías en función del porcentaje de suelo desnudo: 0=cuando estaba todo cubierto, 1=1-20% de suelo desnudo, 2=21-40%, 3=41-60%, 4=61-80% y 5 > 80% de suelo desnudo. El muestreo se llevó a cabo a finales de mayo durante los años 2012 y 2013. Con el fin de analizar como varía el porcentaje de suelo desnudo según el tipo de gestión del pastoreo o la proximidad al arbolado se utilizaron modelos multinomiales mixtos. En los análisis se consideró el árbol anidado en zona y ésta a su vez anidada en la especie de pastoreo como estructura de efectos aleatorios. El año, la especie de ganado y la distancia con respecto a la proyección de copa (microhábitat) fueron considerados como efectos fijos. La variable “% de suelo desnudo” fue ajustada con una distribución de errores multinomial con un *link logit* acumulativo. Para la selección de modelos se utilizó el enfoque “modelaveraging” (Burnham y Anderson, 2002). Para el tratamiento de datos, análisis y presentación de resultados se ha utilizado el programa R programming environment (R Development Core Team, 2010) junto a los módulos, “nnet” (Venables y Ripley, 2002) y “MuMIn” (Barton, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje de suelo desnudo depende del año, tipo de animal en pastoreo y posición respecto al arbolado o microhábitat (Tabla 1). Hay una marcada diferencia entre la cobertura de pastos herbáceos entre el año muy seco (2012) y el año húmedo (2013), en el que el suelo se encuentra prácticamente cubierto por pasto herbáceo (Figura 1, Tabla 2).

Tabla 1. Resumen de los modelos multinomiales mixtos (LR χ^2) ajustados para la superficie de suelo desnudo como variable respuesta y las distintas variables predictoras (aleatorias y fijas). d.f: grados de libertad, P: significación.

Variable respuesta	Variables predictoras	d.f	LR χ^2	P
	Efectos aleatorios			
	Zona	5	0,35	0,997
	Árbol	5	0,35	0,997
	Efectos fijos			
Superficie de suelo desnudo	Año	5	332,14	<0,001
	Especie de pastoreo	10	32,91	<0,001
	Micro-hábitat	10	55,04	<0,001
	(posición respecto árbol)			

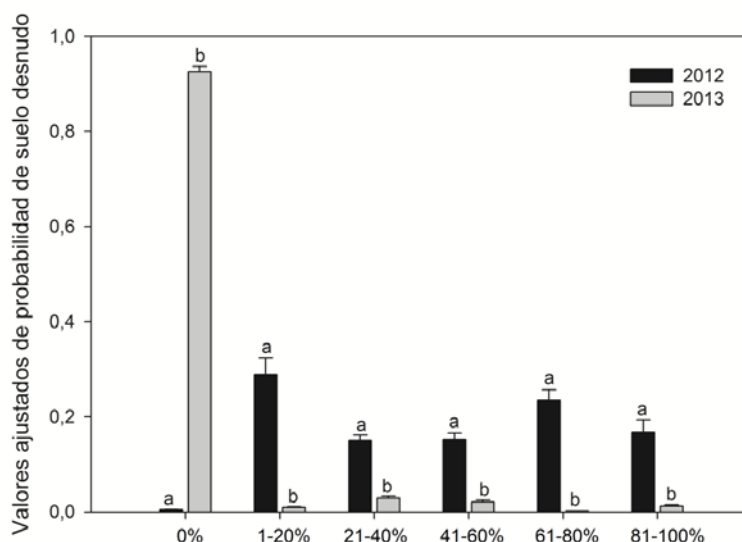


Figura 1. Probabilidades de ocurrencia de los 6 niveles de porcentaje de suelo desnudo según año de muestreo (2012 y 2013).

A pesar de las difíciles condiciones meteorológicas de uno de los años analizados, en general, las probabilidades de aparición de suelos desnudos con más del 20% son bajas (<0,2). Las diferencias entre factores de gestión ganadera y proximidad al arbolado se encuentran básicamente en el año seco. El pastoreo con ganado doméstico y las cargas evaluadas está asociado a la presencia de pastos herbáceos que cubren más el suelo (categoría 0% suelo desnudo, Figura 2). Las zonas con proporciones notables de suelo desnudo (entre 41 y el 80%) son más abundantes con pastoreo de ungulados silvestres (Figura 2), aunque destaca la presencia de suelos muy descubiertos (<80%) que se dan con mayor probabilidad en la zona de ovino, probablemente debido a la capacidad de esta especie de apurar los pastos hasta tallas muy cortas e incrementar la presión en años de baja oferta forrajera. La menor proporción de suelo desnudo asociada al vacuno puede ser debida a la relativa mejor calidad de las zonas de pastoreo de esta especie, algo más húmedas en la finca, y al modo de aprehensión del alimento de esta especie (Tabla 2). Por otra parte, en el caso de estudio el pastoreo con ungulados silvestres y bajas cargas está asociado a procesos de abandono del aprovechamiento ganadero y cambios en la composición florística de los pastos en la dehesa (López-Sánchez *et al.*, 2014), lo que realza, de nuevo, la posibilidad del desarrollo de una adecuada gestión pastoral del ganado doméstico como herramienta de conservación de estos sistemas.

Las diferencias meteorológicas entre años y, consecuentemente, en producción herbácea, conllevan otro cambio en la alimentación del ganado, como es el momento del inicio de la suplementación, lo que puede modificar la presión ganadera y el consumo de forrajes; en años secos se adelanta la suplementación del vacuno, que se encuentra en el inicio de la gestación mientras que a finales de primavera las ovejas están vacías y sin corderos. En esas fechas, los ciervos se encuentran en periodo de lactación, con grandes necesidades nutricionales.

La presencia de arbolado y la proximidad al tronco (microhábitat) influyen en el porcentaje de suelo desnudo de los pastos herbáceos. Las diferencias se marcan en el año seco. En 2012 es frecuente hallar pastos con porcentajes superiores al 20% de suelo desnudo fuera de influencia de las copas mientras que en las posiciones bajo copas encontramos suelos con más de 60% de suelo desnudo (Tabla 2 y Figura 2), asociados a una mayor concentración del ganado alrededor de los árboles (momentos de sesteo o buscando protección) y a la intensificación de la presión de pastoreo en los años secos y escasas producciones. Las condiciones meteorológicas influyen en la interacción

árbol-pasto, que puede ser de diferente signo según años (López-Carrasco y Roig, 2009). En un año muy seco la variabilidad espacial de la producción entre las situaciones de “fuera” y “dentro” de la copa es muy grande, frente a un año lluvioso, en que las diferencias entre las distintas posiciones relativas frente al arbolado (bajo copa, ecotono o sin influencia del árbol) son menores. Es decir, en un año muy seco como el que nos ocupa la presión del ganado bajo las copas del arbolado se incrementa en gran medida. Además de otros efectos provocados por la concentración del ganado, como el estercolado, los cambios en la composición florística bajo las copas puede estar asociados a la frecuencia de distintos tipos biológicos que protejan el suelo de forma diferente (ej. una mayor presencia de gramíneas bajo copas frente a especies de los géneros *Hypochoeris*, *Crepis*, *Echium*, *Plantago*, etc., que son más abundantes en pastos herbáceos abiertos (Dale *et al.*, 2002; López-Sánchez, 2015).

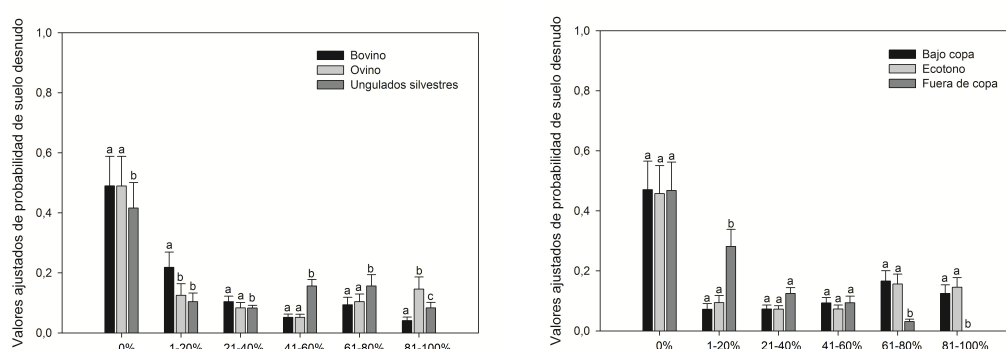


Figura 2. Probabilidades de ocurrencia de los distintos niveles de porcentaje de suelo desnudo según la gestión del ganado y la presencia de arbolado.

Tabla 2. Valores medios de materia seca (kg ha^{-1}) y proporción de suelo desnudo (%) por año, según el efecto de la gestión de pastoreo y presencia del arbolado.

		Materia seca kg ha^{-1} (std)		% Superficie suelo desnudo	
		2012	2013	2012	2013
Gestión de pastoreo	Bovino	510,0 (402,6)	3344,8 (1083,7)	33%	<1%
	Ovino	222,2 (171,5)	3263,6 (1321,5)	52%	<1%
	Ungulados silvestres	316,5 (219,4)	1912,9 (920,1)	56%	<1%
Presencia arbolado	Bajo copa	212,6 (159,2)	2979,2 (1376,5)	60%	<1%
	Fuera de copa	623,5 (342,6)	2562,8 (1068,2)	17%	<1%

Las extremas diferencias en las precipitaciones entre años produjeron valores de biomasa herbácea de $2840,4 \text{ kg de MS ha}^{-1}$ en 2013 y de $349,6 \text{ kg de MS ha}^{-1}$ para el año 2012 (Tabla 2); el sistema mostró una excelente capacidad de recuperación en sus producciones tras un año muy seco, como han mostrado otros estudios en dehesa (López-Carrasco *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

La precipitación del año marcó claramente la producción y cobertura de los pastos herbáceos en la dehesa. La cobertura del suelo desnudo mostró notables diferencias entre las zonas pastadas por las diferentes especies ganaderas y entre microhábitats creados por el arbolado. En un año extremadamente seco, la probabilidad de aparición de suelo desnudo fue menor en zonas pasteadas por ganado doméstico; además, el porcentaje de suelo desnudo bajo las copas de los



árboles fue muy superior, debido, probablemente al efecto de atracción de la sombra y a la distinta composición florística de la comunidad herbácea bajo las copas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTON K. (2013) MuMIn: Multi-model inference, R package version 1.9.5. <http://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>.
- BURNHAM K.P. Y ANDERSON D.R. (2002) Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach, second ed. New York: Springer Verlag.
- DALE V.H., BEYELER S.C. Y JACKSON B. (2002) Understory vegetation indicators of anthropogenic disturbance in longleaf pine forests at Fort Benning, Georgia, USA. *Ecological Indicators*, **1**, 155-170.
- LINSTÄDTER A., SCHELLBERG J., BRÜSER K., MORENO GARCÍA C.A., OOMEN R.J. Y DU PREEZ C.C. (2014) Are there consistent grazing indicators in drylands? Testing plant functional types of various complexity in South Africa's grassland and savanna biomes. *PLoS ONE*, **9(8)**, e104672. [DOI:10.1371/journal.pone.0104672].
- LÓPEZ-CARRASCO C., GÓMEZ M. J., CARPINTERO J. M. BRAÑAS J. Y ROIG S. (2014) Efecto residual de la aplicación de fertilizantes de nueva generación sobre la producción, composición y diversidad de pastos herbáceos en una dehesa toledana. En: Busqué J. *et al.* (Eds) *Pastos y PAC 2014-2020*, pp. 215-222. Potes, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- LÓPEZ-CARRASCO C. Y ROIG S. (2009) Efecto de la disposición espacial del arbolado sobre los pastos herbáceos de una dehesa toledana: producción de materia seca. En: Reiné R. *et al.* (Eds) *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de ecosistemas*, pp. 765-572. Huesca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- LÓPEZ-SÁNCHEZ A. (2015) Balancing management and preservation of Mediterranean scattered oak woodlands (dehesas) in human-dominated landscapes. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.
- LÓPEZ-SÁNCHEZ A., SAN MIGUEL A. Y ROIG S. (2014) Resilience of Mediterranean ecosystems: tree and management effects on variability of herbaceous pastures in a dry year. En: Hopkins A. *et al.* (Eds) *The Future of European Grasslands* Proceedings of the 25th General Meeting of the EGF, pp. 382-384. Aberystwyth, Wales, UK.
- PULIDO M., LAVADO J.F. Y SCHNABEL S. (2011) Estudios de la cobertura del suelo para estudios de degradación. Influencia de la escala espacial y la técnica de muestreo. *Nimbus*, **27-28**, 169-181.
- R Development Core Team (2010) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria. <http://www.R-project.org/>.
- VENABLES W.N. Y RIPLEY B.D. (2002) Modern Applied Statistics with S. fourth ed. Springer, New York. <http://www.stats.ox.ac.uk/pub/MASS4>.

DIFFERENCES IN DEHESA HERBACEOUS PASTURE COVER AS AFFECTED BY TREE PRESENCE AND GRAZING MANAGEMENT

SUMMARY

Pasture soil cover is used at the characterization of grazing systems and as an indicator of overgrazing as well as a measure of the soil protection against hydrological erosion. In a Central Spanish dehesa and during two years with contrasted weather conditions, we have analysed the

changes in soil cover at herbaceous pastures at different grazing management systems (cattle, sheep or wild ungulates grazing) considering the presence and location of trees. Soil cover depends on the year of study, grazing species and microhabitat created by trees. Bare soil at the humid year was very low (<1% of average) while we found larger differences at the studied factors at the dry year. Bare soil had higher values at wild ungulates and sheep grazing zones as well as at pastures under the influence of tree crowns. After an extremely dry year, the system showed a remarkable resilience; herbaceous pastures quickly recovered soil cover and yield at the following vegetation period.

Key words: bare ground, agroforestry system, stocking rate, grazing species, livestock, wildlife.

SIEMBRA DE ESPECIES HERBÁCEAS DE INTERÉS FORRAJERO (SILVESTRES Y AGRÍCOLAS) EN ÁREAS CORTAFUEGOS DE ANDALUCÍA ORIENTAL

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

Grupo de Pastos y Sistemas Silvopastorales Mediterráneos. Estación Experimental Zaidín. C/ Profesor Albareda 1. 18008 Granada (España). abroble@eez.csic.es.

RESUMEN

Las mejoras pastorales en cortafuegos incrementan la producción y calidad del pasto, pero también colaboran en la reducción del riesgo de incendios. En este trabajo presentamos los primeros resultados sobre la implantación de forrajeras autóctonas (silvestres y agrícolas), en una zona integrada en la Red de Áreas Pasto-Cortafuegos de Andalucía (Granada). El objetivo de este trabajo ha sido determinar qué especies, silvestres (*Bituminaria bituminosa*, *Trigonella polyceratia*, *Vicia peregrina*, *Cynodon dactylon*, *Dactylis glomerata* L. y *Piptatherum miliaceus*) y agrícolas (comerciales) (cebada, avena, yeros y veza) son las que mejor se establecen en un cortafuegos, a fin de evaluar diferentes propuestas de gestión en la mejora de pastos en áreas cortafuegos. Los resultados indican que las especies agrícolas son más productivas que las silvestres. De las agrícolas, señalamos la cebada entre los cereales y los yeros entre las leguminosas, aunque sólo se observaron diferencias significativas entre cebada y veza. De las silvestres, *V. peregrina* y *T. polyceratia* fueron las más productivas, aunque la primera no mostró diferencias significativas respecto a las parcelas control. El simple laboreo en el cortafuegos mejoró la producción de los pastos naturales. Consideramos necesario seguir investigando (especies y tipo de manejo) para incrementar la producción de los pastos sembrados en cortafuegos.

Palabras clave: producción, leguminosas, cereales, gramíneas, clima semiárido continental.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de las áreas cortafuegos es la prevención de los fuegos forestales mediante la reducción del combustible vegetal. La reducción de la biomasa vegetal implica operaciones costosas y de elevado impacto ambiental (Mosquera-Losada *et al.*, 2006), como son los desmontes, clareos y desbroces entre otros. Una alternativa mucho más económica es el pastoreo controlado con ganado que reduce el coste de mantenimiento del cortafuegos. Francia fue pionera en integrar el ganado en los planes de prevención de incendios forestales y, en España se han creado varios programas gubernamentales autonómicos durante los últimos veinte años (Ruiz Mirazo *et al.*, 2012). En Andalucía, en el año 2003, ligado a un proyecto de investigación financiado por la Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía) y dirigido por el grupo de Pastos que presenta esta comunicación (EEZ/CSIC), se inició un programa con pastoreo en áreas cortafuegos, que actualmente se ha consolidado en la Red de Áreas Pasto-Cortafuegos Andaluza (RAPCA) (Ruiz-Mirazo *et al.*, 2012).

En estos programas preventivos para lograr mayor eficiencia de la actividad ganadera se recomienda combinar la práctica pastoral con otras técnicas de mantenimiento, entre las que destacan las siembras de pastos. Éstas permiten aumentar el tiempo de pastoreo en cortafuego al incrementar la producción y calidad de los pastos naturales (Thavaud, 2009).

En este contexto, el grupo de investigación que presenta este trabajo, ha realizado algunos ensayos sobre la implantación de forrajeras en zonas piloto integradas en la RAPCA. El objetivo general de este trabajo ha sido determinar las especies que muestran mejor aptitud para llevar a cabo mejoras de pastos en un área cortafuegos de clima semiárido mediterráneo con influencia

continental y sustrato básico. De manera concreta se pretende: 1) determinar qué especies forrajeras (silvestres y agrícolas) son las más productivas ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) y, 2) en las silvestres, comparar la producción de las parcelas sembradas respecto al control (pasto natural sin sembrar).

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se ha llevado a cabo en un cortafuegos junto a una repoblación de *Pinus halepensis* Miller, localizado en la finca Cortijo Conejo y Albarrán ($37^{\circ}26' \text{ N}$ y $3^{\circ}5' \text{ W}$, 1100 m) (Guadix, Granada), con clima mediterráneo semiárido y de acusada continentalidad, pudiendo alcanzar mínimas inferiores a -15°C en invierno y máxima superiores a los 40°C en verano (Jiménez *et al.*, 2014). La precipitación media anual es de 320 mm con gran variabilidad interanual; durante el ciclo meteorológico del ensayo (2005-2006) la lluvia fue 267,9 mm (Jiménez *et al.*, 2014), y hasta la fecha de muestreo (septiembre a mayo) fue de 231,2 mm. El suelo es un calcisol pétrico con un horizonte petroclácico con alto contenido en CaCO_3 (40-60%), entre 35 y 40 cm en profundidad (Jiménez *et al.*, 2014) y con pH de 7,5. El terreno tuvo uso agropecuario (cereal de secano y ganadería) hasta 1993.

Los ensayos de siembra se realizaron en 25 de noviembre de 2005, con las especies (entre paréntesis dosis de siembra): a) seis silvestres: *Bituminaria bituminosa* L. (70 kg ha^{-1}), *Trigonella polyceratia* L. (50 kg ha^{-1}), *Vicia peregrina* L. (100 kg ha^{-1}), *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (30 kg ha^{-1}), *Dactylis glomerata* L. (40 kg ha^{-1}) y *Piptatherum miliaceus* (L.) Cosson (50 kg ha^{-1}); y b) cuatro agrícolas (comerciales): cebada cv Albacete (*Hordeum vulgare* L.) (150 kg ha^{-1}), avena (*Avena sativa* L.) (150 kg ha^{-1}), yeros (*Vicia ervilia* (L.) Willd. (100 kg ha^{-1}) y veza (*Vicia sativa* L.) (100 kg ha^{-1}). Las semillas de las especies silvestres, *T. polyceratia*, *V. peregrina* y *C. dactylon* fueron recolectadas en la zona de estudio, el resto de las especies fueron compradas a una empresa y provenían de Andalucía occidental (Córdoba). La siembra de campo siguió un diseño aleatorizado de bloques al azar, con cuatro réplicas y un factor principal, la especie. Adicionalmente, se delimitó una subparcela control (sin siembra) por bloque. El tamaño de cada subparcela fue de $3 \times 2 \text{ m}$ (6 m^2), y separación de calles de 1 m. La siembra se hizo a voleo, previamente se preparó el terreno con dos pasadas de cultivador y posterior allanamiento con motocultor. Las subparcelas no fueron abonadas, ni se realizó limpieza de malas hierbas durante el crecimiento. En cada una de ellas se evaluó la producción ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), diferenciando entre las fracciones: especies forrajeras, malas hierbas (MH) y total (forrajeras + MH), así como el porcentaje de malas hierbas (% MH). Respecto a las especies silvestres, con el objeto de determinar si su establecimiento era realmente debido a la siembra y no al banco de semillas del suelo, se comparó su producción en las parcelas sembradas respecto al control (pasto natural sin sembrar). El muestreo se realizó a finales de mayo, en cada subparcela se cortaron cuatro cuadrados de $50 \times 50 \text{ cm}$, y se determinó su peso seco mediante secado en estufa de aire forzado a 60°C .

De los parámetros evaluados, se comparó el conjunto de las especies agrícolas frente a las silvestres mediante la prueba *t-Student* o Mann Whitney (sí los datos no cumplían las condiciones normalidad y homocedasticidad), también se aplicaron estas pruebas para comparar la producción de especies silvestres respecto al control. Se analizan separadamente las especies agrícolas y las silvestres (dos grupos). En cada grupo los parámetros se analizaron mediante un ANOVA específico para el diseño de bloques al azar (comparación de las medias: test LSD de Tukey 95 %) o bien utilizando la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis (no normalidad y homocedasticidad).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las especies agrícolas se establecieron en campo, sin embargo de las silvestres sólo se instalaron tres: *T. polyceratia*, *V. peregrina* y *C. dactylon*, y no se establecieron, *D. glomerata*, *P. miliaceus* y *B. bituminosa*. La recolección de estas últimas especies se realizó en una localidad con características ambientales bastante diferentes (precipitación > 500 mm y sustrato ácido) a las de la zona de siembra, lo que pudo afectar a su nula implantación en campo. La germinación es un rasgo que varía mucho entre las poblaciones de una especie, y está afectada por las características ambientales locales en las que se originaron las semillas, por lo que plantas de una misma especie que crecen en hábitats diferentes pueden tener estrategias diferentes de germinación (Shimono y Kudo, 2003).

Como era previsible, en general, las especies agrícolas fueron más productivas que las silvestres (775,10 vs. 306,34 kg MS ha⁻¹ año⁻¹ respectivamente; $p=0,020$ y $U=50$) y, con gran variabilidad de producción dentro de cada grupo (Figura 1a y b). De manera inversa, la producción de malas hierbas fue inversa a la producción de forraje, aunque sin diferencias significativas entre ambos grupos (1213,38 vs. 1384,19 kg MS ha⁻¹ año⁻¹, agrícolas y silvestres respectivamente), sin embargo, si se observó para el porcentaje de malas hierbas (64,05 % agrícolas vs. 80,63 % silvestres; $p=0,020$ y $U=50$). Respecto a la producción total no hubo diferencias significativas entre agrícolas y silvestres (1988,49 vs. 1690,52 kg MS ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente), y tampoco hubo diferencias si comparamos con la producción del pasto natural de las parcelas control (1656,23 kg MS ha⁻¹ año⁻¹). Sin embargo, este valor fue superior al evaluado por Ruiz-Mirazo *et al.* (2012) (918 y 1250 MS ha⁻¹ año⁻¹) para los pastos naturales evaluados en este mismo cortafuegos (2007 a 2009), a pesar de que los años fueron algo más lluviosos (331, 297 y 346 mm, precipitación anual respectivamente). Ello podría sugerir, que el simple laboreo del suelo sin posterior siembra puede contribuir a mejorar la producción de estos pastos naturales. Así, en relación al banco de semillas del suelo, el laboreo tiene una doble función: puede escarificar las semillas del suelo, a la vez que facilita la exposición de éstas a los horizontes superficiales, favoreciendo la germinación de las mismas (Bàrberi, 2002).

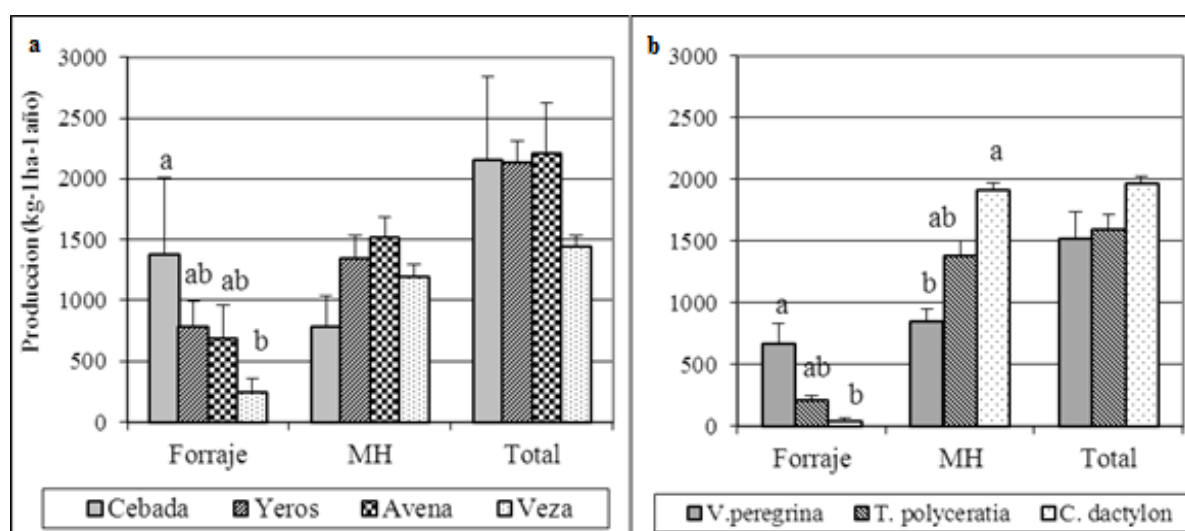


Figura 1 (a y b). Producción media (kg MS ha⁻¹ año⁻¹) de: forraje, malas hierbas (MH) y total. Para cada fracción evaluada (forraje, MH y Total): letras diferentes indican diferencias significativas entre especies ($P>0,05$). Líneas sobre barras representan el error estándar de la media. a) Especies agrícolas, b) especies silvestres.

En relación a las especies agrícolas (Figura 1a), de los cereales, la cebada ($1375 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) alcanzó mayor producción de forraje que la avena ($693,51 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) y, de las leguminosas, los yeros ($786,90 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) más que la veza ($247,02 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), aunque sólo se observaron diferencias significativas entre la cebada y la veza (g.l.=3, $p=0,049$ y $H=7,875$) (Figura 1a). A pesar de no detectarse diferencias significativas entre los yeros y la veza, consideramos que se debería seguir investigando sobre la primera especie, por su mayor adaptación a los climas secos y fríos, como ha sido observado por otros autores (Robles *et al.*, 2015). Respecto a la producción de las malas hierbas y del total, no hubo diferencias significativas entre especies (Figura 1a), aunque sí las hubo para el porcentaje en malas hierbas, siendo bastante inferior en la especie más productiva (cebada, 37,62 %) que en las menos (veza: 83,35% y avena: 71,27%), y sin diferencias respecto a los yeros (63,96 %) (g.l.=3, $p=0,008$, $F=7,29$).

En cuanto a las especies silvestres, *V. peregrina* ($662,28 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) presentó mayor producción que *T. polyceratia* ($211,54 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) y *C. dactylon* ($45,19 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), aunque sólo hubo diferencias significativas entre *V. peregrina* y *C. dactylon* (g.l.=3, $p=0,073$ y $H=9,846$) (Figura 1b). Como en las especies agrícolas, la producción de malas hierbas fue claramente inversa a la de forraje ($850\text{-}1385 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, *V. peregrina* y *C. dactylon* respectivamente) y con diferencias significativas entre especies (g.l.=3, $p=0,001$ y $H=9,3018$) (Figura 1b). El porcentaje de malas hierbas tuvo similar respuesta (g.l.=3, $p=0,015$ y $F=13,28$), y no se observaron diferencias en la producción total.

Las tres especies silvestres que lograron implantarse (*V. peregrina*, *T. polyceratia* y *C. dactylon*) son componentes de los pastos naturales del cortafuegos. Para valorar si la respuesta de estas tres especies fue debida a la siembra o al banco de semillas del suelo, se compara la producción de forraje en las parcelas sembradas respecto al control (Figura 2). De ellas, sólo *T. polyceratia* mostró diferencias significativas, mayor en las parcelas sembradas ($211,54 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) que en el control ($38,64 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) (g.l.=7, $p=0,009$ y $t=3,556$). Aunque *V. peregrina* fue la más productiva en el ensayo de siembra (Figura 1b), no se observan diferencias respecto a las parcelas control (Figura 3), lo que podría indicar una mayor reserva de sus semillas en el suelo. Además, las prácticas de laboreo realizadas en las parcelas control (cortafuegos) han podido traer a la superficie las semillas de esta especie y favorecer el escarificado de las mismas, incrementando así su germinación.

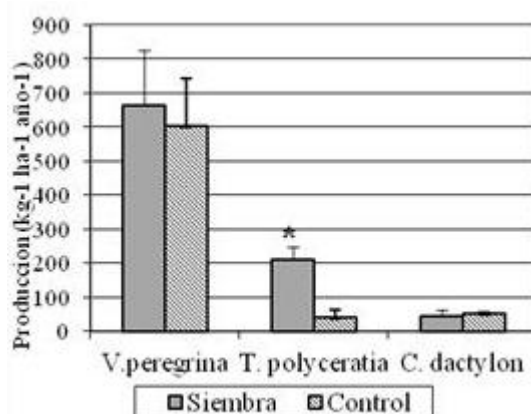


Figura 2. Producción media de forraje ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) de tres especies silvestres sembradas cortafuegos: Siembra frente a pastos naturales (Control). Para cada especie: (*) indica diferencias significativas entre tratamientos ($P>0,05$). Líneas sobre barras representan el error estándar de la media.

En general, los valores de producción de forraje de las especies sembradas han sido bajos y, alto el porcentaje de malas hierbas, lo que revelan la gran dificultad de implantación en terrenos forestales de las especies estudiadas, especialmente si se trata de especies silvestres, hecho que ha sido puesto de manifiesto por otros autores (Delgado *et al.*, 2009; Robles *et al.*, 2015). Este bajo establecimiento puede deberse a la competencia con el banco de semillas del suelo, en su mayoría integrado por especies anuales oportunistas que, en general, presentan semillas con una reducida latencia (Bàrberi, 2002). Además, como se ha indicado anteriormente, el laboreo del cortafuegos ha podido incrementar escarificación de estas semillas.

Deseamos destacar que estas siembras son las primeras en ensayarse en las áreas cortafuegos de Andalucía, por lo cual consideramos necesario seguir investigando sobre las especies a implantar en campo, además de otros condicionantes como: técnicas de escarificación de semillas, época y dosis de siembra, tipo de laboreo y fertilización del suelo.

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados, y en unas condiciones similares a las de este estudio se recomienda la siembra en cortafuegos con las siguientes especies: entre las de origen agrícola, la cebada (como cereal) y los yeros (como leguminosa), y de las silvestres: *T. polyceratia* y *V. peregrina*.

Los datos de producción de las parcelas control (pastos naturales) sugieren que el simple laboreo del suelo puede contribuir a mejorar la producción de los pastos naturales. En todo caso, consideramos necesario seguir investigando sobre las especies y tipo de manejo, con el objeto de llevar a cabo siembras en cortafuegos de similares características.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BÀRBERI P. (2002) Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues?. *Weed Research*, **42(3)**, 177-193.
- DELGADO I., CONGOST S. Y NUEZ T. (2009) Evaluación de praderas en tierras de secano del maestrazgo turolense. En: Reiné R. *et al.* (Eds) *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp 351-357. Huesca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- JIMÉNEZ M.N., PINTO J.R., RIPOLL M.A., SÁNCHEZ-MIRANDA A. Y NAVARRO F.B. (2014) Restoring silvopastures with oak saplings: effects of mulch and diameter class on survival, growth, and annual leaf-nutrient patterns. *Agroforestry Systems*, **88**, 935-946.
- MOSQUERA-LOSADA R.M., FERNÁNDEZ-NÚÑEZ E. Y RIGUEIRO A. (2006) Pasture, tree and soil evolution in silvopastoral systems of Atlantic Europe. *Forest Ecology and Management*, **231(1-3)**, 135-145.
- ROBLES A.B., RAMOS M.E., CABEZA F.M., DELGADO F. Y GONZÁLEZ-REBOLLAR J.L. (2015) Leguminosas herbáceas en la restauración forestal de zonas incendiadas del macizo de Sierra Nevada: producción y calidad. En: Cifre J. *et al.* (Eds) *Pastos y forrajes del siglo XXI*, pp. 129-136. Palma de Mallorca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- 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.
- SHIMONO Y. Y KUDO G. (2003) Intraspecific variations in seedling emergence and survival of *Potentilla matsumurae* (Rosaceae) between alpine fellfield and snowbed habitats. *Annals of Botany*, **91(1)**, 21-29.



THAUAUD P. (2009) Guide pratique pour l'entretien des coupures de combustible par le pastoralisme. En: Thavaud P. (Ed) *Réseau Coupures de combustible*, 12. Laudun, Francia: La Cardère-l'Éphémère.

SEEDING OF FODDER HERBACEOUS SPECIES (WILD AND AGRICULTURAL) IN FIREBREAKS IN EASTERN ANDALUSIA

SUMMARY

The improvements of pastures in firebreaks increase yield and quality of pastures, but also collaborate in the reduction of fire risk in these areas. In this work we present the preliminary results of the establishment of fodder species, wild and commercial, in a area integrated in the Fuelbreak Network of Andalusia (Granada). The aim of this paper is to determine which wild (*Bituminaria bituminosa*, *Trigonella polyceratia*, *Vicia peregrina*, *Cynodon dactylon*, *Dactylis glomerata* L. and *Piptatherum miliaceus*) and agricultural (commercial) species (barley, oats, bitter vetch and vetch) are best established in a firebreak, in order to evaluate different proposals of management for the improvement of pastures in fuelbreaks. Our results indicate that the agricultural species are more productive than the wild. Among the agricultural species, barley stands out from the cereals, and bitter vetch excels from the legumes. Among the wild species, *V. peregrina* and *T. polyceratia* were the most productive, although the former's yield did not differ from the control plots. Tillage itself ameliorated natural pastures yield. We consider that further research is needed (species and type of management) to increase the yield of seeded pastures in firebreaks.

Key words: yield, legumes, cereals, grasses, semiarid continental climate.

EXPERIENCIA DEMOSTRATIVA DE CONTROL DEL MATORRAL EN RONCESVALLES (NAVARRA): EFECTOS DEL FUEGO EN EL SUELO

R.M. CANALS TRESSERRAS¹, L. SAN EMETERIO GARCIAINDIA¹, L. MÚGICA AZPILICUETA¹, J.L. SAEZ
ISTILART² Y I. VERGARA HERNÁNDEZ².

¹Dpto. Producción Agraria. UPNA. Campus Arrosadia s/n. 31006 Pamplona (España). rmcanals@unavarra.es.

²INTIA. Edificio de Peritos, Av. Serapio Huici 22, 31610 Villava (España). jsaez@intiasa.es.

RESUMEN

Las quemadas invernales son prácticas tradicionales utilizadas en la montaña atlántica para controlar el matorral y eliminar la biomasa no pastada. Ante la actual situación de cambio global, climático y de usos, esta práctica adquiere una nueva dimensión, debido a la apremiante necesidad de reducir la acumulación de biomasa combustible y de favorecer comunidades vegetales abiertas y diversas, que disminuyan el riesgo de incendios espontáneos y puedan ser mantenidas por herbivorismo. A pesar de su interés, los resultados de esta práctica son variables, y frecuentemente se observa un rápido rebrote del matorral en lugares recientemente quemados. El fracaso del control arbustivo supone no sólo una pérdida de dinero y tiempo, sino que, también, el empleo del fuego de forma recurrente, puede conllevar efectos ambientales negativos. Esta investigación describe los efectos de una quema controlada en las principales características de un suelo de matorral de la montaña navarra atlántica en el LIC Roncesvalles-Selva de Irati, con particular atención al nitrógeno, y reflexiona sobre las implicaciones ambientales que puede desencadenar una elevada recurrencia de utilización de esta práctica.

Palabras clave: fuego pastoral, brezal-argomal, *Ulex gallii*, nitrógeno edáfico.

INTRODUCCIÓN

Los brezales-argomales, asentados habitualmente en terrenos ácidos y pobres en nutrientes, cubren amplias áreas en las regiones atlánticas del oeste europeo (Peralta *et al.*, 2013). En el norte de la Península Ibérica estas comunidades están sufriendo un proceso de expansión debido al abandono de las actividades agrarias y a la disminución del aprovechamiento ganadero en las zonas más desfavorables.

En el LIC Roncesvalles-Selva de Irati, ubicado en el extremo occidental del Pirineo navarro, estos matorrales contienen una proporción muy elevada de tojo o argoma (*Ulex gallii*). Esta leguminosa arbustiva supone una importante competencia para los brezos (*Erica vagans*, *Erica tetralix*, *Calluna vulgaris*, *Daboecia cantabrica*) y para la vegetación herbácea (pastos multiespecíficos). Los argomales constituyen comunidades muy cerradas, que desarrollan y acumulan gran cantidad de biomasa, y en las que, a medio plazo, no se observan procesos de sucesión hacia bosques. Además, la argoma es una especie muy inflamable, que propaga las llamas rápidamente y que puede favorecer incendios espontáneos de alta intensidad (Reyes *et al.*, 2009).

Debido a la densidad de los argomales, su aprovechamiento por herbívoros es inviable si no se realizan actuaciones previas, como quemadas controladas o labores mecánicas de desbroce, que controlen el matorral y favorezcan comunidades vegetales abiertas, en las que sí sea posible la entrada de los herbívoros.

En el año 2014 se planteó una experiencia demostrativa en la montaña navarra para determinar la efectividad de distintos tratamientos de control del matorral: quema controlada, desbroce mecánico y desbroce biológico con equino tras las actuaciones anteriores (Sáez *et al.*,

2016). La zona, que había sido quemada en los años 1998 y 2000 y soportaba en la actualidad una baja carga ganadera, se encontraba en la actualidad densamente matorralizada. En el marco de esta experiencia demostrativa, nos planteamos como objetivo el seguimiento de los efectos a corto y medio plazo de las quemas experimentales en el suelo, y en particular en la dinámica del nutriente más limitante, el nitrógeno.

MATERIAL Y MÉTODOS

En la primavera del 2014, se realizaron tres quemas experimentales en tres parajes cercanos, pertenecientes al sector noroccidental del LIC Roncesvalles-Selva de Irati. Las quemas fueron realizadas por el equipo EPRIF (Equipos de Prevención Integral de Incendios Forestales) asignado a la comarca, que contó con la colaboración del parque de bomberos del Gobierno de Navarra y del personal de INTIA-Roncesvalles. La Tabla 1 detalla las características de la vegetación en las zonas seleccionadas y las fechas de las quemas.

Durante las quemas, se tomaron registros de las temperaturas en el suelo mediante termistores *datalogger* instalados en un mismo perfil a tres profundidades distintas (5,7 y 10 cm). La Tabla 2 muestra las temperaturas registradas en el suelo en una de las áreas quemadas. Las temperaturas alcanzadas durante la quema fueron bajas, la más elevada alcanzó los 65 °C, y se amortiguaron en profundidad, aunque el efecto del incremento térmico persistió durante las 3 horas siguientes (tiempo de registro del *datalogger*).

Tabla 1. Localización y características de las áreas quemadas en esta experiencia.

Localización	Recubrimiento total del estrato arbustivo	Contribución de especies arbustivas	Altura media y edad arbustos	Fecha quema
Lapurtzilo	95% (parte alta)	100% <i>U. gallii</i>	25 cm	21-mar-14
	100% (parte baja)	94% <i>U. gallii</i> , 5% <i>D. cantabrica</i> , 1% <i>E. vagans</i> y presencia de <i>C. vulgaris</i>	(5-6 años)	
Muruzabal y Bizkar	99%	94% <i>U. gallii</i> , 5% <i>D. cantabrica</i> , 1% <i>P. aquilinum</i> y presencia <i>E. vagans</i>	70 cm (>15 años)	10-abr-14
Iralepo	95%	95% <i>U. gallii</i> , 5% <i>D. cantabrica</i> , <i>E. vagans</i> y <i>P. aquilinum</i>	40 cm (>10 años)	14-abr-14

Tabla 2. Temperaturas (°C) registradas en el suelo a distinta profundidad, antes, durante y después de la quema controlada.

Profundidad del termistor	5 cm	7 cm	10 cm
Pre-Quema	9,8	8,2	7,1
Quema	36,0	17,6	11,1
Post-Quema	14,8	12,7	10,9

Los muestreos de suelos se realizaron en abril y noviembre de 2014, 10 días y 7 meses después de las quemas, en tres áreas quemadas (Lapurtzilo, Muruzabal y Bizkar) y en tres áreas control, no quemadas, cercanas a las anteriores. Se recogieron muestras en 5 puntos por cada área, en superficie (0-5 cm) y en profundidad (5-10 cm) y se mantuvieron refrigeradas hasta su traslado al laboratorio. Las propiedades físico-químicas de los suelos fueron analizadas en Nasertic y los parámetros microbiológicos y funcionales se realizaron en el laboratorio del grupo de pastos de la UPNA.



El análisis estadístico se realizó con el programa R (R Core Team, 2012) mediante un modelo lineal mixto con el tratamiento (control y quema), la profundidad (0-5 y 5-10 cm) y la fecha (10 días y 7 meses después de la quema) como factores fijos y los puntos de muestreo (30 por fecha) anidados dentro de las parcelas (6) como factores aleatorios.

RESULTADOS

Los suelos de la zona estudiada son de textura franco-limosa y de reacción fuertemente ácida. Tienen alta proporción de materia orgánica, una elevada capacidad de intercambio catiónico y unos altos contenidos totales de nitrógeno, fósforo y potasio (Tabla 3). Además, presentan una elevada concentración de aluminio en el complejo de cambio, mineral que puede resultar tóxico para muchas especies vegetales. Para los principales parámetros físico-químicos analizados, no se encontraron diferencias significativas entre suelos quemados y no quemados, aunque sí se observaron variaciones significativas en las dos formas de nitrógeno mineral, nitrato y amonio. Los contenidos de nitrato, insignificantes en los primeros muestreos de abril, se dispararon en los suelos quemados a los 7 meses ($p=0,0133$). En noviembre, las concentraciones de nitrato fueron 5 veces superiores en los suelos quemados que en los suelos control (Figura 1). Respecto al amonio, aunque no se produjeron estas variaciones temporales, sí se observó una tendencia hacia un mayor contenido de amonio en los suelos quemados a los 7 meses ($p=0,1173$; Figura 1).

Tabla 3. Comparación de parámetros texturales, propiedades químicas y nivel nutricional de los suelos muestreados en áreas quemadas y no quemadas (control). Estadísticos: media, error estándar (\pm EE) y p-valor.

Estadísticos	Control		Quemado		Significación quema (p-valor)
	Media	\pm EE	Media	\pm EE	
Parámetros físicos					
Arena (0,05-2 mm) (%)	22,98	1,45	19,85	1,24	0,4885
Limo (0,002-0,05 mm) (%)	48,97	0,84	49,34	1,34	0,8737
Arcilla (<0,002 mm) (%)	21,60	1,13	24,80	1,52	0,4963
Humedad (%)	46,07	0,97	42,27	0,61	0,2729
Parámetros químicos					
pH en agua (1:2.5)	4,71	0,03	4,71	0,05	0,3029
Materia orgánica (%)	18,45	1,29	15,61	0,88	0,3842
Relación C/N	11,84	0,26	11,55	0,32	0,5683
N total (%)	0,91	0,07	0,79	0,04	0,3838
CIC (cmol(+)/kg)	32,19	1,82	30,33	2,27	0,6049
Fósforo (P2O5) (mg/kg)	47,84	3,32	43,43	3,14	0,6144
Potasio (K2O) (mg/kg)	225,15	23,90	198,49	17,59	0,6422
Ca intercambiable (cmol(+)/kg)	3,98	0,39	3,59	0,42	0,4993
Mg intercambiable (cmol(+)/kg)	1,64	0,14	1,56	0,16	0,7464
Na intercambiable (cmol(+)/kg)	0,76	0,04	0,81	0,07	0,4567
K intercambiable (cmol(+)/kg)	0,48	0,05	0,42	0,04	0,6433
H intercambiable (cmol(+)/kg)	0,57	0,07	0,48	0,07	0,6507
Aluminio intercambiable (cmol(+)/kg)	4,72	0,22	5,30	0,33	0,2720

También se estudiaron dos formas orgánicas de nitrógeno fácilmente transformable o utilizable por las plantas, el nitrógeno orgánico disuelto en el suelo (DON) y el nitrógeno inmovilizado por la microbiota edáfica (NBM). El DON incrementó abruptamente tras la quema pero decayó de

forma notable a los 7 meses ($p_{\text{interacción}}=p>0,01$; Figura 1) mientras que el NBM sufrió un descenso acusado tras la quema que persistió a los 7 meses ($p=0,0049$; Figura 1).

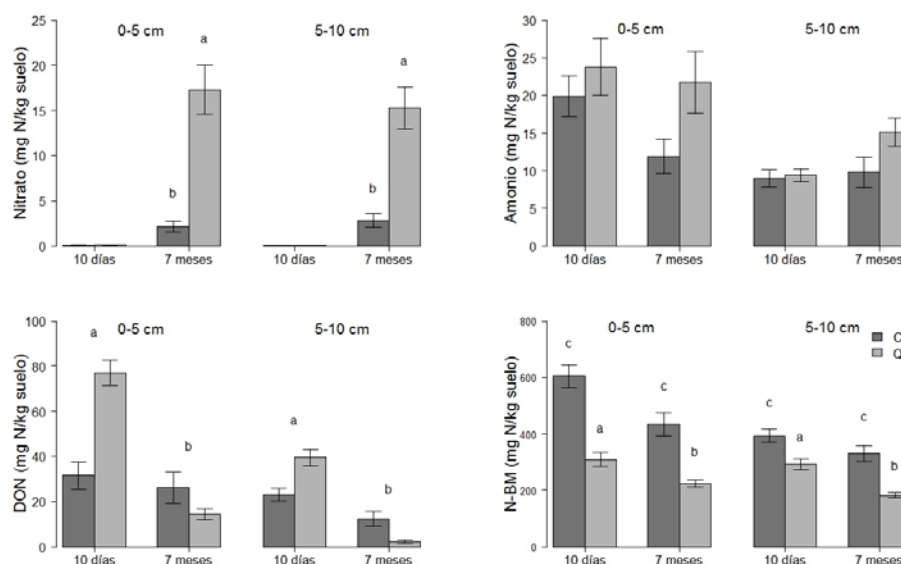


Figura 1. Contenidos de nitrato (superior izquierda), amonio (superior derecha), nitrógeno orgánico disuelto (inferior izquierda) y nitrógeno contenido en la biomasa microbiana (inferior derecha) de los suelos en función de la profundidad y la fecha de muestreo. Tratamientos: C, control; Q, quema. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos y entre fechas.

DISCUSIÓN

Contrariamente a lo observado en estudios previos realizados en otras áreas del mismo LIC, no hemos detectado cambios significativos tras las quemas en las concentraciones de nutrientes esenciales como el fósforo y el potasio (Canals *et al.*, 2014) (Tabla 2). Sin embargo, sí se observan variaciones en la dinámica del nitrógeno, principal nutriente vegetal y elemento muy móvil en el suelo, cuyo exceso en formas lábiles puede generar severos problemas ambientales en determinadas épocas del año.

Las quemas ocasionan un incremento inmediato del nitrógeno orgánico disuelto en agua (DON) y afectan negativamente al nitrógeno retenido por las microbiota edáfica (NBM). Ambos parámetros pueden estar en cierta medida relacionados dado que una liberación del nitrógeno inmovilizado por las poblaciones microbianas puede ocasionar un incremento de los contenidos de nitrógeno en la solución del suelo. A los 7 meses de la quema, el nitrógeno disuelto en el agua (DON) desciende bruscamente pero las poblaciones microbianas (NBM) no han recuperado sus contenidos originales de nitrógeno, factores ambos que pueden vincularse también con el incremento de los contenidos de N inorgánico a medio plazo. En concreto, en otoño, a los 7 meses de la quema, se produce un pulso de nitrato importante. Si esta disponibilidad de nitrato coincide con una demanda vegetal, podrá ser absorbido por la vegetación en crecimiento pero, si por el contrario, no existe tal demanda, las pérdidas por lixiviación podrán ser relevantes en ausencia de una comunidad microbiana suficiente para inmovilizarlo.

Estos resultados sugieren que la cadencia y la recurrencia de la práctica son factores claves, que deben ser estudiados en detalle, tanto para ajustar el pulso de nitrógeno inorgánico con las demandas vegetales como por el hecho de que una alta periodicidad de fuegos puede conllevar un empobrecimiento edáfico por descenso de las reservas orgánicas de nitrógeno y afectación de la microbiota edáfica.

CONCLUSIONES

Las quemas controladas invernales dinamizan el ciclo del nitrógeno del suelo, favoreciendo una rápida mineralización de este elemento que puede ser positivo para el desarrollo vegetal. Sin embargo, también se observa que el pulso de nitrógeno fácilmente lixiviable a final de la temporada es alto (nitrato y DON), lo que puede conllevar problemas de pérdida de nitrógeno y lixiviaciones no deseadas. Los resultados indican que las quemas deben practicarse con criterios de eficiencia, asegurando, tras la práctica puntual de eliminación del matorral, prácticas sostenibles (como un herbivorismo dirigido) que consoliden comunidades vegetales abiertas. Sólo así se evitará recurrir a quemas repetidas, que pueden conducir, en definitiva, a una degradación del suelo y de las comunidades vegetales que sustentan.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de EPRIF, personal de INTIA-Roncesvalles y Gobierno de Navarra en la realización de la experiencia. La investigación se ha llevado a cabo en el marco de un proyecto PDR 2007-2013.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CANALS R.M., PEDRO J., RUPÉREZ 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* (L.) Beauv in highland grasslands. *Applied Vegetation Science*, **17**, 419-428.
- PERALTA J., BIURRUN I., GARCÍA-MIJANGOS I., REMÓN J.L., OLANO J.M., LORDA M., LOIDI J. Y CAMPOS J.A. (2013) *Manual de Hábitats de Navarra*. Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local. Gestión Ambiental de Navarra-Gobierno de Navarra. Pamplona.
- R CORE TEAM (2012) *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. ISBN 3-900051-07-0. <http://www.R-project.org/>.
- REYES O., CASAL M. Y REGO F.C. (2009) Resprouting ability of six Atlantic shrub species. *Folia Geobotanica*, **44**, 19-29.
- SÁEZ J.L., VERGARA I., CANALS R.M., SAN EMETERIO L., MÚGICA L, ECHEVERRÍA L. Y KARRIKA P.J. (2016) Puesta en marcha del proyecto experiencia demostrativa de explotación y mejora de pastizales en Orreaga-Roncesvalles. *Navarra Agraria*, **214**, 34-42.

PREScribed FIRE EXPERIENCE TO PREVENT SHRUB ENCROACHMENT IN RONCESVALLES (NAVARRA): EFFECTS ON SOIL

SUMMARY

Prescribed fire practices to prevent shrub encroachment and biomass accumulation are common in many temperate rangelands through Europe during winter time. Nowadays, conditions of global change -climate change and mountain abandonment-, make this tradition particularly appropriate to reduce natural fuel loads and promote open and diverse plant communities, accessible to herbivores. Despite the interest, the outcome of this practice is highly variable and a rapid shrub resprout in areas recently burned is frequently observed. The failure of the expected results implies a loss of time and money and also an increase of fire recurrence, which may involve negative



environmental impacts. This research analyses the effects on soil parameters, and particularly on nitrogen pools, of winter burnings prescribed in a pilot experience conducted at the SIC Roncesvalles-Selva de Irati, and discuss the potential consequences of increasing fire recurrence.

Key words: experimental fire, gorse shrubland, *Ulex gallii*, soil nitrogen.

EFFECTO DEL MANEJO DE LA ALIMENTACIÓN SOBRE EL BALANCE DE CARBONO EN EXPLOTACIONES DE OVINO LECHERO

N. MANDALUNIZ¹, A. PASCUAL¹, I. BATALLA¹, O. DEL HIERRO¹, J.L. SAEZ², J. ARRANZ¹ Y R. RUIZ¹.

¹NEIKER-Tecnalia, Apdo. 46, 01080 Vitoria-Gasteiz. nmandaluniz@neiker.eus. ²INTIA- Avenida Serapio Huici 22, 31610 Villava-Navarra.

RESUMEN

El cambio climático es uno de los temas medioambientales que más sensibiliza a la sociedad actual, tras la publicación del informe de la FAO acerca del impacto ambiental de la ganadería. La estimación la huella de carbono (HC) de estos sistemas supone un primer paso para diseñar estrategias de mitigación, y contribuir a su sostenibilidad. Los pastos permanentes tienen una gran capacidad de fijar carbono, lo que les confiere un gran potencial mitigador de las emisiones de efecto invernadero (GEI).

El objetivo de la presente comunicación fue estimar el balance de carbono en distintos sistemas de ovino lechero. El balance de carbono se estimó tanto como huella de carbono considerando distintas unidades funcionales (UF) (litro de leche y superficie agraria útil-SAU), así como por estimación de la capacidad de fijación de carbono de los pastos.

De acuerdo a los resultados el tipo de UF considerada afecta directamente sobre el cálculo de la huella de carbono. Así, la intensificación y las prácticas regenerativas reducen la HC cuando se considera como UF el litro de leche. En cambio, cuando la UF considerada para el cálculo es la SAU, los sistemas más extensivos y basados en la utilización de pastos permanentes se ven más favorecidos. Finalmente, la fijación de C varía entre 8-26%, y es mayor en los sistemas basados en el pastoreo.

Palabras clave: huella de carbono y fijación, sistema de producción, unidad funcional.

INTRODUCCIÓN

La publicación del informe de la FAO (Steinfeld *et al.*, 2006) acerca del impacto ambiental de la ganadería, ha generado controversia y debate sobre las emisiones de efecto invernadero (GEI), así como sobre las estrategias de mitigación. Por otro lado, el 2015, Año Internacional de los Suelos, se puso en evidencia que los suelos son clave en el ciclo del carbono, ayudan a mitigar y adaptar al cambio climático, juegan un papel importante en la gestión del agua, etc. (<http://www.fao.org/soils-2015/>). En este sentido, los pastos permanentes tienen una gran capacidad de regenerar suelo y fijar carbono (Teague *et al.*, 2011), aunque las prácticas de pastoreo afectan directamente a ambos parámetros.

El sector de ovino lechero del País Vasco se ha basado tradicionalmente en la utilización de la raza latxa mediante sistemas de producción ligados al territorio (Ruiz *et al.*, 2009). Sin embargo, durante las últimas décadas hemos asistido a una evolución hacia la intensificación, con una mayor dependencia externa de los sistemas de alimentación, con las consiguientes implicaciones que ello lleva a nivel del ecosistema. Estos cambios en el uso del territorio y las prácticas de pastoreo afectan directamente tanto a la salud y fertilidad del suelo, como a esta capacidad que tienen de fijar carbono.

La estimación del balance de carbono de estos sistemas contribuye al diseño de estrategias de mitigación y en definitiva, a su sostenibilidad. El objetivo de la presente comunicación fue estimar

la huella de carbono, así como la fijación o compensación de carbono asociado a la producción lechera del sector ovino. Para ello se consideraron 4 rebaños de ovino lechero de raza latxa, que representaban 6 casos de estudio.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se ha realizado sobre 4 rebaños, con datos recogidos mensualmente en las explotaciones, durante 1-2 ciclos productivos completos. En el caso del rebaño 2 se han analizado dos estrategias diferentes, realizadas en dos años consecutivos: autonomía forrajera 100% (S2a), y la compra de un 25% de alfalfa y el resto forraje propio (S2b). En el caso del rebaño 4 se han analizado otras dos estrategias, también realizadas en dos años consecutivos: sistema convencional (S4a), y la aplicación de prácticas regenerativas (S4b). En la Tabla 1 se detallan las características de cada uno de ellos:

Tabla 1. Características generales de los 5 rebaños de ovino lechero monitorizados para el cálculo de la huella de carbono.

Sistema		S1	S2a	S2b	S3	S4a	S4b*
Alimentación	Concentrado	Unifeed	Sin soja		Ecológico	Sin soja	
	Forrajes		100% propio	25% alfalfa	100% propio	80% comprado	
	Pastoreo	Valle	Valle/monte		Valle/monte	Valle	
Nº ovejas (total rebaño)		510	464		360	200	
SAU (ha)		40	31		43	10	
Tiempo pastoreo (%)		60	80		70	70	
Salida comercial		Queso	Queso		Queso	Leche	

*Manejo REGEN: abandono del uso de fertilizantes inorgánicos, aumento de la producción herbácea y del tiempo de pastoreo y reducción de uso de concentrado (más detalles en Mandaluniz *et al.*, 2015).

Para la estimación del balance de carbono se han calculado tanto la huella de carbono (HC) de cada explotación como su fijación en el suelo. La HC se ha calculado según la metodología detallada en Batalla *et al.* (2015), expresándose el resultado en kg CO₂eq/unidad funcional. Las unidades funcionales consideradas para el cálculo de la HC han sido: (i) kg de leche corregida por grasa y proteína (Lc), según la fórmula establecida por Pulina *et al.* (2004), y (ii) la superficie agraria útil (SAU, en hectáreas). Las metodologías de cálculo se han basado en: (i) el *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2006) y en el Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera (Serie 1990-2012) para la fermentación entérica y la gestión del estiércol; (ii) la herramienta *Carbon Calculator* (Bochu *et al.*, 2013), para las emisiones procedentes de la fabricación y transporte de concentrados y forrajes; y (iii) los factores establecidos por la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC, 2013; <http://goo.gl/8wa6w3>) para las emisiones asociadas al consumo energético.

La fijación de carbono se ha calculado según la metodología detallada en Batalla (2015), expresándose el resultado en kg CO₂eq fijados/Lc.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados, cuando la unidad funcional es la leche corregida, la huella de carbono media es de $3,23 \pm 0,419$ kg CO₂eq/Lc. Estos valores coinciden con los encontrados por Batalla *et al.* (2015) en un estudio realizado sobre 12 explotaciones de ovino lechero. De acuerdo al sistema de producción, la huella de carbono es más baja en el caso de estudio más intensivo (S1, ver Figura 1), lo cual puede ser debido principalmente a la dilución de la huella de carbono por los litros de leche. Pero además, las prácticas regenerativas reducen en un 10% esta HC (Mandaluniz *et al.*, 2015).

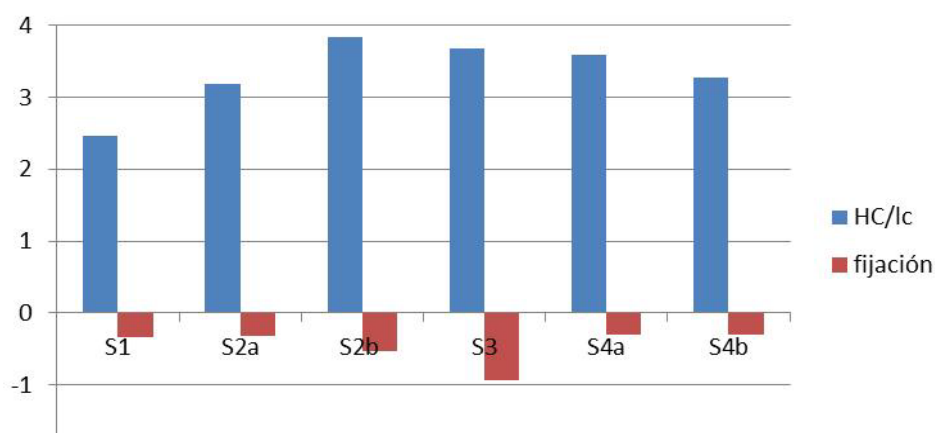


Figura 1. Huella de carbono (kg CO₂ eq/litro de leche corregida) de cada uno de los sistemas así como la fijación de carbono de cada uno de los sistemas.

Finalmente, las diferencias entre la estrategia S2a y S2b muestran que la estrategia de compra de forraje incrementa la HC/Lc. Este cálculo no tiene en cuenta que la estrategia que se busca es el empleo de forrajes de alta calidad (leguminosas como la alfalfa) para las fases de producción de leche; y de acuerdo a la literatura los forrajes de alta calidad reducen las emisiones entéricas de metano (Pineda-Quiroga *et al.*, 2014).

Cuando la unidad funcional considerada es la superficie agraria (SAU), la huella de carbono presenta unos valores medios mucho más variables, entre 5580 ± 2013 kg CO₂eq/ha. En este caso, los sistemas más extensivos y basados en la utilización de pastos permanentes se ven más favorecidos (sistemas S2a y S3, ver Figura 2). Además, cabe destacar que, en ambos casos, se dan dos coincidencias: producen todo el forraje en la propia explotación, y los rebaños pastan en comunales durante una parte del año. En relación a este último aspecto, las estimaciones de la huella de carbono por superficie (SAU) no consideran (i) ni la superficie de pastos permanentes gestionada por los rebaños, la cual reduciría aún más la huella de carbono; (ii) ni los servicios ecosistémicos que realizan estos sistemas ganaderos (Ripoll-Bosch *et al.*, 2013).

En lo que respecta a la fijación de carbono de estos rebaños, esta varía entre 0,30 y 0,94 kg CO₂ fijado/kg Lc. Estos resultados representan entre 8-26% de fijación, siendo mayor en el sistema más extensivo (S3, ver Figura 1) y basado en el empleo de recursos forrajeros propios. Estos sistemas ganaderos ligados al territorio pueden considerarse como mitigadores del cambio climático, ya que incorporan carbono orgánico al suelo mediante pastoreo. En esta línea, Batalla (2015) cita que el pastoreo puede reducir hasta un 40% la huella de carbono de un litro de leche. Además, al tratarse de pastos permanentes se evitan las emisiones derivadas de los cambios de uso del suelo (arados, deforestación, etc.).

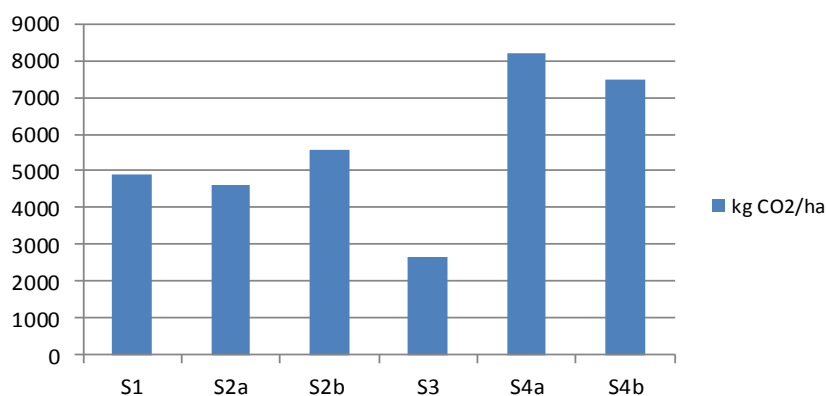


Figura 2. Huella de carbono (kg CO₂ eq/ ha) de cada uno de los sistemas.

En el trabajo queda evidenciado el efecto que tiene el tipo de unidad funcional considerada sobre el cálculo de la huella de carbono de los distintos sistemas ganaderos. En este sentido, la variabilidad de huella de carbono varía entre 15% (cuando la unidad funcional es la Lc) y 36%, cuando la unidad funcional es la SAU. En la misma línea, Batalla (2015) en la revisión que realiza sobre metodologías de cálculo, detalla que los resultados pueden variar hasta en un 20% dependiendo del caso de estudio.

El trabajo pone de manifiesto la incidencia de las distintas estrategias de mitigación (pastoreo, empleo de recursos forrajeros propios, manejo regenerativo, etc.) para reducir la HC de las explotaciones y así poder hacer frente al cambio climático.

CONCLUSIONES

La huella de carbono es un indicador para monitorizar las emisiones de las explotaciones ganaderas. Pero, de acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio la unidad funcional de elección afecta directamente a la huella de carbono, condicionando de esta manera la interpretación de los resultados obtenidos. Por otro lado, el carbono fijado en suelo de los sistemas basados en el pastoreo mitiga, en gran parte, sus emisiones, por lo que se considera necesario considerar ambos parámetros a la hora de evaluar los impactos medioambientales derivados de la ganadería.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por LIFE REGEN FARMING (LIFE12 ENV/ES/23), OVIPOINT (proyecto INIA) y el Gobierno Vasco. Nuestro más sincero agradecimiento a los pastores que nos han cedido su información.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATALLA I. (2015) Opportunities and challenges of sheep milk systems towards sustainability. Tesis Doctoral, pp: 178. Universidad del País Vasco.
- BATALLA I., KNUDSEN M.T., MOGENSEN L., DEL HIERRO Ó., PINTO M. Y HERMANSEN J.E. (2015) Carbon footprint of milk from sheep farming systems in northern Spain including soil carbon sequestration in grasslands. *Journal of Cleaner Production*, **104**, 121-129.
- BOCHU J.L., METAYER N., BORDET C. Y GIMARET M. (2013) Development of Carbon Calculator to promote low carbon farming practices – Methodological guidelines (methods and formula). <http://lcafood2014.org/papers/70.pdf>.

- IPCC (2006) Guidelines for national greenhouse gas inventories.
- MANDALUNIZ N., MINGO A., BATALLA I., SÁEZ J., DEL HIERRO O. Y RUI, R. (2015) Efecto del manejo sobre la huella de carbono en explotaciones de ovino lechero. *XL Congreso Nacional de la SEOC*, pp: 609-614.
- PINEDA-QUIROGA C., MANDALUNIZ N., GARCÍA-RODRÍGUEZ A. Y RUIZ R. (2014) Effect of feeding practices in different production stages on GHG emissions in latxa dairy sheep. *Conference on Livestock, climate change and food security*, 19-20 Mayo (Madrid). <https://animalchange.wordpress.com/>.
- PULINA, G., MACCIOTA N., Y NUDDA A. (2004) Milk composition and feeding in the Italian dairy sheep. *Italian Journal of Animal Science*, **4**, 5-14.
- RIPOLL-BOSCH R., DE BOER I.J.M., BERNUÉS A., Y VELLINGA T.V. (2013) Accounting for multi-functionality of sheep farming in the carbon footprint of lamb: A comparison of three contrasting Mediterranean systems. *Agricultural Systems*, **116**, 60-68.
- RUIZ R., DÍEZ-UNQUERA B., BELTRÁN DE HEREDIA I., MANDALUNIZ N., ARRANZ J. Y UGARTE E. (2009) The challenge of sustainability for local breeds and traditional systems: dairy sheep in the Basque Country. *60th Annual Meeting of the EAAP*, Book of Abstracts nº **15**, 73.
- STEINFELD H., GENBER P., WASSENAAR T., CASTEL V., ROSALES M. Y de HAAN C. (2006) *Livestock's long shadow*. Roma, Italia: FAO.
- 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.

EFFECT OF FEEDING MANAGEMENT ON THE CARBON BALANCE OF DAIRY SHEEP FLOCKS

SUMMARY

After the publication of FAO report about the environmental impact of livestock, climatic change is one of the challenges that worry society. The estimation of the greenhouse gas (GHG) emissions and the carbon footprint of these systems are the first step to design mitigation strategies and contribute to their sustainability.

Permanent pastures have a high capacity for soil regeneration and carbon fixation, which involves a high mitigation capacity of GHG. The objective of the current paper was to estimate the carbon balance of different sheep dairy flocks. Study was carried out about 6 case of study by direct surveys during two consecutive years. Carbon balance was estimated by carbon footprint considering different functional units (production-milk litre and land occupation-ha) and by the carbon fixation.

According to the results the intensification reduces carbon footprint of the flocks. Moreover, also the incorporation of regenerative practices reduces carbon footprint, which could be an interesting mitigation alternative to reduce emissions associated with livestock maintaining their productivity. Against this, when functional unit considered is the land occupation, extensive systems based on permanent pastures have lower carbon footprint. Finally, carbon fixation varies between 8-26%, being higher in those extensive flocks, which gives them a basic role for climatic change mitigation.

Key words: carbon footprint and fixation, production system, functional unit.

EFFECTO DE LA CARGA GANADERA SOBRE LA PRODUCCIÓN Y LA CALIDAD DE PASTO EN UN SISTEMA SILVOPASTORAL ESTABLECIDO BAJO CEREZO

M.R. MOSQUERA-LOSADA¹, I. URBAN-MARTINEZ², J.J. SANTIAGO-FREIJANES¹, N. FERREIRO-DOMÍNGUEZ Y A. RIGUEIRO-RODRÍGUEZ¹.

¹Departamento de Producción Vegetal. Escuela Politécnica superior. Universidad de Santiago de Compostela. 27002-Lugo. mrosa.mosquera.losada@usc.es. ²Bosques Naturales. Edificio Veganova. Avda. de la Vega 1 Ed. 3. 28108 Alcobendas (Madrid).

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la carga ganadera sobre la producción de pasto en oferta y su calidad en un sistema silvopastoral establecido con cerezo que previamente sufría un desbroce químico en las líneas de plantación y un desbroce mecánico en las calles. El diseño experimental fue de bloques al azar con dos tratamientos (carga ganadera baja (4 ovejas ha⁻¹) y alta (8 ovejas ha⁻¹)) y dos réplicas. El arbolado no sufrió daños destacables. La producción de pasto resultó ser mayor en las zonas más alejadas del árbol y desbrozadas previamente de forma mecánica. Si bien la ausencia de daños al arbolado con las cargas ganaderas ensayadas y el buen control del sotobosque alcanzado en invierno demuestra que éstas son adecuadas desde un punto de vista forestal y que pueden evitar el costoso empleo de herbicidas y desbroces mecánicos, la gran proporción de pasto en oferta nos lleva a concluir que la carga podría elevarse y que se deben realizar más estudios para intentar comprobar que carga ganadera puede optimizar la producción de pasto y arbolado.

Palabras clave: *Prunus*, ovino, pasto en oferta, mineralización.

INTRODUCCIÓN

El establecimiento de sistemas agroforestales está promovido por la Unión Europea debido a las ventajas de tipo productivo, ambientales y socioeconómicas que reportan (EU, 2005). La compatibilidad del pasto y el arbolado con objeto de optimizar su producción global ha de buscarse en primer lugar a través de una elección adecuada de las especies arbóreas, ya sean estas de tipo forestal o frutícola (Mosquera-Losada *et al.*, 2005). Entre las especies forestales, en general, las frondosas presentan una mejor aptitud que las coníferas empleadas en la zona atlántica española porque dejan pasar una mayor cantidad de luz al estrato herbáceos, si comparamos la misma densidad de arbolado (Fernández-Núñez *et al.*, 2010). Además, las frondosas, debido a que su producción está enfocada hacia la obtención de madera de calidad se suelen establecer con marcos de plantación más amplios y por tanto a menor densidad lo que favorece la producción de pasto con el consiguiente posible incremento de la producción animal. A la hora de establecer un sistema silvopastoral, la competencia inicial entre el arbolado y el sotobosque ha de controlarse con el objeto de reducir el porcentaje de marras o árboles muertos y mejorar el crecimiento inicial del arbolado. Por eso en algunos sistemas de producción de madera de calidad (cerezo, nogal) se promueve el uso de herbicidas, que se mantiene en el tiempo con el objeto de mejorar el desarrollo del arbolado. Los elevados costes de los herbicidas tanto desde un punto de vista productivo como medio ambiental provoca la búsqueda de alternativas que promuevan el control del sotobosque al mismo tiempo que se obtiene un beneficio a través de la obtención de productos (lana, leche, carne) o de los costes evitados (ausencia del empleo de herbicidas) sin que se provoquen daños al arbolado. Por eso, el empleo del pastoreo con cargas ganaderas reducidas para evitar posibles daños al arbolado puede

ser una buena estrategia en estos sistemas aún a costa de disminuir el rendimiento animal por unidad de superficie. El empleo de protectores puede ser una estrategia también a valorar, pero su coste es elevado. El estudio que se presenta tiene por objeto el evaluar el efecto de dos cargas ganaderas sobre la producción de pasto en oferta y su calidad en un sistema silvopastoral de cinco años de edad establecido con cerezo que previamente sufría un desbroce químico en las líneas de plantación y un desbroce mecánico en las calles.

MATERIAL Y MÉTODOS

La experiencia se desarrolló en la localidad de Boimorto, municipio de Arzúa (A Coruña) localizado a una altitud de 380 m. La precipitación anual media de la zona es de 1600 mm mientras que la temperatura media anual alcanza valores de 11,8 °C. En el año 2003 se estableció una plantación de *Prunus avium* a una densidad de 400 árboles por hectárea. Esta plantación se desarrolla bajo un sistema de riego por goteo, fertilización, aplicación de herbicidas en las líneas de plantación (zona no desbrozada mecánicamente) y el desbroce mecanizado en las calles (zona desbrozada mecánicamente) con el objeto de evitar la competencia entre el árbol y el estrato herbáceo. En las líneas de plantación la altura de la vegetación era mayor ya que la aplicación del herbicida es anual y el desbroce mecánico se realiza varias veces al año (cuando el pasto alcanzaba una altura de 30 cm aproximadamente). En el año 2010 se procedió a establecer un sistema silvopastoral mediante la introducción de ganado con el objeto de reducir los costes de aplicación de herbicidas y valorar los posibles daños que la presencia del ganado pudiese hacer al arbolado. El pH en agua del suelo en el año 2010 era de 5,9. La altura media del arbolado y el diámetro normal medio (a 1,30 m del suelo) en el año 2009 fueron de 7,4 m y 7 cm, respectivamente. El experimento se planteó siguiendo un diseño de bloques al azar con dos tratamientos de pastoreo continuo que implicaban dos cargas ganaderas (alta (8 ovejas ha⁻¹) y baja (4 ovejas ha⁻¹)) y dos réplicas, se inició en Mayo de 2010 y finalizó en septiembre del año 2011. El tamaño de cada unidad experimental fue de una hectárea. Al final del estudio (diciembre del año 2011) se procedió a la medición de la altura y el diámetro normal de 25 árboles en cada tratamiento y réplica con el empleo de pértiga y forcípula. También se realizó una evaluación de daños del arbolado mediante observación directa en campo indicando como 1 la ausencia de daño y como 5 un daño severo en la corteza. La producción de pasto se determinó mensualmente mediante la toma de 8 muestras (1 m²) de pasto por parcela. Cuatro de las muestras estaban ubicadas bajo la copa del arbolado y las otras cuatro en la zona más distante de los 4 árboles siguiendo las orientaciones de norte, sur, este y oeste y se calculaba la media. Para la determinación del pasto en oferta se colocaron jaulas de exclusión (1 m²) que se movían mensualmente tras el muestreo. Las muestras de pasto se llevaban al laboratorio, se pesaban y se determinaba su contenido en materia seca (100 g; 48 h x 60 °C). Los datos se analizaron mediante el empleo de ANOVA (SAS, 2001) y las medias se separaron mediante el test de Duncan cuando, el ANOVA resultó ser significativo.

RESULTADOS

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos de carga ganadera en relación a la altura (9,25 m) o el diámetro normal (16,3 cm). Durante todos los meses de estudio no se observaron daños relevantes en el arbolado en ninguna de las dos cargas. En la Figura 1 se puede observar el efecto de la posición del pasto en relación al árbol sobre la producción de pasto en oferta. La producción de pasto en oferta resultó estar comprendida entre 1 y 6 Mg de MS ha⁻¹ y ser significativamente más alta en la zona que había sido previamente desbrozada de forma mecánica y

lejos del arbolado en los meses de invierno. En relación al efecto de la carga ganadera sobre la producción del pasto en oferta (Figura 2) no se encontró efecto significativo alguno sobre esta variable.

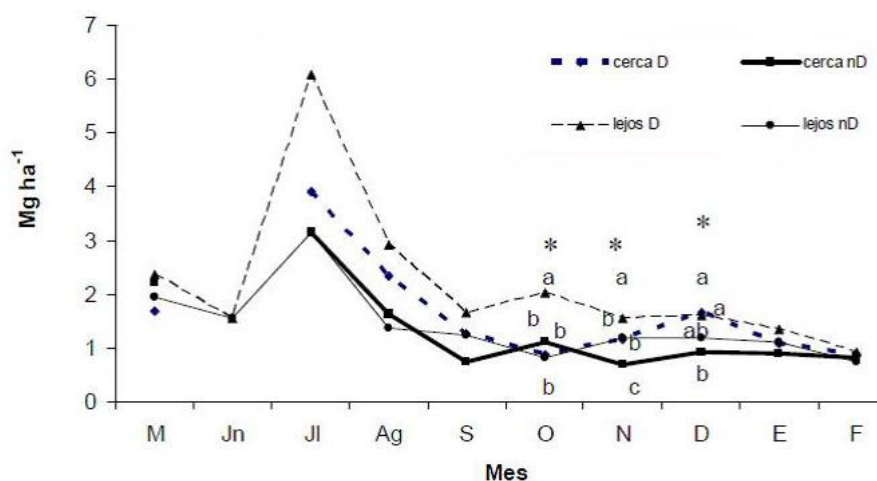


Figura 1. Producción de pasto en oferta durante todo el período de estudio en función de la proximidad (cerca; lejos) al árbol y del desbroce químico previo (D: desbroce; nd: no desbroce). Las letras distintas señalan diferencias significativas entre tratamientos para cada muestreo en concreto. Los asteriscos señalan diferencias significativas entre tratamientos para cada muestreo en concreto.

DISCUSIÓN

La ausencia de daños destacables en el arbolado demuestra que las cargas ganaderas empleadas son adecuadas desde un punto de vista forestal. La producción de pasto en oferta fue por lo general alta (Mosquera-Losada *et al.*, 1999), si exceptuamos los meses de septiembre a febrero debido a las bajas temperaturas y a las escasas precipitaciones. La mayor producción de pasto en oferta en la zona desbrozada mecánicamente puede explicarse porque el pasto era más denso, ya que en la zona desbrozada de forma química y antes del inicio del ensayo el número de especies y la densidad de tallos era menor debido a la muerte de la propia planta. La mayor productividad en las áreas alejadas del árbol se puede explicar porque en el período de invierno es cuando la limitación de luz debida a la sombra del árbol es mayor (Dupraz y Liagre, 2008) tal y como encontraba Pardini *et al.* (2010) en la zona Mediterránea. Las reducidas cargas empleadas en el estudio explican la falta de respuesta durante el resto del período ya que el pasto alcanza su potencial tanto desde un punto de vista productivo como cuantitativo (Figura 2). Sin embargo, en este mismo estudio, el análisis de la producción de pasto neto reveló una mejor producción a principios de otoño consecuencia de una mayor biodiversidad encontrada en este tratamiento (Rigueiro *et al.*, 2011).

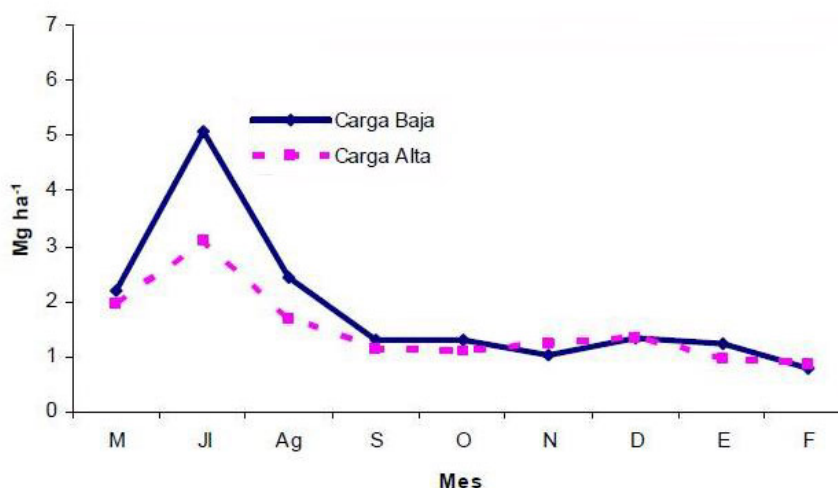


Figura 2. Producción de pasto en oferta durante todo el período de estudio en función de la carga ganadera.

CONCLUSIONES

Si bien la ausencia de daños al arbolado con las cargas ganaderas ensayadas y el buen control del sotobosque alcanzado en invierno demuestra que éstas son adecuadas desde un punto de vista forestal y que puede evitar el costoso empleo de herbicidas y desbroces mecánicos, la gran proporción de pasto en oferta nos lleva a concluir que la carga podría elevarse y que se deben realizar más estudios para intentar comprobar que carga ganadera puede optimizar la producción de pasto y arbolado.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido desarrollado gracias a la financiación del INCITE dentro del programa sectorial, tecnoloxía do medio rural de la Xunta de Galicia. Se agradece a Divina Vázquez Varela, Teresa Piñeiro López y Pablo Fernández Paradela por la colaboración en los trabajos de campo y a Don Carlos López Gallego por la gestión de la finca y financiación. Parte de este estudio fue realizado con fondos FEDER y gracias a la financiación del proyecto de Consolidación al grupo de trabajo de sistemas silvopastorales concedido por la Xunta de Galicia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DUPRAZ C. Y LIAGRE F. (2008) *Agroforesterie des arbres et des cultures*. Paris, France: France Agricole Editions.
- EU (European Union) (2005) Council regulation (EC) n^o 1698/2005 of Septiembre 2005 on support for rural development by the European Agricultural Fund for Rural Development. <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:277:0001:0040:EN:PDF>.
- FERNÁNDEZ-NÚÑEZ E., RIGUEIRO-RODRÍGUEZ A. Y MOSQUERA-LOSADA M.R. (2010) Carbon allocation dynamics one decade after afforestation with *Pinus radiata* D. Don and *Betula alba* L. under two stand densities in NW Spain. *Ecological engineering*, **36(7)**, 876-890.
- MOSQUERA-LOSADA M.R., GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ A. Y RIGUEIRO-RODRÍGUEZ A. (1999) *Ecología y manejo de praderas*. Santiago de Compostela, España: Ministerio de agricultura, pesca y alimentación.
- MOSQUERA-LOSADA M.R., PINTO-TOBALINA M. Y RIGUEIRO-RODRÍGUEZ A. (2005) The herbaceous component in temperate silvopastoral systems. En: Mosquera-Losada M.R. et al. (Eds)

Silvopastoralism and Sustainable Land Management, pp. 93-100. Wallingford, UK: CAB International.

PARDINI A., MORI S., RIGUEIRO-RODRÍGUEZ A. Y MOSQUERA-LOSADA M.R. (2010) Efecto del arbolado en la producción de pasto y trigo (*Triticum aestivum* L.) ecológicos en la Maremma Toscana (Italia central). *Pastos*, **40(2)**, 211-233.

RIGUEIRO-RODRÍGUEZ A., SANTIAGO-FREIJANES J.J., URBAN-MARTÍNEZ I. Y MOSQUERA-LOSADA M.R. (2011) Stocking rate and pasture production and biodiversity under *Prunus* silvopastoral. *Grassland science in Europe*, **16**, 428-430.

SAS (2001) *SAS/Stat User's Guide: Statistics*. Cary, USA: SAS Institute Inc.

EFFECT OF THE STOCKING RATE OF LIVESTOCK ON PASTURE PRODUCTION AND QUALITY IN A CHERRY SILVOPASTORAL SYSTEM

SUMMARY

The objective of this paper was to evaluate the effect of stocking rate on offer pasture production and quality in a silvopastoral system established with cherry that was previously treated with herbicides in tree lines and mechanically ploughed to weed in the alleys. The experimental design was randomized block with two treatments (low stocking density (four sheep ha⁻¹) and high (eight sheep ha⁻¹)) and two replicas. Trees suffered no notable damage. Grass production was greater in those areas far away from the trees that has been previously and mechanically cleared. Due to the absence of damage to trees with any of the tested stocking rate and the good understory control, silvopasture could be considered as a suitable form of cherry forest management that can avoid the costly use of herbicides and mechanical clearing, the large proportion of offer pasture leads us to conclude that the stocking rate should be evaluated to optimize the pasture production and trees.

Key words: *Prunus*, sheep, grazing on offer, mineralization.

PODER REPELENTE DE DISTINTOS PRODUCTOS EN GANADO OVINO

P. FERNÁNDEZ REBOLLO¹, M.D. CARBONERO MUÑOZ², J.R. LEAL MURILLO¹, J.E. BOLÍVAR GONZÁLEZ¹,
M.T. HIDALGO FERNÁNDEZ¹ Y A.M. GARCÍA MORENO³.

¹Dpto. de Ingeniería Forestal, ETSIAM. Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales 14071 Córdoba. ir1ferep@uco.es. ²Área de Producción Agraria. IFAPA. Centro Hinojosa del Duque, Córdoba. Junta de Andalucía.

³Área de Producción Ecológica y Recursos Naturales. IFAPA. Centro Alameda del Obispo, Córdoba.

RESUMEN

La capacidad repelente de heces de perro (HP), Pepton (PA) fertilizante foliar a base de harina de sangre y dos productos comerciales Rec`clap (R) y Cervirep (C) se ha evaluado en dos ensayos de pastoreo con ganado ovino. Una mezcla de cereales se ha ofrecido a las ovejas en recipientes colocados sobre mantas geotextil impregnadas de estos productos (i) con adecuada disponibilidad de pastos y (ii) con baja disponibilidad y en condiciones de ayuno (12 h). HP ha mostrado un poder repulsivo para el ganado ovino y ha impedido el acercamiento de los animales a los comederos en condiciones de abundancia de pastos, mientras que PA ha retrasado el momento de entrada a los recipientes. Con baja disponibilidad y tras ayuno, el olor de estos productos no disuade al ovino del acercamiento a los comederos ni del consumo del alimento que contienen.

Palabras clave: repulsión, control herbivoría, ramoneo, pastoreo, habituación.

INTRODUCCIÓN

Muchos de los espacios utilizados por el ganado doméstico son pastos arbustivos o arbolados en los cuales el componente leñoso, además de una función diversificadora y estabilizadora, constituye una fuente importante de alimento. Cuando el uso ganadero de estos espacios es intenso, la incorporación de nuevos árboles, arbustos o matorrales puede verse comprometida, especialmente si son especies palatables. Un ejemplo claro lo constituye la encina en la dehesa. Mejorar el proceso de incorporación de especies leñosas en espacios pastoreados requiere superar algunos puntos críticos, entre los que se encuentran la competencia por agua entre las herbáceas y las plantas leñosas, importante en ambientes mediterráneos y en los primeros años de vida de las leñosas, y el ramoneo por animales domésticos y salvajes.

La competencia por agua se ha tratado de disminuir mediante el uso de estrategias mecánicas, principalmente laboreos aunque también desbroces y siegas. La utilización de cubiertas naturales o artificiales en el entorno de la planta disminuye también esta competencia (Jiménez *et al.*, 2013) y puede resultar útil cuando se incorporan pocos individuos, como ocurre en la dehesa u otros sistemas agroforestales. La herbivoría puede limitarse evitando el pastoreo mientras la planta resulta vulnerable, o mediante la protección física o química, basada esta última en el empleo de sustancias que tienen la propiedad de ahuyentar a los herbívoros bien por su olor, su sabor o por crear aversión debido a desórdenes digestivos tras su ingestión (Forbes, 1998).

Si estas sustancias se aplican sobre cubiertas con más capacidad de absorción y persistencia que los sustratos vegetales, podría facilitarse la incorporación de leñosas al reducirse de forma simultánea la competencia y la herbivoría. Esta estrategia podría proporcionar ventajas económicas respecto a los medios tradicionales de protección. El objetivo de este trabajo ha sido evaluar en ganado ovino la capacidad repelente de distintos productos que se pueden aplicar sobre cubiertas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los ensayos se han realizado en el IFAPA de Hinojosa del Duque en la provincia de Córdoba. La precipitación media anual en la zona es de 487 mm, con una temperatura media anual de 15,1 °C, siendo la temperatura media de las máximas de 22,0 °C y la media de las mínimas de 7,8 °C. El suelo 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.

Se trabajó con un grupo de 20 ovejas de raza merina de entre 4 y 6 años de edad todas en inicio de gestación y se marcaron 10 en el dorso para observar su comportamiento en los distintos ensayos. Se ha evaluado la capacidad repelente del olor emitido por cuatro productos en dos situaciones distintas. Los productos han sido: Heces de perro (HP) disueltas en aceite de vaselina (45% m/m); Pepton (PA) 85/16, fertilizante foliar nitrogenado formulado a partir de harina de sangre y diluido en agua (0,6 g/ml); Rec`clap (R), complejo ichtialeico a base de aceite de pescado disuelto en agua (16,7% v/v); y Cervirep (C), compuesto empireumático (olor a humo) puro sin diluciones. Todos los productos se impregnaron en un geotextil de polipropileno utilizando las siguientes cantidades por m² de superficie: HP, 500 g de mezcla; PA, 500 ml de disolución; R, 500 ml de disolución; C, 200 ml de producto. Se utilizó geotextil hidrófilo salvo para HP que se trabajó con material hidrófobo al disolver HP en aceite de vaselina. Con el geotextil se prepararon cinco mantas por repelente ensayado de 1 m² cada una. La manta se colocaba en el suelo y, sobre ella, una espuerta de color negro de 40 cm de diámetro y 15 cm de altura anclada al suelo en la que se distribuía el pienso diario (300 g de una mezcla de granos de avena, maíz y trigo).

Las dos situaciones distintas tenían en consideración el nivel de apetito de las ovejas cuando entraban en la zona donde se ubicaban los comederos con los repelentes, para lo cual se plantearon dos ensayos. En el primer ensayo, las ovejas no habían recibido ningún alimento en las 12 horas previas, con lo que la motivación a comer era alta. Las 20 ovejas se mantenían durante la noche en un redil que se abría a las 9:00 h de la mañana. Las ovejas accedían a una parcela rectangular (13m x 20m) donde estaban alineados, en el extremo opuesto de la puerta de entrada, los cinco comederos sobre las mantas separadas 1 m. La disponibilidad de pasto en la parcela al comienzo del ensayo era escasa, inferior a 0,1 t MS/ha, con una concentración de proteína bruta del 19% y una digestibilidad de la materia seca del 75%. La altura media de la hierba era de 3 cm. Las ovejas permanecían en esta parcela una hora, tras la cual, pasaban a una parcela mayor donde pastoreaban hasta las 21:00 h aproximadamente, para regresar de nuevo al redil. Mientras estaban en la parcela de comederos se anotó para cada individuo: el número de visitas a los comederos y el momento en el que se producían. Cada producto se ensayó dos días. En el segundo ensayo las ovejas no eran confinadas en un redil durante la noche y antes de ir a la parcela donde se ubicaron los comederos habían ingerido pasto. Las ovejas se introducían a las 10:00 h en una parcela rectangular de una ha de superficie aproximadamente (86 m x 116 m), con los comederos dispuestos sobre las mantas en el centro de la parcela. Las ovejas permanecían en esta parcela hasta las 15:00 h, para pasar el resto del día y la noche en una parcela aledaña de mayor superficie. En este caso, se ensayaron los productos C, HP y PA un día cada uno, utilizándose las mismas mantas que en el ensayo previo las cuales habían permanecido a la intemperie unos 20 días pero aún seguían emitiendo olor. La disponibilidad de pasto de la parcela el primer día de ensayo fue de 0,8 t MS/ha con una concentración de proteína bruta del 18% y una digestibilidad de la materia seca del 65%. La altura media de la hierba alcanzó los 8 cm. La disponibilidad y calidad de la hierba no varió sustancialmente durante los tres días de la experiencia. Mientras permanecían en esta parcela se anotó para cada individuo: el tiempo que tardaba en entrar a los comederos y, cada 30 minutos, la posición de las ovejas en la parcela y la



actividad que estaban realizando. Se consideraron las siguientes actividades: andando (A), quieta (Q), pastoreando (P) y tumbada (T). En ambos ensayos el observador se mantuvo alejado para no interferir en el comportamiento de las ovejas, realizando las observaciones con ayuda de unos prismáticos y a partir de imágenes grabadas en vídeo.

Previamente a estos ensayos se realizó una fase de entrenamiento durante 6 días, al objeto de habituar a las ovejas a comer en los recipientes colocados sobre las mantas.

Para cada ensayo, se comparó el tiempo en que se visitaban los comederos por primera vez y el número de visitas mediante la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis (Man-Whitney en el segundo ensayo) considerando como factor el producto ensayado. En el segundo ensayo se analizó la distancia media a la que habían permanecido las ovejas de los comederos en función de cada producto ensayado mediante ANOVA. Asimismo, el tiempo dedicado a las distintas actividades y la distancia a la que habían sido realizadas se compararon mediante la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el ensayo en condiciones de ayuno, las ovejas consumieron todo el pienso aportado independientemente del repelente aplicado sobre la manta ubicada bajo el comedero. Sin embargo, el número de visitas realizadas por las ovejas a los comederos y el tiempo transcurrido desde que se abrió el redil hasta que iniciaron el consumo del pienso varió en función del repelente ensayado ($H=15,36$ $p<0,01$ y $H=43,49$ $p<0,001$, respectivamente). El número de visitas a los comederos fue menor cuando se aplicó HP a la manta en relación a las visitas registradas con el repelente R (Tabla 1), debido fundamentalmente a que de media el 25% de las ovejas no llegaron a aproximarse a los comederos. Además, con los repelentes HP y PA ninguna oveja visitó tres veces los comederos y el número de visitas dobles fue menor. Por otro lado, las visitas a los comederos fueron similares al comparar los dos días consecutivos en los que se ensayó cada repelente ($H=0,82$ $p=0,38$ para R; $H=2,59$ $p=0,11$ para C; $H=0,16$ $p=0,69$ para HP y $H=0$ $p=1$ para PA). La entrada inicial de las ovejas a los comederos se vio retardada significativamente con el empleo del repelente PA y las segundas visitas, cuando se produjeron, se registraron algo más tarde (Tabla 1). Al comparar el momento de entrada inicial a los comederos entre los dos días consecutivos en los que se ensayó cada repelente, se obtuvieron diferencias significativas para los repelentes C y PA, siendo mayor el lapso de tiempo empleado por las ovejas para entrar en los comederos el primer día de ensayo ($H=1,00$ $p=0,32$ para R; $H=19,00$ $p<0,001$ para C; $H=0$ $p=1$ para HP y $H=19,00$ $p<0,001$ para PA).

Tabla 1. Número medio de visitas realizadas por las ovejas a los comederos, porcentaje de ovejas que visitan una, dos y tres veces los comederos y momento en el que lo hacen en función del repelente ensayado en el primer ensayo. Letras distintas indican diferencias significativas según Kruskal-Wallis ($p<0,05$).

Repelente	Visitas a comedero por oveja	Ovejas que visitan el comedero (%)			Momento en el que se visita el comedero (min.)		
		Una vez	Dos veces	Tres veces	Primera visita	Segunda visita	Tercera visita
R	1,6 a	100	30	15	1,1 a	21,6	31,5
C	1,5 ab	100	20	15	1,2 a	12,7	14,7
HP	0,8 b	75	10	0	1,0 a	20,2	-
PA	1,1 ab	100	10	0	1,8 b	39,5	-

R: Rec`clap, C: Cervirep, HP: Heces de perro, PA: Pepton.

El repelente HP se mostró eficaz cuando las ovejas fueron introducidas en el campo de ensayo tras una ingesta de pasto previa, frenando a todo el ganado en su intento de acceder a los comederos ($H=26,24$ $p<0,001$) (Tabla 2). En cambio, todas las ovejas visitaron los comederos y consumieron el pienso ofertado cuando se probaron los repelentes C y PA. No obstante, el segundo repelente consiguió contener al ganado durante más de 10 minutos frente a los comederos ($\chi^2=3,80$ $p<0,001$). El pastoreo del hato de ovejas transcurrió en general de forma cohesionada, aunque los animales se mantuvieron más distanciados de la posición de los comederos y agrupados en la zona sureste de la parcela, opuesta a la entrada del viento, cuando se colocó el repelente HP bajo los comederos ($H=15,50$ $p<0,001$). Las ovejas pasaron la mayor parte del tiempo tumbadas, dedicadas a la rumia (Figura 1). El comportamiento fue similar los días que se probaron los repelentes C y HP, con la salvedad de que las ovejas visitaron casi toda la parcela el primer día, por lo que se les vio caminar de unas zonas a otras ($H=29,00$ $p<0,001$ para A; $H=18,36$ $p<0,001$ para Q; $H=15,18$ $p<0,001$ para P y $H=8,50$ $p<0,05$ para T). Cuando se probó el repelente PA las ovejas permanecieron más tiempo quietas, principalmente en el entorno de los comederos (Figura 1), lo que redujo significativamente el tiempo de pastoreo y descanso. Considerando cada actividad de forma independiente, la distancia media a la que se mantuvieron las ovejas de los comederos varió significativamente cada día, lo cual pudo ser debido al repelente ensayado ya que las condiciones meteorológicas fueron similares ($H=10,84$ $p<0,01$ para Q; $H=15,43$ $p<0,001$ para P y $H=25,36$ $p<0,001$ para T).

HP evitó en condiciones de pastoreo que los animales se acercaran a los comederos. El poder repulsivo de las heces de perro fue ya testado por Arnould y Signoret (1993) en un experimento de elección de alimentos, comprobando que las ovejas rechazaron el maíz ofertado al colocar heces de perro bajo el comedero y sólo consumieron el maíz del comedero control. Además, coinciden con nuestros resultados al indicar que la respuesta de las ovejas a repelentes comerciales usados para otros animales es muy débil, como ha sido el caso de R, usado para conejos y cérvidos y C indicado para evitar la herbivoría de ciervos y corzos. Por otro lado, el producto PA, formulado a base de harina de sangre, mostró cierto poder repelente al retrasar el tiempo de entrada en los comederos. Varios estudios han puesto de manifiesto que los productos con ingredientes activos que emiten olores sulfúreos, como la sangre desecada o los sólidos de huevo, pueden evitar el ramoneo de cérvidos (Andelt *et al.*, 1991; Santilli *et al.*, 2004), al asociar este olor con la actividad de predadores (Melchioris y Leslie, 1985) o con sustancias tóxicas presentes en la planta (Forbes, 1998).

Tabla 2. Número medio de visitas realizadas por las ovejas a los comederos, porcentaje de ovejas que visitan una y dos veces los comederos, momento en el que lo hacen y distancia media a la que se han mantenido las ovejas de los comederos durante el transcurso del segundo ensayo (5 h) en función del repelente ensayado. Letras distintas indican diferencias significativas según Kruskal-Wallis, Man-Whitney* o Fisher ($p<0,05$).**

Repelente	Visitas a comedero por oveja	Ovejas que visitan el comedero (%)		Momento en el que se visita el comedero (min.)		Distancia media** (m)
		Una vez	Dos veces	Primera visita*	Segunda visita	
C	1 a	100	0	16,5 a	-	28,3 ab
HP	0 b	0	0	-	-	34,8 a
PA	1,2 a	100	20	29,4 b	210	19,1 b

C: Cervirep, HP: Heces de perro, PA: Pepton.

El mayor lapso de tiempo empleado por las ovejas para entrar en los comederos el primer día de ensayo de C y PA respecto al empleado el segundo, parece indicar que puede existir cierto grado de habituación al olor de determinados productos. Arnould y Signoret (1993) en un experimento realizado con ovino durante siete días consecutivos, observaron habituación al olor cuando utilizaron



fluidos fetales de ovino y repelentes comerciales pero no en el caso de las heces de perro. Por otro lado, la facilitación social puede inducir al consumo de un alimento a pesar de la presencia del repelente, especialmente en ungulados en los que el pastoreo es una actividad grupal. Así, en este ensayo la entrada de algunas ovejas a los comederos pudo haber estimulado a las restantes, especialmente con los repelentes C y PA. Sin embargo, al probar HP en condiciones de ayuno, tres ovejas no llegaron a visitar los comederos el primer día y dos el segundo, aún cuando el resto de las ovejas sí lo hicieron. Arnoul y Signoret (1993) no encontraron facilitación social cuando probaron heces de perro, dado que ovejas sin el sentido del olfato (las glándulas olfativas habían sido previamente extirpadas) se comían todo el alimento ofertado mientras que el resto no se acercaban a comer.

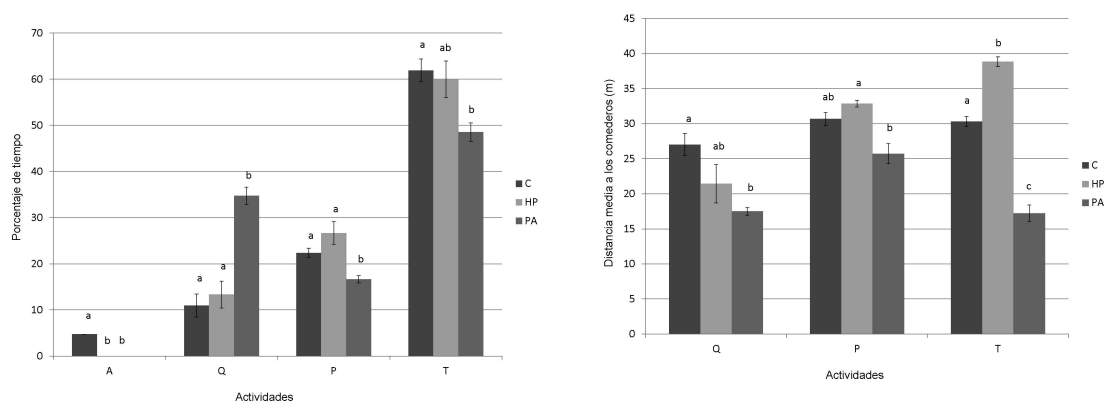


Figura 1. Porcentaje de tiempo empleado por el ganado ovino en distintas actividades según repelente ensayado y distancia media a la zona de comederos. En cada actividad, letras distintas indican diferencias significativas según Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). A moviéndose; Q quieta; P pastando; T tumbada. La duración del ensayo fue de 5 horas (10h-15h).

HP y PA podrían ser eficaces en la protección de árboles y arbustos en sistemas agroforestales con presencia de ganado ovino, ya que las especies leñosas pueden resultar menos atractivas que el grano de cereal por la menor palatabilidad de sus hojas y ramillas. Además los comederos, fácilmente visibles en la parcela, constituyen elementos de atracción para el ganado, dado que las ovejas utilizan la representación visual para localizar el alimento y pueden recordar su ubicación espacial (Morton y Avanzo, 2011). No obstante, su empleo puede requerir una mayor necesidad de supervisión y mantenimiento que los protectores físicos habituales y, en condiciones de apetito y con baja disponibilidad de pasto, el olor de estos productos podría no disuadir de forma eficaz al ovino del ramoneo.

CONCLUSIONES

Con una adecuada disponibilidad de pasto, HP ha mostrado un poder repulsivo para el ganado ovino y ha impedido el acercamiento de los animales a los comederos. PA ha exhibido un cierto poder repulsivo al retrasar el momento de entrada del ovino a los comederos. Con baja disponibilidad de pasto y en condiciones de ayuno, el olor de estos productos no disuade al ovino del acercamiento a los comederos ni del consumo del alimento que contienen.

AGRADECIMIENTOS

El contrato de M.D. Carbonero está financiado por el programa operativo FSE de Andalucía (2007-2013).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDELT W.F., BURNHAM K.P. Y MANNING J.A. (1991) Relative effectiveness of repellents for reducing mule deer damage. *The Journal of Wildlife Management*, **55**, 341-347.
- ARNOULD C. Y SIGNORET J.P. (1993) Sheep food repellents: Efficacy of various products, habituation, and social facilitation. *Journal of Chemical Ecology*, **19(2)**, 225-236.
- FORBES J.M. (1998) Dietary awareness. *Applied Animal Behaviour Science*, **57(3)**, 287-297.
- JIMÉNEZ M.N., RIPOLL M.A., GALLEGO E., TERRÓN L., SÁNCHEZ-MIRANDA A. Y NAVARRO F.B. (2013) Efectos del tamaño de la planta de encina y la aplicación de mulch en la supervivencia, crecimiento y nutrientes foliares. *6º Congreso Forestal Español*. Vitoria, España: Sociedad Española de Ciencias Forestales.
- MELCHIORS A. Y LESLIE C.A. (1985) Effectiveness of predator fecal odors as black-tailed deer repellents. *The Journal of Wildlife Management*, **49**, 358-362.
- MORTON A.J. Y AVANZO L. (2011) Executive decision-making in the domestic sheep. *PloS one*, **6(1)**, e15752.
- SANTILLI F., MORI L. Y GALARDI L. (2004) Evaluation of three repellents for the prevention of damage to olive seedlings by deer. *European Journal of Wildlife Research*, **50(2)**, 85-89.

REPELLENT VALUE OF DIFFERENT PRODUCTS FOR SHEEP

SUMMARY

Repellent value of dog feces (HP), Pepton (P), foliar fertilizer that contains blood meal and two commercial products Rec`clap (R) y Cervirep (C) has been assessed in two sheep grazing experiments. A mix of cereals has been offered to sheep in troughs placed on geotextile blankets impregnated with these products under high and low pasture availability. HP appeared to be highly repulsive since prevented sheep to visit troughs when pasture availability was high, while PA delayed the time of feeding. Under low pasture availability and fasting conditions, the odour of these products did not dissuade sheep approximation to troughs.

Key words: repulsion, herbivory control, browsing, grazing, habituation.

LA ACUMULACIÓN NETA DE FITOMASA Y CALIDAD NUTRITIVA DE PASTIZALES EN EL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA NEVADO DE TOLUCA PARA LA PRODUCCIÓN OVINA

J. MARTÍNEZ HERNÁNDEZ¹, C.M. ARRIAGA JORDÁN¹, C. GONZÁLEZ REBELES ISLAS², R. ROSA GARCÍA³, G.B. HERNÁNDEZ LUNA¹, J. VALDÉS REYNA⁴ Y J.G. ESTRADA FLORES¹.

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales. Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario No. 100. Col. Centro Toluca Estado de México. México. CP. 50000. jgestradaf@uaemex.mx. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, 04510. Distrito Federal, México. ³Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA), Crta. Oviedo s/n, 33300 Villaviciosa (Asturias), España. ⁴Departamento de Botánica, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro s/n, Buenavista, 25315 (Saltillo), México.

RESUMEN

El Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT) es un espacio dedicado a la conservación de la vida silvestre; sin embargo en esta se llevan a cabo actividades silvopastorales con una producción importante de ovinos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la acumulación neta de fitomasa (ANF) y la composición química de los pastizales presentes en esta zona. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar para evaluar las características agronómicas y la composición química de los pastizales, donde los tratamientos fueron los meses evaluados. Se observaron diferencias significativas en la ANF, altura del pasto, producción de hojas y de tallos ($P < 0,05$). La cantidad de proteína cruda y el contenido de materia orgánica cambiaron ($P < 0,05$) lo largo del año. Estos resultados sugieren una adecuación en el plan de manejo ganadero de los recursos naturales disponibles en el APFFNT.

Palabras clave: montaña, área protegida, composición morfológica, pastos.

INTRODUCCIÓN

El Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT), ocupa el cuarto lugar dentro de las cumbres más altas de México con una elevación de 4 660 m s.n.m.. Está sujeta a una actividad pastoril bajo un sistema productivo de tipo extensivo, en general los productores son ejidatarios y en un 100% emplean las áreas comunales para el pastoreo de ganado ovino. Las razas utilizadas corresponden a Suffolk (40%), cruces de Suffolk-Hampshire (40%), Hampshire (10%) y criollo local (10%). La producción ovina es una actividad con tradición en la población y constituye una opción de percibir un ingreso en función del conocimiento de su territorio y de los recursos aprovechables mediante el pastoreo. La alimentación de los animales depende del pastoreo continuo mediante recorridos en terrenos comunales y áreas con cobertura de bosque. Otras fuentes de alimento corresponden al suministro ocasional de rastrojo de maíz, forraje de avena, y residuos de cosecha, papa y avena (Maldonado-Ferrucho *et al.*, 2014).

La ganadería tiene la capacidad de transformar vegetales en proteínas animales, aprovechando los recursos que de otra forma quedarían sin utilizar. En muchos lugares de montaña la ganadería es la principal actividad económica para la capitalización de sus habitantes ya que aporta lo imprescindible para la subsistencia de la gente (Lasanta, 2010). El manejo del pastoreo es uno de los usos más extensos de la tierra, pero los efectos sobre las comunidades de plantas, en muchos casos han revelado ser contradictorias. Algunos autores han relacionado estas contradicciones al carácter estocástico de los sistemas de pastoreo. Debido a eso es necesario

implementar análisis específicos de efectos de pastoreo en cada comunidad, especialmente en Áreas Naturales Protegidas, con el fin de ofrecer la mejor información a los gestores (Arévalo *et al.*, 2011).

El pastoreo es una importante herramienta en la gestión de la conservación y juega un papel importante en la diversidad de especies de plantas en pastizales alpinos y subalpinos. El pastoreo incontrolado con alta densidad de animales es perjudicial para los bosques y pastizales. En el caso de este estudio, la alta presión de pastoreo favorece la conservación de las especies más comunes de plantas. Un aumento en la presión del pastoreo parece ser esencial para que la biodiversidad deba ser conservada.

La producción primaria y los factores que influyen en ella, se han estudiado en diversos ecosistemas de pastizales. Sin embargo, se han hecho pocos estudios en pastizales de Áreas Naturales Protegidas de alta montaña. El objetivo de este estudio fue evaluar la acumulación neta de fitomasa (ANF) y composición química de los pastizales del APFFNT durante un año de evaluación.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el APFFNT en el Centro de México. Los pastizales comunales elegidos pertenecen a las localidades de Agua Blanca, Loma Alta y La Peñuela del municipio de Zinacantepec, se seleccionó un pastizal en cada localidad. Se analizó la cantidad y la calidad de la hierba de los pastizales durante septiembre de 2013 a agosto de 2014. Las zonas se localizan en altitudes que oscilan entre 3177 m s.n.m. y 3380 m s.n.m. En la Figura 1 se muestra el comportamiento de la temperatura y precipitación mensual durante el periodo de evaluación. La temperatura promedio anual fue de 6,5 °C y la precipitación total fue de 567,6 mm. Las lluvias se presentaron de septiembre a diciembre de 2013 y de mayo a agosto de 2014. El establecimiento de las 18 unidades experimentales totales se llevó a cabo a través de una invitación directa a pastores de las comunidades seleccionadas.

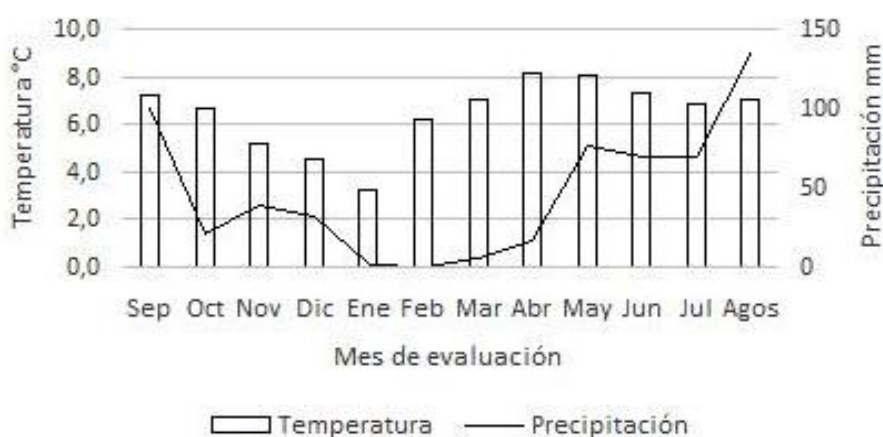


Figura 1. Temperatura y precipitación durante el periodo de evaluación.

Acumulación neta de fitomasa y componentes de la cubierta vegetal

En cada pastizal se colocaron seis jaulas de exclusión distribuidas al azar, de acuerdo con Hodgson (1990), con las siguientes dimensiones: 0,5 m alto, 1,20 m largo y 0,6 m ancho. Cada 28 días se rotaron las jaulas y al mismo tiempo se midió la altura del pasto y se recolectaron las muestras de fitomasa utilizando un marco de metal basado en el método descrito por Hodgson (1990) de 1,15 m largo por 0,55 m ancho. La ANF se estimó, con la fórmula: $ANF = [\text{peso promedio final de materia seca}]$

en el interior de la jaula el día 28]-[peso promedio inicial de materia seca disponible fuera de la jaula en el día cero].

Se tomaron tres muestras de las seis jaulas de exclusión por localidad con un total de 15 g para determinar la cantidad de material vivo y muerto. Se separaron, también 15 g de las tres jaulas restantes para determinar la cantidad de hoja y tallo. Las muestras se secaron de 65-70 °C hasta peso constante y su valor se expresó en kg de MS/ha. También se extrajeron ejemplares representativos de pastos en el área de estudio siguiendo lo recomendado por Koch (1986).

Composición química

Los análisis químicos se realizaron sobre las muestras de biomasa del día cero de cada mes. Se estimó la materia orgánica (MO) (AOAC, 1990), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) con la técnica de Ankom Technology, 1998 (Van Soest *et al.*, 1991). El contenido de proteína bruta (PB) por el método de Kjendhal (AOAC, 1990). La digestibilidad de la materia seca (dMS) se determinó de acuerdo con la ecuación descrita por Jeranyama y García (2014).

Análisis de la información

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar donde los tratamientos fueron los meses evaluados, de acuerdo al siguiente modelo general lineal: $X_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$. Donde μ es la media general, T_i es el efecto al mes (12 meses) y e_{ij} es el error experimental. Las variables evaluadas fueron ANF, la fracción viva y muerta, cantidad de hoja y tallo, fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), PC, cenizas, MO y dMS. Se utilizó el paquete estadístico SAS (2002) y cuando se observaron diferencias significativas se realizó la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las especies de gramíneas más abundantes presentes en los pastizales fueron *Vulpia myuros* (L.) C. C. Gmel, *Nassella mucronata* (Kunth) Pohl, *Trisetum spicatum* (L.) K. Richt y *Muhlenbergia* sp. También se presentó *Potentilla candicans* Humboldt & Bonpland Ex. Nestl.

La ANF oscila a lo largo del tiempo ($P < 0,05$), siendo máxima en septiembre y mínima en noviembre, con una producción de pasto variable (Tabla 1), que coincide con la presencia de lluvias. Las bajas temperaturas hacen que las tasas de crecimiento de las plantas también sean bajas, a pesar de esto la ANF fue mayor que la referida por Ramsay y Oxley (2001) en pastizales Andinos de Ecuador Central con un gradiente altitudinal de 3250 a 3450 m s.n.m., donde se obtuvo una ANF anual promedio para los claros del bosque montano de 1422,9 kg MS/ha o con lo reportado por Wu *et al.* (2014) en pastizales alpinos del Tíbet con una producción de 815,8 kg/ha de MS.

La ANF aumenta en la época de lluvias y disminuye en el periodo de secas. Durante los meses de noviembre a junio se tiene una alta producción de hojas y materia muerta. El material vivo es mayor comparado con el material muerto en la temporada de lluvias, que corresponde a los meses de septiembre y octubre de 2013 y julio y agosto de 2014. La producción de hojas es mayor en comparación con la de los tallos, excepto en los meses de julio y agosto (Tabla 1). La disminución de hojas en estos meses podría estar relacionada con la selección de dieta del ganado. Los animales incluyen en su dieta, por lo general, proporciones más elevadas de hoja y de tejido vivo de las plantas (con mayor calidad nutritiva) y menores proporciones de tallos y tejido muerto (Hodgson, 1990; Ramírez *et al.*, 2009).

Tabla 1. Características agronómicas de pastizales del APFFNT.

Mes	ANF (kg MS/ha)	Altura (cm)	Vivo (kg MS/ha)	Muerto (kg MS/ha)	Hoja (kg MS/ha)	Tallo (kg MS/ha)
Sep	526,6a	2,7abc	340,6a	186,0	437,4a	89,2abc
Oct	252,2abc	2,8ab	92,6b	159,5	215,2ab	36,9c
Nov	25,2c	1,8bc	14,8b	10,4	21,1b	4,0c
Dic	132,4bc	2,8ab	40,3b	92,2	100,4b	32,0c
Ene	97,9bc	2,1abc	19,1b	78,8	70,1b	27,8c
Feb	117,7bc	1,6c	24,8b	92,9	104,3b	13,4c
Mar	190,5bc	2,6abc	70,0b	120,4	140,8b	49,7bc
Abr	146,0bc	2,0abc	49,0b	96,9	104,6b	41,4bc
May	140,9bc	2,0abc	60,4b	80,4	107,7b	33,1c
Jun	218,2abc	2,3abc	75,4b	142,7	132,4b	85,7abc
Jul	365,3ab	2,9a	182,3ab	183,0	182,5b	182,7a
Ago	323,3abc	2,5abc	145,5b	177,7	151,5b	171,7ab
Anual	2536,2	2,3	1114,8	1420,9	1768	767,6
EEM	61,1	0,221	35,1	39,7	45,7	26,0
P	0,0004	<0,0001	<0,0001	0,1129	0,0004	0,0004

ANF: Acumulación Neta de Fitomasa; EEM: Error Estándar de la Media; columnas con letras diferentes indican diferencias ($P<0,05$).

Tabla 2. Composición química de los pastizales del APFFNT.

	FND (g MS/kg)	FAD (g MS/kg)	PB (g MS/kg)	Cenizas %	MO (g MS/kg)	dMS (g MS/kg)
Sep	586,0	289,7	123,0a	6,5	901,3ab	663,4
Oct	618,3	328,2	114,9ab	7,3	904,7a	633,3
Nov	621,3	344,7	99,7ab	6,7	910,7a	620,5
Dic	596,0	300,8	90,0ab	6,6	907,0a	654,6
Ene	590,7	286,3	95,0ab	7,1	897,7ab	666,0
Feb	606,0	308,3	88,3b	7,2	900,0ab	648,8
Mar	579,7	281,0	86,5b	6,9	899,0ab	670,1
Abr	611,3	294,8	82,0b	6,7	904,5a	659,3
May	597,7	297,7	89,4b	6,8	880,3ab	657,1
Jun	553,0	283,0	110,0ab	6,6	876,7b	668,5
Jul	543,0	276,7	131,0a	6,3	885,2ab	673,5
Ago	531,7	278,0	125,4a	7,0	873,7b	672,5
Promedio Anual	586,2	297,4	102,9	6,8	895,1	657,3
EEM	12,80	6,63	3,31	0,12	2,47	5,16
P	0,570	0,148	<0,001	0,510	<0,001	0,147

FND=fibra detergente neutro, FAD=fibra detergente ácido, PB=proteína bruta, MO=materia orgánica, dMS=digestibilidad de la materia seca.

Los contenidos de FND y FAD fueron similares a través del año ($P>0,05$), mientras que el contenido de PB se incrementa ($P<0,05$) en los meses con mayores precipitaciones (septiembre y octubre de 2013 y de junio a agosto de 2014), (Tabla 2). El contenido de PB se redujo a lo largo del periodo evaluado ($P<0,01$), probablemente en respuesta al envejecimiento de los tejidos; dicha reducción que se ha observado en los pastizales de altitudes menores podría atribuirse a los



diferentes estados fenológicos de las plantas y a un aumento en la proporción de los tallos (Ammar *et al.*, 2004; Khachatur, 2006). A pesar de la variación encontrada en la cantidad de hoja y tallo, material vivo y material muerto, y de que la lignificación de las plantas se incrementa con la madurez de las mismas (Van Soest *et al.*, 1991) la dMS se mantuvo constante ($P>0,05$) durante el periodo evaluado (657,3 g MS/kg).

Los resultados de este trabajo indican que la mejor época para el pastoreo son los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre, cuando predominan las lluvias (Figura 1), hay una mejor calidad y cantidad del forraje.

CONCLUSIONES

Los resultados presentados indican una alta variación en la calidad del forraje entre los meses de evaluación, especialmente en la ANF y en el contenido de PC del forraje, por lo que proporcionan a los gestores del Área Natural Protegida un instrumento para la toma de decisiones en los planes de manejo ganadero de los recursos naturales disponibles. Para proteger los recursos de los pastizales naturales, se deben considerar las condiciones climáticas y las características de la vegetación, así como la selección de dieta y el comportamiento en pastoreo del ganado, para guiar los proyectos de éste tipo de una forma adecuada.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al apoyo financiero de la UAEMex a través del proyecto: 3564/2013CHT por los recursos otorgados para el financiamiento de la investigación. Al CONACYT por la beca otorgada a Juana Martínez Hernández para realizar sus estudios de posgrado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMMAR H., LÓPEZ S., GONZÁLEZ J. Y RANILLA M. (2004) Seasonal variations in the chemical composition and in vitro digestibility of some Spanish leguminous shrub species. *Animal Feed Science and Technology*, **115**, 327-340.
- AOAC (1990) *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemist*. Virginia, E.U: Association of Official Analytical Chemist.
- ARÉVALO J.R., DE NASCIMENTO L., FERNÁNDEZ S., MATA J. Y BERMEJO L. (2011) Grazing effects on species composition in different vegetation types (La Palma, Canary Islands). *Acta Oecologica*, **37**, 230-238.
- HODGSON J. (1990) *Grazing Management: Science into Practice*. England: Longman Scientific and Technical.
- JERANYAMA P. Y GARCÍA A.D. (2014) *Understanding Relative Feed Value (RFV) and Relative Forage Quality (RFQ)*. South Dakota, USA: South Dakota State University Cooperative Extension Service.
- KHACHATUR M. (2006) In vitro digestible organic matter and energy contents in wild growing forages of Armenia. *Journal of Central European Agriculture*, **7(3)**, 445-450.
- KOCH S. D. (1986) Gramíneas y graminoides. En: Lot A. y Chiang F. (Eds) *Manual de herbario: Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos*, pp. 96-101. México: Consejo Nacional de la Flora de México A.C.
- LASANTA T. (2010) Pastoreo en áreas de montaña: Estrategias e impactos en el territorio. *Estudios Geográficos*, **71**, 203-233.



- MALDONADO-FERRUCHO G., FRANCO-MAASS S., NAVA-BERNAL G. Y GARCÍA-MARTÍNEZ A. (2014) La ovinocultura del Nevado de Toluca: Factor de deterioro o elemento de desarrollo y manejo ambiental en zonas naturales protegidas. En: Arriaga-Jordán C.M. y Anaya-Ortega J.P. (Eds) *Contribución de la Producción Animal en Pequeña Escala al Desarrollo Rural*, pp. 149-165. México: Reverté.
- RAMÍREZ R.O., HERNÁNDEZ G. A., DA SILVA S.C., PÉREZ P.J., ENRÍQUEZ Q.J., QUERO C.A.R., HERRERA H. J. G. Y CERVANTES N.A. (2009) Acumulación de forraje, crecimiento y características estructurales del pasto Mombaza (*Panicum maximum* Jacq.) cosechado a diferentes intervalos de corte. *Técnica Pecuaria en México*, **47**, 203-213.
- RAMSAY P.M. Y OXLEY E.R.B. (2001) An Assessment of Aboveground Net Primary Productivity in Andean Grasslands of Central Ecuador. *Mountain Research and Development*, **2**, 161-167.
- SAS (Statistical Analysis System) (2002) *SAS for windows, Release 9.0*. NC, USA: SAS Institute, Inc., Cary.
- VAN SOEST P., ROBERTSON J. Y LEWIS B. (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, **74**, 3583-3597.
- WU J., ZHANG X., SHEN Z., SHI P., YU C. Y CHEN B. (2014) Effects of livestock exclusion and climate change on aboveground biomass accumulation in alpine pastures across the Northern Tibetan Plateau. *Chinese Science Bulletin*, **59**, 4332-4340.

THE NET ACUMULATION FORAGE AND NUTRITIVE QUALITY OF GRAZING IN THE NEVADO DE TOLUCA FLORA AND FAUNA PROTECTION AREA FOR SHEEP PRODUCTION

SUMMARY

The Nevado de Toluca Flora and Fauna Protection Area (NTFFPA) is a space dedicated to the conservation of wildlife; however in this area silvopastoral activities took place with an important sheep production. The main of this work was evaluated the net forage accumulation (NFA) and chemical composition of grass in the zone. An experimental randomized block design was used to evaluate the agronomic characteristics and chemical composition of pastures, where treatments were evaluated months. Significant differences were observed in NFA, height, leaf and stem ($P<0.05$). The amount of crude protein and organic matter content changes ($P<0.05$) over the months evaluated. These results suggest an adaptation in livestock of natural resources available in the NTFFPA.

Key words: mountain, protected area, morphological composition, grass.

RESULTADOS PRELIMINARES DE ACTIVIDAD DEL GANADO VACUNO DE RAZA MORUCHA EN EXTENSIVO MEDIANTE DISPOSITIVOS GPS-GPRS

R. POSADO¹, R. BODAS¹, B.R. VÁZQUEZ DE ALDANA², J.L. HERNÁNDEZ², R. ARROYO² Y J.J. GARCÍA¹.

¹Línea de Investigación en Rumiantes - Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. Consejería de Agricultura y Ganadería. Junta de Castilla y León. Carretera de Carbajosa, s/n. 37008 Salamanca (España).

²Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología (IRNASA-CSIC). Cordel de Merinas, 40-52. 37008 Salamanca (España). beatriz.dealdana@irnasa.csic.es.

RESUMEN

La correcta gestión del ganado en extensivo y optimización de los recursos disponibles precisa del conocimiento de la actividad de los animales en el medio donde pastan. Las nuevas tecnologías permiten una evaluación del comportamiento en pastoreo y del manejo de los animales en un ámbito espacial y temporal. El objetivo de este trabajo fue describir la actividad de vacas de raza morucha en pastoreo en una dehesa de la provincia de Salamanca mediante tecnología GPS y determinar la posible relación con la producción y composición florística del pasto. Las zonas por las que se distribuyen los animales durante el día y la noche y las zonas de pastoreo de la mañana y de la tarde son diferentes. Durante el día la zona más transitada (de 16 h a 18 h) es la de mayor producción de pasto y diversidad florística. Es una zona de escaso arbolado, próxima a la carretera y a las viviendas. La zona de reposo nocturno donde el ganado permanece las primeras horas del día (de 23 h a 10 h) está alejada de la carretera, es un encinar denso con una producción de pasto media-alta.

Palabras clave: dehesa, producción, comportamiento animal, movimiento del ganado, utilización del pasto.

INTRODUCCIÓN

La morucha es una raza de ganado vacuno española rústica, tradicionalmente alimentada en base a pastos adherados en el oeste de España en la provincia de Salamanca (Piedrafita *et al.*, 2001; Rodríguez, 2003). Es una raza caracterizada por un tamaño adulto medio, que ha evolucionado en los últimos 30 años hacia un formato compacto, mejorando su aptitud para la producción de carne bajo figuras de calidad (De la Fuente *et al.*, 2014).

La correcta gestión del rebaño en extensivo, la optimización de la utilización de los recursos disponibles para satisfacer las necesidades de los animales y mejorar el manejo de los mismos, así como la consecución de unos altos estándares de bienestar animal que garanticen su libre comportamiento en condiciones de pastoreo, pasan por el conocimiento de la actividad de los animales en el medio donde pastan (Kilgour *et al.*, 2012). La observación de los movimientos de los animales permite comprender la utilización de los espacios, las zonas de pastoreo y los puntos de agua por parte de los animales. Sin embargo, la observación suele llevarse a cabo durante tiempos dilatados y a veces en grandes áreas, lo que implica desplazamientos, aumentando progresivamente el margen de error del observador y su efecto sobre el comportamiento de los animales (Pandey *et al.*, 2009).

La ganadería de precisión implica la utilización de las modernas tecnologías de la información y de la comunicación para mejorar el control y la monitorización del ganado y la eficiencia de los procesos que dan lugar a los productos de origen animal. Esto permite a los ganaderos la detección y el control en tiempo real del estado sanitario y del bienestar de sus animales. La tecnología de los

sistemas de posicionamiento global (GPS) y de información geográfica (GIS) permite una evaluación del comportamiento en pastoreo y del manejo de los animales en un ámbito espacial y temporal amplio (Kjellqvist, 2008; Orr *et al.*, 2012; Pandey *et al.*, 2009).

La Línea de Rumiantes del Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL) en colaboración con el Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca (IRNASA-CSIC) ha llevado a cabo una serie de estudios con tecnología GPS, con el objetivo de describir la actividad de vacas de raza morucha en pastoreo en una dehesa de la provincia de Salamanca y determinar la posible relación con la producción del pasto. En este trabajo se presentan resultados preliminares.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los ensayos experimentales se realizaron en la Finca “Muñovela” del IRNASA-CSIC en la provincia de Salamanca (altitud: 817 m; latitud: 40° 54' 13" N; longitud: 5° 46' 47" O), con una extensión total de 70 ha, de las cuales el ganado tuvo acceso a 20,5 ha, el resto está dedicado a cultivos. En la Finca se cría una vacada de la raza Morucha Variedad Negra que cuenta con un total de 49 animales (de los cuales 27 son vacas nodrizas) que presentan un comportamiento gregario. Tres días antes del comienzo de la prueba se colocaron tres prototipos experimentales emisores-receptores de geolocalización (dispositivos GPS-GPRS) a otras tantas vacas de la raza Morucha, no gestantes ni lactantes y con una edad media de ocho años. Obviamente, el estudio pormenorizado de las relaciones entre animales dentro del rebaño y el detalle de la dinámica de todos sus movimientos requeriría la colocación de dispositivos de seguimiento en cada uno de los animales, lo cual va más allá de los objetivos de este trabajo. No obstante, la monitorización de un pequeño grupo de animales se ha demostrado como suficiente para realizar un seguimiento eficaz (Anderson *et al.*, 2013; Trotter *et al.*, 2010). Los dispositivos GPS estuvieron emitiendo datos de posición de los animales cada 10 minutos durante un mes. Mediante la tecnología GPRS, los datos se volcaban automáticamente en un sistema gestor de comunicaciones para soluciones M2M creada por el ITACYL (<http://95.39.12.164/itacyl/PaginaLogin.aspx>), donde los datos estaban disponibles en tiempo real. Se recogieron en hojas de cálculo y procesados para estimar la distancia a puntos de interés como la charca, la distancia recorrida por los animales y la velocidad de los mismos a partir de sus posiciones en cada momento. Para ello se utilizaron los programas Excel, Access y ArcGis. El índice de temperatura y humedad (ITH) se calculó de acuerdo con la siguiente fórmula (Dikmen y Hansen, 2009): $ITH = (1,8 \times T + 32) - [(0,55 - 0,0055 \times H) \times (1,8 \times T - 26,8)]$, donde T es la temperatura en °C y H el porcentaje de humedad.

De forma simultánea se realizó un control de la vegetación, para lo cual se seleccionaron cuatro zonas con diferente frecuencia de visita por el ganado (según observación visual) y con diferentes características de arbolado, pasto y orientación. En cada zona se instalaron tres jaulas de exclusión del ganado, de dimensiones 0,75 m largo, 0,75 m ancho y 0,5 m de altura. El pasto dentro de las 12 jaulas se recogió en primavera después de dos meses y medio de permanencia de la jaula; se identificaron las especies mayoritarias y se determinó la producción de materia seca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El patrón de movimiento del ganado a lo largo del día es siempre el mismo para los tres animales monitorizados. Los picos de actividad y reposo coinciden con las horas de luz y oscuridad. Hay un periodo de escasa actividad entre las 21:00 y las 7:00, aunque con cierto movimiento alrededor de las 00:00 (Figura 1). La actividad se incrementa a partir de las 7:00, cuando empieza a aumentar el ITH, hasta alcanzar un máximo a las 12:00, momento en que comienza a descender. La

actividad durante las horas de sol es mínima entre las 14:00 y las 16:00. A partir de las 17:00 se observa un repunte, que alcanza el máximo a las 19:00, momento en el que empieza a disminuir el ITH (Figura 1).

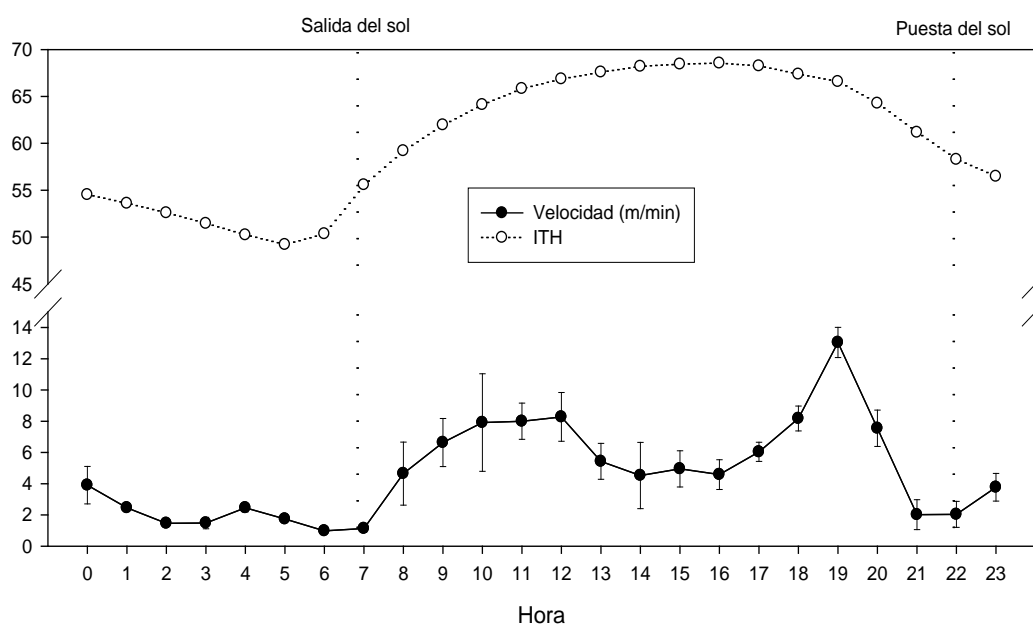


Figura 1. Valores medios de todo el periodo experimental para cada hora del día de velocidad de movimiento (m/min) de los tres animales del experimento, e índice medio de temperatura y humedad (ITH) durante el periodo experimental.

En la Figura 2 se muestran los movimientos de los animales por la finca a lo largo del día y las características del pasto en cada zona muestreada. Desde las 23:00 hasta aproximadamente las 10:00 se sitúan en la zona sur de la finca (Zona 3), con encinar denso y una producción de pasto de 2269 kg/ha. En esta zona las principales especies en las jaulas fueron *Hordeum sp.*, *Trifolium sp.* y *Chamaemelum nobile*.

A partir de las 10:00 los animales avanzan en dirección oeste y norte, para llegar a la zona donde se encuentra uno de los puntos de agua de la finca (Zona 2). En esta zona hay arbolado disperso y una producción de pasto de 1706 kg/ha, con especies como *Hordeum sp.*, *Trifolium glomeratum* y *Chamaemelum nobile*. Alrededor de esta zona permanecen hasta las 14:00, momento a partir del cual continúan moviéndose hacia el noroeste de la finca (Zona 1), y el punto más alejado de la zona de reposo nocturno. Entre las 16:00 y las 18:00 los animales apenas varían de posición, permanecen en esta zona 1, sin arbolado pero con la mayor producción de pasto registrada en la finca (3844 kg/ha). El pasto en esta zona tiene una gran riqueza de especies, identificándose: *Bromus sp.*, *Festuca rubra*, *Poa sp.*, *Lolium multiflorum*, *Trifolium glomeratum*, *Trifolium pratense*, *Medicago lupulina* y *Plantago lanceolata*, entre otras. Además en esta zona, el estado fenológico del pasto está más retrasado respecto al resto de los puntos muestreados. Posteriormente comienzan el camino en dirección inversa y los tramos recorridos durante la mañana en aproximadamente 5 horas (entre las 11:00 y las 16:00) son recorridos de vuelta en tan solo 2 horas (entre las 20:00 y las 22:00), incluyendo, de nuevo, el paso por el mismo punto de agua de la finca. Poco después de las 23:00 los animales están de vuelta a la zona de reposo nocturno (Zona 3).

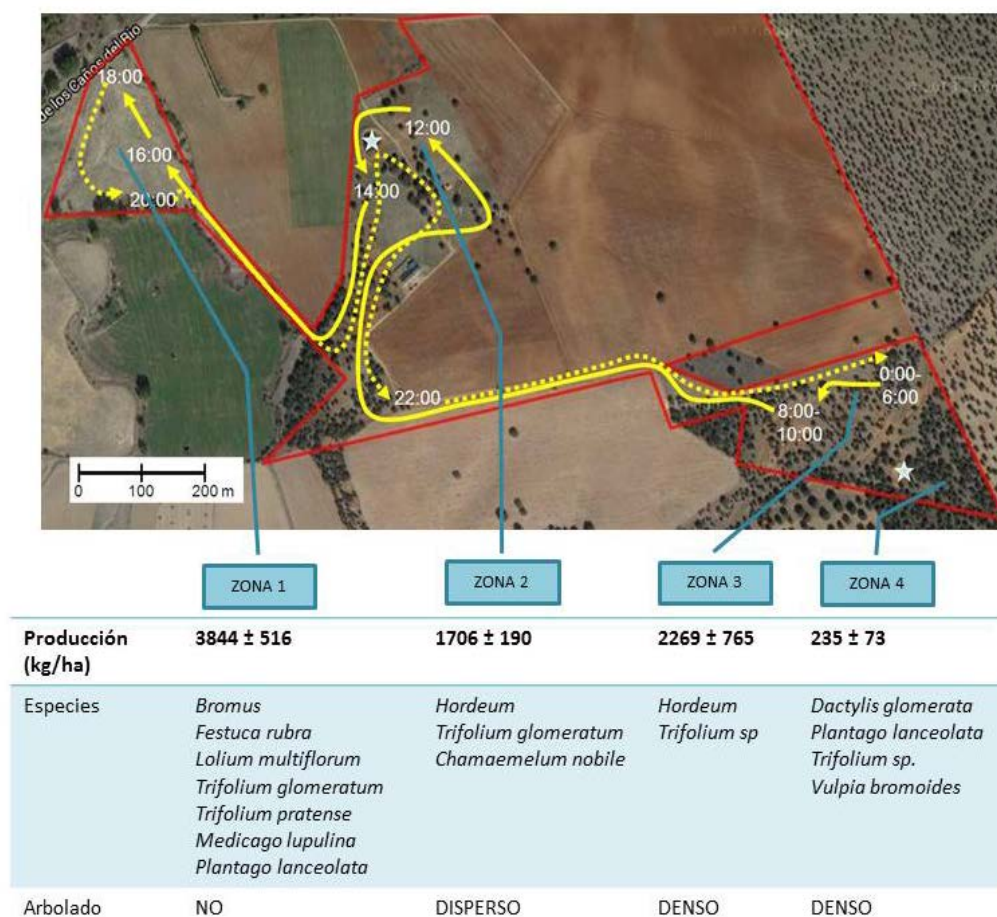


Figura 2. Representación de los movimientos de los animales a lo largo del día: las horas indican la posición de los animales en ese momento; las flechas con línea continua señalan los movimientos desde las 0:00 hasta las 18:00 y las flechas con línea punteada el camino inverso; las estrellas señalan las dos charcas de la finca. Producción de pasto (materia seca, media ± error estándar, n=3) y principales especies en las cuatro zonas de muestreo.

Las zonas por las que se distribuyen los animales son diferentes de día y de noche, al igual que son diferentes las zonas de pastoreo de la mañana y de la tarde, como puede observarse en la distribución de los animales por horas en la finca. Este comportamiento también coincide con lo observado por otros autores en estudios previos (Orr *et al.*, 2012; Trotter *et al.*, 2010). Así, los animales pasan la noche en una zona con arbolado denso y completamente alejada de la carretera y de los edificios; puede tratarse de un mecanismo de defensa en estos animales rústicos y que evitan la interacción con el hombre. Sin embargo, durante el día, los animales se aproximan a la carretera y la zona de edificios, pasando las horas centrales, cuando hace más calor, en esta parte prácticamente desprovista de cubierta arbórea. Pero resulta que es la zona donde el pasto es más abundante en cantidad, y probablemente en calidad nutritiva al haber una gran riqueza de especies de elevada calidad nutritiva. En contraposición, la mayoría de los estudios llevados a cabo hasta el momento resalta la búsqueda de sombra por parte de los animales en los momentos de más calor (Trotter *et al.*, 2010). Estas diferencias pueden venir asociadas a las características de rusticidad de la raza Morucha que le confiere una gran capacidad de adaptación a las continuas variaciones del medio en el que se desenvuelve. Comparando las cuatro zonas de la finca donde se muestreó vegetación, la zona 3 en la que pasan las primeras horas del día (de 6 a 10) tiene una producción media-alta de pasto. La zona 2, alrededor de la charca, es una zona de paso con una producción media-baja y los

animales sólo pasan en ella 2 horas. La zona de mayor producción y probablemente de mayor calidad nutritiva (zona 1) es donde pasan más tiempo (de 16 h a 18h). Hay una zona de la finca (zona 4, Figura 2) a la que el ganado no se acerca, a pesar de que aquí se encuentra un segundo punto de agua. Es una zona de arbolado denso, y alejada de la carretera que puede ofrecer protección a los animales; sin embargo, tiene una escasa producción de pasto (235 kg/ha) con un pasto muy ralo, y esta puede ser la causa de que el ganado no se acerque a esta zona. Además, la cantidad de agua en esta charca es menor. El patrón diurno de movimiento de los animales es similar al encontrado por otros autores (Trotter *et al.*, 2010; Gabrieli y Misha, 2015): hay un pico de actividad en la mañana, seguido de una reducción en la actividad hacia el mediodía antes de que vuelva a incrementarse de manera gradual al final de la tarde.

Las velocidades mínimas en el presente estudio se observan durante la noche y a primeras horas de la mañana, y estarían relacionadas con los momentos de reposo o con el inicio de actividades de pastoreo. La velocidad de los animales entre las 9:00 y las 12:00 y entre las 18:00 y las 20:00 parecería estar indicando un desplazamiento a lo largo de la finca (Figura 1), hecho que se ha comprobado representando las posiciones de los animales en el mapa (Figura 2). Por último, cabe destacar que resulta útil conocer en qué momento del día (y qué número de veces) los animales se acercan a los puntos de agua, de especial importancia en climas secos o con temperaturas elevadas. En nuestro estudio los animales se aproximaban a una de las charcas en dos ocasiones a lo largo del día, considerándolo como una zona de paso necesaria y rutinaria (Figura 2). No se observaron casos en los que hubiera una vuelta a la charca en otros momentos del día.

CONCLUSIONES

Los animales muestran periodos de mayor actividad durante el día (a primera hora de la mañana y última de la tarde), con paso repetido por los puntos de agua en su movimiento hacia las diferentes zonas de pasto. El estudio de la producción vegetal mostró que los animales pasan un mayor número de horas en las zonas donde la producción de pasto es más abundante. El estudio pone de manifiesto que el empleo de este tipo de tecnología puede resultar útil para realizar un seguimiento de rebaños de ganado vacuno, abriendo la puerta al estudio detallado del consumo de pasto y de la idoneidad de la suplementación en función de la calidad del mismo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto “Mejora del aprovechamiento de los recursos naturales y el rendimiento productivo del vacuno de carne en sistemas de producción extensiva mediante la implantación de las tecnologías de la información y la comunicación (TICs)”, financiado por el ITACyL. Se agradece la colaboración con el manejo del ganado de Angel Iglesias y Cesar Pérez, de la Finca Muñovela (IRNASA-CSIC).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON D.M., ESTELL R.E. Y CIBILS A. (2013) Spatio temporal cattle data—A plea for protocol standardization. *Positioning*, **4**, 115-136.
- DE LA FUENTE L.F., SÁNCHEZ J.M. Y RODRÍGUEZ E. (2014) Evolución de las características morfológicas de la raza morucha. *Ganadería*, **91**, 68-71.
- DIKMEN S. Y HANSEN P.J. (2009) Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical?. *Journal of Dairy Science*, **92**, 109-116.



- GABRIELI R. Y MISHA E. (2015) Monitoring stress behaviour in grazing beef cows. En: Halachmi I. (Ed) *Precision livestock farming applications*, pp. 149-159. Países Bajos: Wageningen Academic Publishers.
- KILGOUR R.J., UETAKE K., ISHIWATA T. Y MELVILLE G.J. (2012) The behaviour of beef cattle at pasture. *Applied Animal Behaviour Science*, **138**, 12-17.
- KJELLQVIST S. (2008) Determining cattle pasture utilization using GPS-Collars. Tesis doctoral. http://www.researchgate.net/publication/27656538_Determining_cattle_pasture_utilization_using_GPS-collars.
- ORR R.J., TOZER K.N., GRIFFITH, B.A., CHAMPION R.A., COOK J.E. Y RUTTER S.M. (2012) Foraging paths through vegetation patches for beef cattle in semi-natural pastures. *Applied Animal Behaviour Science*, **141**, 1-8.
- PANDEY V., KIKER G.A., CAMPBELL K.L., WILLIAMS M.J. Y COLEMAN S.W. (2009) GPS Monitoring of cattle location near water features in South Florida. *Applied Engineering in Agriculture*, **25**, 551-562.
- PIEDRAFITA J., MILÁN M.J., BARTOLOMÉ J., QUINTANILLA R. Y SÁNCHEZ-RECIO J.M. (2001) Raza morucha: resultados de encuesta realizada a 43 ganaderos. *Ganadería*, **10**, 48-49.
- RODRÍGUEZ E. (2003) Instalaciones y alojamientos en la raza morucha. *Ganadería*, **20**, 28-31.
- TROTTER M.G., LAMB D.W., HINCH G.N. Y GUPPY C.N. (2010) Global navigation satellite system livestock tracking: system development and data interpretation. *Animal Production Science*, **50**, 616-623.

PRELIMINAR RESULTS OF 'MORUCHA' CATTLE BEHAVIOR IN EXTENSIVE USING GPS-GPRS TECHNOLOGY

SUMMARY

A proper management of extensive livestock and optimization of forage resources requires information about the activity of grazing animals. The new technologies of information and communication allow an assessment of livestock behavior and livestock management in a large spatial and temporal scope. The aim of this study was to describe the behavior of 'morucha' cattle in a dehesa in the province of Salamanca using GPS technology and to determine the possible relationship with the pasture biomass production. The areas where animals were distributed differed between day and night. The cattle spent more time during the day (16 h to 18 h) in a zone with the highest pasture production and the greatest floristic diversity. Such an area has no trees and is located next to the road and houses. The night-rest area where cattle remains the first hours of the day (from 23 h to 10 h) is a dense oak-tree with medium-high pasture production and located far from the road and houses.

Key words: dehesa, production, animal behavior, cattle movement, pasture utilization.

ATRIBUTOS DE CALIDAD NUTRICIONAL DEL ARBUSTO *Lavatera assurgentiflora* K.

U.F. JUÁREZ ZEBADÚA, P.A. MARTÍNEZ HERNÁNDEZ, E. CORTES DÍAZ Y L.A. MIRANDA ROMERO.

Posgrado en Producción Animal. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo, Km 38,5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, México. C.P. 56230. juzu07@gmail.com.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue comparar los contenidos de proteína cruda y digestibilidad *in vitro* a 2, 4, 8, 16, 24 y 48 horas de incubación en hojas de *Lavatera assurgentiflora* K. con los de alfalfa, rastrojo de maíz y hojas de morera para determinar su idoneidad como forraje. *L. assurgentiflora* mostró los máximos contenidos de proteína bruta y digestibilidad a todas las horas de incubación. En proteína registró 28,8%, 7 y 24 unidades porcentuales por encima de la alfalfa y del rastrojo de maíz, respectivamente. Con dos horas de incubación la digestibilidad fue 1,5 veces mayor que la de la alfalfa y la morera, y 4,4 veces mayor que la del rastrojo de maíz; con 48 horas de incubación alcanzó un valor de 60,7% de digestibilidad, 11 unidades porcentuales por encima de la alfalfa que registró la segunda mayor digestibilidad. La alta digestibilidad de *L. assurgentiflora* permite suponer que el alto contenido de proteína bruta no está asociado a la presencia de compuestos nitrogenados tóxicos. Se concluye que las hojas de *L. assurgentiflora* es la opción más idónea de forraje.

Palabras clave: forrajera nativa, proteína cruda, digestibilidad *in vitro*, forrajera leñosa.

INTRODUCCIÓN

La ganadería pastoril ha sido señalada a nivel mundial como una fuente de degradación ambiental por causar erosión, compactación de suelos, destrucción de vegetación y reducción en la biodiversidad vegetal y animal (Steinfeld *et al.*, 2009); sin embargo, se proyecta un fuerte incremento en la demanda por productos pecuarios como la carne (FAO, 2009). Esta situación demanda mitigar los efectos adversos de la ganadería al mismo tiempo que se incrementa la producción ganadera, una opción para esto es el diseño y establecimiento de áreas forrajeras de composición botánica diversa y multifuncionales, como los diseños silvopastoriles que combinan especies herbáceas, semileñosas y leñosas (Alonso, 2011).

Los montes y tierras de pastoreo de la parte sur del Altiplano Mexicano se encuentran en esta condición de degradación ambiental por un uso ganadero inapropiado y demanda de áreas forrajeras como los sistemas silvopastoriles que puedan contrarrestar dicha degradación. En este proceso, la investigación debe proveer la validación de especies vegetales para conformar áreas forrajeras exitosas ambiental, económica y socialmente.

En informes internos de recorridos etnobotánicos dirigidos por el Dr. Efraím Hernández Xolocotzi y realizados hacia la parte final de la década de 1970, en el estado de Tlaxcala, estado del sur del Altiplano Mexicano, se identificó un arbusto aparentemente nativo de uso ornamental por lo colorido de sus flores, mantener sus hojas verdes aún en el invierno y baja demanda hídrica. Además, se registró que las hojas llegaban a ser usadas para alimentar equinos, borregos y pavos. Dicho arbusto fue identificado como *Lavatera assurgentiflora* Kellogg con nombres locales de Malvón, Juanito y Malva-rosa. Sin embargo, no se dio un mayor seguimiento agronómico o nutricional.

Varios autores, por ejemplo Quero *et al.* (2007) enfatizan que en la investigación de fuentes forrajeras deben incorporarse las especies nativas ya que además de ser un banco de germoplasma están adaptadas al ambiente y aseguran las biodiversidades vegetal y animal al poder funcionar como refugio y alimentación de fauna silvestre propia del lugar en cuestión. Villaseñor (2003) resalta

la importancia de mantener la gran biodiversidad vegetal natural de México a través de la conservación de las especies nativas de este país.

El objetivo del estudio fue comparar atributos de calidad nutricional de hojas de *L. assurgentiflora* con forrajes de uso común como son alfalfa, rastrojo de maíz y hojas de morera (*Morus alba*).

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación consistió en la evaluación de cuatro tratamientos que fueron rastrojo de maíz y forraje de alfalfa como especies forrajeras de uso común en la zona, hojas de *L. assurgentiflora* colectadas de diferentes individuos de tres poblados ubicados en el estado de Tlaxcala, México y hojas de morera colectadas de una sola planta del vivero de la Universidad Autónoma Chapingo.

El forraje de alfalfa cv Aragonesa provino de tres lugares distintos de una misma pradera con dos años de haberse sembrado del Campo Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo. El momento de cosecha fue el común usado en la zona que es inicio de floración y el corte fue a 4 cm de altura. La cosecha de alfalfa como la colecta de hojas de *L. assurgentiflora* y morera se realizó en la misma semana hacia la mitad del verano. El rastrojo de maíz provino de una cosecha del ciclo primavera-verano del año previo (2014).

De cada forraje se hizo una sola muestra que fue secada en estufa de aire forzado a 55 °C por 72 h, molida en un molino Willey a criba de 2 mm y a la que se le determinó en laboratorio por triplicado los contenidos en proteína bruta y digestibilidad ruminal *in vitro* a 2, 4, 8, 16, 24 y 48 h de incubación.

La determinación de proteína bruta (PB) se realizó usando un equipo microkjeldahl siguiendo el protocolo propuesto por Villegas y Mertz (1969), el cual utiliza 0,15 g de muestra que se coloca en un matraz kjeldahl de 30 mL de volumen, se añade 1 g de mezcla catalizadora y 4 mL de ácido sulfúrico, digiriendo a fuego lento por 45 minutos, hasta lograr una coloración verde, se retira del fuego y se deja enfriar y se le agrega 20 mL de agua destilada. Después el contenido del matraz se transfiere al destilador microkjeldahl y en el proceso de destilación se utiliza 25 mL de hidróxido de sodio, 10 mL de ácido bórico al 4% y 3 gotas de indicador (rojo de metilo, verde de bromocresol y alcohol), para separar por arrastre el amoníaco y solubilizarlo en una solución acida de concentración conocida, se titula con ácido clorhídrico y el gasto de éste neutralizado por el amoníaco disuelto indica la cantidad de nitrógeno en el material analizado, que se transforma a porcentaje de proteína bruta aplicando la fórmula siguiente: $(\text{Normalidad HCl} \times 0,014 \times \text{gasto HCl/g muestra}) = \% \text{ PB base húmeda}$ y $(\text{PB base húmeda} \times 100 / \% \text{ MS}) = \% \text{ PB base seca}$.

La digestibilidad ruminal *in vitro* se determinó según la metodología descrita por Theodorou *et al.* (1994), la cual utiliza para el proceso fermentativo frascos de vidrio color ámbar de 60 mL de volumen, a los cuales se le agrega 0,25 g de muestra y 45 mL de una solución que provee de minerales y nutrientes al medio acuoso *in vitro* para el proceso fermentativo, bajo un flujo constante de CO₂, esta solución por litro contiene: 780 ml de agua destilada, 100 ml de líquido ruminal, 50 mL de carbonato de sodio al 8%, 0,45 g de fosfato de potasio dibásico, 0,9 g de cloruro de sodio, 0,45 g de fosfato de potasio monobásico, 0,45 g de sulfato de amonio, 0,18 g de sulfato de magnesio anhidro, 0,12 g de cloruro de calcio dihidratado, 0,5 g de cisteína, 3 mL de hidróxido de sodio, 0,5 g de sulfuro de sodio y 2 gotas de resazurina. Los frascos se cierran herméticamente con un tapón de goma y arillo de aluminio y se colocan a baño maría a 39 °C para la incubación.

Al final de la incubación el contenido de los frascos se filtra en papel filtro (Wathman No. 40) y se introducen en una estufa a 60 °C por 72 h para su secado, posteriormente las muestras se pesan para calcular la materia seca residual y calcular la digestibilidad *in vitro* de la materia seca para cada uno de los diferentes tiempos de incubación.

El análisis de los datos fue por medio de medias y error estándar considerando las determinaciones de laboratorio hechas por triplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

L. assurgentiflora fue la especie que mostró la máxima concentración de proteína bruta casi siete unidades porcentuales por arriba de la alfalfa que fue la especie que mostró el segundo más alto contenido de proteína bruta. El rastrojo de maíz fue la especie con la menor concentración, muy por debajo del mínimo de 7-8% de proteína bruta para el mantenimiento de rumiantes como los ovinos y bovinos. La morera quedó en un tercer lugar pero con una concentración aceptable para la alimentación de rumiantes (Tabla 1).

Las hojas de *L. assurgentiflora* por la concentración de proteína bruta mostrada podrían ser una fuente importante de proteína para rumiantes como vacunos, ovinos y caprinos que demandan dietas con 10 a 17% de proteína bruta; pero además, podrían considerarse como un ingrediente en dietas para conejos y cerdos (Church *et al.*, 2007).

Tabla 1. Contenido de proteína bruta en alfalfa, rastrojo de maíz, morera y *L. assurgentiflora*.

Especie	Proteína bruta (%)*
Alfalfa	21,7 ± 0,39
Rastrojo de maíz	4,2 ± 0,10
Morera	14,7 ± 0,06
<i>L. assurgentiflora</i>	28,8 ± 0,35

*Media ± error estándar.

El mayor contenido de proteína bruta de las hojas de *L. assurgentiflora* con respecto del forraje de alfalfa y hojas de morera, se podría explicar en el primer caso con base en que en la alfalfa se incluyeron los tallos, que contienen menor proteína bruta que las hojas; y con morera podría explicarse parcialmente con base en las áreas necrosadas en las hojas de morera producidas por el granizo recibido pocos días antes de la colecta de las mismas; pero también, a que es una concentración relativamente baja si se compara con el registro encontrado por Kandyliis *et al.* (2009) de 20% de proteína bruta.

Tabla 2. Digestibilidad *in vitro* a diferente tiempo de incubación en alfalfa, rastrojo de maíz, morera y *L. assurgentiflora*.

Especie	Horas en incubación					
	2	4	8	16	24	48
	----- Digestibilidad (%)* -----					
Alfalfa	20,3 ± 4,7	30,6 ± 1,7	34,2 ± 1,1	38,1 ± 3,1	45,8 ± 1,2	49,5 ± 3,5
Rastrojo de maíz	6,9 ± 2,4	9,5 ± 1,4	17,6 ± 1,1	23,7 ± 6,0	34,1 ± 1,4	40,1 ± 4,9
Morera	19,9 ± 1,9	30,9 ± 1,6	34,2 ± 0,6	35,6 ± 1,4	39,2 ± 1,3	47,1 ± 1,3
<i>L. assurgentiflora</i>	30,6 ± 2,2	38,5 ± 1,3	44,6 ± 1,8	46,8 ± 1,5	51,6 ± 0,3	60,7 ± 1,4

*Media ± error estándar.



A todos los tiempos de incubación la digestibilidad de *L. assurgentiflora* fue mayor a la de alfalfa y morera que tendieron a quedar en segundo lugar y a la de rastrojo de maíz que tendió a mostrar la menor digestibilidad (Tabla 2).

Al término de las primeras dos horas de incubación la digestibilidad de las hojas de *L. assurgentiflora* fue 1,5 veces mayor que la de la alfalfa y la morera, y 4,4 veces mayor que la del rastrojo de maíz. Esta mayor digestibilidad de las hojas de *L. assurgentiflora* en las primeras horas de incubación podría implicar un mayor consumo por parte de los animales debido a la relación entre consumo, tasa de pasaje y digestibilidad señalada por Church (1993). A su vez el mayor consumo podría favorecer una mayor producción por animal (Van Soest, 1994).

También la digestibilidad alta de las hojas de *L. assurgentiflora* desde las primeras horas de incubación permite establecer que no existe evidencia de que el contenido alto de proteína bruta de estas hojas incorpore compuestos nitrogenados con potencial tóxico como alcaloides, glucocianogénicos, nitratos y derivados de fenilalanina y fenil-propanoide (Matches, 1973; Buchanan *et al.*, 2002; Church *et al.*, 2007).

Los atributos en contenidos de proteína bruta y digestibilidad de las hojas de *L. assurgentiflora* registrados en este estudio permiten señalar a esta planta como una especie, entre otras, con potencial para responder a lo que Vázquez (2008) considera como uno de los principales retos que enfrenta la ganadería mexicana que es la de mejorar la calidad de los forrajes suministrados al ganado para con ello poder incrementar la producción animal, tanto por animal como por superficie.

CONCLUSIONES

Las hojas de *Lavatera assurgentiflora* K. son una opción como forraje al mostrar una calidad nutricional alta en términos de los contenidos de proteína bruta y digestibilidad, que son superiores a lo registrado para alfalfa, rastrojo de maíz y hojas de morera.

AGRADECIMIENTOS

A CONACYT por el apoyo económico para realizar esta investigación y al Posgrado en Producción Animal del Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo por las facilidades brindadas para la realización de la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO J. (2011) Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, **45(2)**, 107-115.
- BUCHANAN B.B., GRUISSEM W. Y JONES R.L. (2002) *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. 4th impression. Rockville, MD, EUA: American Society of Plant Biologists.
- CHURCH D.C. (1993) *The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition*. Long Grove, Illinois, EUA: Waveland Press.
- CHURCH D.C., POND W.G. Y POND K.R. (2007) *Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales*. 2 ed. México, D.F., México: Limusa Wiley.
- FAO (2009) *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2009. La ganadería, a examen*. Roma, Italia: FAO. <http://www.fao.org/docrep/012/i0680s/i0680s.pdf>.
- KANDYLIS K., HADJIGEORGIOU P. Y HARIZANIS P. (2009) The nutritive value of mulberry leaves (*Morus alba*) as a feed supplement for sheep. *Tropical Animal Health and Production*, **41**, 17-24.

- MATCHES, A.G. (1973) *Anti-quality components of forages*. Madison, Wisconsin, USA: Crop Science Society of America Inc.
- QUERO C.A., ENRÍQUEZ Q.J. Y MIRANDA J.L. (2007) Evaluación de especies forrajeras en América Tropical, avances o status quo. *Interciencia*, **32(8)**, 566-557.
- STEINFELD H., GERBER P., WASSENAAR T., CASTEL V., ROSALES M. Y DE HAAN C. (2009) *La larga sombra del ganado: problemas ambientales y opciones*. Roma, Italia: FAO.
- THEODOROU M.K., WILLIAMS B.A., DHANOA M.S., MCALLAN A.B. Y FRANCE J. (1994) A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, **48(2)**, 185-197.
- VAN SOEST P.J. (1994) *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd edition. Devon, RU: Comstock Publishing Associates.
- VILLASEÑOR J.L. (2003) Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia*, **28(3)**, 160-167.
- VILLEGAS E. Y MERTZ E.T. (1969) *Métodos químicos usados en el CIMMYT para determinar la calidad de la proteína del Maíz*. México: CIMMYT.

NUTRITIVE QUALITY ATTRIBUTES OF THE *Lavatera assurgentiflora* K. SHRUB

SUMMARY

The objective was to compare crude protein and *in vitro* digestibility at 2, 4, 8, 16, 24 and 48 hours of incubation in *Lavatera assurgentiflora* leaves with alfalfa, cornstalks and mulberry leaves to determine forage suitability of *L. assurgentiflora* leaves. *L. assurgentiflora* showed the highest contents of crude protein and digestibility at all incubation times. Crude protein was 28.8% seven and 24 percent units above alfalfa and cornstalks, respectively. After two hours of incubation digestibility was 1.5 times higher than the average for alfalfa and mulberry, and 4.4 times higher than the cornstalks; after 48 hours incubation time digestibility was 60.7%, 11 percent units above alfalfa which gave the second largest digestibility. The *L. assurgentiflora* high digestibility allows to state that the high crude protein content is not associated with potentially toxic N-compounds. *L. assurgentiflora* leaves show high potential as forage resource.

Key words: native forage, crude protein, *in vitro* digestibility, forage shrub.

PREFERENCIA DEL GANADO BOVINO POR LOS PRINCIPALES ÁRBOLES FORRAJEROS DEL TROPICO SECO CENTROAMERICANO

K. LÓPEZ BENAVIDES¹, L.R. ROCHA MOLINA², E. SERRANO FERRON^{3,4}, M.C. ESPUNYA PRAT⁵, Y J. BARTOLOMÉ FILELLA⁶.

¹Estación Experimental para el Estudio del Trópico Seco "El Limón". Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. kenny.lb@hotmail.com. ²Facultad de Ciencias e Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. lesterrocha@hotmail.com. ³Departamento de Biología & CESAM. Universidad de Aveiro, Portugal. ⁴Servicio de Ecopatología de Fauna Salvaje (SEFaS). Universidad Autónoma de Barcelona, España. emmanuel.serrano.ferron@gmail.com. ⁵Departamento de Bioquímica y Biología molecular. Universidad Autónoma de Barcelona, España. carne.espunya@uab.cat.

⁶Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos. Universidad Autónoma de Barcelona, España. jordi.bartolome@uab.cat.

RESUMEN

Se ha valorado la preferencia del ganado bovino por cuatro especies de árboles forrajeros comunes en el trópico seco centroamericano: *Acacia pennatula* (Schltld. & Cham.) Benth (carbón), *Guazuma ulmifolia* Lam. (guácimo), *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (madero negro) y *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. (guanacaste). Para ello, se realizó un test de cafetería o selección múltiple con un diseño experimental de medidas repetidas con cuatro vacas mestizas Pardo-Suizo x Brahman de 5-6 años de edad, donde cada animal constituyó una unidad experimental y actuó como su propio control (efecto bloque). El período experimental fue de 15 días consecutivos durante el mes de julio de 2015. Los resultados mostraron claras diferencias entre todas las especies, siendo las más preferidas el carbón y el guácimo y las menos el madero negro y el guanacaste respectivamente. El contenido en proteína bruta, como indicador de calidad, fue elevado en todas las especies (entre el 16 y el 23% de la materia seca), lo cual sugiere que las diferencias en la preferencia deben buscarse en otros factores que influyen en la palatabilidad. En este sentido, los contenidos de lignina podrían ser un factor explicativo, pues los valores más bajos corresponden a las dos especies más consumidas y los valores más altos a las menos consumidas.

Palabras clave: *Acacia pennatula*, *Guazuma ulmifolia*, *Gliricidia sepium*, *Enterolobium cyclocarpum*, silvopastoralismo.

INTRODUCCIÓN

La producción pecuaria se enfrenta actualmente a un fuerte incremento en la demanda mundial de alimento de origen animal. Por tal razón, la ganadería es uno de los principales usos de la tierra en América Latina y el Caribe. Lamentablemente, en estos lugares del planeta, el desarrollo de la ganadería se caracteriza por su baja productividad y por sus efectos negativos para el medio ambiente (FAO, 2008). De hecho la ganadería extensiva ha sido la causante del mayor cambio registrado en los paisajes naturales sudamericanos, con pérdida de bosque tropical a favor de pastos (Pérez, 2006).

Por tal razón, en los últimos años las políticas de desarrollo en muchos países han dado un fuerte impulso a estrategias de producción compatibles con la conservación del medio. Así, el silvopastoralismo se ha convertido en una opción viable para mitigar los procesos de degradación de los recursos naturales y del cambio climático (López *et al.*, 2003). Muchas especies arbóreas autóctonas constituyen un recurso forrajero de calidad que permite al ganado superar el período de

sequía. Sin embargo, en el trópico seco centroamericano poco se conoce sobre las preferencias del ganado por árboles forrajeros cuando el animal puede escoger entre varios. Por esta razón, el objetivo de este trabajo consistió en determinar las preferencias del ganado bovino por especies leñosas forrajeras del trópico seco. En concreto se escogieron las cuatro más abundantes en las sabanas nicaragüenses.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en julio del 2015, en la Estación Experimental para el Estudio del Trópico Seco "El Limón", adscrita a la UNAN – Managua / FAREM – Estelí, Nicaragua (13° 05' 31" N, 86° 21' 14" O), a 890 m s.n.m. La temperatura media anual es de 22,3 °C (16-33 °C) y la precipitación media anual es de 804 mm. El suelo es franco - arcilloso con abundantes rocas blandas.

Los árboles forrajeros evaluados fueron: *Acacia pennatula*, árbol de porte pequeño de la familia *Mimosoideae*, de tronco ramificado y hojas caedizas. Se distingue por sus espinas oscuras, hojas bipinnadas con hojuelas diminutas, flores amarillentas en cabezuelas globosas y sus vainas color café oscuro, planas y duras. Es nativo de América Central y se distribuye desde México hasta Colombia. *Guazuma ulmifolia*, árbol de porte mediano de la familia *Sterculiaceae*, tronco torcido y ramificado. Se distingue por sus hojas simples de borde aserrado, flores amarillas y sus frutos redondeados y verrugosos. Es nativo de América tropical y se distribuye desde México y el Caribe hasta Argentina. *Gliricidia sepium*, es un árbol de porte pequeño de la familia *Papilionoideae*, de tronco ramificado y hojas caedizas. Se distingue por sus flores color blanco-rosado y sus vainas aplanadas de color oscuro cuando están maduras. Es nativo de América Central y se distribuye desde México hasta Panamá. Finalmente, *Enterolobium cyclocarpum*, es un árbol de porte grande de la familia *Mimosoideae*, de tronco recto pero ramificado y hojas caedizas. Se distingue por su corteza oscura y flores blancas en cabezuelas y sus vainas oscuras y enrolladas en forma de oreja. Son árboles que crecen en áreas de pasturas donde el ganado actúa como agente dispersor de semillas.

En la experiencia se utilizó un test de cafetería o de selección múltiple, donde el animal puede escoger libremente entre varios recursos, (Humbría *et al.*, 2008) con un diseño experimental de medidas repetidas, donde cada animal o individuo, constituyó un bloque y actuó como su propio control. De esta manera, todos los animales que integraron la muestra recibieron todos los tratamientos y repitieron los registros de respuesta durante el período experimental.

Se utilizaron 4 vacas mestizas Pardo-Suizo x Brahman de 5-6 años de edad, en periodo de lactancia, con un peso vivo de 382±5 kg. Durante los 15 días que duró el periodo experimental, después del ordeño se ofertaron 500 gramos/animal/especie/día de forraje fresco (hojas y tallos menores o iguales a 5 mm de diámetro) de manera simultánea en cuatro compartimentos del comedero, durante 15 minutos. Cada día, la disposición del recurso alimenticio se realizó de forma aleatoria, de tal manera que ocupara todas las posiciones posibles para bloquear el hábito reflejo de cada animal a la posición, la distancia del alimento y el primer encuentro con éste.

El consumo de los forrajes frescos ofertados a los bovinos se calculó por diferencia del peso inicial menos el peso final (material de rechazo). El forraje fresco consumido, se transformó en materia seca (MS) a través de ecuaciones alométricas generadas con pruebas de regresiones lineales para cada especie: *A. pennatula* $y=0,4284x+0,4141$ ($F=486,71$; $p<0,05$; $R^2=0,95$); *G. ulmifolia* $y=0,3423x+5,6486$ ($F=255,43$; $p<0,05$; $R^2=0,90$); *G. sepium* $y=e^{1,1284x-2,176}$ ($F=288,90$; $p<0,05$; $R^2=0,94$) y *E. cyclocarpum* $y=0,3542x-2,3712$ ($F=7838,82$; $p<0,05$; $R^2=0,99$). Los animales después del test diario tenían acceso a áreas de pastura con *Paspalum notatum*, *Hyparrhenia rufa* y agua *ad libitum*.

Con el fin de relacionar las preferencias con la calidad del forraje, en dos muestras se determinaron los contenidos de proteína bruta (PB) mediante el método Kjeldahl (AOAC, 1990) y los de fibra bruta, fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina ácido detergente (LAD) a través del método ANKON (Van Soest *et al.*, 1991).

Los datos se analizaron con un modelo lineal mixto (MLM) donde el consumo diario de cada especie (%) fue la variable respuesta y la especie forrajera (factor fijo) y la vaca (factor aleatorio) las variables explicativas. Se utilizó el programa “nlme” (Pinheiro *et al.*, 2015) de la plataforma de análisis R (R Core Team, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, se muestra el consumo promedio de bovinos para las cuatro especies evaluadas durante los 15 días del experimento. Se observan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre todas ellas.

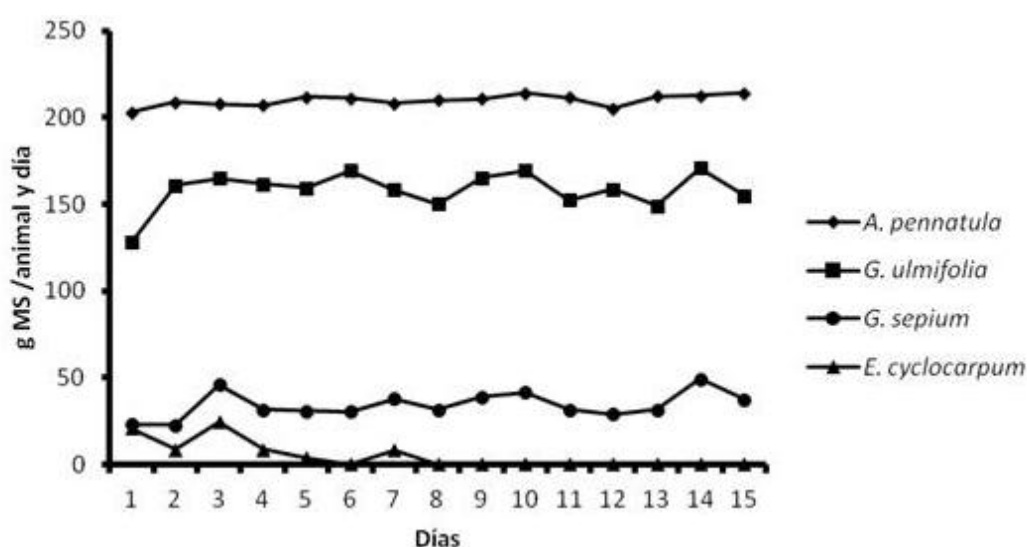


Figura 1. Evolución del consumo promedio diario de cada especie en el test de cafetería.

Las especies más consumidas fueron *A. pennatula* ($207,87 \pm 0,73$ g MS) seguida de *G. ulmifolia* ($158,23 \pm 2,21$ g MS) y las menos *G. sepium* ($34,19 \pm 6,49$ g MS) y *E. cyclocarpum* ($4,98 \pm 2,14$ g MS) respectivamente. La elevada preferencia del ganado bovino por *G. ulmifolia* y la moderada por *G. sepium* han sido encontradas por otros autores (García *et al.*, 2008; Pizzani *et al.*, 2008). También el ensilado de *E. cyclocarpum* aparece como uno de los menos preferidos por terneros al comparar con ensilados de otros árboles forrajeros (Olorunnisomo y Fayomi, 2012). Sin embargo, el elevado consumo de *A. pennatula* contrasta con los escasos consumos obtenidos con cabras (Alonso-Díaz *et al.*, 2008) y con ovejas (Alonso-Díaz *et al.*, 2009) en otros test de cafetería, donde se correlacionan negativamente con su contenido en polifenoles. En este sentido, el nivel de preferencia puede relacionarse con la composición química del alimento (Provenza, 1995). En nuestro caso, se observa que todas las especies tienen un alto contenido de proteína, siendo del 16% en *G. ulmifolia* y superior al 20% en el resto (Tabla 1). En consecuencia esta variable, indicadora de calidad, no permitiría explicar las diferencias entre especies, tal como ocurre en otros estudios (García *et al.*, 2008; Pizzani *et al.*, 2008). Sin embargo, Alonso-Díaz *et al.* (2008), trabajando con cabras, obtuvieron una correlación positiva de las preferencias con el contenido de celulosa y hemicelulosa y Sandoval-Castro *et al.* (2005), trabajando con terneros, obtuvieron una correlación

negativa con el contenido de lignina. En nuestro caso, la lignina también podría ser un factor explicativo, pues los valores más bajos corresponden a las dos especies más consumidas y los más altos a las menos consumidas (Tabla 1).

Tabla 1. Composición nutricional de los árboles forrajeros ofertados en el test de cafetería. Los datos son la media de dos muestras y se expresan en porcentaje sobre materia seca.

Especies forrajeras	%CZ	%PB	%FND	%FAD	%LAD
<i>Acacia pennatula</i>	6,66	21,51	25,18	16,49	7,78
<i>Guazuma ulmifolia</i>	9,09	15,90	57,73	29,17	12,62
<i>Gliricidia sepium</i>	9,53	23,10	47,09	30,40	18,44
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	9,77	21,25	47,01	32,12	17,31

CZ: cenizas; PB: proteína bruta; FND: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente; LAD: lignina ácido detergente.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se puede concluir que *A. pennatula* sería una de las especie más preferidas por el ganado bovino de las cuatro estudiadas en el trópico seco centroamericano. Esto contrastaría con los datos bibliográficos que muestran su escasa preferencia por parte del ganado caprino y ovino. El contenido de lignina de las cuatro especies consideradas podría tener interés como indicador de preferencia.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha contado con el apoyo financiero de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, de la Fundación Autónoma Solidaria de la Universidad Autónoma de Barcelona y de la Fundación Kontrast. Además han apoyado en el trabajo de campo y en la recolección de datos Joel Exequiel Cardoza Aguilar, Faustino Antonio Peralta Jarquín y Yelba Saraí Cruz Melgara.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO DÍAZ M.A., TORRES ACOSTA J.F.J., SANDOVAL CASTRO C.A., HOSTE H., AGUILAR CABALLERO A.J. Y CAPETILLO LEAL C.M. (2009) Sheep preference for different tanniniferous tree fodders and its relationship with in vitro gas production and digestibility. *Animal Feed Science and Technology*, **151**, 75-85.
- ALONSO-DÍAZ M.A., TORRES-ACOSTA J.F.J., SANDOVAL-CASTRO C.A., HOSTE H., AGUILAR-CABALLERO A.J. Y CAPETILLO-LEAL C.M. (2008) Is goats' preference of forage trees affected by their tannin or fiber content when offered in cafeteria experiments?. *Animal Feed Science and Technology*, **141**, 36-48.
- AOAC (1990) Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Agricultural Chemistry. 500pp. Washington, D.C., USA.
- FAO (2008) Ayudando a desarrollar una ganadería sustentable en América Latina y el Caribe: lecciones a partir de casos exitosos. http://www.rlc.fao.org/es/ganaderia/pdf/gan_cas.pdf.
- GARCÍA D.E., MEDINA M.G., COVA L.J., TORRES A., SOCA M., PIZZANI P., BALDIZÁN A. Y DOMÍNGUEZ C.E. (2008) Preferencia de vacunos por el follaje de doce especies con potencial para sistemas agrosilvopastoriles en el Estado Trujillo, Venezuela. *Pastos y Forrajes*, **31(3)**, 255-270.



- HUMBRÍA J., GARCÍA D.E., DOMÍNGUEZ C., BALDIZÁN A., MEDINA M. G. Y CLAVERO T. (2008) Preferencia de árboles forrajeros por cabras en la zona baja de los Andes venezolanos. *Revista Científica*, **XVIII**, 549-555.
- LÓPEZ D., SOTO L., JIMÉNEZ G. Y HERNÁNDEZ S. (2003). Relaciones alométricas para la predicción de biomasa forrajera y leña de *Acacia pennatula* y *Guazuma ulmifolia* en dos comunidades del norte de Chiapas, México. *INCI*, **28(6)**, 334-339.
- OLORUNNISOMO O.A. Y FAYOMI O.H. (2012) Quality and preference of zebu heifers for legume or elephant grass-silages with cassava peel. *Livestock Research for Rural Development*, **24(9)**, article 168. <http://www.lrrd.org/lrrd24/9/olor24168.htm>.
- PÉREZ E. (2006) Caracterización de sistemas silvopastoriles y su contribución socioeconómica a productores ganaderos de Copán, Honduras. Tesis de maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 138 pp.
- PINHEIRO J., BATES D., DEBROY S., SARKAR D. Y R CORE TEAM (2015). Nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-121. <http://CRAN.R-project.org/package=nlme>.
- PIZZANI P., GARCÍA D.E., SOCA M., BALDIZÁN A., DOMÍNGUEZ C.E., TORRES A., MEDINA M.G. Y COVA L.J. (2008) Preferencia de vacunos por el follaje de doce especies con potencial para sistemas agrosilvopastoriles en el Estado Trujillo, Venezuela. *Pastos y Forrajes*, **31(3)**, 255-270. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269119697006>.
- PROVENZA F.D. (1995) Postingestive feedback as an elementary determinant of food preference and intake in ruminants. *Journal of Range Management Archives*, **48(1)**, 2-17.
- R CORE TEAM (2015) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.
- 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 of Dairy Science*, **74(10)**, 3583-3597.

CATTLE PREFERENCES BY THE MAIN FODDER TREES IN THE DRY TROPIC OF CENTRAL AMERICA

SUMMARY

Preference of cattle by four species of common fodder trees in the Central America dry tropic has been evaluated. The species were *Acacia pennatula* (*carbón*), *Guazuma ulmifolia* (*guácimo*), *Gliricidia sepium* (*madero negro*) and *Enterolobium cyclocarpum* (*guanacaste*). A *cafetería* test was performed with an experimental design of repeated measures. Four crossbred cows Brahman x Brown Swiss of 5-6 years of age were employed, where each animal was an experimental unit and acted as their own control (block effect). The experimental period was 15 consecutive days during July 2015. The results showed clear differences between all species, being most preferred *carbón* and *guácimo* and least *madero negro* and *guanacaste* respectively. The content of crude protein, as a quality indicator, was high in all species (between 16 and 23% of dry matter), which suggests that differences in the preference must be sought in other factors affecting palatability. In this sense, the lignin content could be an explanatory factor because the lower values correspond to the two most consumed species and the highest to the two least consumed.

Key words: *Acacia pennatula*, *Guazuma ulmifolia*, *Gliricidia sepium*, *Enterolobium cyclocarpum*, silvopastoralism.



ÍNDICE DE AUTORES

Afif-Khouri, E.	141	Chocarro, C.	39
Albarrán, A.	331	Cifre, J.	207
Albizu, I.	53,325	Cortes Díaz, E.	393
Aldai, N.	325	Dagnac, T.	81, 93, 235, 241
Aldaz, J.	325	De Haro Bailón, A.	195
Aldezabal, A.	59	De La Roza Delgado, B.	87
Alonso, J.M.	87	Del Hierro, O.	363
Álvarez, A.	27	Delgado, I.	141
Alvarez-Pascua, A.	15	Díaz, D.	93
Álvaro-Fuentes, J.	153	Díaz, N.	81, 93 235
Anza, M.	53	Doltra, J.	227, 265
Arranz, J.	363	Dominguez-Vara, I.A.	111, 285, 295
Arriaga, H.	53	Epelde, L.	53
Arriaga Jordán, C.M.	111, 247, 259, 285, 291, 297, 381	Espunya Prat, M.C.	399
Arroyo, R.	387	Estrada Flores, J.G.	33, 247, 297, 381
Ascaso, J.	181	Fanlo, R.	153
Aviles Nova, F.	123	Fernández, B.	265
Báez, M.D.	147, 311	Fernández Rebollo, P.	195, 375
Baizán, S.	99	Fernández-Lorenzo, B.	81, 93, 235, 241
Bande-Castro, M.J.	117, 175	Ferreiro-Domínguez, N.	369
Barrantes, O.	181	Ferrer, C.	181
Barreal, M.	105	Figueroa Medina, M.	33
Bartolomé Filella, J.	399	Flores-Calvete, G.	81, 93 105, 217, 235, 241
Batalla, I.	363	Garbisu, C.	53
Bodas, R.	387	García, J.	87
Bolívar González, J.E.	375	García, J.J.	387
Botana, A.	81, 93, 235, 241	García, M.I.	147, 311
Broca, A.	181	García, R.	129, 135
Busqué, J.	65, 265, 325	García Moreno, A.M.	195, 375
Cabeza De Vaca, M.	189	García-Torres, S.	189
Calleja, A.	129, 135	García-Villegas, J.D.	259
Campo, L.	167	Gilsanz, C.	147
Canals Tresserras, R.M.	357	Gómez-Miranda, A.	291
Cantero-Martínez, C.	153	González, C.	99
Carbonero Muñoz, M.D.	195, 375	González de Inza, A.	153
Casas Arcarons, C.	47	González, F.	189
Castelán Ortega, O.A.	33, 123	González, L.	241
Castro, J.F.	311	González, M.A.	221
Celaya, R.	325		
Celis-Alvarez, M.D.	99, 297		

González Rebeles Islas, C.....	381	Moreno-González, J.....	75, 167
González Rebollar, J.L.....	21, 351	Moros, R.	265
Gonzalez-Triguero, J.M.....	201	Mosquera-Losada, M.R.	3, 321, 369
Gulías, J.	207	Música Azpilicueta, L.....	357
Gutiérrez, S.....	279	Obregón, S.....	195
Helander, M.....	15	Odriozola, I.	59
Heredia-Nava, D.	247	Olaizola, A.M.	271
Hernández, J.L.	387	Olea, L.....	331
Hernández-Luna, G.B.....	381	Oliveira-Prendes, J.A.....	141, 201
Hidalgo Fernández, M.T.....	375	Orozco Hernández, M.E.....	33
Humada, M.J.	279	Osoro, K.....	325
Inclan Aguilar, O.	123	Palencia, P.	141, 201
Janer, I.	207	Pascual, A.	363
Jiménez-Calderón, J.D.	221	Peláez, M.....	87
Juarez, A.	39	Pereira-Crespo, S.	81, 93, 105, 235, 241
Juárez Zebadúa, U.F.	393	Pérez-López, U.....	59
Juárez-Morales, M.....	259	Plata-Reyes, D.A.	291
Lanzén, A.	53	Poblaciones, M.J.....	9
Laskurain, N.A.....	59	Posado, R.....	387
Leal Murillo, J.R.	195, 375	Ramos Font, M.E.	21, 351
López, L.....	271	Rayas-Amor, A.A.....	247, 259
López Benavides, K.....	399	Reiné, R.	181
López-Carrasco, C.	339, 345	Rengel, Z.....	9
López-González, F.....	111, 285, 291, 297	Resano, H.	271
López-Mosquera, M.E.	117	Resch, C.	81, 93 235, 241
López-Sánchez, A.....	345	Rigueiro Rodríguez, A.	3, 321, 369
Lorenzana, R.	105	Rios Castaño, P.	195
Maestro, M.G.	65	Robles, A.B.	21, 235
Mandaluniz, N.	53, 363	Rocha Molina, L.R.....	399
Mangado, J.M.....	303	Rodrigo, S.	331
Martínez, T.	27	Rodríguez, M.	105
Martínez Hernández, P.A.....	393	Rodríguez, M.	135
Martínez Hernández, J.....	381	Roig, S.....	339, 345
Martínez-Fernández, A.	87, 99, 221, 247	Rosa García, R.....	325, 381
Martínez-García, C.G.	259, 297	Rosas-Davila, M.	285
Mateo, J.....	279	Ruiz, R.....	363
Maya, V.	189	Ruiz De La Hermosa, C.....	339
Mendarte, S.....	53	Ruiz Mirazo, J.....	351
Mijangos, I.....	53	Saez, J.L.	357, 363
Miranda Romero, L.A.	393	Saikkonen, K.	15
Mireles Lezama, P.....	123	Sainz, M.J.....	117
Modroño, S.....	99	Sainz-Ramírez, A.....	111
Moreno, G.	331		

Salcedo Díaz, G.	115, 227 253, 265	Tognetti Barbieri, M.T.	21
Salvador Loreto, I.	99	Urban-Martinez, I.	369
Salvat Saladrigas, A.	47	Valdés Reyna, J.	381
San Emeterio Garciandia, L.	357	Valladares, J.	81, 93, 175, 235, 241
Sánchez, M.E.	195	Vázquez, I.	265, 271
Sánchez-Vera, E.	259	Vázquez De Aldana, B.R.	15, 387
Santamaría, O.	331	Veiga, M.	81, 93, 235, 241
Santiago, C.	221	Velarde-Guillén, J.	247
Santiago-Freijanes, J.J.	369	Vergara Hernández, I.	357
Serra, J.	207	Vicente, F.	87, 99, 221, 247
Serrano, E.	271, 279	Villar, A.	227, 265
Serrano Ferron, E.	399	Vitores, N.	59
Sesma, F.J.	325	Zabalgogazcoa, E.I.	15
Sola, D.	325	Zarate Escobedo, J.	33
Soldado, A.	87		
Tejerina, D.	189		
Temprano, F.	141		

