



PASTORALISMO Y VÍAS PECUARIAS

CONECTANDO TRADICIÓN E INNOVACIÓN

TERUEL, 25-29 JUNIO 2018

**57^a REUNIÓN CIENTÍFICA
DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PASTOS**





PASTORALISMO Y VÍAS PECUARIAS

CONECTANDO TRADICIÓN E INNOVACIÓN

TERUEL, 25-29 JUNIO 2018

57ª REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PASTOS



ORGANIZAN



COLABORAN



PUBLICACIÓN PATROCINADA POR



EDITORAS:

S. ROIG Y O. BARRANTES

ISBN: 978-84-608-7708-0



COMITÉ CIENTÍFICO

COMITÉ CIENTÍFICO DE LA 57^a REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PASTOS Y III CONGRESO NACIONAL DE VÍAS PECUARIAS Y TRASHUMANCIA

ALBANELL TRULLÀS, ELENA. UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA.
ALBIZU BEITIA, ISABEL. NEIKER-TECNALIA. DERIO. BIZKAIA.
BÁEZ BERNAL, MARÍA DOLORES. INGACAL-CIAM. XUNTA DE GALICIA.
BARTOLOMÉ FILELLA, JORDI. UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA.
BARRANTES DÍAZ, OLIVIA. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.
BLÁZQUEZ CARRASCO, ÁNGEL. UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA.
BUSQUÉ MARCOS, JUAN. CIFA-GOBIERNO DE CANTABRIA.
CANALS TRESSERRAS, ROSA MARÍA. UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA.
CEBOLLA LOZANO, CONSUELO. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID.
CHOCARRO GÓMEZ, CRISTINA. UNIVERSITAT DE LLEIDA.
FANLO DOMÍNGUEZ, ROSARIO. UNIVERSITAT DE LLEIDA.
FERNÁNDEZ REBOLLO, PILAR. ETSIAM- UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA.
FLORES CALVETE, GONZALO. INGACAL-CIAM.
GÓMEZ GARCÍA, DANIEL. IPE-CSIC.
LEIVA MORALES, MARÍA JOSÉ. UNIVERSIDAD DE SEVILLA.
LÓPEZ-CARRASCO FERNÁNDEZ, CELIA. JUNTA DE COMUNIDADES DE CASTILLA LA MANCHA.
LÓPEZ DÍAZ, JULIO ENRIQUE. INGACAL-CIAM. XUNTA DE GALICIA.
MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, ADELA. SERIDA. ASTURIAS.
OLIVEIRA PRENDES, JOSÉ ALBERTO. UNIVERSIDAD DE OVIEDO.
OLLETA CASTAÑER, JOSÉ LUIS. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.
PÉREZ CORONA, ESTHER. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID.
POBLACIONES SUÁREZ, MARÍA JOSÉ. UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA.
RAMO GIL, MARÍA ÁNGELES. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.
RAMOS ANTÓN , JUAN JOSÉ. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.
REINÉ VIÑALES, RAMÓN. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.
ROBLES CRUZ, ANA BELÉN. ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL ZAIDÍN-CSIC. GRANADA.
RODRÍGUEZ ROJO, MARÍA DEL PILAR. UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA.
ROIG GÓMEZ, SONIA. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.
RODRÍGUEZ-VÁZQUEZ DE ALDANA, BEATRIZ. IRNASA-CSIC. SALAMANCA.
SAN MIGUEL AYANZ, ALFONSO. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.
SANTAMARÍA BECERRIL, ÓSCAR. UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA.
VICENTE MAINAR, FERNANDO. SERIDA. ASTURIAS.



ÍNDICE

SECCIÓN

PRODUCCIÓN ANIMAL CON BASE EN PASTOS

- 11 Ponencia sesión Producción Animal**
Evaluación de la sostenibilidad integral y retos sanitarios en los sistemas de ovino de carne
Ana Olaizola y Marian Ramo. Universidad de Zaragoza.
- 13** Efectos del porcentaje de ensilado de girasol incluido en la dieta de vacas lecheras sobre la producción y perfil de ácidos grasos de la leche. G. Salcedo, A. Villar, F. Caloto, R. Pérez.
- 22** Influencia del modo de aporte de la hierba sobre el perfil de ácidos grasos de la leche de vaca. S. de la Torre, L.J. Royo, A. Martínez-Fernández, F. Vicente.
- 31** Producción y perfil de ácidos grasos en leche de vacas en praderas del pasto subtropical Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en comparación con tres gramíneas templadas en sistemas de producción de leche en pequeña escala en México. D.A. Plata, E. Morales, C.G. Martínez-García, G. Flores, F. López-González, F. Prospero, C.L. Valdez, Y.G. Zamora, C.M. Arriaga.
- 40** Contribución a la autenticación de muestras de leche de vacas en pastoreo a partir de su composición de ácidos grasos. A. Botana, L. González, S. Pereira-Crespo, C. Resch, R. Lorenzana, M. Veiga, G. Flores-Calvete.
- 49** Predicción del perfil de ácidos grasos y autenticación del origen alimentario de la leche de vaca mediante NIRS. S. Pereira-Crespo, L. González, A. Botana, M. Veiga, C. Resch, R. Lorenzana, N. Núñez-Sánchez, G. Flores-Calvete.
- 59** Caracterización de la alimentación de los rebaños de ovino lechero de la CAPV adscritos a la DOP Idiazabal: resultados preliminares. N. Mandaluniz, I. Goiri, J. Arranz, M. Molina, A. García-Rodríguez, R. Ruiz.
- 67** ¿Es posible estimar la composición de la dieta de las vacas en función de parámetros de su leche? A. Villar, G. Salcedo, G. Flores, F. Vicente, P. Eguinoa, I. Vázquez, L. Royo, G. Mercé, B. Fernández, J. Busqué.
- 75** Identificación de dietas típicas y relación dieta-composición de la leche de vaca en explotaciones gallegas. A. Botana, L. González, S. Pereira-Crespo, C. Resch, R. Lorenzana, M. Veiga, G. Flores-Calvete.
- 84** Estimación *in situ* del contenido en nutrientes del purín de porcino por métodos rápidos. M.I. Garcia-Pomar, D. Báez, V. García-Souto, J. Castro, J.M. Blanco, M. Fernández-Pardo, M. Giménez, I. García-Prevedo.
- 93** Dinámica de las explotaciones con vacuno lechero en España durante las tres últimas décadas: el caso de la Cornisa Cantábrica. E. Garcia, I. Vázquez, A.I. García.
- 102** Caracterización y evolución del censo ganadero de las Islas Baleares. M. Llompart, J. Gulías, J. Jaume, S. Joy, J. Cifre.
- 111** Pastoreo de avena negra para vacas en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el altiplano central de México. J.I. Vega, F. López-González, J.G. Estrada, F. Prospero, C.M. Arriaga.
- 120** Análisis de la producción ovina de alta montaña en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca. N. Delgado, A.R. Martínez-Campos, C. González Rebeles, J.G. Estrada.

SECCIÓN BOTÁNICA Y ECOLOGÍA DE PASTOS

- 129** Ponencia sesión Botánica y Ecología de pastos
Valor de los pastos iberolevantinos como refugios de biodiversidad
Gonzalo Mateo Sanz. Universidad de Valencia.
- 133** Evolución de la vegetación tras quemas prescritas del matorral de erizón en el Pirineo aragonés. D. Gómez, D.Badía, J.L.Mora, C. Armas, S. Palacio, G. Montserrat.
- 142** Evaluación de la calidad bromatológica del erizón tras el uso de fuego prescrito para la mejora de pastos en el Pirineo Central. J.L. Mora, C. Armas, D. Badía, G. Montserrat, S. Palacio, D. Gómez.
- 151** Efecto de la quema prescrita en la composición del pasto bajo el arbolado de un bosque mediterráneo. R. Fanlo.
- 158** Respuesta post-incendio de una comunidad de lastonar de *Festuca scariosa* L. en el espacio natural de Sierra Nevada. L. Levy, M.E. Ramos, M. Tognetti, J.L. González-Rebollar, A.B. Robles.
- 167** Estudio del efecto del efecto de la aplicación de quema prescrita sobre la recuperación de pastos en landas del Pla de la Calma (Parque Natural del Montseny). J. Plaixats, M.J. Broncano, L. Martínez-Ujaldón.
- 176** Contribución de un rebaño ovino trashumante a la biodiversidad: endozoocoria. T. Quifín, R. Reiné, O. Barrantes.
- 185** El papel de los márgenes en la diversidad florística de los prados de montaña. C. Chocarro, A. Juárez.
- 194** Evolución de la superficie y usos de las parcelas de prados de siega entre 1957, 1986 y 2016 en el valle del Ésera (Pirineo de Huesca). J. Ascaso, J. Domingo, O. Barrantes, D. Guzmán, R. Reiné.
- 203** Producción herbácea en áreas pastadas y excluidas al pastoreo en la Sierra de Guadarrama. T. Martínez, J. Mbulito.
- 212** 21 años de producción de pastos herbáceos en el CIA "Dehesón del Encinar", Oropesa, Toledo. C. López-Carrasco. S. Roig.
- 221** Valoración de la producción forrajera de Cantabria: integrando modelos de alta resolución climática y de producción de pasto. J. Busqué, D. San Martín, J. Bedía.

SECCIÓN

SILVOPASCICULTURA Y GESTIÓN DE SISTEMAS PASTORALES

- 230 Ponencia sesión Silvopascicultura y Gestión de sistemas pastorales**
Borregueros: Pastoreo en el oeste americano
Carlos Tarazona. Diputación General de Aragón.
- 236** Sostenibilidad de los sistemas de ovino de leche en Navarra. J.M. Mangado, J.M. Lasarte, M. Ancín, P. Lazkanotegi, J.M. Intxaurrendieta, P. Eguinoa.
- 245** Estructura productiva y manejo del territorio en las explotaciones con vacuno lechero de Cantabria. I. Vázquez, E. García, A.I. García.
- 253** Trashumancia y paisaje en la reserva de la biosfera de Redes (Asturias): pasado, presente y expectativas de futuro. J.A. González-Díaz, B. González-Díaz, R. Rosa.
- 262** Relación entre las unidades de ganado mayor en las explotaciones ganaderas y algunas características topográficas de las parcelas privadas en la pradería de San Juan de Plan (Huesca). A.J. Aguirre, F. Fillat, A. Borruel, D. Gómez.
- 271** Cría de caballos autóctonos en peligro de extinción en las montañas cantábricas. Beneficios medioambientales y desafíos económicos. L. Mújica, M.V. Sarriés, R.M. Canals.
- 279** Estimación de la producción de pastos herbáceos de dehesa a diferentes escalas mediante sensores remotos. P.J. Gómez Giráldez, C. Aguilar, A.B. Caño, A. García, M.P. González Dugo.
- 287** Efecto de los ungulados en la acumulación de materia orgánica y la densidad aparente del suelo. M. Ibáñez, A. Romero, C. Cardona, J. Vadell, J. Bartolomé, E. Serrano, E. Baraza.
- 296** Los cortafuegos como atrayente natural para cabras asilvestradas en la prevención de incendios. J.C. Pareja, J. Bartolomé, E. Serrano, E. Baraza.
- 302** Cambios florísticos del pasto inducidos por bosta de ganado vacuno y escarabajos coprófagos en pinares (*P.pinea* L.) del P.N.de Doñana. M.J. Leiva, B. Ojeda.
- 311** Morfología de la regeneración en dehesas con distinto tipo de gestión. A. López-Sánchez, R. Perea, R. Dirzo, S. Roig.
- 320** Potencial pascícola de las cubiertas naturales en cultivos de almendro de los altiplanos granadino y almeriense. M.E. Ramos, V. de Leijster, J.L. González-Rebollar, A.B. Robles.
- 329** La innovación como motor de conservación de los sistemas ganaderos extensivos de La Vera (Cáceres, España). P.M. Herrera, J. Majadas, G. Beaufoy, R. Carrasco.
- 339** Análisis multi-actor de la sostenibilidad y viabilidad del sector ovino de carne en Aragón. T. Rodríguez-Ortega, D. Martín-Collado, I. Casasús, A. Olaizola, A. Bernués.
- 348** Ensayo preliminar en mejora de pastos de secano en una zona marginal de la Isla de Tenerife. P. Méndez, A. Sicilia, S. Álvarez, A. Reyes, F. Cubas, L.A. Bermejo.
- 357** Actuaciones de mejora en la red de dehesas del proyecto Life BIO-DEHESA. Prospección del efecto de la fertilización fosfórica en la composición y calidad de los pastos. P. Fernández-Rebollo, M. Losada, M.T. Hidalgo, J.R. Leal, J. Fernández Habas, R. Villar, A. García Moreno, B. Caño, P.J. Gómez Giráldez, M.P. González Digo.
- 366** Efecto de la implementación del ensilado de maíz y/o pastoreo en la sostenibilidad de los sistemas de producción de leche en pequeña escala en el altiplano central de México. F. Próspero, C.G. Martínez-García, F. López-González, R. Olea, C.M. Arriaga.
- 375** La ovinocultura en Xalatlaco: trashumancia local en el centro México. L. Brunett, A. Sainz-Ramírez, F. López-González, M. Rosas, C.M. Arriaga.
- 383** Preferencia del venado cola blanca en cautiverio por los principales árboles forrajeros del trópico seco centroamericano. K. López-Benavides, L.R. Rocha, E. Serrano, J. Bartolomé.

SECCIÓN PRODUCCIÓN VEGETAL

- 392 Ponencia sesión Producción Vegetal**
La esparceta, un cultivo antiguo pero muy vivo
Joaquín Aibar Lete. Sociedad Española de Malherbología. Universidad de Zaragoza.
- 393** Evaluación del ensilado de girasol y ensilado de maíz en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el altiplano central de México. A. Sainz-Ramírez, J.G. Estrada, E. Morales, G. Flores, F. López González, C.M. Arriaga.
- 400** El ensilado de maíz como opción viable para productores de leche en pequeña escala. C. Martínez-García, M.G. Gutiérrez Nicio, F. Próspero, J.D. García Villegas, C.M. Arriaga.
- 408** Avances en la tecnología NIRS y su aplicación al análisis de ensilados de maíz.S. Modroño, A. Soldado, A. Martínez-Fernández, B. de la Roza.
- 417** Evaluación de la idoneidad de híbridos de maíz cultivados en Galicia para la obtención de sémola utilizada en la industria cervecera. M.J. Bande, J.L. Olmedo, P. Marti, D. Labraña.
- 426** Evaluación de genotipos promisorios de cebada (*Hordeum vulgare*) en los Andes centrales de Perú. J. Llacsá, L.R. Gómez-Pando, A. Martínez-Fernández, C.A. Gómez-Bravo.
- 434** Evaluación agronómica y nutritiva de diferentes genotipos de triticale para pienso. M.J. Poblaciones, D. Reynolds, N. Pinheiro, A. Rivera-Martín, T. García-White, S. Rodrigo, O. Santamaría.
- 443** Evaluación estacional del valor nutritivo de pastos de puerto en México. J. Martínez-Hernández, C.M. Arriaga, R. Rosa, R. Celaya, J. Valdés, J.G. Estrada.
- 452** Estrategias de mejora en la producción de biomasa herbácea y de su calidad nutritiva en pastizales y pastos de dehesa en clima semiárido mediterráneo. J. Vélez, O. Santamaría, L. Olea.
- 461** Efecto del tipo de esparceta sobre la composición química y la degradabilidad de la materia seca y del nitrógeno de los henos. D. Andueza, F. Muñoz, I. Delgado, S. Demdoun.
- 469** Comparación del valor forrajero de una nueva variedad de cebada capuchona (cv Mochona) respecto a triticale (cv Titania) en condiciones de secano. E. Albanell, R. Casals, M.J. Broncano, A. Elhadi, C.L. Manuelian, F. Batle, I. Romagosa, G. Caja
- 478** Haba forrajera en monocultivo o asociada con raigrás italiano: rendimiento y calidad de sus ensilados. S. Baizán, F. Vicente, A. Martínez-Fernández.
- 487** Efecto de la aplicación de inoculantes sobre la calidad fermentativa y estabilidad aeróbica de ensilados de maíz y sorgo. F. González-Alcántara, A. Gómez-Miranda, D. Plata, S. Pereira-Crespo, M. Veiga, A. Botana, J. Valladares, L. González, C. Resch, G. Flores-Calvete.
- 496** Efectos de la disponibilidad de agua sobre el rendimiento, composición química y valor nutricional de maíz, girasol y sorgo cosechados para forraje en la zona seca de Galicia. A. Gómez-Miranda, F. González-Alcántara, D. Plata, S. Pereira-Crespo, A. Botana, J. Valladares, M. Veiga, C. Resch, G. Flores-Calvete.
- 505** Efecto de la disponibilidad de agua y de la inoculación con micorrizas sobre el rendimiento y valor nutricional del cultivo de maíz forrajero en la zona interior de Galicia. D. Plata, F. González-Alcántara, A. Gómez-Miranda, S. Pereira-Crespo, A. Botana, J. Valladares, M. Veiga, C. Resch, G. Flores-Calvete.



SECCIÓN

PRODUCCIÓN ANIMAL CON BASE EN PASTOS

Sección de *Producción animal con base en pastos*. Ponencia.

EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD INTEGRAL Y RETOS SANITARIOS DE LOS SISTEMAS DE OVINO DE CARNE.

A. M. Olaizola Tolosana^{1,2} y M. A. Ramo Gil³

¹ Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Universidad de Zaragoza.

² Instituto Agroalimentario de Aragón – IA2 (CITA-Universidad de Zaragoza).

³ Departamento de Patología Animal. Universidad de Zaragoza. mrgvet@yahoo.es

Correspondencia: olaizola@unizar.es

Resumen

La transición hacia modelos de producción más sostenibles es prioritaria para poder hacer frente a los retos sociales actuales. Existen múltiples definiciones de agricultura sostenible, pero todas ellas enfatizan la necesidad de considerar las consecuencias ecológicas, económicas y sociales para las generaciones presentes y futuras de nuestras decisiones sobre el desarrollo.

Los sistemas de explotación de ovino de carne, y en general la ganadería ligada al pastoreo, se consideran sistemas multifuncionales, es decir que no solo cumplen una función productiva, sino que desarrollan otras funciones medioambientales y sociales, constituyendo una actividad irremplazable en muchas áreas. Históricamente, los sistemas ovinos han evolucionado muy lentamente sin apenas afectarles factores externos, sin embargo desde hace ya años han experimentado cambios importantes en respuesta a factores del entorno como las políticas agrarias, la globalización, cambio climático, etc. Así, en los últimos años la actividad ovina ha sufrido un notable descenso en España. Concretamente, entre 2000-2016, el censo de ovino de carne ha disminuido un 46%. Así mismo, durante el periodo 2002-2016, el censo de ovino en Aragón ha descendido un 51%. Por ello, si bien es necesario desarrollar sistemas de explotación más sostenibles medioambientalmente, y viables desde el punto de vista económico, su sostenibilidad también dependerá del desarrollo de sistemas que satisfagan las necesidades sociales de los ganaderos y de la sociedad.

Para evaluar la sostenibilidad de las explotaciones se han desarrollado diferentes herramientas con diferentes niveles de agregación o escalas que utilizan diferentes criterios e indicadores. En general, en la bibliografía se defiende que para evaluar la sostenibilidad de los sistemas de explotación, que son sistemas complejos, se necesitan enfoques integrados,

participativos y multiescala, implicando a diversas disciplinas y a los grupos de interés.

Los objetivos son: i) evaluar la sostenibilidad de explotaciones de ovino de carne y analizar las relaciones entre sostenibilidad y tipos de sistemas de explotación y ii) analizar las relaciones entre tratamientos sanitarios y tipos de sistemas de explotación y revisar aspectos relevantes de las enfermedades emergentes.

Se ha evaluado la sostenibilidad integral de una muestra de explotaciones de ovino de carne aragonesas localizadas en diferentes contextos agroecológicos mediante el método MESMIS. Es un método participativo y flexible en el que la sostenibilidad de los sistemas se basa en cinco atributos: productividad, estabilidad, adaptabilidad, equidad y autosuficiencia. Dichos atributos se relacionan con las tres dimensiones de la sostenibilidad: medioambiental, económica y social. Mediante métodos multivariantes, se ha establecido cuatro grupos o tipos de explotaciones en función de su sostenibilidad. En un intento de reflejar la gran diversidad de sistemas de explotación de ovino de carne (sistemas más especializados en la producción ovina, sistemas mixtos que combinan la actividad ganadera con cultivos comerciales, secano, regadío, etc.), se ha seleccionado seis explotaciones o casos de estudio pertenecientes a los diferentes grupos de sostenibilidad. Se evalúa la sostenibilidad de los casos de estudio seleccionados y se analiza las relaciones entre los diferentes atributos/dimensiones de la sostenibilidad, así como las relaciones entre sistemas de explotación y sostenibilidad.

Se observa que las explotaciones de ovino mixtas, es decir ovino con cultivos permanentes o cereales, con secano y regadío presentan la mayor equidad y adaptabilidad, obteniendo también valores elevados en el resto de atributos. Por el contrario, el sistema especializado en ovino, en zona de secano presenta una elevada autosuficiencia y productividad, pero tiene una baja equidad. En general, las explotaciones mixtas ovino-cultivos son más sostenibles desde el punto de vista medioambiental, si bien presentan diferencias en su sostenibilidad económica y social. Así mismo, se observa un cierto compromiso o conflicto entre sostenibilidad medioambiental y económica; sin embargo, existen explotaciones con elevada sostenibilidad medioambiental que obtienen una elevada sostenibilidad económica y social.

Por otro lado, no se observan grandes diferencias en cuanto a los programas sanitarios llevados a cabo entre los diferentes modelos de explotación. Sin embargo, sí se observan diferencias en el momento de aplicación de los programas según estudio y análisis de diferentes años realizados en las explotaciones de la Sierra de Albarracín (Teruel).

Así mismo, en la sostenibilidad de las explotaciones, los aspectos productivos y su alta relación con el estatus sanitario de los rebaños tiene una gran relevancia, por lo que las enfermedades emergentes principalmente ligadas a vectores representan un peligro para el mantenimiento de las mismas.

EFFECTOS DEL PORCENTAJE DE ENSILADO DE GIRASOL INCLUIDO EN LA DIETA DE VACAS LECHERAS SOBRE LA PRODUCCIÓN Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA LECHE

G. Salcedo¹, A. Villar², F. Caloto¹, R. Pérez³

¹CIFP “La Granja”, 39792 Heras, Cantabria

²Centro de Investigación y Formación Agraria (CIFA), 39600 Muriedas, Cantabria

³Promotec-PG S.L.

Correspondencia: gregoriosalce@ono.com

Resumen

Dieciocho vacas lecheras Holstein-Friesian fueron distribuidas al azar según un diseño en cuadrado latino 3 x 3: 3 proporciones de ensilado de girasol (G) mezclado con ensilado de maíz (M) durante 3 tres períodos experimentales de 14 días para estimar la mejor proporción de G que maximice la producción de leche y su perfil de ácidos grasos. Las vacas fueron alimentadas con ensilado de hierba, concentrado y tres proporciones diferentes de una mezcla de 100_G-0_M%, 67_G-33_M% y 33_G-67_M%. El consumo de materia seca final fue similar entre dietas; la ingesta de grasa bruta, ácido oleico y linolénico que fue superior en 100_G-0_M%. La producción de leche, la corregida por grasa y la composición química no fueron diferentes entre tratamientos, excepto la concentración de urea que fue superior en la dieta 100_G-0_M%. Las concentraciones de oleico, CLA ruménico y linolénico resultaron superiores en la dieta con mayor porcentaje de ensilado de girasol.

Palabras clave: *Helianthus annuus*, *Zea mays*, vacas lecheras, CLA, omega-3.

INTRODUCCION

Los resultados del Proyecto INIA-RTA2012-00065-C05-03 reflejaron un porcentaje medio de ensilado de maíz (M) en las dietas de las vacas en lactación en la cornisa cantábrica del 13,5%, aumentando ese porcentaje hasta el 30% en las granjas con más de 500 t de producción láctea anual (Flores *et al.*, 2017). Los ácidos grasos poliinsaturados (AGP) de la leche se ven reducidos cuando las vacas son suplementadas con ensilado de maíz (Coppa *et al.*, 2013; Khan *et al.*, 2015). La adición de aceites de girasol incrementa el CLA y el vacénico en la leche de vaca (AbuGhazaleh 2008), pero puede reducir el consumo y la producción (Chilliard *et al.*, 2001). Producciones inferiores fueron observadas por McGuffey y Schingoethe (1980) en vacas alimentadas con ensilado de girasol (G) respecto al M, pero similar al 4% graso. El contenido de ácido oleico de G es mayor a la del M. Su efecto sobre el perfil de ácidos grasos en leche puede asociarse a la alta presencia de lípidos

en rumen, muchos de los cuales pueden pasar intactos al intestino, incorporándose directamente en la grasa de la leche sin interferir con la síntesis de *novo* en la glándula mamaria (McGuffey y Schingoethe, 1980; Leite *et al.*, 2017). Durante la hidrogenación de los ácidos linoleico y linolénico se producen isómeros intermedios con enlaces trans-11 como el vacénico. El oleico de las semillas oleaginosas se hidrogenizan directamente a esteárico, aunque también puede ser precursor de varios isómeros trans, incluyendo el vacénico (Mosley *et al.*, 2002). Desde este punto de vista, el ácido oleico de G es un precursor para la síntesis de CLA (Dai *et al.*, 2011). Los objetivos de este experimento fueron los de analizar los efectos del aporte de AGP en la dieta con G de vacas lecheras sobre la producción y el perfil en ácidos grasos.

MATERIAL Y METODOS

Ensilado de girasol

La variedad de girasol “Rumbosol 91” se sembró el 31-5-2016 a la densidad de 60.000 plantas por hectárea, recolectado con picadora autopropulsada el 13-9-2016 entre los estados fenológicos R7 y R8 (Schneiter y Miller, 1981). El girasol se conservó en un silo trinchera sin adición de conservante. Debido al bajo contenido de materia seca ($15,4 \pm 0,55\%$) a la entrada del silo, se intercalaron capas de heno de hierba al 2‰ para compactar.

Animales y dietas

Dieciocho vacas lecheras Holstein-Friesian (6 primíparas y 12 multíparas) con una producción inicial de $31,8 \pm 7$ kg de leche; $3,7 \pm 1,5\%$ de grasa; $3,1 \pm 0,3$ de proteína bruta; $2,2 \pm 1,0$ partos, 154 ± 53 días de lactación y 625 ± 54 kg de peso vivo, fueron distribuidas en tres grupos al azar según un diseño en cuadrado latino (3×3), implicando tres proporciones mezcladas de ensilado de girasol y maíz ($100_G-0_M\%$, $67_G-33_M\%$ y $33_G-67_M\%$) durante tres períodos de 14 días (13 de adaptación y el último de control) del 11 de Noviembre al 23 de Diciembre del 2016. La dieta se complementaba con ensilado de hierba en rotopacas, administrado *ad libitum*, concentrado (7,6 kg) y 150 g de bicarbonato sódico vaca y día. La mezcla de ensilados G y M ofertados fueron pesados y mezclados diariamente; mientras,

el ensilado rechazado se pesó conjuntamente, estimándose por diferencia el consumido. El ensilado de hierba ofrecido y rechazado también fue pesado. La mezcla G-M y el ensilado de hierba fueron separados sobre el pasillo de alimentación, para permitir a los animales un consumo voluntario de ambos.

Mediciones, muestreo y análisis

Las vacas fueron ordeñadas dos veces al día (7:30 h y 17:30 h), anotándose su producción individual el último día de cada período experimental, estimándose la corregida al 4% según Gaines (1928). Dos alícuotas de leche individuales de los ordeños de mañana y tarde fueron mezcladas y depositadas en sendos contenedores estériles. La primera con azidiol para determinar en el Laboratorio Interprofesional Lechero de Cantabria su contenido en grasa, proteína y urea; la segunda, sin conservante fue mantenida a -20°C hasta la determinación de ácidos grasos en el Laboratorio Agroalimentario de Santander, siguiendo la Norma ISO 15884/FIL 182:2002. Los análisis bromatológicos de los ensilados y concentrado se realizaron en el Laboratorio del CIFP “La Granja”. Los ácidos grasos del concentrado y del maíz fueron descritos por Salcedo *et al.*, (2017). El de los ensilados de hierba y G-M en el Instituto de la Grasa (CSIC) de Sevilla según la norma ISO 12966:2 (a). En el presente trabajo se consideran ácidos grasos “de *novo*” al $\Sigma(C4:0$ al $C15:0)$, ácidos grasos mixtos al $\Sigma(C16:0$ y $C16:1)$ y ácidos grasos desarrollados, aquellos que no son producidos de *novo* en la glándula mamaria, al $\Sigma(C17:0$ al $C18:3)$ (Phuoc y Suksombat, 2015).

Análisis estadístico

Los resultados de la producción y composición química de la leche fueron analizados aplicando un Modelo Lineal Mixto utilizando el programa SPSS v 15.0 (SPSS, 2006), con el modelo: $Y = \mu + GM_i + P_j + V_k + \varepsilon_{ijk}$; donde μ = media del conjunto; considerando GM_i = porcentaje de ensilado girasol (G) y maíz (N) como efecto fijo; P_j = Período (1...3) y V_k = Vaca (1...18) como efectos aleatorios y ε_{ijk} = error residual.

RESULTADOS Y DISCUSION

Composición químico-bromatológica de los alimentos e ingesta

La composición química de los alimentos y la ingesta de nutrientes por vaca son señalados en la Tabla 1. A menor porcentaje de ensilado de girasol (G) en la mezcla con ensilado de maíz (M) aumentó la concentración de materia seca (MS) un 45% y 12,4% la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica. Mientras la proteína bruta, fibra neutro detergente, grasa bruta, oleico, linoleico y linolénico disminuyeron un 29,8%; 8,7%; 51,8%; 62,9%; 40,3% y 46,7% respectivamente. El consumo de materia seca total y el de forraje (mezcla ensilado G-M + ensilado de hierba) fue similar entre dietas 22,0±1,0 y 14,8±1,2 kg vaca y día respectivamente (Tabla 1); sin embargo, el porcentaje de MS correspondiente a cada uno de los ensilados varió desde 44,8 a 55,1% en 100_G-0_M a 69,9-30,1% para 33_G-67_M, imputable al elevado contenido de agua del ensilado de girasol.

Tabla 1. Composición química de los ensilados

Composición química	Ensilado hierba	Concentrado ³	100 _G -0 _M %	67 _G -33 _M %	33 _G -67 _M %
MS ¹	46,2 ±5,0	88,2	18,1a	20,9a	26,4b
MO ¹	89,2±0,6	93,6	90,4a	92,7b	95,1c
PB ¹	12±1,4	17,1	12,4c	10,3b	8,7a
FND ¹	56,5±2,6	34,1	52,9b	51,5b	48,3a
DMOIV ¹	52,4±2,8	82,6	56,2a	60,9b	63,2c
ENL ²	1,27±0,04	1,9	1,22a	1,27ab	1,31b
GB ¹	2,0±0,04	4,52	6,27c	4,16b	3,02a
pH	1,54±0,09	-	4,22c	3,95b	3,78a
N-NH ₃ , % Nt	15,3±1,6	-	6,2c	4,0b	3,7a
AGs g kg ⁻¹ MS	10,5±0,8	34,2	31,3c	20,8b	15,1c
C18:1, g kg MS	0,54±0,04	8,8	11,5c	6,6b	4,26a
C18:2, g kg ⁻¹ MS	2,3±0,22	12,6	11,9c	8,1b	7,1a
C18:3, g kg ⁻¹ MS	2,99±0,39	1,3	1,24c	1,08b	0,66a
Ingestión vaca y día		100 _G -0 _M %	67 _G -33 _M %	33 _G -67 _M %	
Ingestión, kg MS		21,9±1,0	22,2±1,1	21,9±1,0	
Ensilado hierba, kg MS		8,14±0,7	6,8±0,5	4,3±0,4	
Ensilado G-M, kg MS		6,62±0,8	8,2±0,9	10,2±1,3	
MOD, kg		13,9±0,5	13,8±0,6	14,7±0,8	
PB, kg		3,0±0,13	2,9±0,12	2,6±0,12	
FND, kg		10,5±0,5	10,5±0,6	10,2±0,7	
EE, kg		0,90±0,05	0,80±0,04	0,72±0,04	
C18:1, g		143±9	121±6	109±5	
C18:2, g		188±10	204±11	222±16	
C18:3, g		41,9±2,3	38,7±2	29,1±1,5	

MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; FND: fibra neutro detergente; DMOIV: digestibilidad *in vitro* MO; ENL: energía neta leche; GB: extracto etéreo; AGs: ácidos grasos; ¹: % sobre materia seca; ²: Mcal kg MS; ³: mezcla de cebada, 34%; maíz, 28%, gluten de maíz, 4,4%, semilla entera de algodón, 4%; harina de soja, 16%, pulpa de remolacha, 8%; jabones cálcicos, 2%; carbonato cálcico, 1%, fosfato bicálcico, 0,35%; cloruro sódico, 0,78%; bicarbonato sódico, 0,71% y corrector vitamínico mineral, 0,75%. a, b, c dentro de la misma fila difieren P<0,05; ±: desviación estándar.

Producción de leche

La producción de leche y la corregida al 4% graso no difirieron entre dietas, aunque sí, numéricamente menor al incrementar el porcentaje de ensilado de girasol (Tabla 1). Los aceites vegetales ricos en poliinsaturados añadidos a las dietas de vacas lecheras causan a veces descensos en el consumo de alimento y por lo tanto en la producción de leche (Chilliard *et al.*, 2001). McGuffey y Schingoethe (1980) también señalaron menor producción de leche y mayor porcentaje de grasa cuando se sustituye ensilado de maíz por el de girasol; pero cuando se corrige al 4% los rendimientos fueron similares. Otros autores como Valdez *et al.*, (1988), no observan diferencias de producción láctea cuando sustituyen ensilado de maíz por ensilado de girasol.

Composición química de la leche

Las concentraciones de grasa y proteína no fueron diferentes entre dietas (Tabla 2), pero sí la concentración de urea ($P < 0,001$) que fue mayor en el tratamiento 100_G-0_M%, imputable a un mayor desequilibrio en la dieta, con más proteína y menos energía (Tabla 1). Posiblemente el estrecho margen en la concentración de grasa bruta en la dieta (4,10% en 100_G-0_M% a 3,28% en 33_G-67_M%) no pudo interferir con la digestibilidad de la fibra.

Perfil de ácidos grasos en leche

Teniendo en cuenta que el contenido graso del ensilado de girasol (G) es superior al del maíz (Tabla 1), su efecto sobre los ácidos grasos (AGs) en la leche puede asociarse a la alta presencia de lípidos en rumen, muchos de los cuales pueden pasar intactos al intestino sin ser hidrogenados (McGuffey y Schingoethe, 1980; Leite *et al.*, 2017). El contenido de ácido oleico (C18:1) en el 100_G-0_M% es 3 veces superior al de la mezcla 33_G-67_M%, y los contenidos en omega 3 y omega 6 son casi el doble (Tabla 2).

El mayor porcentaje de G redujo las concentraciones de los ácidos grasos de cadena corta y media en la grasa de la leche ($P < 0,001$) e incrementó los de cadena larga ($P < 0,001$) (Tabla 2). Esta reducción aparente en la síntesis de AGs de *novo* (\leq C15:0) en la glándula mamaria puede atribuirse al efecto inhibitorio de algunos AGs de cadena larga (Grummer, 1991). Los AGs individuales más abundantes en el conjunto de dietas fueron el palmítico, oleico, esteárico y mirístico y diferentes entre tratamientos ($P < 0,001$), sin diferencias para

las dietas 67_G-33_M y 33_G-67_M (Tabla 2). El mayor aporte de G (100_G-0_M) incrementó las proporciones de esteárico (+27,7% y 15,1%); oleico (+10,5 y 17,6%); CLA ruménico (+21,5% y 37,7%) y Omega-3 (13,6% y 26,4%) respecto a las dietas 67_G-33_M y 33_G-67_M.

Durante la biohidrogenación de los ácidos linoleico y linolénico se producen isómeros intermedios con enlaces trans-11 como el vacénico (Dai *et al.*, 2011). En el presente experimento, la presencia de G pudo aumentar la concentración de ácido vacénico (Leite *et al.*, 2017), vía esteárico precursor de varios isómeros trans-vacénico (Mosley *et al.*, 2002). Según Dai *et al.* (2011), el ácido oleico puede ser otro precursor importante para la síntesis de CLA. Las concentraciones de saturados incrementaron un 4,2% y 7,2% en 67_G-33_M y 33_G-67_M (P<0,001) respecto a la dieta de mayor contenido en girasol (Tabla 2), sin diferencias entre aquellas. Por el contrario, los monoinsaturados y poliinsaturados aumentaron al sustituir ensilado de M por G (P<0,001), sin diferencias significativas para las dietas 67_G-33_M y 33_G-67_M. Similares observaciones fueron señaladas por Dai *et al.* (2011) en dietas de vacas lecheras suplementadas con semillas de girasol.

Las concentraciones de saturados aumentaron un 4,2% y 7,2% en 67_G-33_M y 33_G-67_M (P<0,001) respecto a la dieta de mayor contenido en girasol (Tabla 2), sin diferencias entre aquellas. Por el contrario, los monoinsaturados y poliinsaturados incrementaron al sustituir M por G (P<0,001), sin diferencias significativas para las dietas 67_G-33_M y 33_G-67_M. Similares observaciones fueron señaladas por Dai *et al.* (2011) en dietas de vacas lecheras suplementadas con semillas de girasol. La proporción de omega-3 aumentó (P<0,001) al incrementar el porcentaje de girasol en la dieta (Tabla 2), sin diferencias el omega-6. Para el ácido linolénico las reducciones respecto a la dieta 100_G-0_M% fueron del 13,6% para 67_G-33_M% y 26,4% en 33_G-67_M%.

CONCLUSIONES

La sustitución total de ensilado de maíz por girasol no mejoró la producción de leche, los porcentajes de grasa y proteína, pero sí, el perfil de ácidos grasos más cardiosaludables, de mayor concentración de mono y poliinsaturados. Son necesarios más trabajos que determinen el mejor porcentaje de mezcla de ensilados en las dietas del vacuno lechero.

Tabla 2. Producción, composición química y perfil de ácidos grasos de la leche

	100 _G -0 _M %	67 _G -33 _M %	33 _G -67 _M %	esm	p
Producción y composición química de la leche					
Leche, kg d ⁻¹	22,6	24,2	25,3	0,63	ns
FCM, kg d ⁻¹	22,9	24,6	25,5	0,60	ns
Grasa bruta, %	4,13	4,18	4,18	0,10	ns
Proteína bruta, %	3,0	2,93	2,92	0,04	ns
Urea, mg L ⁻¹	145c	94b	19a	11	***
Ácidos grasos (g 100 g⁻¹)					
C4:0	3,97	3,85	3,9	0,06	ns
C6:0	2,2	2,35	2,4	0,04	ns
C8:0	1,12a	1,25ab	1,3b	0,03	***
C10:0	2,23a	2,6b	2,73b	0,08	***
C12:0	2,47a	2,91b	3,03b	0,08	***
C14:0	9,93a	11,1b	11,2b	0,20	***
C14:1	0,83	0,96	0,9	0,03	ns
C15:0	0,98b	0,94ab	0,86a	0,01	**
C16:0	32,3a	36,2b	36,6b	0,5	***
C16:1	1,55	1,71	1,63	0,05	ns
C17:0	0,58b	0,51a	0,50a	0,01	***
C18:0	11,9b	8,6a	10,1a	0,39	***
C18:1 ¹	26,6b	23,8a	21,9a	0,53	***
C18:2 c9, t11 ²	0,766c	0,601b	0,477a	0,02	***
C18:2 c9, c12, Ω6	1,95	1,92	1,87	0,03	ns
C18:3 (n-3) Ω3 ³	0,50c	0,432b	0,368a	0,01	***
AGCC	12,0a	13,2b	13,7b	0,23	***
AGCM	46,2a	51,5b	51,8b	0,68	***
AGCL	41,7b	35,2a	34,8a	0,82	***
De novo	23,7a	27,0b	26,4b	0,43	***
Mixtos	33,9a	37,9b	38,2b	0,52	***
Desarrollados	42,3b	36,0a	35,3a	0,82	***
SFA	67,8a	70,7b	72,7b	0,56	***
PUFA	3,22b	2,92a	2,71a	0,05	***
MUFA	28,9b	26,4a	24,5a	0,52	***
Saturados/Insaturados	2,4a	2,72b	2,99b	0,06	***
Omega-6/Omega-3	4,02a	4,48b	5,23c	0,12	***

FCM: leche corregida 4% graso; AGCC: Ácidos grasos cadena corta; AGCM: Ácidos grasos cadena media; AGCL: Ácidos grasos cadena larga; ¹: sólo se incluye el isómero Cis-9 (C18:1); ²: ácido ruménico; ³: sólo se incluye el isómero Cis-9, 12, 15 (C18:3); esm: error estándar de la media; a,b,c: dentro de la misma fila difieren p<0,05; ns: No significativo (p>0,05); * p<0,05; *** p<0,001

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Agroalimentaria la financiación del proyecto RTA2014-00086-C03 que dio origen a este trabajo. Nuestro agradecimiento a Carmela de Andrés, del Laboratorio Agroalimentario de Santander por el análisis de ácidos grasos y al personal de la Unidad de Producción de Leche del CIFP “La Granja” por el cuidado de los animales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AbuGhazaleh A.A. (2008). Effect of fish oil and sunflower oil supplementation on milk conjugated linoleic acid content for grazing dairy cows. *Animal Feed Science and Technology* 141, 220–232.
- Chilliard Y., Ferlay A. y Doreau M. (2001). Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livestock Production Science* 70, 31–48.
- Coppa M., Ferlay A., Chassaing C., Agabriel C., Glasser F., Chilliard Y., Borreani G., Barcarolo R., Baars T., Kusche D., Harstad O., 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 Dairy Science* 96, 4197–4211.
- Dai X.J., Wang C. y Zhu Q. (2011). Milk performance of dairy cows supplemented with rapeseed oil, peanut oil and sunflower seed oil. *Czech Journal Animal Science*, 56, (4), 181–191.
- Flores-Calvete G., Martínez-Fernández A., Doltra J., García-Rodríguez A. y Eguinoa-Ancho P. (2017). Informe estructura y sistemas de alimentación de las explotaciones lecheras de Galicia, Cornisa Cantábrica y Navarra, 52 pág.
- Grummer R.R. (1991). Effect of feed on the composition of milk fat. *Journal of Dairy Science*, 74, 3244–3257.
- Gaines W.L. (1928). The energy basis of measuring milk yield in dairy cows. Illinois Agricultural Experimental Station Annual Report pp 308.
- Khan N.A., Yu P., Ali M., Cone J.W. y Hendriks WH. 2015. Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 95 (2), 238-52.
- Leite A., Braga R., Guimarães P., Helton MS., Gesteira S. y Rocha G. (2017). Performance of lactating dairy cows fed sunflower or corn silages and concentrate based on citrus pulp or ground corn. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46 (1), 56-64.
- McGuffey R.K. y Schingoethe D.J. (1980). Feeding Value of a High Oil Variety of Sunflowers as Silage to Lactating Dairy Cows. *Journal Dairy Science* 63, 1109-1113.
- Mosley E., Powell G., Riley M. y Jenkins T. (2002). Microbial biohydrogenation of oleic acid to trans isomers in vitro. *Journal Lipid Research* 43, 290–296.
- Salcedo G., Villar A. y Doltra J. (2017). Efectos del tipo de ensilado sobre la producción y perfil de ácidos grasos de la leche. 56ª R.C. de la SEEP. Ed. Jordi Bartolomé Filella, Elena Albanell, María José Milán, Emmanuel Serrano, María José Broncano, Carmen L. Manuelian. Barcelona, 192-197.
- Schneiter A.A. y Miller J.F. (1981). Description of sunflower growth stages. *Crop Science*, 21, 901-903.
- SPSS (2006). SPSS for Windows, versión 15.0 Ed. SPSS Inc., Chicago (USA).
- Phouc L. y Suksombat W. (2015). Milk yield, composition, and fatty acid profile in dairy cows fed a high-concentrate diet blended with oil mixtures rich in polyunsaturated fatty acids. *Asian Australas. Journal Animal Science*. Vol. 28, Nº 6, 796-806.

Valdez_F.R., Harrison J.H. y Fransen S.C. (1988). Effect of Feeding Corn-Sunflower Silage on Milk Production, Milk Composition, and Rumen Fermentation of Lactating Dairy Cows. *Journal Dairy Science*, 71, Issue 9, 2462-2469.

EFFECTS OF THE PERCENTAGE OF SUNFLOWER SILAGE INCLUDED IN THE MILK COWS DIET ON THE PRODUCTION AND PROFILE OF MILK FATTY ACIDS

Summary

Eighteen Holstein-Friesian dairy cows were randomly distributed according to a 3 × 3 Latin square design: 3 proportions of sunflower silage (G) mixed with corn silage (M) and three experimental periods of 14 days to estimate the best proportion of G that improves milk production and its fatty acid profile. The treatments consisted of a mixture of 100G-0M%, 67G-33M% and 33G-67M% and separately silage of grass and concentrate. The final dry matter consumption was similar between diets, with the exception of the intake of crude fat, oleic acid and linolenic acid that was higher in 100G-0M%. The milk production, the corrected by fat and the chemical composition was not different between diets, except the urea concentration that was higher in the 100G-0M% diet. The oleic, ruminal CLA and linolenic concentrations were higher in the diet with higher percentage of sunflower silage.

Key words: *Helianthus annuus*, *Zea mays*, dairy cows, CLA, omega-3.

INFLUENCIA DEL MODO DE APORTE DE LA HIERBA SOBRE EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA LECHE DE VACA

S. de La Torre Santos, L. J. Royo, A. Martínez-Fernández, F. Vicente

Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). 33300 Villaviciosa, Asturias, España. senen.torresantos@serida.org

Resumen

Optimizar la producción de leche incluye usar racionalmente los forrajes, respetar el medio ambiente y mejorar la calidad del producto. La producción de leche con pastos y forrajes se extiende por todo el Arco Atlántico con el fin de maximizar el rendimiento por hectárea. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del modo de aporte del forraje sobre la concentración de ácidos grasos en la leche. Se realizó un experimento siguiendo un cuadrado latino 3 x 3 con 18 vacas en lactación. Los tratamientos experimentales consistieron en 1) estabulación permanente y ensilado de hierba *ad libitum*, 2) estabulación permanente y aporte de hierba *ad libitum* en zero-grazing, y 3) pastoreo permanente. Los resultados muestran que las vacas en pastoreo presentaron mayor ingestión de alimento y mayor rendimiento lechero, con mayor concentración de proteína y lactosa en relación a la leche de las vacas en estabulación. La grasa de la leche de las vacas en pastoreo tuvo una mayor proporción de ácidos grasos insaturados, con diferencias significativas en los ácidos vaccénico y ruménico y en la relación t11-C18:1/t10-C18:1, lo cual denota una dieta con un alto consumo de ácidos grasos poliinsaturados provenientes de la hierba fresca en pastoreo.

Palabras clave: Pastoreo, zero-grazing, ensilado de hierba, producción de leche.

INTRODUCCIÓN

La leche por sus características nutricionales tiene una gran importancia en la alimentación del ser humano, por su elevado contenido de nutrientes (proteína, vitaminas, minerales, etc.) en relación a su contenido calórico. Hoy en día, no sólo el valor nutricional, sino también otros componentes de la leche (ácidos grasos) tienen interés por su relevancia en la salud humana y por el valor añadido que aportan a la leche y sus derivados. Los factores relacionados con la nutrición, la alimentación y el manejo de los rebaños lecheros pueden producir cambios que pueden ser observados a corto plazo. La composición de la leche es muy dependiente de la alimentación de los animales. Como el pago por calidad de la leche depende en gran medida de su proporción de proteína y grasa, tanto ganaderos como nutricionistas ponen especial atención en el racionamiento para optimizar dichos

componentes. La calidad nutricional de la grasa láctea se basa en gran medida en su perfil de ácidos grasos, que desempeña un papel clave en muchas funciones vitales y tiene un impacto directo en la salud de los consumidores, es por esto, que se presta especial atención a la procedencia de los mismos, especialmente en la composición de la leche.

La composición de la leche determina su calidad nutricional e industrial, lo que afecta directamente la rentabilidad y competitividad de la producción de leche (Chilliard *et al.*, 2007; García y Panadero, 2012). Su composición es el reflejo de múltiples factores que pueden ser o no modificados a través de diferentes prácticas. En general, el contenido en ácidos grasos de la leche cambia en cantidad y calidad dependiendo de factores relacionados principalmente con la dieta y en menor medida con el animal y el ambiente (Hernández-Ortega *et al.*, 2014 y Schwendel *et al.*, 2015), por lo que el contenido en grasa y el perfil de ácidos grasos pueden ser indicadores de la dieta de los animales (Morales-Almaráz *et al.*, 2011) y del sistema de manejo (Vicente *et al.*, 2017). Muchos estudios muestran que la leche producida en sistemas bajo pastoreo tiene diferentes características en comparación con la leche producida en sistemas bajo confinamiento (Kusche *et al.*, 2015).

Los forrajes frescos son una importante fuente natural de antioxidantes, vitaminas y ácidos grasos en las dietas de los rumiantes, y sus concentraciones en el forraje tienen una relación importante con la composición y calidad de la leche y los productos lácteos resultantes (Elgersma *et al.*, 2013). Ahora bien, no todos los animales tienen posibilidad de pastorear, bien por falta de superficie disponible bien por dificultades de manejo, por lo que muchos ganaderos tienen la necesidad de llevar la hierba fresca o conservada al pesebre.

El objetivo del presente estudio fue evaluar la influencia del método de administración de forraje: pastoreo, zero-grazing o ensilado de hierba, sobre el rendimiento de la leche y el perfil de ácidos grasos de la leche.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un ensayo *in vivo* siguiendo un diseño cuadrado latino 3 x 3, con tres períodos de 19 días, que incluyeron 13 días de adaptación y seis días de control de producción de leche y muestreo. Dieciocho vacas Holstein en la segunda mitad de lactación fueron seleccionadas y distribuidas al azar en tres grupos homogéneos de seis vacas cada uno, sobre los que se estudiaron tres tratamientos: 1) estabulación permanente y ensilado de hierba *ad libitum*, 2) estabulación permanente y aporte de hierba *ad libitum* en zero-grazing, y 3) pastoreo permanente. Las vacas de cada tratamiento fueron suplementadas diariamente con 6 kg de concentrado (875 g MS/kg, 214 g de proteína bruta/kg MS y 12,6 MJ energía metabolizable/kg MS) ofrecidos durante el ordeño. El tratamiento con pastoreo (2), así como el corte de hierba para zero-grazing (3), se llevaron a cabo en praderas con pastoreo rotacional. Durante el período experimental, las praderas se asignaron al grupo correspondiente de animales teniendo en cuenta la masa de forraje fresco disponible previa al pastoreo. El ensilado de hierba ofrecido provenía del forraje cosechado durante la primavera anterior en praderas similares. Durante el período de muestreo, se tomaron muestras de forraje diariamente y del concentrado al comienzo de cada período experimental para determinar su valor nutritivo mediante NIRS. Las ingestas individuales diarias de forraje en el pesebre y de concentrado en el robot de ordeño se registraron mediante un sistema computarizado de control de la ingesta individual. Las ingestiones de forraje verde en pastoreo se estimaron utilizando el método de rendimiento animal (Macon et al., 2003). La producción de leche se registró y muestreó diariamente en cada sesión de ordeño (mañana y tarde) mediante un muestreador automático conectado al robot de ordeño. Las muestras de ambos ordeños se mezclaron proporcionalmente de acuerdo con la leche producida con el fin de obtener una muestra única diaria por vaca. La determinación de grasa, proteína, lactosa, extracto seco magro y urea de la leche fue realizada en el Laboratorio Interprofesional Lechero y Agroalimentario de Asturias (LILA) mediante MilkoScan FT6000. El perfil de ácidos grasos de la leche fue analizado en el Laboratorio Interprofesional Gallego de Análisis de Leche (LIGAL) de acuerdo con métodos estándares ISO14156:2001/IDF172 para la extracción de los lípidos e

ISO15885:2002/IDF184 para la determinación de los ácidos grasos por Cromatografía de Gases con detector de ionización de llama (GC-FID). La ingesta de materia seca, la producción de leche y la composición de la leche se analizaron mediante ANOVA considerando el tipo de manejo y el período como efectos fijos. Cuando diferencias significativas entre los tratamientos fueron encontradas, se realizó la prueba de Duncan de comparación de medias. El nivel de significación estadística se estableció a $P < 0,05$. Se utilizó el paquete estadístico R (R Core Team, 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presenta la composición de los alimentos utilizados en el experimento. A pesar de que tanto la hierba consumida en pastoreo como la ofertada en el pesebre provenían de la misma parcela, se observó una menor proporción de proteína bruta en la hierba cortada y servida como zero-grazing. Este efecto puede ser consecuencia de un rápido proceso de degradación de la proteína de la hierba una vez cortada.

Tabla 1. Composición química y valor energético (sobre % de materia seca) de la hierba pastada, ofertada en zero-grazing, como ensilado de hierba y del concentrado.

	Pastoreo	Zero-Grazing	Ensilado de Hierba	Concentrado
Materia seca (%)	20,53	24,37	30,52	87,71
Materia orgánica (%)	89,76	91,96	89,47	91,43
Proteína bruta (%)	14,25	11,00	10,51	20,33
Fibra neutro detergente (%)	56,75	57,88	67,87	18,32
Energía neta de lactación (Mcal/kg MS)	1,44	1,42	1,23	1,93

Las vacas en pastoreo tuvieron una mayor ingesta de materia seca ($P < 0,001$) que las vacas en estabulación, tanto con zero-grazing como con ensilado de hierba, (Tabla 2). Esta diferencia de ingestión tuvo un efecto significativo sobre la producción de leche y la composición de la misma, con una mayor concentración de proteína, lactosa, sólidos no grasos y urea en la leche de las vacas en pastoreo respecto a las estabuladas ($P < 0,001$). Estas diferencias pueden ser debidas a que las vacas en pastoreo tienen la posibilidad de

selección de alimento, tanto de especies forrajeras como de las partes más apetecibles de la planta y posiblemente con mejor valor nutritivo. En este estudio no se han detectado diferencias significativas en el contenido en grasa de la leche, sin embargo, otros autores han observado que la leche producida por vacas en pastoreo tiene un contenido de grasa mayor que la leche producida bajo un sistema semi-extensivo o intensivo (Capuano *et al.*, 2014; Frétin *et al.*, 2017).

Tabla 2. Producción y composición de la leche de vaca según el sistema de alimentación.

	Pastoreo	Zero-Grazing	Ensilado de Hierba	DER	P
Producción (kg/d)	23,4 ^a	18,1 ^b	14,0 ^c	3,57	***
Grasa (g/kg)	35,8	33,7	36,1	3,18	NS
Proteína (g/kg)	32,1 ^a	29,1 ^b	27,8 ^b	2,90	***
Lactosa (g/kg)	45,7 ^a	41,0 ^b	41,7 ^b	2,56	***
ESM(g/kg)	83,9 ^a	77,8 ^b	76,3 ^b	3,79	***
Urea (mg/kg)	281 ^a	200 ^b	215 ^b	40,3	***

DER: Desviación estándar residual

El perfil de ácidos grasos de la grasa de la leche (Tabla 3) fue diferente entre tratamientos. Las vacas en pastoreo presentaron una mayor proporción de ácidos vaccénico (t11-C18:1; P<0,05) y ruménico (c9, t11-C18:2; P<0,01), así como una mayor ratio t11-C18:1/t10-C18:1 (18,34 vs. 13,08 y 10,35 para las vacas en pastoreo, zero-grazing y con ensilado de hierba, respectivamente, P<0,05). Estas diferencias reflejan una dieta con un alto consumo de ácidos grasos poliinsaturados provenientes de la hierba fresca en pastoreo y una mayor movilización de las reservas corporales del animal por la energía gastada al caminar. Estos resultados demuestran que el perfil de ácidos grasos varía dependiendo del sistema de producción, con una mayor proporción de ácidos grasos insaturados en vacas alimentadas en base a pasto (Morales-Almaráz *et al.*, 2011).

Tabla 3. Perfil de Ácidos Grasos (g/100 g ácidos grasos) en la leche de vaca según el tipo de alimentación.

	Pastoreo	Zero-Grazing	Ensilado de Hierba	RSD	P
C4:0	5,57	5,36	5,31	0,286	NS
C6:0	1,84 ^a	1,89 ^a	1,71 ^b	0,053	*
C8:0	0,97	0,99	0,85	0,061	NS
C10:0	2,07	2,11	1,71	0,223	NS
c9-C10:1	0,06	0,06	0,05	0,005	NS
C11:0	0,03	0,02	0,01	0,009	NS
C12:0	2,14	2,45	1,97	0,271	NS
C13:0	0,09	0,09	0,08	0,009	NS
C14:0	9,82	10,14	8,98	0,699	NS
C14:0 iso	0,22	0,20	0,21	0,010	NS
c9-C14:1	1,00	1,13	0,92	0,104	NS
C15:0	1,21	1,24	1,17	0,046	NS
C15:0 iso	0,46	0,47	0,42	0,035	NS
C15:0 anteiso	0,74 ^a	0,71 ^a	0,59 ^b	0,040	*
c10-C15:1	0,01	0,01	0,01	0,003	NS
C16:0	27,86	30,73	29,94	1,031	NS
c9-16:1(n7)	1,80	2,17	2,20	0,180	NS
C17:0	0,58	0,64	0,65	0,028	NS
C18:0	9,89	9,57	8,85	0,746	NS
t6 + t9-C18:1	0,50 ^a	0,41 ^b	0,39 ^b	0,024	*
t10-C18:1	0,27 ^a	0,21 ^b	0,20 ^b	0,025	*
t11-C18:1	5,08 ^a	2,77 ^b	2,01 ^b	0,745	*
t12-18:1	0,20 ^a	0,15 ^b	0,14 ^b	0,015	*
c9-C18:1(n9)	21,59	21,97	25,52	1,521	NS
c11-C18:1(n7)	0,37 ^b	0,44 ^b	0,57 ^a	0,051	*
c12-18:1	0,06 ^b	0,06 ^{ab}	0,07 ^a	0,004	*
t-C18:2(n6)	0,07 ^a	0,07 ^a	0,05 ^b	0,003	**
c-C18:2(n6)	1,16 ^b	1,38 ^{ab}	1,60 ^a	0,124	*
c9,t11-C18:2 (CLA)	2,29 ^a	1,37 ^b	1,05 ^b	0,218	**
Otros isómeros CLA	0,21	0,24	0,24	0,015	NS
C18:3(n3)	0,55	0,47	0,43	0,070	NS
C18:3(n6)	0,03	0,03	0,03	0,003	NS
C20:0	0,21 ^b	0,25 ^a	0,27 ^a	0,012	**
C20:3(n3)	0,15 ^b	0,22 ^{ab}	0,27 ^a	0,030	*
C20:5(n3)	0,01	0,01	0,01	0,006	NS
C20:2(n6)	0,01 ^c	0,02 ^b	0,03 ^a	0,001	***
C20:3(n6)	0,08	0,10	0,10	0,011	NS

Tabla 3 (continuación). Perfil de Ácidos Grasos (g/100 g ácidos grasos) en la leche de vaca según el tipo de alimentación.

	Pastoreo	Zero-Grazing	Ensilado de Hierba	RSD	P
C20:4(n6)	0,01	0,02	0,02	0,004	NS
c11-C20:1(n9)	0,04	0,03	0,05	0,006	NS
C21:0	0,07	0,08	0,08	0,005	NS
C22:0	0,07	0,08	0,07	0,006	NS
C22:5(n3)	0,10 ^b	0,11 ^b	0,15 ^a	0,012	*
C22:6(n3)	0,01	0,01	0,01	0,009	NS
C22:2(n6)	0,08	0,09	0,10	0,013	NS
C23:0	0,05	0,06	0,05	0,006	NS
C24:0	0,07	0,08	0,07	0,006	NS
C24:1(n9)	0,01	0,01	0,02	0,004	NS

DER: Desviación estándar residual

CONCLUSIONES

Existen diferencias marcadas en la producción de leche y en sus componentes mayoritarios en función del modo de aporte de la hierba. Las vacas en pastoreo tuvieron mayor producción de leche y mayor concentración de proteína, lactosa, sólidos no grasos y urea, así como en ácidos grasos insaturados.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por el INIA mediante el proyecto RTA2014-00086-C02, cofinanciado con fondos FEDER. S. De La Torre Santos está financiado por una beca de doctorado SENACYT-IFARHU.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Capuano E., Boerrigter-Eenling R., Elgersma A. y Van Ruth, S.M. (2014) Effect of fresh grass feeding, pasture grazing and organic/biodynamic farming on bovine milk triglyceride profile and implications for authentication. *European Food Research and Technology*, 238, 573-580.
- Chilliard Y., Glasser F., Enjalbert F., Ferlay A., Bocquier F. y Schmidely P. (2007) Resultados recientes sobre los efectos de la alimentación en la composición en ácidos grasos de la leche de vaca, cabra y oveja. *Revista Argentina Producción Animal*, 27, 197-213.

- Elgersma A., Sjøgaard K. y Jensen S.K. (2013) Fatty acids, α -tocopherol, β -carotene, and lutein contents in forage legumes, forbs, and a grass-clover mixture. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 11913-11920.
- Frétin M., Ferlay A., Verdier-Metz I., Fournier F., Montel M.C., Farruggia A., Delbes C. y Martin B. (2017) The effects of low-input grazing systems and milk pasteurisation on the chemical composition, microbial communities, and sensory properties of uncooked pressed cheeses. *International Dairy Journal*, 64, 56-67.
- García I.C. y Panadero A.N. (2012) Factores que influyen en la composición nutricional de la leche. *Revista Ciencia Animal*, 5, 73-85.
- Hernández-Ortega M., Martínez-Fernández A., Soldado A., González A., Arriaga-Jordán C.M., Argamentería A., de la Roza-Delgado B. y Vicente F. (2014) Effect of total mixed ration composition and daily grazing pattern on milk production, composition and fatty acids profile of dairy cows. *Journal of Dairy Research*, 81, 471- 478.
- Kusche D., Kuhnt K., Ruebesam K., Rohrer C., Nierop A.F., Jahreis G. y Baars T. (2015) Fatty acid profiles and antioxidants of organic and conventional milk from low-and high-input systems during outdoor period. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95, 529-539.
- Macoon B., Sollenberger L.E., Moore J.E., Staples C.R., Fike J.H. y Portier K.M. (2003) Comparison of three techniques for estimating the forage intake of lactating dairy cows on pasture. *Journal of Animal Science*, 81, 2357-2366.
- Morales-Almaráz E., de la Roza-Delgado B., González A., Soldado A., Rodríguez M.L., Peláez M. y Vicente F. (2011) Effect of feeding system on unsaturated fatty acid levels in milk of dairy cows. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 26, 224-229.
- R Core Team (2017) *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical computing.
- Schwendel B.H., Wester T.J., Morel P.C.H., Tavendale M.H., Deadman C., Shadbolt N.M. y Otter D.E. (2015) Organic and conventionally produced milk-An evaluation of factors influencing milk composition. *Journal of Dairy Science*, 98, 721-746.
- Vicente F., Santiago C., Jiménez-Calderón J.D. y Martínez-Fernández A. (2017) Capacity of milk composition to identify the feeding system used to feed dairy cows. *Journal of Dairy Research*, 84, 254-263.

INFLUENCE OF THE GRASS CONTRIBUTION MODE ON THE FATTY ACID PROFILE OF COW MILK

Summary

The optimization of milk production includes a rational use of forages, respect for the environment, and offers better quality to consumers. Milk production based on grass and forages is widely spread throughout the Atlantic Arc in order to maximize milk yield per

hectare. Furthermore, it is well known that grazing cows produce milk with a healthier fatty acid profile. The aim of this study was to evaluate the effect of grass intake on fat-soluble antioxidant concentration in milk. For this, a 3 x 3 Latin square experiment was performed with 18 lactating cows in the second half of lactation. Experimental treatments consisted on grass silage, zero-grazing, both offered *ab libitum* in housing, and grazing for 24 hours. The results show that grazing cows had a higher dry matter intake and greater milk yield, and higher concentration of protein and lactose in milk than housed cows. Milk fat from grazing cows had a higher proportion of unsaturated fatty acids, with significant differences in the proportion of vaccenic, rumenic acids and in the ratio t11-C18:1/t10-C18:1, which denotes a diet with high consumption of polyunsaturated fatty acids from fresh grazing grass.

Keywords: Grass silage, zero-grazing, grazing, milk yield.

PRODUCCIÓN Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN LECHE DE VACAS EN PRADERAS DEL PASTO SUBTROPICAL KIKUYO (*Pennisetum clandestinum*) EN COMPARACIÓN CON TRES GRAMÍNEAS TEMPLADAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA EN MÉXICO

D.A. Plata-Reyes¹, E. Morales-Almaráz², C.G. Martínez-García¹, G. Flores-Calvete³, F. López-González¹, F. Prospero-Bernal¹, C.L.Valdez-Ruíz¹, Y.G. Zamora-Juárez¹ 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.

³Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM), Betanzos a Mesón do Vento, 15318

Mabegondo-Abegondo. La Coruña, Galicia, España.

cmarrigaj@uaemex.mx, dalia_andrea_01@hotmail.com

Resumen

Se evaluó el efecto del pastoreo continuo intensivo de praderas de la gramínea subtropical Kikuyo (KY) (*Pennisetum clandestinum* o *Cenchrus clandestinus*) en comparación con tres gramíneas templadas: FL=*Festulolium* cv Spring Green, TF=*Festuca arundinacea* cv TF-33 y RG=*Lolium perenne* cv Pay Day sobre la producción, disponibilidad, calidad de forraje, desempeño animal, composición y perfil de ácidos grasos de la leche. Doce vacas Holstein multíparas se utilizaron en un cuadro latino 4x4 repetido tres veces en 3 vacas/ha. Hubo diferencias ($P<0,05$) para altura de las praderas, MS, MO, PB, FDN y FDA. El perfil de AG de la leche registró diferencias estadísticas ($P<0,05$) para C18:2n6c y C18:2c9t11. En conclusión, el pastoreo continuo intensivo de KY en comparación con gramíneas de clima templado puede ser una alternativa para la alimentación de vacas en los sistemas de producción de leche en pequeña escala, además de disminuir el contenido de AG saturados de la leche.

Palabras clave: *Pennisetum clandestinum*, *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea*, ácidos grasos insaturados en la leche, pastoreo intensivo continuo.

INTRODUCCIÓN

En los sistemas de producción de leche del Altiplano de México el raigrás perenne (*Lolium perenne* L.) es la especie de elección para la producción de forraje de clima templado. Sin embargo, reduce su crecimiento a temperaturas superiores a 25 °C y no tolera el déficit hídrico (Parsons y Chapman, 2000). En las condiciones agroecológicas y de manejo de los sistemas de producción de leche en pequeña escala caracterizados por pequeñas fincas con hatos de hasta 35 vacas y reemplazos (Fadul-Pacheco et al., 2013)

como alta carga animal y riego limitado durante la estación seca, las praderas de raigrás presentan una baja persistencia y son invadidas fácilmente por Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* [Hochst.] o *Cenchrus clandestinus* [Hochst. Ex Chiov.] Morrone)), una gramínea de clima subtropical originaria del Este de África que se ha naturalizado en el Altiplano Mexicano. El Kikuyo es más resistente al déficit hídrico, las altas temperaturas, y al pastoreo bajo alta carga animal.

Además, diversos estudios reportan que el pastoreo aumenta la concentración de ciertos ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) en la leche como ácido linoleico conjugado (18:2c9t11 CLA) y ácido vaccenico (C18:1t11) (Morales-Almaráz *et al.*, 2010; Vieyra- Alberto *et al.*, 2017), ambos benéficos para la salud humana debido a que actúan sobre aspectos inmunológicos, prevención de cáncer y enfermedades cardiovasculares (Nantapo *et al.*, 2014).

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del pastoreo continuo intensivo a una carga de 3 vacas/ha de una pradera de la gramínea subtropical KY=Kikuyo (*Cenchrus clandestinus* [Hochst. Ex Chiov.] en comparación con praderas de tres gramíneas de clima templado: FL=Festulolium (*Lolium perenne*/L. *multiflorum* X *Festuca pratense*) cv Spring Green, TF=Festuca alta (*Lolium arundinaceum* cv TF33) y RG=raigrás perenne (*Lolium perenne* L cv Pay Day) sobre el desempeño animal y perfil de ácidos grasos del forraje y la leche de vacas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización del sitio de estudio: El estudio se realizó en el municipio de Aculco en el Estado de México, ubicado entre 20 ° 06 'y 20 ° 17' N y entre 99 ° 40 'y 100 ° 00' W, con altitud media de 2440 metros, clima subhúmedo templado con una estación lluviosa de mayo a octubre. La precipitación anual es de 700 a 1000 mm, temperatura media anual de 13,5 °C, con presencia de heladas de noviembre a febrero (Celis-Álvarez *et al.*, 2016). El experimento siguió un enfoque de investigación participativa rural para el desarrollo de tecnología ganadera (Conroy, 2005) con dos productores que manejan su explotación de leche como una sola.

Desarrollo experimental: Se seleccionaron doce vacas Holstein multíparas, con peso vivo promedio de 528 ± 65 kg, condición corporal (CC) de $2,3 \pm 0,33$, $117,5 \pm 74$ días en lactación y rendimiento de leche inicial de $22,0 \pm 4,9$ kg/día. Las vacas fueron asignadas a tres grupos (cuadros) de cuatro vacas cada uno, considerando su etapa de lactancia y rendimiento de leche antes del experimento.

Tratamientos: Los tratamientos compararon el pastoreo continuo intensivo (8 horas/día) de praderas cultivadas con Festulolium (FL), Festuca alta (TF), raigrás perenne (RG) y Kikuyo (KY), asociadas con el trébol blanco (*Trifolium repens*); suplementadas con 4,65 kg de MS/vaca/día de concentrado comercial (20% de PB). Se recolectaron muestras de pastoreo simulado (Wayne, 1964) durante los últimos cuatro días de cada periodo experimental para determinar la composición química y el perfil de ácidos grasos del forraje; así como de muestras de concentrado comercial.

Perfil de ácidos grasos de la leche: Se recolectaron muestras de alícuotas individuales (100 ml) de cada vaca de ordeños matutinos y vespertinos en los últimos cuatro días de cada período experimental para determinar la composición de la leche y el perfil de ácidos grasos (Vieyra-Alberto *et al.*, 2017).

Diseño experimental: El diseño experimental para evaluar el desempeño animal fue un cuadro latino 4X4 replicado tres veces. Las secuencias de los tratamientos en los cuadros 1 y 3 se asignaron aleatoriamente y en el cuadro 2 se asignaron en "espejo" de acuerdo al cuadro 1 para tener en cuenta posibles efectos residuales como se ha hecho en otros trabajos (Celis-Álvarez *et al.*, 2016). Las vacas dentro de los cuadros se asignaron aleatoriamente a la secuencia de tratamiento. El modelo para el análisis fue (Celis-Álvarez *et al.*, 2016): $Y_{ijkl} = \mu + S_i + C_j + P_k + t_l + e_{ijkl}$ Dónde: μ =Media general; S=efecto debido a cuadrados, $i=1, 2, 3$; C=efecto debido a las vacas dentro de los cuadrados $j=1, 2, 3, 4$; P=efecto debido a períodos experimentales, $k=1, 2, 3, 4$; t= efecto debido al tratamiento, $l=1, 2, 3, 4$; y e=término de error residual. El experimento se desarrolló del 8 de agosto al 2 de octubre de 2016, durante cuatro períodos experimentales de 14 días (10 días para la adaptación a la dieta y 4 días para la recolección de muestras, registró de datos y mediciones).

Análisis de laboratorio: Las muestras de alimentos (praderas y concentrado) fueron analizadas bajo los procedimientos usuales (Celis-Alvarez et al., 2016) y la composición de la leche por un determinador de composición de leche por ultrasonido.

El contenido de ácidos grasos del forraje y el concentrado comercial se determinó de acuerdo con las técnicas descritas por Sukhija y Palmquist (1988), modificadas por Palmquist y Jenkins (2003), usando ácido clorhídrico metanólico al 10% para esterificación y hexano como disolvente orgánico, siguiendo a Morales-Almaraz *et al.* (2010) para la separación y determinación de ésteres metílicos de ácidos grasos de forraje, concentrado comercial y leche mediante cromatografía de gases (Perkin Elmer Clarus 500), con columna capilar 100m X 0,25 mm X 0,2 μ m (SULPELCO TM-2560), con nitrógeno como gas portador. Tanto el detector como el inyector se mantuvieron a 260°C, con la temperatura inicial del horno a 140°C durante 5 minutos, aumentando 4° C por minuto hasta alcanzar 240°C (Vieyra-Alberto *et al.*, 2017). La identificación de picos de ácidos grasos individuales fue a partir de los tiempos de retención de los estándares de ésteres metílicos (Supelco 37 Componente FAME Mix, ácido trans-vaccénico, linoleico y ácido linoleico conjugado de SIGMA-ALDRICH); y se reportan en g/100 g del total de ácidos grasos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra la altura y Acumulación Neta de Forraje (ANF). Sólo se detectaron diferencias significativas ($P < 0,05$) para altura entre tratamientos a favor de Festulolium. López-González et al. (2017) reportaron valores promedio de altura para Festulolium de 6,1cm, similar a este estudio. No hubo diferencias ($P > 0,05$) para ANF/ha y por día. La respuesta productiva de las vacas en pastoreo con la suplementación de 4,65 kg MS de concentrado comercial, refleja que el consumo no se vio afectado debido a que mantuvieron rendimientos promedio de 14,84 kg/ día de leche por vaca.

La composición química de las praderas y el concentrado comercial se presenta en Tabla 2. Se detectaron diferencias ($P < 0,05$) para la MS, MO, PC, FDN. Son las fracciones de fibra las que determinan el consumo (FDN) y la digestibilidad (FAD). El contenido medio de

FDN y FAD fue de 501 y 222 g/kg MS respectivamente, contenidos similares a los reportados por Heredia-Nava *et al.* (2007) y Hernández-Ortega *et al.* (2011).

Tabla 1. Altura y acumulación neta de forraje (ANF) de las praderas

Variable	Tratamiento				EEMPM	EEMPm	P Value
	FL	TF	RG	KY			
Altura (cm)	6,38 ^a	3,80 ^b	3,99 ^b	4,43 ^b	0,80	1,66	0,001
ANF kg MS/ha	317,9	821,4	590,1	1004,2	419,7	646,0	0,163
ANF kg MS/ha-día	22,70	58,66	42,15	71,73	29,97	46,15	0,163

ANF=Acumulación Neta de Forraje; FL=*Festulolium* cv. Spring Green; TF=*Festuca arundinacea*; RG=*Lolium perenne* cv. Pay Day; KY=*Pennisetum Cenchrus clandestinum*; EEMPM=Error estándar de la media parcela mayor; EEMPm=Error estándar de la media parcela menor; P= (P<0,05); ^{abc} Los valores en las filas con diferente superíndice presentan diferencias significativas (P<0,05) con la prueba de Tukey.

Se detectaron diferencias (P<0,05) en PB con mayor contenido en KY y RG (P<0,5) que TF y FL, que puede atribuirse a mayor contenido de hojas o la relación vivo-muerto (Marais, 2001). Samarakoon *et al.* (1990) reportan que las hojas completamente expandidas de Kikuyo contenían entre 181 a 250 g/kg de PB bajo alta fertilización con N.

Tabla 2. Composición química de los tratamientos (g/kg de MS)

Variable	CT	Tratamiento				EEMPM	EEMPm	P Value
		FL	TF	RG	KY			
MS	920,9	206,4 ^a	212,1 ^a	185,4 ^b	201,2 ^a	1,02	1,59	0,011
MO	914,5	891,8 ^a	877,4 ^b	875,5 ^b	889,2 ^a	6,78	6,73	0,000
PB	195,0	140,5 ^b	151,0 ^b	190,8 ^a	213,1 ^a	8,36	3,55	0,000
FDN	231,9	484,9 ^{ab}	469,3 ^b	524,0 ^a	526,1 ^a	4,48	3,33	0,013
FAD	85,3	233,7 ^a	238,7 ^a	219,3 ^{ab}	201,3 ^b	6,62	5,82	0,002

CT=Concentrado comercial; MS=Materia Seca; PB=Proteína Bruta; MO=Materia Orgánica; FDN=Fibra Detergente Neutro; FAD=Fibra Detergente Ácido; FL=*Festulolium* cv. Spring Green; TF= *Festuca arundinacea*; RG=*Lolium perenne* cv. Pay Day; KY= *Pennisetum Cenchrus clandestinum*; EEMPM=Error Estándar de la Media Parcela Mayor; EEMPm=Error Estándar de la Media parcela menor; P=(P<0,05); ^{abc} Los valores en las filas con diferente superíndice presentan diferencias significativas (P<0,05) con la prueba de Tukey.

En cuanto al perfil de ácidos grasos de las praderas y el concentrado comercial, no se detectaron diferencias estadísticas (P >0,05) en ninguno de los AG evaluados por tratamiento.

Los resultados de producción animal, características físico-químicas y perfil de ácidos grasos de la leche se muestran en la Tabla 3. La producción de leche promedio de los tratamientos fue de 14,84±0,61 kg/vaca/día.

Tabla 3. Producción, composición físico-química y perfil de ácidos grasos (g/100g) de la leche

Variable	Tratamiento				EEM	P Value
	FL	TF	RG	KY		
PL(kg/vaca día)	15,35	15,34	14,62	14,08	0,1798	0,106
Grasa (g/kg)	34,21	34,78	36,04	35,06	0,2171	0,052
Proteína (g/kg)	31,84	31,85	31,70	31,58	0,0392	0,326
Lactosa (g/kg)	46,23	46,82	45,65	45,74	0,0726	0,131
C10:0	1,90 ^a	1,98 ^a	1,66 ^b	1,80 ^a	0,09	0,050
C12:0	2,14	2,06	1,811	1,98	0,14	0,193
C14:0	9,97	9,74	9,36	9,35	0,30	0,210
C14:1	0,64 ^b	0,62 ^b	0,54 ^a	0,56 ^a	0,05	0,050
C16:0	27,43	27,65	27,18	27,05	0,35	0,121
C16:1	1,15	1,13	1,02	1,00	0,10	0,326
C18:0	15,25 ^{ab}	14,20 ^b	15,35 ^{ab}	16,01 ^a	0,49	0,001
C18:1t11	2,94 ^b	3,24 ^{ab}	3,66 ^a	3,30 ^{ab}	0,23	0,021
C18:1n9c	26,79	27,00	28,07	27,45	0,45	0,064
C18:2n6t	0,15 ^{ab}	0,17 ^a	0,13 ^b	0,15 ^{ab}	0,01	0,026
C18:2n6c	1,37 ^{ab}	1,37 ^{ab}	1,17 ^b	1,40 ^a	0,08	0,039
C18:3n3	0,23	0,24	0,21	0,23	0,01	0,538
C18:2c9t11	1,38 ^{ab}	1,55 ^a	1,28 ^b	1,40 ^{ab}	0,07	0,004
Otros ácidos grasos	0,45	0,40	0,52	0,45	0,04	0,085
AGS	64,66	64,04	63,20	63,81	0,54	0,150
AGI	35,33	35,95	36,79	36,18	0,54	0,150
AGMI	32,01 ^b	32,45 ^{ab}	33,83 ^a	32,77 ^{ab}	0,55	0,021
AGPI	3,32 ^{ab}	3,49 ^a	2,96 ^b	3,41 ^{ab}	0,14	0,020
n-6	1,71 ^{ab}	1,70 ^{ab}	1,50 ^b	1,75 ^a	0,09	0,033
n-3	0,60	0,57	0,70	0,60	0,06	0,169
n-6/n-3	2,94 ^{ab}	3,21 ^a	2,56 ^b	3,30 ^a	0,24	0,019

PL=Producción de Leche; FL=*Festulolium* cv Spring Green; TF=*Festuca arundinacea*; RGPD=*Lolium perenne* cv Pay Day; KY=*Pennisetum cenchrus clandestinum*; AGS= AG saturados; AGI= AG insaturados; AGMI=AG monoinsaturados; AGPI=AG poliinsaturados; EEM=Error Estándar de la Media; P= (P<0,05); ^{abc} Los valores en las filas con diferente superíndice presentan diferencias significativas (P<0,05) con la prueba de Tukey.

De acuerdo con Loor *et al.* (2002) la producción de C18:2 c9 t11 se incrementa proporcionalmente con el consumo de ácido linoleico, sugiriendo que la capacidad microbiana para hidrogenar AG puede ser contrarrestada por una dieta con altos niveles

de AG insaturados. Lo que podría explicar la menor cantidad de ácidos grasos saturados encontrados en este estudio por debajo del 65%.

El contenido de n-6 fue diferente ($P<0,05$) entre tratamientos, contrario a lo observado con los valores promedio para n-3, donde no se detectaron diferencias estadísticas ($P>0,05$). La relación omega-6/omega-3 fue ligeramente inferior a la reportada por Salcedo y Villar (2014) con valores promedio de entre 3,26 y 3,65 en leche de vacas en pastoreo de raigrás inglés y trébol blanco, respectivamente.

CONCLUSIONES

No se detectaron grandes diferencias al comparar los resultados obtenidos entre las tres variedades de gramíneas de clima templado FL, TF, RG y la gramínea de clima subtropical KY por lo que se concluye que durante la época de lluvias, esta gramínea de clima subtropical con características de adaptabilidad e invasión en la región de estudio puede ser una alternativa como base de la alimentación del ganado lechero en pastoreo con disponibilidad, producción de leche y perfil de ácidos grasos similares a las gramíneas de clima templado.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los productores participantes, y al CONACYT de México (proyecto 129449 CB-2009) y por la beca para los estudios de posgrado de D.A. Plata-Reyes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Celis-Alvarez, M. D., López-González, F., Martínez-García C. G., Estrada-Flores, J. G., and Arriaga-Jordán, C. M., (2016) Oat and ryegrass silage for small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. 48,1129–1134. DOI 10.1007/s11250-016-1063-0.
- Conroy, C., (2005) *Participatory Livestock Research*, ITDG Publishing, Bourton-on-Dunsmore, Warwickshire, U.K.
- Fadul-Pacheco, L., Wattiaux, M.A., Espinoza-Ortega, A., Sánchez-Vera, E., and 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.

- Heredia-Nava, D., Espinoza-Ortega, A., González-Esquivel, C.E. And 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. And Arriaga-Jordán, C.M. (2011) Effect of silage from ryegrass intercropped with winter or common vetch for grazing dairy cows in small-scale dairy systems in Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. 43, 947-954.
- Loor, J., Herbein, J. and Polan, C., (2002) *trans*18:1 and 18:2 isomers in blood plasma and milk fat of grazing cows fed a grain supplement containing solvent-extracted or mechanically extracted soybean meal. *Journal of Dairy Science*, 85, 1197–1207.
- López-González, F., Rosas-Dávila, M., Celis-Álvarez, M.D., Morales-Almaraz, E., Domínguez-Vara, I.A., Arriaga-Jordán, C.M., (2017) Milk production under grazing of different pasture grasses in small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. *Journal of Livestock Science*. 8, 92-97.
- Marais, J.P., (2001) Factors affecting the nutritive value of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) a review. *Tropical Grasslands*, 35, 65-84.
- Morales-Almaráz, E., Soldado A., González, A., Martínez- Fernández, A., Domínguez-Vara, I. A., De La Rosa-Delgado, B. And Vicente, F., (2010) Improving the fatty acid profile of dairy cow milk by combining grazing with feeding of total mixed ration. *Journal of Dairy Research*, 77, 225-230.
- Nantapo, C. T. W., Muchenje, V., and Hugo, A., (2014) Atherogenicity index and health-related fatty acids in different stages of lactation from Friesian, Jersey and Friesian x Jersey cross cow milk under a pasture-based dairy system. *Food Chemistry*, 146, 127-133.
- Palmquist, D. L. And Jenkins, T. C. (2003), Challenges with fast and fatty acid methods. *Journal of Animal Science*. 81, 3250-3254.
- Parsons, A.J. And Chapman, G.F., (2000) The principles of pasture growth and utilization. In: A. Hopkins (ed), *Grass: Its Production and Utilization*. 3rd. Edition. British Grassland Society and Blackwell Science, pp. 31–89. Oxford, U.K.
- Salcedo, G., 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 M. *et al.* (eds) *Pastos y PAC 2014-2020*, pp. 461-468. Potes, España. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- Samarakoon, S., Wilson, J., and Shelton, H., (1990) Growth, morphology and nutritive quality of shaded *Stenotaphrum secundatum*, *Axonopus compressus* and *Pennisetum clandestinum*. *The Journal of Agricultural Science*, 114, 161-169.
- Sukhija, P. S. And Palmquist, D. L. (1988) Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. *Journal of Agriculture Food Chemical*. 36, 1202-1206.
- Vieyra-Alberto, R., Arriaga-Jordán, C.M., Domínguez-Vara, I. A., Borquéz-Gastelum, J.L. And Morales-Almaráz, E., (2017) Efecto del aceite de soya sobre la concentración de los ácidos grasos vaccenico y ruménico en leche de vacas en pastoreo. *Agrociencia*, 51, 299-313.

Wayne, C. C., (1964) Symposium on nutrition of forages and pastures: Collecting samples representative of ingested material of grazing animals for nutritional studies. *Jornal Animal Science*. 23, 265-270.

PRODUCTION AND PROFILE OF FATTY ACIDS IN MILK OF COWS ON SUBTROPICAL GRASS PASTURES OF KIKUYO (*Pennisetum clandestinum*) IN COMPARISON WITH THREE TEMPERATE GRASSES IN SMALL SCALE DAIRY SYSTEMS IN MEXICO

Summary

Intensive continuous grazing of pastures based on the subtropical grass Kikuyo (KY) (*Pennisetum clandestinum* or *Cenchrus clandestinus*) was compared against three temperate grasses: FL=*Festulolium* cv Spring Green, TF=*Festuca arundinacea* cv TF-33 and RG=*Lolium perenne* cv Pay Day in terms of milk yield, availability, herbage composition, animal performance, milk composition and fatty acid profile. Twelve Holstein multiparous cows were used in a 4x4 Latin Square repeated three times at 3 cows/ha. There were differences ($P<0,05$) in sward height, DM, OM, CP, NDF and ADF. Fatty acid profile had statistical differences ($P<0,05$) for C18:2n6c and C18:2c9t11. It is concluded that continuous intensive grazing of KY in comparison with pastures of temperate grasses may be an feeding alternative for cows in small-scale dairy systems, which reduces the content of saturated fatty acids in milk.

Key words: *Pennisetum clandestinum*, *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea*, unsaturated fatty acids in milk, intensive continuous grazing.

CONTRIBUCIÓN A LA AUTENTIFICACIÓN DE MUESTRAS DE LECHE DE VACAS EN PASTOREO A PARTIR DE SU COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS

A. Botana¹, L. González¹, S. Pereira-Crespo², C. Resch¹, R. Lorenzana², M. Veiga¹, G. Flores-Calvete¹

¹Instituto Galego de Calidade Alimentaria. Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (INGACAL-CIAM), Apdo. 10, 15080 A Coruña (España).

²Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL). Mabegondo, 15318 Abegondo, A Coruña (España).

Correspondencia: adrian.botana.fernandez@xunta.es

Resumen

En este estudio se evaluó la capacidad predictiva del origen alimentario de muestras de leche de tanque de explotaciones lecheras a partir del perfil de ácidos grasos (AG). Se utilizó una base de datos de 217 muestras de leche de tanque cuyo perfil de AG fue determinado por cromatografía de gases, procedentes de 45 granjas con distintos sistemas de alimentación, visitadas en 5 ocasiones a lo largo de 2013 y 2014. Las muestras de leche fueron divididas en un grupo de pastoreo (P, n=86) y otro de no pastoreo (NP, n=131) en función de la alimentación recibida por las vacas. De entre los 45 AG identificados en el cromatograma, mediante un análisis discriminante paso a paso se seleccionaron los seis AG (C18:3n3, C18:1c12, C18:0, C18:2tn6; C14:0iso y C20:0) con mayor poder de discriminación de las muestras entre los grupos P y NP. Las funciones discriminatorias construidas en base a los AG seleccionados mediante validación cruzada permitieron clasificar correctamente a las muestras de leche con un porcentaje de acierto del 89,5 % para el grupo de pastoreo y del 84,7 % para el de no pastoreo. Los resultados deben ser mejorados ampliando las colecciones de calibración y/o incluyendo nuevos predictores.

Palabras clave: análisis discriminante, perfil graso, origen alimentario, leche de pastoreo.

INTRODUCCIÓN

La creciente preocupación de los consumidores por las características de los alimentos consumidos, ha creado progresivamente un nuevo concepto de calidad, en el que se incluyen los atributos tradicionales relativos a valor nutricional, sabor, aroma y color junto con nuevos indicadores relativos a aspectos éticos como el bienestar animal y el impacto medioambiental (Luykx y van Ruth, 2008). En general, se considera que los sistemas de manejo al aire libre con animales en pastoreo son percibidos por los consumidores como más respetuosos con los animales y el medio ambiente (Weinrich *et al.*, 2014). Por otra parte, siendo los productos

lácteos una importante fuente de nutrientes (en particular de proteínas de alta calidad, energía, minerales y vitaminas esenciales) cuyo consumo está incluido en las recomendaciones para una dieta sana y equilibrada por las organizaciones de salud pública de todo el mundo (Rice *et al.*, 2013), es conocido que la leche de las vacas alimentadas con pasto tiene concentraciones significativamente más altas de ácidos grasos (AG) saludables (Elgersma, 2015) que proporcionan un valor adicional a estos productos. Sin embargo, los sistemas de producción en base a pasto están decreciendo en los últimos 30 años en Europa, observándose un descenso progresivo de las superficies de pastoreo y la sustitución por la producción de cultivos anuales como el maíz (Huyghe *et al.*, 2014), en paralelo con el incremento de la dependencia de inputs del exterior de las granjas de leche, en particular de concentrados para la alimentación de las vacas (Isselstein *et al.*, 2005).

En países como Holanda (desde 2012) y Alemania (desde 2016) se impulsaron acuerdos a nivel nacional a favor del pastoreo, involucrándose un gran número de organizaciones de toda la cadena láctea, entre las que se encuentran productores, industria, distribución, educación o partidos políticos. Entre las principales medidas puestas en marcha, se encuentran la creación de una marca diferenciada para la leche de pastoreo o el pago de una prima a las ganaderías en las que las vacas permanezcan en el pasto durante un determinado período anual. En la segunda mitad de 2017, dos importantes empresas lácteas con recogida en Galicia han anunciado su intención de comercializar leche bajo la denominación de “leche de pastoreo”, pudiendo encontrarse ya en los lineales de la distribución una de estas marcas de leche desde hace pocos meses. La leche de pastoreo procede de granjas, en su mayoría gallegas, donde a semejanza de la normativa de otros países europeos, el manejo de los animales debe cumplir un referencial relativo al número de días de pastoreo (120-150 año⁻¹), al tiempo de permanencia en el pasto (5-6 horas día⁻¹), carga máxima (2,5 vacas ha⁻¹ SAU) o al cumplimiento de normas de bienestar animal basadas en el estándar europeo.

La autenticidad y trazabilidad son cuestiones relevantes para conseguir una diferenciación de los productos con la que garantizar el reconocimiento y la aceptación de los precios por parte de los consumidores (Moloney *et al.*, 2014), siendo necesario disponer de métodos que permitan garantizar su origen o sistema de producción. Según diversos autores,

estos métodos pueden estar basados en la plasticidad de la composición de la leche como consecuencia de las variaciones de la dieta. Por ejemplo, según Ferlay *et al.* (2008), la presencia de pastos frescos en la dieta se denota por un incremento en la concentración de AG de tipo poliinsaturados, de cadena impar y de cadenas ramificadas, conjuntamente con un descenso en el contenido de AG saturados. Hasta el momento no existen métodos disponibles para la industria y la interprofesión española para verificar si una muestra de leche procede o no de vacas que consumen pastos frescos en base a su composición, siendo este aspecto de potencial interés para las industrias que comercializan leche de pastoreo.

A fin de añadir información a este respecto, en el presente trabajo se evaluó la posibilidad de predecir el origen alimentario de muestras de leche, relativo a la presencia o no de pastos frescos en la dieta de las vacas, a partir de la composición de los ácidos grasos de la leche.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizó información procedente de 45 explotaciones de leche gallegas, seleccionadas en función del grado de intensificación, representando los diferentes sistemas productivos existentes en la comunidad. Cada granja fue visitada en cinco ocasiones entre los meses de octubre de 2013 y septiembre de 2014, siendo obtenidos en cada visita datos de la composición de la dieta consumida por las vacas en lactación y tomándose muestras de los alimentos que componían la ración y de la leche de tanque siguiendo el protocolo del Laboratorio Interprofesional Gallego de Análisis de Leche (LIGAL), según se describe en Botana *et al.* (2018). La composición fisicoquímica de las muestras de leche (grasa, proteína, lactosa, extracto seco magro, urea y punto crioscópico) se determinó por espectroscopía FTMIR en el LIGAL y la composición en AG se realizó en el CIAM por cromatografía de gases (GC-FID) según se describe a continuación.

La extracción de la grasa de la leche se hizo siguiendo los estándares ISO 14156:2001/IDF 172 (2001) y fue seguida de la formación de los ésteres metílicos de los ácidos grasos (FAME), realizándose según la norma ISO 15884:2002/IDF 182 (2002). Posteriormente se analizaron los FAME por cromatografía de gases utilizando un equipo

con un detector de ionización de llama y una columna capilar BPX70 (120 m × 0,25 mm i.d., 0,25 µm de grosor de película). El programa de temperaturas del horno de la columna para la separación de los FAME se adaptó de la metodología descrita por Kramer *et al.* (2002), lo que permitió la resolución e identificación de los isómeros C18:1*t*6-*t*9, C18:1*t*10, C18:1*t*11, C18:1*t*12 y el CLAc9-*t*11 entre una serie de 45 AG en total. La cuantificación de los FAME se basó en el área del pico y el cálculo utilizando tres estándares internos: metil nonanoato (C9:0) y metil *cis*-10-heptadecenoato (C17:1*c*10) adquiridos por Sigma-Aldrich (Madrid, España) y metil *trans*-10, *cis*-12-octadecadienoato (CLAc12*t*10) adquirido por Matreya LLC (Pensilvania, EE.UU.) según el rango de concentración dentro del perfil de AG, además, el nonadecanoato de metilo (C19:0), adquirido por Sigma-Aldrich, se utilizó como subrogado. Mediante este método fue posible identificar y cuantificar un total de 45 AG individuales en las muestras de leche.

Se consideró que una muestra de leche era de pastoreo (grupo P) cuando en la dieta consumida por las vacas el día de la visita y anteriores había presencia de pastos frescos, independientemente de su proporción en la materia seca total de la ración, encuadrándose en el grupo de no pastoreo (NP) en caso contrario. De las 225 observaciones iniciales se obtuvo una matriz de 217 muestras con asignación a grupo P (n=86) o NP (n=131) y datos del perfil de AG de la leche.

El método utilizado para conocer la pertenencia a uno u otro grupo de las muestras de leche en base a su composición de AG fue el análisis discriminante, utilizando para ello el paquete estadístico SAS v 9.2 (SAS Institute, 2009). El análisis discriminante proporciona una función lineal de las variables que mejor separan las observaciones en los grupos predefinidos. Las variables de la función lineal clasificatoria (valores de AG individuales de las muestras de leche) se seleccionaron mediante regresión multivariante (PROC STEPDISC) y el método de cálculo del modelo discriminante se realizó utilizando el PROC DISCRIM asumiendo probabilidades iniciales equivalentes de pertenencia a los grupos y una matriz de varianza-covarianza uniforme. Finalmente, las probabilidades de clasificación correcta o incorrecta de las observaciones en los dos grupos P y NP se calcularon tanto en base a los resultados de aplicar la función clasificatoria construida con todas las observaciones a cada

una de ellas como mediante validación cruzada (opción CROSSVALIDATE de PROC DISCRIM), donde la clasificación de cada muestra se realiza aplicando una función discriminante construida con la exclusión de esa observación de la base de datos a fin de reducir el efecto de la colinealidad del modelo anterior.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan los valores medios de la composición de la ración, composición fisicoquímica de la leche y composición de AG más relevantes. La principal diferencia en cuanto a los ingredientes principales es la sustitución del pasto por un mayor consumo de ensilado de maíz (8,4 vs 28,1 %) y concentrados (26,6 vs 37,0 %) en las dietas NP.

Tabla 1. Valores medios de la composición media de la ración expresada en % de cada ingrediente sobre la ingesta de materia seca, composición fisicoquímica y composición de AG más relevantes, por presencia o no de pasto en la dieta.

DIETA	P		NP	p
	n	86		
Composición de la ración (%)				
Pasto fresco		32,9	0,0	***
Silo de hierba		24,7	27,4	NS
Silo de maíz		8,4	28,1	***
Forraje seco		7,3	7,2	NS
Concentrado		26,6	37,0	***
Aceite de lino		0,2	0,3	NS
Composición fisicoquímica (g Kg⁻¹ leche)				
Grasa		38,0	37,4	NS
Proteína		32,0	32,4	*
Lactosa		46,8	46,4	***
Extracto seco magro		86,7	87,6	***
Contenido en urea (mg L⁻¹ leche)				
Urea		205	231	***
Punto crioscópico (°C)				
FPD		-0,521	-0,522	*
Composición de AG (%AG totales)				
AG saturados		67,4	68,8	**
AG monoinsaturados		27,7	26,8	*
AG poliinsaturados		4,16	3,79	***
C18:1t11 (vaccénico)		1,66	1,07	***
CLA c9-t11		0,92	0,66	***
C18:3 n3 (alfa linolénico)		0,64	0,41	***

P: Dietas con pasto fresco; NP: Dietas sin pasto fresco; n: número de muestras; p: significación del test F en el ANOVA; *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001.

La composición fisicoquímica presenta diferencias significativas, pero numéricamente muy pequeñas. En cambio, la composición de AG, expresados en porcentaje sobre los AG

totales (AGT), presenta diferencias más relevantes, con un perfil más saturado las dietas NP (68,8 vs 67,4 % AGT) y mayor cantidad de AG poliinsaturados en las dietas P (4,16 vs 3,79 % AGT), destacando en particular para este grupo los valores más altos de vaccénico (1,66 vs 1,07 % AGT), CLA (0,92 vs 0,66 % AGT) y alfa linolénico (0,64 vs 0,41 % AGT).

En la Tabla 2 se indica el resultado de la selección de los AG con mayor poder discriminante para la asignación a los grupos P y NP en la regresión paso a paso, siendo elegidos seis (C18:3n3, C18:1c12, C18:0, C14:0iso, C18:2tn6 y C20:0) de los 45 proporcionados por el cromatograma de las muestras de leche.

Tabla 2. Ácidos grasos con mayor poder discriminante para la presencia o no de pasto fresco en la dieta.

Paso	Variable	R ² Parcial	F Value	Pr > F
1	C18:3n3	0,26	76,5	<,0001
2	C18:1c12	0,21	56,8	<,0001
3	C18:0	0,12	29,2	<,0001
4	C14:0iso	0,02	4,4	0,0381
5	C18:2tn6	0,03	5,8	0,0166
6	C20:0	0,02	5,4	0,0215

En la Tabla 3 se muestran las funciones discriminantes construidas en base a los AG seleccionados previamente. Se considera que el origen alimentario de una muestra de leche con una composición de AG determinada es la dieta (P o NP) para la cual la función discriminante muestre el mayor valor absoluto.

Tabla 3. Funciones discriminantes para la presencia o no de pasto fresco en la dieta calculadas con todas las observaciones

	P (con pasto)	NP (sin pasto)
Constante	-38,0	-30,1
C18:3n3	18,2	10,0
C18:1c12	-7,7	11,9
C18:0	7,0	6,2
C18:2tn6	-111,9	-149,7
C14:0iso	78,6	120,8
C20:0	-3,2	-20,7

La potencialidad de discriminación de la composición de AG de la leche para decidir si una muestra procede o no de una dieta con pastos frescos se muestra en la Tabla 4, donde el porcentaje de aciertos en la asignación llegó al 89,5 % en las dietas P y al 86,2% en las NP

cuando se aplican las funciones discriminantes construidas con todas las observaciones, mientras que cuando se realiza el proceso de validación cruzada se mantiene el porcentaje de aciertos para las dietas de pastoreo (89,5 %) y se reduce ligeramente (84,7 %) para el grupo de dietas sin pasto .

Tabla 4. Número de observaciones correctamente asignadas (y porcentaje de asignación correcta) resultado de aplicar la función clasificatoria obtenida con todas las observaciones o mediante el proceso de validación cruzada para la presencia de pasto en la dieta.

Grupo inicial	Grupo asignado por la función clasificatoria		Total
	P (con pasto)	NP (sin pasto)	
<i>a) Función clasificatoria con todas las observaciones</i>			
P (con pasto)	77 (89,5 %)	9 (10,5 %)	86 (100%)
NP (sin pasto)	18 (13,7 %)	113 (86,3 %)	131 (100%)
<i>b) Función clasificatoria de validación cruzada</i>			
P (con pasto)	77 (89,5 %)	9 (10,5 %)	86 (100%)
NP (sin pasto)	20 (15,3 %)	111 (84,7 %)	131 (100%)

Estos resultados pueden considerarse prometedores, teniendo en cuenta la naturaleza compleja de las raciones y las posibles imprecisiones cometidas en la definición de su composición, en particular en las observaciones realizadas en las explotaciones. Sería aconsejable incorporar más observaciones que recogiesen la mayor variabilidad posible existente en las explotaciones lecheras, así como extender la evaluación a otras moléculas presentes en los pastos que pueden ser transferidas a la leche, como podría ser el caso de los antioxidantes liposolubles (carotenos, xantofilas y tocoferoles) o compuestos aromáticos (terpenos), capaces de actuar como trazadores o biomarcadores del origen alimentario de la leche. Sin embargo, el alto coste y el tiempo requerido en la realización de los análisis por métodos de referencia ponen un interrogante sobre la adecuación de estos métodos en las rutinas analíticas de los laboratorios de servicio y de la interprofesión.

CONCLUSIONES

Las ecuaciones discriminantes basadas en el perfil de ácidos grasos de las muestras de leche permiten discriminar de forma prometedora, próxima al 90 % de aciertos, si los pastos frescos forman parte de la dieta de procedencia. Los resultados deben ser mejorados

ampliando las colecciones de calibración y/o incluyendo nuevos predictores con capacidad de ser incluidos del pasto a la leche.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por los proyectos RTA2012-00065-05-02 y FEADER 2016/59B. Adrián Botana Fernández es beneficiario de un contrato predoctoral FPI-INIA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Botana A., González L., Pereira-Crespo S., Resch C., Lorenzana R., Veiga M. y Flores-Calvete G. (2018) Identificación de dietas típicas y relación dieta-composición de la leche de vaca en explotaciones gallegas. En: (Enviado a la 57ª Reunión Científica de la Sociedad Española de Pastos) *Conectando tradición e innovación. Pastoralismo y vías pecuarias*. Teruel, España: SEP.
- Elgersma A. (2015) Grazing increases the unsaturated fatty acid concentration of milk from grass-fed cows: A review of the contributing factors, challenges and future perspectives. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117, 1345-1369.
- Ferlay A., Agabriel C., Sibra C., Journal C., Martin B. y Chilliard Y. (2008) Tanker milk variability in fatty acids according to farm feeding and husbandry practices in a French semi-mountain area. *Dairy Science and Technology*, 88, 193-215.
- Huyghe C., De Vliegher A., van Gils B. y Peeters A. (2014) *Grasslands and herbivore production in Europe and effects of common policies*. Paris, Francia: Quae Éditions.
- Isselstein J., Jeangros B. y Pavlů V. (2005) Agronomic aspects of biodiversity targeted management of temperate grasslands in Europe - A review. *Agronomy Research*, 3, 139-151.
- Kramer J.K.G., Blackadar C.B. y Zhou J. (2002) Evaluation of Two GC Columns (60-m SUPELCOWAX 10 and 100-m CP Sil 88) for Analysis of Milkfat with Emphasis on CLA, 18:1, 18:2 and 18:3 Isomers, and Short- and Long-Chain FA. *Lipids*, 37, 823-835.
- Luykx D.M.A.M. y van Ruth S.M. (2008) An overview of analytical methods for determining the geographical origin of food products. *Food Chemistry*, 107, 897-911.
- Moloney A.P., Monahan F.J. y Schmidt O. (2014) Quality and authenticity of grassland products. *Grassland Science in Europe*, 19, 509-520.
- ISO (2001) *Milk and milk products - Extraction methods for lipids and liposoluble compounds*. ISO 14156:2001/IDF 172. Ginebra, Suiza: International Organization for Standardization.
- ISO (2002) *Milk fat - Preparation of fatty acid methyl esters*. ISO 15884:2002/IDF 182. Ginebra, Suiza: International Organization for Standardization.
- Rice B.H., Quann E.E. y Miller G.D. (2013) Meeting and exceeding dairy recommendations: effects of dairy consumption on nutrient intakes and risk of chronic disease. *Nutrition Reviews* 71(4), 209-223.
- SAS INSTITUTE (2009) *SAS/Stat User's Guide*, v.9.2. Cary, NC, EE.UU.: SAS Institute Inc.

Weinrich R., Kühl S., Zühlsdorf A. y Spiller A. (2014) Consumer attitudes in Germany towards different dairy housing systems and their implications for the marketing of pasture raised milk. *International Food and Agribusiness Management Review* 17, 205-222.

A CONTRIBUTION TO THE AUTHENTICATION OF COWS' PASTURE MILK SAMPLES FROM ITS FATTY ACIDS COMPOSITION

Summary

In this study it was evaluated the ability of fatty acid (FA) profile of cows' milk samples to correctly trace its alimentary origin (pasture vs. non-pasture cows' diets). A database of 217 bulk tank milk samples, taken from 45 Galician dairy farms in 5 consecutive visits in years 2012 and 2013, was used with this purpose. The AG profile of milk samples was analyzed by gas chromatography and the total sample set was divided in two groups, based on the presence (P, n=86) or not (NP, n=131) of fresh pasture in the cows' diet. Following an stepwise discriminant analysis, six milk FA (C18:3n3, C18:1c12, C18:0, C18:2tn6; C14:0iso and C20:0) were selected out of the total of 45 AG identified in the chromatogram, as the variables that 'best' separate the observations into the two predefined groups. The classificatory functions built by a crossvalidation procedure based on the selected FA, allowed a correct allocation of 89,5 % of milk samples from P group and of 84,7% from NP group. Although promising, the results must be improved by increasing the variability of the existing database with new milk samples and/or including new predictors of feed origin.

Keywords: discriminant analysis, fat profile, dietary origin, pasture milk

PREDICCIÓN DEL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS Y AUTENTIFICACIÓN DEL ORIGEN ALIMENTARIO DE LA LECHE DE VACA MEDIANTE NIRS

S. Pereira-Crespo¹, L. González², A. Botana², M. Veiga², C. Resch², R. Lorenzana¹, N. Núñez-Sánchez³, G. Flores-Calvete²

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

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

³Departamento de Producción Animal, Campus de Rabanales, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba.
Correspondencia: soniapereira@ciam.gal

Resumen

Se estudia en el presente trabajo la capacidad predictiva de la espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS) para la estimación de la composición de ácidos grasos (AG) y la autentificación del origen alimentario (pastoreo vs. no pastoreo) de muestras de leche de vaca. Se realizaron cinco visitas a 45 explotaciones gallegas con diferente grado de intensificación, en las que se tomaron datos de la composición de la ración consumida por las vacas en lactación, así como muestras de la leche del tanque para determinar su composición. Las muestras de leche fueron divididas en dos grupos, un grupo de pastoreo (P, n=86) y otro de no pastoreo (NP, n=131). La recogida de datos espectrales de las muestras de leche se realizó mediante el método DESIR y la determinación de AG por cromatografía de gases (CG-FID). La capacidad predictiva de las calibraciones fue buena ($0,90 > r^2 > 0,70$) para los ácidos grasos C20:5n3, C18:1c9n9 y C16:0, y los grupos de AG saturados, AG monoinsaturados y AG monoinsaturados cis. La capacidad de discriminar si una muestra de leche procede o no de una dieta con o sin pasto fresco obtenida en este trabajo, expresada como el porcentaje de observaciones correctamente asignadas, fue del 84,1 % para dietas con pasto y del 87,5 % para dietas sin pasto.

Palabras clave: perfil lipídico de la leche, pasto, espectroscopía de infrarrojo cercano.

INTRODUCCIÓN

La leche es un producto muy valioso en la dieta humana, siendo muy apreciada por el consumidor, debido a su alto valor nutritivo. Se trata de un alimento que, además de aportar macro y micronutrientes, vitaminas y minerales, contiene también compuestos bioactivos que son de interés funcional para la salud de los consumidores (Lucas *et al.*, 2008). Existen evidencias científicas acerca de que el consumo de lácteos ejerce una influencia positiva a largo plazo sobre la salud humana (Bauman y Lock, 2014), por lo que en la actualidad existe un renovado interés acerca del estudio de las relaciones entre la

dieta y la composición de la leche. La grasa de la leche contiene ácidos grasos considerados esenciales como los omega-3 y omega-6 y particularmente el ácido linoleico conjugado (CLA), específico de la leche y de la carne de los rumiantes (Chilliard *et al.*, 2001), al que se le atribuyen propiedades antiaterogénicas, anticarcinogénicas y anticolesterolémicas, entre otras (Williams, 2000).

Resultados obtenidos en el CIAM en los últimos años (Flores *et al.* 2014, Botana *et al.*, 2018a) indican que la leche de vacas que pastorean presenta un claro incremento en omega-3, CLA, ácidos grasos poliinsaturados totales, monoinsaturados y un descenso en saturados comparadas con las alimentadas con ensilado de maíz y hierba como base forrajera y un nivel más alto de concentrados. Estas ventajas hacen a la leche de pasto un producto que puede tener un importante nicho de mercado para un sector de consumidores preocupados por hábitos alimenticios más saludables. Al mismo tiempo, los consumidores podrían tener una percepción diferente y estar dispuestos a pagar más por la leche obtenida en sistemas de producción animal que cumplen determinados requisitos ambientales, sociales y de bienestar animal, como los sistemas de pastoreo. Este diferencial repercutiría fundamentalmente en los productores, ya que el valor añadido se produciría en la propia explotación.

Para garantizar la autenticidad de los productos certificados es necesario disponer de métodos que permitan trazar adecuadamente su origen o su forma de producción. Los métodos analíticos de referencia para la determinación del perfil graso son laboriosos y caros, siendo de interés disponer de métodos alternativos rápidos, sencillos y poco costosos para ser utilizados rutinariamente en los laboratorios de servicio. Diversos estudios demuestran la utilidad de las técnicas basadas en la espectroscopía de infrarrojos de muestras de leche, tanto para la predicción del perfil de ácidos grasos (Coppa *et al.*, 2014), como para la discriminación directa de la dieta de procedencia de muestras de leche de diferente origen (Coppa *et al.*, 2012). Por tanto, desde el punto de vista tecnológico sería posible, una vez desarrollados los estudios pertinentes, tener la base para incorporar nuevos parámetros en los procedimientos de pago por calidad una vez lograda su

implementación en los laboratorios oficiales de control para el análisis de rutina (Abbas *et al.*, 2017).

El objetivo del presente trabajo es evaluar la capacidad de la tecnología NIRS para estimar la composición en ácidos grasos de la leche y para asignar correctamente el origen alimentario (pastoreo vs. no pastoreo) de muestras de leche de tanque procedentes de explotaciones lecheras de Galicia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para el desarrollo de este trabajo, se muestrearon 45 explotaciones ganaderas gallegas con diferente grado de intensificación que representan los diferentes modelos productivos de Galicia. Entre octubre de 2013 y septiembre de 2014 se realizaron 5 visitas a dichas explotaciones con la finalidad de determinar la composición de la dieta de las vacas en producción, tomándose muestras de los ingredientes de la ración así como de la leche de tanque de refrigeración, obtenida desde la apertura superior del tanque y tras varios minutos de agitación para garantizar una muestra homogénea.

En cada visita se tomaron 4 muestras de leche de tanque por explotación, que se transportaron refrigeradas a 4 °C al laboratorio. Una de las muestras se envió al LIGAL para análisis fisicoquímico y el resto se congeló a -18 °C hasta su análisis para la determinación de AG mediante cromatografía de gases (Botana *et al.*, 2018a) y recogida de espectros NIRS.

Una vez descongeladas las muestras, se atemperaron durante 30 minutos, se mantuvieron posteriormente en un baño de agua a 35 °C durante 20 minutos y se agitaron suavemente a temperatura ambiente durante otros 5 minutos. De todas las muestras recogidas en las 225 visitas se obtuvieron 217 observaciones válidas con datos de la composición de la ración y el perfil lipídico de la leche, de las cuales se descartaron 10 muestras para el análisis NIRS debido a la formación de grumos durante la agitación. El análisis NIRS de las muestras (n=207) se realizó según el método denominado *Dry Extract System for Infrared Reflectance* (DESIR) desarrollado por Meurens *et al.* (1987) para productos líquidos, utilizando la metodología descrita por Núñez-Sánchez *et al.* (2008) para

muestras de leche. La información espectral de las muestras se obtuvo en un espectrofotómetro monocromador Foss NIRSystem 6500 (Foss NIRSystem, Silver Spring, Washington, USA), situado en una sala con temperatura controlada (24 ± 1 °C) y provisto de módulo de giro que realiza medidas de reflectancia (R) en la región espectral comprendida entre 400 y 2500 nm, a intervalos de 2 nm. Los datos de absorbancia son expresados como $\text{Log}(1/R)$. La recogida de datos espectrales y el análisis quimiométrico de los datos se llevó a cabo mediante el programa WinISI II v.1.5 (Infrasoft International, Port Matilda, PA, USA, 2000). Mediante el algoritmo CENTER (Shenk y Westerhaus, 1991), se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA), siendo identificados como muestras atípicas aquellas con valores $\text{GH} > 3$ (*outliers* espectrales). Se aplicó a los datos espectrales el tratamiento SNV-Detrend (Barnes *et al.*, 1989), siendo desarrolladas las calibraciones por regresión de mínimos cuadrados parciales modificada (MPLS, Martens y Naes, 1987) entre los datos espectrales y la composición de AG, incluyendo cuatro grupos de validación cruzada para prevenir el sobreajuste, que fueron secuencialmente utilizados para efectuar la validación de las ecuaciones generadas.

Para la clasificación entre leche procedente de animales cuyas dietas incluían o no pastos frescos en su composición (P y NP, respectivamente), se realizó un análisis discriminante por regresión de mínimos cuadrados parciales (PLS) entre los datos espectrales y la variable discreta de pertenencia o no de cada muestra de leche a uno de los dos grupos P o NP. Se asignó el valor 1 a las muestras pertenecientes al grupo P, y el valor 2 a las del grupo NP. Se consideraron correctamente clasificadas en el grupo P las muestras de ese grupo con valores predichos inferiores a 1,5, y correctamente clasificadas en el grupo NP las pertenecientes a ese grupo con valor predicho por encima de 1,5 (Naes *et al.*, 2002).

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).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra el rango, la media y la desviación estándar del perfil de ácidos grasos de la leche del colectivo de calibración y los estadísticos que describen la calidad de las ecuaciones de predicción obtenidas. La composición de la leche en ácidos grasos mostró una elevada variabilidad debido a los diferentes sistemas de alimentación empleados en el conjunto de las explotaciones ganaderas muestreadas.

Tabla 1. Rango, media y desviación estándar del grupo de calibración y estadísticos de la ecuación de calibración desarrollada para la predicción del perfil de ácidos grasos de la leche de vaca.

AG de la leche (%AGT)	n	Media	SD	Mínimo	Máximo	SEC	R ²	SECV	r ²
C10:0	196	3,16	0,39	2,08	4,10	0,18	0,78	0,25	0,58
C12:0	201	3,61	0,50	2,28	4,85	0,24	0,76	0,33	0,57
C14:0	195	11,83	0,93	9,02	14,40	0,46	0,74	0,55	0,63
C16:0	179	29,81	2,86	23,34	36,43	1,10	0,85	1,36	0,77
C18:0	188	8,94	1,15	5,81	12,13	0,62	0,71	0,75	0,56
C18:1t6:t9	191	0,54	0,16	0,22	1,07	0,08	0,71	0,10	0,56
C18:1t11	191	1,27	0,58	0,40	2,84	0,29	0,74	0,37	0,61
C18:1t12	193	0,21	0,11	0,02	0,54	0,05	0,76	0,07	0,61
C18:1c9n9	192	20,78	2,17	15,86	26,57	0,82	0,86	0,99	0,79
CLAc9t11	192	0,74	0,29	0,30	1,47	0,16	0,69	0,20	0,50
C20:3n6	184	0,01	0,02	0,00	0,09	0,00	0,91	0,01	0,68
C20:5n3	178	0,01	0,02	0,00	0,09	0,00	0,96	0,01	0,86
Grupos de AG más relevantes (%AGT)									
Saturados	195	68,16	3,14	60,39	75,19	0,90	0,92	1,13	0,87
Monoinsaturados	200	27,14	2,78	20,89	33,40	1,11	0,84	1,24	0,80
Monoinsaturados cis	198	24,61	2,21	19,85	30,08	0,75	0,88	1,08	0,76
Monoinsaturados trans	196	2,44	0,86	0,79	4,88	0,44	0,73	0,48	0,66
Poliinsaturados	187	3,84	0,56	2,83	5,63	0,30	0,71	0,39	0,54

Los resultados para los ácidos grasos individuales identificados por cromatografía de gases en los cuales se obtuvo una insuficiente capacidad predictiva ($r^2 < 0,50$) no se muestran en la tabla; n: número de muestras del conjunto de calibración tras la detección y eliminación de outliers o muestras atípicas; SEC: error estándar de calibración; R²: coeficiente de determinación de calibración; SECV: error estándar de validación cruzada; r²: coeficiente de determinación de validación cruzada

Los coeficientes de determinación en el proceso de validación cruzada (r^2) ofrecen información sobre la calidad de la calibración. Para este estadístico, según el criterio indicado por Shenk y Whesterhaus (1996), se definen tres niveles de precisión de los modelos de predicción obtenidos, con valores de r^2 superiores a 0,90, poseen una excelente capacidad de predicción y para valores de r^2 entre 0,89 y 0,70 la calibración puede considerarse buena, permitiendo una buena predicción cuantitativa, mientras que aquellas calibraciones con valores de r^2 entre 0,69 y 0,50, el modelo obtenido permitiría sólo una adecuada discriminación entre valores altos, medios y bajos. La Tabla 1 muestra los

resultados para los AG individuales con valores de $r^2 > 0,50$. Para los ácidos grasos C20:5n3 ($r^2=0,86$), C18:1c9n9 ($r^2=0,79$) y C16:0 ($r^2=0,77$), y los grupos de AG saturados ($r^2=0,87$), AG monoinsaturados ($r^2=0,80$) y AG monoinsaturados cis ($r^2=0,76$), la precisión de la estimación puede considerarse buena, mientras que para C10:0, C12:0, C14:0, C18:0, C18:1t6:t9, C18:1t11, C18:1t12, CLAc9t11 e C20:3n6 y los grupos de AG monoinsaturados trans y AG poliinsaturados, los modelos obtenidos mostraron valores de r^2 entre 0,68 y 0,50.

Los resultados obtenidos en este trabajo son similares a los obtenidos por Núñez-Sánchez *et al.* (2016) con leche de cabra obtenida en explotaciones comerciales. Sin embargo, los modelos poseen una menor robustez en comparación con un trabajo similar realizado en Italia (Coppa *et al.*, 2014), posiblemente debido al mayor rango de variación de los ácidos grasos en la población de calibración, atribuido a que estaban representadas una gran variabilidad de dietas, diferentes razas de vacuno lechero y un rango de producción de leche (3,5-40,5 kg/día) muy superior al del presente trabajo (16,0-41,0 kg/día). Andueza *et al.* (2013) utilizaron también la misma metodología NIRS con muestras de leche de cabra que presentaban un mayor rango de variación de los ácidos grasos, debido a que muchas de las muestras de leche procedían de ensayos de alimentación controlada, con dietas que fueron suplementadas con aceites de origen vegetal y marino. Por lo tanto, los resultados obtenidos ponen de manifiesto la necesidad de incrementar el tamaño de la población de calibración, incorporando más muestras de leche que incrementen la variabilidad para mejorar la robustez de los modelos de predicción obtenidos.

La Tabla 2 muestra la capacidad de la tecnología NIRS de discriminar la procedencia de las muestras de leche de dietas que incluyen o no pastos frescos, donde puede observarse que el porcentaje de observaciones correctamente asignadas ascendió a 84,1 % para dietas con pasto y a 87,5 % para dietas sin pasto.

Tabla 2. Número y porcentaje de observaciones correctamente asignadas a cada dieta en el proceso de validación cruzada.

Grupo original (n=194) ¹	Grupo asignado	
	(P) Pasto	(NP) No Pasto
(P) Pasto (n=82)	69 (84,1%)	13 (15,9%)
(NP) No Pasto (n=112)	14 (12,5%)	98 (87,5%)

¹n: número de muestras del conjunto de calibración tras la detección y eliminación de outliers

En un trabajo realizado por Coppa *et al.* (2012) con muestras de leche de tanque procedentes de 172 explotaciones lecheras de Francia y del noroeste de Italia, en el cual evaluaron el potencial del NIRS para discriminar entre dietas sin pasto fresco respecto dietas con la presencia de pasto fresco en la ración mayor al 30%, dichos autores observaron un 96,4 y 97,5 % de observaciones correctamente asignadas en el proceso de validación cruzada para dietas con al menos un 30% y 70% de pasto, respectivamente. La menor robustez de los resultados de este trabajo se puede atribuir al menor número de muestras y a la menor variabilidad, y también puede estar relacionado con la presencia de muestras procedentes de dietas con un porcentaje de pasto en la ración menor al 30% (n=46).

Debe ser destacado que cuando se comparan los resultados obtenidos mediante análisis de muestras de leche mediante NIRS con los indicados por Botana *et al.* (2018b) para análisis discriminante basado en el perfil de ácidos grasos de las muestras determinado mediante cromatografía, el grado de error en la adscripción de la muestra de leche a una u otra dieta (P vs. NP) es del mismo rango para ambos métodos, lo que demuestra la utilidad del método NIRS con este propósito.

CONCLUSIONES

La tecnología NIRS es una herramienta útil y apropiada para la predicción cuantitativa del contenido de los ácidos grasos individuales: C16:0, C18:1c9n9 e C20:5n3, y los grupos de AG saturados, AG monoinsaturados y AG monoinsaturados cis. Los ácidos grasos individuales C10:0, C:12, C14:0, C18:0, C18:1t6:t9, C18:1t11, C18:1t12, CLAc9t11 e C20:3n6, y los grupos de AG monoinsaturados trans y AG poliinsaturados pueden ser estimados para

propósitos de “screening”. La información espectral de la leche permite discriminar con un 84,1% y 87,5% de aciertos, la presencia o ausencia de pastos en la dieta, respectivamente.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por los proyectos FEADER 2015/41 de la Xunta de Galicia y RTA2014-0086-C03-03 del INIA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas O., Zadavec M., Baeten V., Mikuš T., Lešić T., Vulić A., Prpić J., Jemeršić L. y Pleadin J. (2017) Analytical methods used for the authentication of food of animal. *Food Chemistry*, 246, 6-17.
- Andueza D., Rouel J., Chilliard Y., Leroux C. y Ferlay A. (2014) Prediction of the goat milk fatty acids by near infrared reflectance spectroscopy. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 115, 612-620.
- 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.
- Bauman D. y Lock A. (2014) Milk fat and human health: opportunities and challenges. *Revista Argentina de Producción Animal*, 34 (2), 6-11.
- Botana A., González L., Pereira-Crespo S., Resch C., Lorenzana R., Veiga M. y Flores-Calvete G. (2018a) Identificación de dietas típicas y relación dieta-composición de la leche de vaca en explotaciones gallegas. En: 57^º Reunión Científica de la Sociedad Española de Pastos. *Conectando tradición e innovación. Pastoralismo y vías pecuarias*. Teruel, España: SEP.
- Botana A., González L., Pereira-Crespo S., Resch C., Lorenzana R., Veiga M. y Flores-Calvete G. (2018b) Contribución a la identificación de muestras de leche de vacas en pastoreo a partir de su composición de ácidos grasos. En: 57^º Reunión Científica de la Sociedad Española de Pastos. *Conectando tradición e innovación. Pastoralismo y vías pecuarias*. Teruel, España: SEP.
- Chilliard Y., Ferlay A. y Doreau M. (2001) Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livestock Production Science*, 70, 31-48.
- Coppa M., Martin B., Agabriel C., Chassaing C., Sibra C., Constant I., Graulet B. y Andueza B. (2012) Authentication of cow feeding and geographic origin on milk using visible and near-infrared spectroscopy. *Journal of Dairy Science*, 95, 5544-5551.
- Coppa M., Revello-Chion A., Giaccone D., Ferlay A., Tabacco E. y Borreani G. (2014) Comparison of near and medium infrared spectroscopy to predict fatty acid composition on fresh and thawed milk. *Food Chemistry*, 150, 49-57.
- Flores G., Resch C., Dagnac T., Fernández-Lorenzo B., Pereira-Crespo S., Valladares J., Agruña M.J., Rodríguez L., Aguión A., Veiga M. y Rodríguez-Diz X. (2014) Efecto da

utilización de leguminosas pratenses consumidas en fresco ou ensiladas sobre a produción e calidade do leite de vacún. *AFRIGA*, 112, 100-113.

Lucas A., Coulon J. B., Grolier P., Martin B. y Rock E. (2005) Nutritional quality of dairy products and human health. En: Hocquette J. H. y Gigli S. (eds). Indicators of milk and beef quality. *EAAP publication* nº 112, pp. 163-178. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Academic Publ.

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.

Meurens M., Eydne O.V.D. y Vanbelle, M. (1987) Fine Analysis of Liquids by NIR Reflectance Spectroscopy of Dry Extract on Solid Support (DESIR). En: Hollow J. *et al.* (eds.) *Near-infrared Diffuse Reflectance/Transmittance Spectroscopy: Proceedings of the International NIR/NIT Conference*, pp. 297-302. Budapest, Hungría.

Naes T., Isaksson T., Fearn T. y Davies A. (2002) A user-friendly guide to Multivariate Calibration and Classification. NIR Publications, Chichester, UK.

Núñez-Sánchez N. Serradilla J.M., Ares J.L. y Garrido-Varo A. (2008) Effect of moisture uptake on the repeatability of Near Infrared Spectroscopy analyses of ewe milk using the DESIR method. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 16, 381-388.

Núñez-Sánchez N., Martínez-Marín A.L., Polvillo O., Fernández-Cabanás V.M., Carrizosa J., Urrutia B. y Serradilla J.M. (2016) Near Infrared Spectroscopy (NIRS) for the determination of the milk fat fatty acid profile of goats. *Food Chemistry*, 190, 244-252.

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, Reino Unido.

Williams C. (2000) Dietary fatty acids and human health. *Annales de zootechnie*, 49, 165-180.

PREDICTION OF FATTY ACIDS AND AUTHENTICATION OF COW FEEDING SYSTEMS ON MILK USING NIRS

Summary

It is studied in the present work the predictive ability of Near Infrared Spectroscopy (NIRS) for the estimation of fatty acids (FA) composition and authentication of cow feeding systems (pasture vs. non-pasture) on tank bulk milk. Data were obtained from 45 Galician dairy farms with different degree of productive intensification which were visited 5 times from October 2013 to September 2014. In each visit the lactating cows' diet composition was recorded and tank bulk milk was sampled, which were divided into two groups, based on the presence (P, n=86) or not (NP, n=131) of fresh pasture in the cows' diet. Milk samples NIRS spectra was

recorded after being oven-dried by DESIR method. The predictive ability of calibrations was good ($0.90 > r^2 > 0.70$) for fatty acids C20:5n3, C18:1c9n9 and C16:0, and FA groups Saturated, Monounsaturated and Monounsaturated *cis*. Discriminant analysis by NIRS correctly classified 84.1% and 87.5% of samples, respectively for the pasture and non-pasture diet groups. These findings confirm that NIRS may provide valuable information of AG profile and pasture or non-pasture diet origin of milk samples.

Key words: milk fatty acids profile, *pasture*, *near infrared spectroscopy*.

CARACTERIZACION DE LA ALIMENTACION DE LOS REBAÑOS DE OVINO LECHERO DE LA CAPV ADSCRITOS A LA DOP IDIAZABAL: RESULTADOS PRELIMINARES

Mandaluniz, N.^{1*}, Goiri, I.¹, Arranz, J.¹, Molina, M.², García-Rodríguez, A.¹, Ruiz R.¹.

¹ NEIKER-Tecnalia, Apdo. 46, 01080 Vitoria-Gasteiz;

² Consejo Regulador DOP Idiazabal, Granja Modelo de Arkaute, 01192 Vitoria-Gasteiz

*nmandaluniz@neiker.eus

Resumen

La publicación del Reglamento Delegado (UE) Nº 664/2014 de la Comisión, en lo que se refiere al establecimiento de los símbolos de la Unión para las denominaciones de origen protegidas (DOP), indica que la mayor parte de las materias primas que constituyen la alimentación de los animales deberán proceder íntegramente de la zona geográfica delimitada. Bajo este marco de trabajo, la presente comunicación tiene como objetivo estimar el porcentaje anual total de los aportes en base a materia seca ingerida (MSI), energía (E) y proteína (P) de alimentos o materias primas locales (pastoreo, forrajes, alimentos concentrados, etc.) de los rebaños adscritos a la DOP Idiazabal.

Para ello se realizaron encuestas a una serie de rebaños representativos de la DOP, donde se recogió información sobre datos generales del rebaño, base territorial, ciclo productivo, alimentos empleados (cantidad y calidad) así como el manejo del pastoreo.

En base a los resultados obtenidos se concluye que la alimentación local representa la mayor parte de la ingestión de alimentos en base a MSI, E y P (81%, 78% y 75%, respectivamente), con lo cual cumplen con el Reglamento Delegado (UE) Nº 664/2014. Además, de todos los recursos locales, se observa que el pastoreo representa más del 50% de la ingestión anual, poniendo de manifiesto la estrecha relación de los rebaños adscritos a la DOP Idiazabal con el medio natural.

Palabras clave: alimentación local y foránea, DOP Idiazabal, ovino lechero, Reglamento Delegado (UE) Nº 664/2014, sistema de producción.

INTRODUCCIÓN

El sistema de producción de la raza Latxa se caracteriza por su estrecha relación con el medio natural, en particular a través del pastoreo, que tradicionalmente ha sido el componente principal de la dieta. Este sistema está orientado hacia la elaboración de queso bajo la denominación de origen protegida Queso Idiazabal, que ampara el queso elaborado en explotaciones ubicadas en la CAPV y Navarra. En el Reglamento Delegado (UE) Nº 664/2014 de la Comisión, que completa el Reglamento (UE) nº 1151/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que se refiere al establecimiento de los símbolos de la Unión

para las denominaciones de origen protegidas (DOP), las indicaciones geográficas protegidas y las especialidades tradicionales garantizadas, se indica que *“... todas las materias primas que constituyen la alimentación de los animales deberán proceder íntegramente de la zona geográfica delimitada. En la medida en que la procedencia total de la zona geográfica definida no sea técnicamente posible, los piensos procedentes de fuera de la zona geográfica delimitada no rebasarán, en ningún caso, el 50 % de la materia seca sobre una base anual”*. Bajo este marco de trabajo, la presente comunicación tiene como objetivo estimar el porcentaje anual total de los aportes en base a materia seca ingerida (MSI), energía (E) y proteína (P) de alimentos o materias primas locales (pastoreo, forrajes, alimentos concentrados, etc.).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se seleccionaron una serie de rebaños representativos de la DOP, en base a localización geográfica, participación o no en programas de gestión, orientación productiva lechera/quesera, utilización de recursos naturales, etc. En total se monitorizaron 63 explotaciones, distribuidas por toda la geografía de la CAPV. La recogida de información se realizó con encuestas semiestructuradas que se completaron con visitas realizadas por dos técnicos a lo largo del año 2017. En las encuestas se recogió información sobre datos generales del rebaño, base territorial, censo y lotes de animales, ciclo productivo, producción lechera mensual, su composición en grasa y proteína, etc. Por otro lado se recopiló el listado de alimentos empleados en las distintas fases del ciclo productivo y los consumos respectivos: disponibilidad en cantidades producidas o compradas así como su calidad, en el caso de que hubiera análisis disponibles. Finalmente, se recogió información sobre el manejo del pastoreo y periodos y grupos de animales en valle y monte.

Con toda la información se realizó un cálculo de necesidades en MSI, E y P a lo largo del ciclo productivo utilizando las ecuaciones descritas por Hassoun y Bocquier (2007) para el cálculo de necesidades de ovejas lecheras, las ecuaciones descritas por el AFRC (1995) y el CSIRO (1990) para el cálculo de las necesidades de desplazamiento, mientras que para la estima de los desplazamientos en monte se tomó como referencia el trabajo de Marijuan

(1996). Las cantidades de alimentos ofertados se recogieron en la encuesta y las cantidades de pasto ingerido se estimaron teniendo en cuenta las necesidades calculadas con el programa INRATION (versión 4.0) para los meses de lactación y utilizando como referencia las tablas y ecuaciones descritas por Hassoun y Bocquier (2007) para el resto de los meses.

Posteriormente para cada una de las explotaciones encuestadas se calculó el porcentaje anual total que representan las materias primas producidas en el entorno geográfico de la DOP Idiazábal en cuanto a MSI, E y P.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a limitaciones de tiempo en la digitalización de la información de todas las encuestas, en el presente trabajo se presentan los resultados de una muestra representativa de las tres provincias, que corresponden al 36% de las 60 encuestas realizadas. En la Tabla 1 se puede ver una caracterización general de los rebaños encuestados. El tamaño medio de los rebaños fue de 273 ovejas adultas, el 57 % de los rebaños presentaron partos de invierno (enero- marzo) y el resto fueron partos de finales de otoño-inicios de invierno (noviembre-diciembre). Los niveles de producción de los rebaños presentaron un rango amplio de variación y la orientación productiva principal fue lechera (68%).

Respecto a los recursos naturales, la disponibilidad de tierra media de cada rebaño es de 63,21 ha, superior a otros trabajos consultados. Esto puede ser debido a que en esta superficie se tiene en cuenta el aprovechamiento del monte, que se trata de una práctica habitual (74% de los rebaños encuestados) durante 4-5 meses al año como alimentación exclusiva del rebaño.

En el caso de los forrajes, los rebaños combinan un promedio de $2,04 \pm 0,97$ tipos de forrajes a lo largo del ciclo productivo. Como se observa en la Tabla 2, el heno de hierba es el forraje más empleado. Estos resultados coinciden con los de Pineda-Quiroga (2013) en el que incide en la importancia del heno de hierba como forraje utilizado en la mayoría de los rebaños en las raciones preparto e inicio de lactación. Por otro lado, de todos los forrajes empleados, el heno y silo de hierba se producen 100% en la propia explotación,

seguido del 80% del heno de veza que se produce o bien en la propia explotación o proviene de la zona geográfica definida en la DOP. Esto pone de manifiesto la estrecha relación entre la alimentación de los rebaños y los recursos naturales propios o locales, así como la gran superficie de tierra gestionada. Este tipo de producción asegura la generación de externalidades positivas del ovino lechero bajo la DOP Idiazabal, como el mantenimiento del medio natural/paisaje rural tanto en valle como en montaña, la fijación de población activa en el medio rural, o la custodia de una cultura milenaria.

Centrándonos en el periodo de ordeño y elaboración de queso, los forrajes principales utilizados son el heno de hierba (73% de las explotaciones, 32% del total de kg consumidos), el heno de alfalfa (36% de las explotaciones; 21% del total de kg), el heno de veza (11% de las explotaciones, 9% del total de kg) y el silo de hierba (18% de las explotaciones, 23% del total de kg consumidos). La mayor dependencia externa de forraje de los rebaños se da con la alfalfa, principalmente en rama y henificada. Esto puede deberse a la dependencia de insumos externos en las explotaciones que disponen de menos superficie agraria, a la intensificación de la producción de algunas explotaciones, pero también a la necesidad de buscar forrajes de calidad para las ovejas en ordeño. En esta línea, Ruiz *et al.* (2008) concluyeron que hay un gran margen de mejora ya que los forrajes analizados en el Concurso de Explotaciones Ganaderas de la CAPV correspondieron a calidades de tercera o inferiores, únicamente recomendables para el consumo de animales en mantenimiento.

En el caso de los recursos concentrados (piensos y otras materias primas), los rebaños utilizan un promedio de $1,77 \pm 0,87$ tipos de recursos durante el ciclo productivo. El concentrado más empleado fue el pienso de lactación seguido de otros piensos (de mantenimiento, principalmente), cereales (avena y cebada, seguido del maíz) y pulpa de remolacha. Respecto a la procedencia de los mismos, la cebada y las habas tienen procedencia local, mientras que los piensos tienen componentes que provienen de fuera de la zona geográfica definida por la DOP, Comunidad Autónoma vasca y Navarra.

Tabla 1: Características generales de los rebaños encuestados (número de animales, litros ordeñados al año, orientación productiva, etc)

Encuestas realizadas (n=22)	Media y d.e.	Min/Max
Tamaño rebaño (ovejas mayores 1 año)	273 ±167	40-700
Litros ordeñados (Litros/oveja/año)	132±75	21-285
Orientación productiva (leche/queso)	68% leche	
Superficie agraria (ha)	63.2 ±42	10-149
-valle (ha)	30.5±19	6,6-77,8
-monte (ha)	32.7±34	0-119
Meses de alim combinada con pastoreo	5±1,6	3-9
Utilización monte (meses)	74% rebaños (4,53±1,07 meses)	2-8

Tabla 2. Listado de forrajes más empleados y procedencia (“propio”: elaborado en la propia explotación, “local”: comprado dentro de la zona geográfica definida en la DOP?, “fuera”: comprado fuera de la zona geográfica definida en la DOP?).

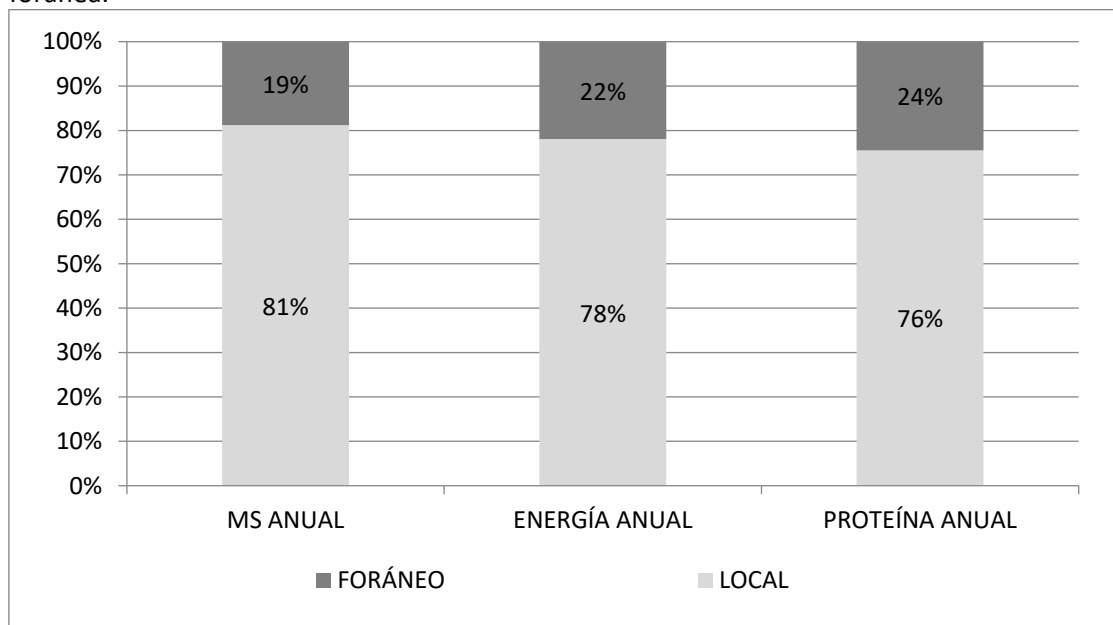
Forraje empleado	% uso (*)	Procedencia de forrajes (%)		
		propio	local	fuera
Heno hierba**	86,36	95	0	5
Heno alfalfa	36,36	25	25	50
Heno veza	22,73	20	60	20
Silo hierba**	22,73	100	0	0
Alfalfa desH	13,64	0	33	67
Silo vallico**	5,17	100	0	0
Heno festuca	5,17	0	0	100
Paja	5,17	0	100	0
Silo alfalfa	5,17	100	0	0
Silo maíz	5,17	0	100	0

(*): Porcentaje de rebaños que utilizan dicho forraje respecto al total de rebaños. El sumatorio de todos los forrajes supera el 100 porque la media de forrajes empleados por rebaño es de 2,04±0,97.

**): el heno y silo de hierba provienen principalmente de praderas permanentes polifitas; el silo de vallico proviene de pradera donde predomina raigrás inglés, aunque también hay otras gramíneas

Respecto a la MSI, E y P de las necesidades anuales, como se puede observar en la figura 1, en los rebaños encuestados los alimentos de procedencia local de la zona definida en la DOP representan el 81% de la MSI anual, el 78% de la E y el 75% de la P. Estos resultados preliminares ponen en evidencia que los rebaños encuestados y adscritos a la DOP Idiazabal están cumpliendo con el Reglamento Delegado (UE) N° 664/2014. Cuando se analiza a detalle la MSI anual de procedencia local, se observa que presenta un amplio rango de variación, entre 65-92%, lo que demuestra la gran variabilidad que existe entre rebaños en disponibilidad de terreno, localización geográfica, pastoreo en meses y localización, posibilidad de elaborar forrajes propios, etc. Finalmente, respecto a la distribución temporal de la MSI anual, los meses de verano y otoño los rebaños basan su alimentación en pastoreo principalmente en monte, mientras que durante el invierno y primavera, y coincidiendo con los meses de ordeño, combinan el pastoreo con alimentos concentrados y forrajes conservados.

Figura 1. Necesidades de los rebaños en base a materia seca ingerida anual (MSI), energía anual y proteína anual, cubiertas con alimentos de procedencia “local” (zona definida en la DOP) y foránea.



Respecto a los aportes anuales totales de las diferentes materias primas empleadas, se observa que los forrajes representan el $83 \pm 6\%$, $79 \pm 8\%$, $77 \pm 8\%$ de los aportes anuales totales al rebaño de MSI, unidades forrajeras (UF) y proteína digestible (PDI), respectivamente, siendo el resto aportes de concentrados. En relación al pastoreo se observa que el pastoreo en valle representa el $35 \pm 16\%$; $38 \pm 16\%$ y $38 \pm 16\%$ de los aportes anuales totales de MSI, E y P, respectivamente, mientras que el pastoreo en monte representa el $23 \pm 16\%$, $20 \pm 15\%$, $19 \pm 14\%$, respectivamente. Estos resultados ponen en evidencia la gran dependencia de estos rebaños de recursos naturales locales aprovechados mediante pastoreo, ya que en su conjunto cubre más de la mitad de los aportes anuales totales de MSI, E y P (58% , 58% y 57% , respectivamente). Este aprovechamiento puede explicarse en gran medida por las superficies de tierra que aprovechan los rebaños como se ha mencionado anteriormente.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se concluye que, en los rebaños analizados, la alimentación local representa la mayor parte de la ingestión de alimentos en cuanto a MSI, E y P (81% , 78% y 75% , respectivamente), con lo cual cumplen con el Reglamento Delegado (UE) N° 664/2014. En la muestra de rebaños del estudio el pastoreo de valle y coincidiendo con el periodo de ordeño y elaboración de queso representa el 35% de la ingestión anual, mientras que el pastoreo en monte representa el 16% y en muy pocos rebaños coincide con el periodo de elaboración de queso.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por las Ayudas a la Cooperación, Artículo 35 del Reglamento (UE) n°1305/2013 y cofinanciado por el Dpto. de Desarrollo Económico y Competitividad del Gobierno Vasco. Nuestro más sincero agradecimiento a los pastores que han participado activamente en las encuestas aportando la información de sus rebaños.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.F.R.C.- Agricultural and Food Research Council (1995). Energy and protein requirements of ruminants. Pp. 1-159. Wallingford, UK: CAB International.
- Baumont R., Dulphat J.P., Sauvant T. D., Tran G., Meschy F., Aufrere J., Peyraud J.L., Champciaux P. (2007). Les tables de la valeur des aliments, in: Alimentation Des Bovins, Ovins et Caprins. En : *Besoins Des Animaux-Valeurs Des Aliments. Tables Inra 2007*. Pp. 181-275. Éditions Quae, Versailles Cedex.
- C.S.I.R.O.- Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Standing Committee on Agriculture, Ruminants Subcommittee (1990). *Feeding standards for Australian livestock*. En: Ruminants, pp. 1-26, CSIRO Publications, 6.
- Hassoun P. y Bocquier F. (2007). Alimentation des ovins, in: Alimentation Des Bovins, Ovins et Caprins. *Besoins Des Animaux-Valeurs Des Aliments. Tables Inra 2007*. Pp. 121–136. Éditions Quae, Versailles Cedex.
- Marijuán S. (1996). El pastoreo en comunales: estudio del comportamiento de ovejas y la utilización de los recursos disponibles. *Tesis de Master*, Zaragoza. Pp. 1-165.
- Pineda-Quiroga C., Mandaluniz N., García-Rodríguez A., Marijuán S. y Ruiz R. (2013). Caracterización nutricional y evaluación de la producción de gas de raciones invernales de lactación en rebaños de ovino lechero de la CAPV. En: *XVIII Congreso Nacional de la SEOC*, pp. 263-271. Málaga, España: SEOC.
- Ruiz R., Alonso E., Mas C., Marijuán S., Zuriarrain I., Borja J.M., Zabala P. y Ortuzar J.M. (2008). La calidad de los forrajes analizados en el concurso de explotaciones ganaderas de la CAPV: elementos para la reflexión. *Sustrata*, 86, 68-71.
- 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. *Book of Abstracts, 60th Annual Meeting of the EAAP*, 15, 73. Barcelona, España: EAAP.

FEEDING CHARACTERIZATION OF FLOCKS REGISTERED TO DOP IDIAZABAL:

PRELIMINARY RESULTS.

Summary

The objective of the current paper was to estimate the annual percentage of ingested dry matter, energy and protein of foods (grazing, forages or concentrates) used by flocks belonging to DOP Idiazabal. According to the results, local food represents the majority of ingested foods considering ingested dry matter, energy and protein (81%, 78% y 75%, respectively), which means that the flocks ascribed to DOP Idiazabal comply with the EU Delegated Regulation N° 664/2014.

Key words: local and foreign food, dairy sheep, Delegated Regulation (UE) N° 664/2014, production system.

¿ES POSIBLE ESTIMAR LA COMPOSICIÓN DE LA DIETA DE LAS VACAS EN FUNCIÓN DE PARÁMETROS DE SU LECHE?

A.Villar¹, G. Salcedo², G. Flores³, F. Vicente⁴, P. Eguinoa⁵, I. Vázquez¹, L. Royo⁴, G. Mercé¹, B. Fernández³ J. Busqué¹

¹Centro de Investigación y Formación Agrarias (CIFA). Gobierno de Cantabria. Héroes 2 de mayo 27, 39600. Muriedas, Cantabria.

²CIFP “La Granja”, 39792 Heras, Cantabria

³Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Xunta de Galicia. Ctra. C-542, Km 7,5, 15318. Abegondo, A Coruña.

⁴Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). E-33.300, Villaviciosa, Asturias.

⁵Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias. Av. Serapio Huici, 22, 31610. Villava, Navarra.

Correspondencia: anavillar@cifacantabria.org

RESUMEN

Conocer la composición de la dieta de las vacas a través del análisis de su leche es de gran utilidad para relacionar el producto consumido con los sistemas productivos de origen. El objetivo de este estudio es mostrar estas relaciones dieta-leche a partir de un análisis de correspondencias y de regresiones múltiples, y con los datos de 174 muestras de leche de tanque tomadas en 87 explotaciones de la cornisa cantábrica y Galicia, en otoño de 2016 y primavera de 2017. El análisis de correspondencias permitió observar las relaciones generales entre componentes de la dieta y de éstos con su procedencia y composición de la leche (composición química, ácidos grasos -AG- y antioxidantes liposolubles -AOL-). Las regresiones múltiples de cada componente de la dieta con la composición de la leche mostraron predicciones altas para el forraje verde, medias con el silo de maíz y bajas con el silo de hierba y el pienso. Ninguno de los nueve AOL participó en ningún modelo y sólo 10 de los 48 AG participaron en alguna de las ecuaciones de regresión, siendo los más frecuentes el ácido linolénico (**C18:3-n3**) y el ácido vacénico (**trans11-C18:1**), sólo o como relación **trans11 C18 :1/trans10 C18 :1 (ratio-C18:1)**.

Palabras clave: Autenticación, ácidos grasos, carotenoides, leche de pasto

INTRODUCCIÓN

La inclusión de pasto en la dieta de las vacas de leche se traduce en un incremento del contenido de ácidos grasos poliinsaturados (Elgersma *et al.*, 2003; Dewhurst *et al.*, 2006; Slots *et al.*, 2009), así como en una mayor presencia de antioxidantes, algunos también de gran interés nutricional como las vitaminas A y E y los carotenoides (Agrabiél *et al.*, 2007; Slots *et al.*, 2009).

En la Cornisa cantábrica existe una gran diversidad de sistemas de producción. En la mayoría, la dieta de las vacas en lactación está basada en los pastos y los forrajes obtenidos a partir de los mismos, con la inclusión, en mayor o menor cantidad, de ensilado de maíz y pienso. En estudios precedentes realizados en la cornisa cantábrica (Morales-Almaráz *et al.*, 2011; Villar *et al.*, 2011; Flores *et al.*, 2015) se ha podido constatar que la leche procedente de rebaños alimentados con forraje fresco, tanto en pastoreo como administrado en pesebre, da lugar a una leche con un perfil de ácidos grasos con menor contenido en ácidos grasos saturados y unos contenidos en omega 3, CLA y ácido vacénico hasta 2 veces superiores a los de dietas sin forraje verde y con presencia de ensilado de maíz. El estudio que se presenta se enmarca dentro de un proyecto que tiene entre sus objetivos la búsqueda de un marcador o conjunto de marcadores que permita la trazabilidad de la leche en función del sistema de alimentación. En la comunicación que se presenta se pretende mostrar los resultados obtenidos de la aplicación de regresión múltiple al análisis de la variación de los componentes clave de la ración de las vacas, en el perfil de ácidos grasos y el contenido en antioxidantes en la leche.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño del muestreo

Se parte de 174 muestras de leche de tanque de 2 o 4 ordeños, tomadas en 87 explotaciones comerciales de Galicia (25), Asturias (21), Cantabria (24) y Navarra (17) en dos épocas, otoño de 2016 y primavera de 2017. En cada muestra se ha determinado su perfil de ácidos grasos (48, más sus principales relaciones) y el contenido en nueve antioxidantes liposolubles (Retinol -vitamina A-, all-trans- β -caroteno, 9-cis- β -caroteno, 13-cis- β -caroteno, luteína, zeaxantina, β -criptoxantina, α -tocoferol y γ -tocoferol -vitamina E-). Ligada a cada muestra de leche en cada explotación y época, se estimó la producción media de leche por vaca y la composición media de la ración de las vacas en lactación de los últimos días, resumida como porcentaje de materia seca (MS) de forraje verde (*FV*; consumida en pesebre o en pastoreo), % de MS de ensilado de hierba (*SH*), % de MS de

ensilado de maíz (*SM*), % MS de forraje seco (*FS*, suma del % de MS de heno, paja, alfalfa, etc.) y % MS de pienso (*P*).

Análisis estadísticos

Inicialmente se realizó un análisis multivariante de ordenación (análisis de correspondencias) con los componentes principales de la dieta, para valorarlos entre sí y respecto a los ejes ortogonales principales creados. En la ordenación resultante se representaron también los factores *procedencia* y *época* de muestreo, y el conjunto de variables cuantitativas relacionadas con la leche (producción, composición química, AG y AOL).

En una segunda fase se realizaron regresiones múltiples con varios componentes de la dieta de las vacas como variables respuesta (VR): *FV*, *SH*, *SM* y *P*; así como dos componentes adicionales: *FFV* (pasto fresco + forrajes conservados obtenidos en la explotación (*FV+SH+% heno de hierba*)) y *FFSSM* (% de todos los forrajes consumidos, excluido el ensilado de maíz). Estas variables se transformaron con el arcoseno de la raíz cuadrada dividido por 100 para mejorar su distribución. Las potenciales variables explicativas (VVEE) a emplear en la construcción de los modelos estadísticos fueron principalmente las relacionadas con la leche (producción media diaria por vaca -Prod/día-, composición química -%grasa, %proteína, %ESM, punto crioscópico y urea-, recuento de células somáticas -logRCS-, 48 ácidos grasos expresados en % relativo, 13 grupos o relaciones entre estos ácidos grasos y 9 antioxidantes liposolubles).

Se utilizaron tres métodos por pasos (hacia delante, hacia atrás y mixto) y validación cruzada con $k=10$, para elegir el modelo con menos VVEE y con un error cuadrático medio (ECM) por debajo del umbral ECM mínimo + 1 x e.e. (regla del 1 error estándar; James et al, 2013). En los modelos resultantes se comprobó que los factores de inflación de la varianza fueran siempre menores de 10, evitando así la colinealidad de las VVEE.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de correspondencias (figura 1)

Los tres primeros ejes de la ordenación explicaron un 95% de la varianza total de las dietas de las vacas de leche. El primer eje (57% de la varianza) estuvo fuertemente correlacionado con FV, demostrando que este componente es el que explica la mayor parte de la variabilidad entre las observaciones recogidas (este eje se relaciona con la presencia o no de forraje verde en la dieta). En el lado opuesto de este eje se situó con mayor valor absoluto el SM, aunque no de forma tan determinante como el FV. La primavera se muestra bien separada del otoño en este eje, indicando un lógico mayor consumo de verde en la primera época.

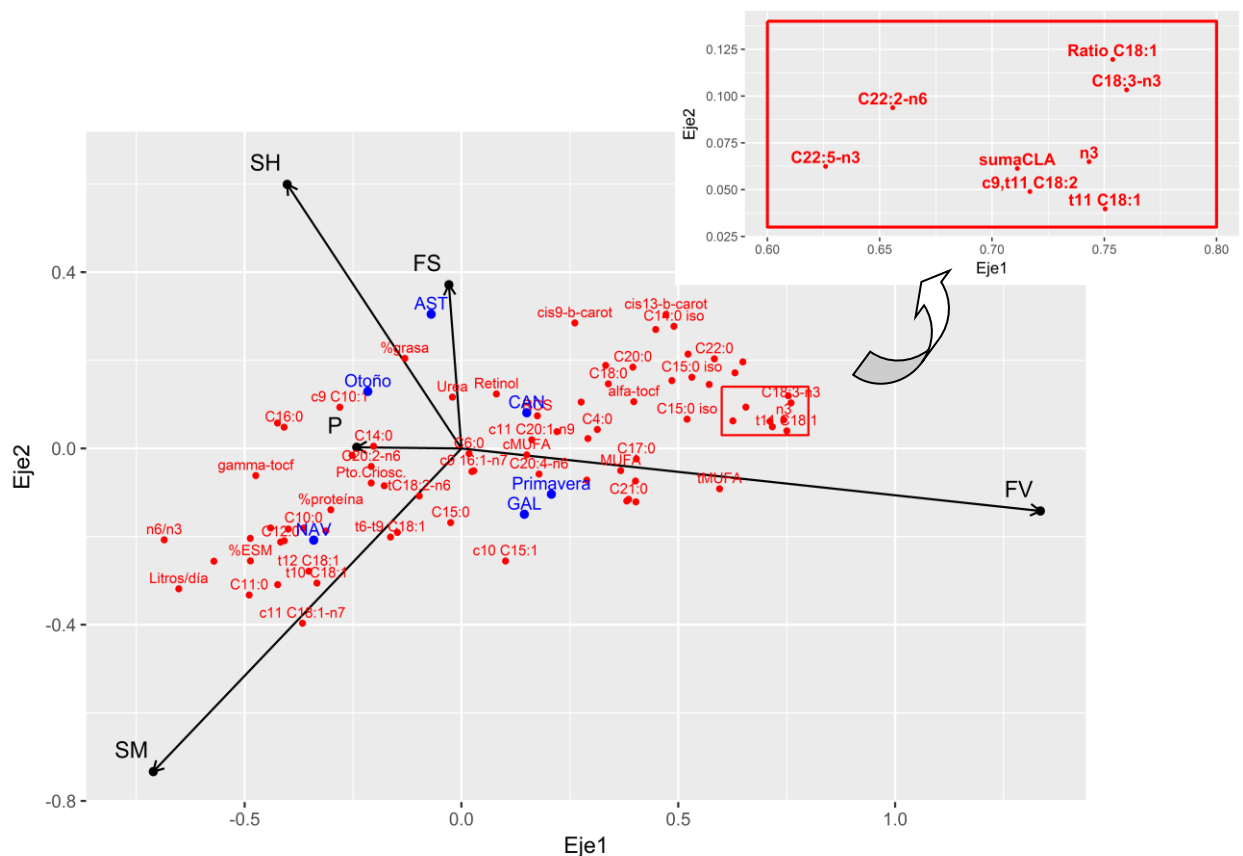


Figura 1. Localización en los ejes Eje1 (57% de varianza) y Eje2 (19%) de un análisis de correspondencias de los componentes de la dieta de las vacas de leche (negro y flechas). Incorporación en la figura de las variables explicativas cuantitativas (rojo) y factoriales (azul). La proximidad en la localización de variables indica correlaciones positivas fuertes. El rectángulo señalado se amplifica arriba a la derecha. FV (% MS forraje verde, consumido en pesebre o en pastoreo), SH (% de MS de ensilado de hierba), SM (% de MS de ensilado de maíz), FS (% MS de forraje seco; que incluye heno, paja, alfalfa, etc.), P (% MS de pienso)

Los ácidos grasos del recuadro (figura 1) fueron los que tuvieron mayores valores en el primer eje, mientras que la relación n6/n3 y la producción diaria de leche tuvieron los valores más negativos; respecto al segundo eje, los mayores valores positivos corresponden a los carotenos (9-cis- β -caroteno, 13-cis- β -caroteno y all-trans- β -caroteno). Este segundo eje confronta las dietas a base de ensilado de maíz (SM) con las dietas a base de forrajes de hierba conservados (FS y SH). El otoño presenta valores positivos. El tercer eje (no se presenta figura; 18% de la varianza total) separa las dietas con más ensilado de hierba (positivo) de las dietas con más forraje seco (negativo), correspondiendo las primeras a mayores valores de antioxidantes en leche (all- β -caroteno, β -criptoxantina, 9-cis- β -caroteno, 13-cis- β -caroteno) y las segundas a mayores valores de urea, C17:0 y C15:0.

Análisis 2. Modelos lineales completos (Tabla 1)

A excepción de la variable *SM*, para todas las VR se obtuvieron los mejores modelos con un número muy reducido de VVEE -máximo cinco- con respecto a las potencialmente disponibles (79). Para algunas VR (*FV*, *SM* y *SH*) se tuvo el inconveniente de partir con muchas observaciones con valores nulos lo que genera predicciones de valores negativos. De cara a evitar esta situación, e incluso posiblemente mejorar los modelos, sería recomendable tratar estadísticamente la mayor parte de las variables estudiadas como datos composicionales (Aitchison, 1986), algo aún no común en la literatura científica del área (Ros-Freixedes y Estany, 2014).

Los tres modelos que incluyen forraje verde (*FV*, *FFV* y *FFSSM*) tienen un poder predictivo alto ($R_{aj}^2 > 0,7$), muy superior a los modelos *P* y *SH*. El modelo para *SM* tiene un poder predictivo intermedio. Las variables explicativas que más aparecen en los distintos modelos son el ácido linolénico (**C18:3-n3**) que se encuentra en 4 de los 6 modelos: en los tres ligados a la presencia de forraje fresco en la dieta, con coeficiente positivo, y en el modelo de silo de maíz, con coeficiente negativo; el ácido vacénico (**trans11-C18:1**) está presente en solitario en 2 modelos (*FV* y *SH*), con coeficiente positivo y en otros tres en relación con el *trans10* (**ratio-C18:1**): dos ligados al forraje fresco (*FFV* y *FFSSM*) y en el modelo de pienso (*P*), como variable única y con coeficiente negativo.

Tabla 1. Modelos resultantes de realizar regresiones lineales múltiples por pasos y con validación cruzada para seis variables respuesta de componentes diferentes de la dieta de las vacas de leche (descritas en el texto). Las variables respuesta, originalmente expresadas en porcentaje, están transformadas al arco seno de la raíz cuadrada de la proporción (0%=0 y 100%=1,57).

MODELO	R ² _{aj}	MSE _{valid}	MSE _{entr}	F (gl)
FV = - 0,13 (±0,071) + 0,16 (±0,021) X t11-C18:1 - 0,76 (±0,156) X c12-C18:1 + 0,62 (±0,102) X C18:3-n3	0,72	0,052	0,047	150,4 (3-168)
SM= -1,79 (±0,605) + 0,01 (±0,003) X LecheDía + 0,19 (±0,071) X ESM - 0,0005 (±0,0002) X Urea - 0,16 (±0,033) X C12:0 - 0,89 (±0,178) X t12-C18:1 - 0,14 (±0,036) X cC18:2-n6 - 0,40 (±0,071) X C18:3-n3	0,63	0,034	0,031	41,9 (7-164)
SH= 0,89 (±0,079) - 0,15 (±0,046) X t11-C18:1 - 0,76 (±0,166) X C11-C18:1-n7 + 0,03 (±0,043) X t-MUFA	0,26	0,053	0,048	21,0 (3-168)
P= 0,74 (±0,017) - 0,02(±0,002) X ratio-C18:1	0,39	0,021	0,022	110,1 (1-170)
FFV= 0,84 (±0,088) - 0,01(±0,002) LecheDía - 0,71(±0,121) X c12-C18:1 + 0,33 (±0,070) X C18:3-n3 + 0,02 (±0,004) X ratio-C18:1	0,77	0,028	0,024	145,6 (4-167)
FFSSM= 0,87 (±0,073) - 0,01 (±0,002) X LecheDía - 1,28 (±0,298) X C13:0 + 0,32 (±0,058) X C18:3-n3 + 0,02(±0,003) X ratio-C18:1	0,79	0,018	0,016	158 (4-167)

FV (% MS forraje verde, consumido en pesebre o en pastoreo), SH (% de MS de ensilado de hierba), SM (% de MS de ensilado de maíz), P (% MS de pienso), FFV (FV+SH+% MS de heno de hierba) y FFSSM (% de MS de todos los forrajes de la dieta, excluido el ensilado de maíz). MSE_{valid}: error cuadrático medio obtenido en la regresión por pasos y con validación cruzada. MSE_{entr}: error cuadrático medio considerando todas las observaciones y la fórmula de regresión.

El volumen medio de leche producido por vaca y día en la explotación (**LecheDía**) se incluye en 2 de los modelos ligados al forraje fresco (**FFV** y **FFSSM**) y en el modelo SM; con coeficiente negativo para los primeros y positivo para el segundo, esto es, dietas con alto % de forrajes están relacionadas con animales de menor producción, al contrario que las dietas con maíz.

El ácido linolénico (principal isómero omega-3), el ácido ruménico (**cis9-trans11-C18:2**, principal CLA) y el ácido vacénico son los 3 ácidos grasos que se incrementan en mayor medida con la inclusión en la dieta de forraje verde, y forrajes en general, (Elgersma *et al.*, 2003; Slots *et al.*, 2009; Flores *et al.*, 2015). De éstos el linolénico y el vacénico figuran en prácticamente todos los modelos. La alta correlación entre el ácido vacénico y el ácido ruménico (r=0,975; p<0,001) puede explicar la ausencia del principal isómero CLA (**cis9, trans11-C18:2**) en los modelos. A pesar de la evidencia de que una dieta con alto consumo de forrajes verdes incrementa el contenido en vitamina E y carotenoides (Agrabiél *et al.*, 2007; Slots *et al.*, 2009) en ninguno de los modelos ha aparecido ninguno de los antioxidantes analizados.

CONCLUSIONES

Los AG más relacionados con la presencia de forraje fresco en la dieta son el ácido linolénico y el ácido vacénico, que son así mismo los que aparecen con más frecuencia en los modelos obtenidos para los distintos componentes de la ración. De los 48 ácidos grasos y sus relaciones, sólo 10 forman parte de alguno de los modelos, por otra parte, en ninguno de ellos aparece ninguno de los 9 antioxidantes liposolubles analizados. El contenido en forraje fresco y ensilado de maíz son los componentes de la dieta con mayor capacidad de predicción. La naturaleza composicional de las variables estudiadas (% MS de los distintos componentes de la ración) podría hacer recomendable su análisis con herramientas estadísticas que consideren explícitamente ese tipo de espacio (Aitchison, 1986), algo en lo que actualmente estamos trabajando.

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 RTA2014 -00086-C03. Los autores no quieren dejar de hacer constar que el proyecto es parte de un trabajo compartido con los centros de investigación agraria del CIFA, CIAM, SERIDA e INTIA, así mismo agradecen la colaboración de los ganaderos de las cuatro CCAA.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agabriel C., Cornu A., Journal C., Sibra C., Grolier P., Martin B. (2007). Tanker milk variability according to farm feeding practices: vitamins A and E, carotenoids, color, and terpenoids. *Journal of Dairy Science*, 90 (10), 4884-4896.
- Aitchison J. 1986. *The statistical analysis of compositional data*. Chapman & Hall Ltd. Londres, RU.
- Capuano E, Van der Veer G, Boerrigter-Eenling R, Elgersma A, Rademaker J, Sterian A & Van Ruth SM 2014 Verification of fresh grass feeding, pasture grazing and organic farming by cows farm milk fatty acid profile. *Food Chemistry*, 164 234–241.
- 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.
- Elgersma A., Tamminga S. y Ellen G. 2003. Comparison of the effects of grazing and zero-grazing of grass on milk fatty acid composition of dairy cows. *Optimal Forage Systems for*

Animal Production and the Environment: Proceedings of the 12th Symposium of the European Grassland Federation, Pleven, Bulgaria, 26-28 May 2003.

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. *Revista Afriga*, 118, 130-146.

Flores *et al.* 2017. Informe proyecto INIA-RTA2012-00065-C05 “Encuesta sobre estructura y sistemas de alimentación de las explotaciones lecheras de Galicia, Cornisa Cantábrica y Navarra. Editado por INTIA, Navarra, España.

http://www.cifacantabria.org/noticias_detalle.php?id_noticia=224

James G., Witten D., Hastie T. y Tibshirani R. 2013. *An introduction to statistical learning*. Springer. EEUU.

Morales-Almaráz E, de la Roza Delgado B, González A, Soldado A, Rodríguez ML, Peláez M. y Vicente F. 2011. Effect of feeding system on unsaturated fatty acid levels in milk of dairy cows. *Renewable Agriculture and Food Systems* 26: 224-229.

<https://doi.org/10.1017/S1742170511000019>;

Ros-Freixedes R. y Estany J. 2014. On the compositional analysis of fatty acids in pork. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*, 19, 136-155.

Slots, T. *et al.* 2009. Potentials to differentiate milk composition by different feeding strategies. *Journal of Dairy Science* , 92(5) , 2057 – 2066.

Villar A., Gradillas G., Fernández C., Gutiérrez M.R., Rodríguez-Loperena M.A., Barrachina M., García J.A. 2011. Aspectos sanitarios y de calidad de la producción ecológica de leche: infecciones mamarias y perfil de ácidos grasos. *Tierras*, 178, 52-60.

IT IS POSSIBLE TO ESTIMATE THE DIET COMPOSITION OF COWS IN DEPENDING ON PARAMETERS OF MILK?

Summary

Know the composition of the cow’s diet through the analysis of their milk is very useful to relate the product consumed with the productive systems. The objective of this study is to show the relationship between diet and milk composition from a correspondence analysis and multiple regressions with data from 174 tank milk samples taken in 87 farms of the Cantabrian coast and Galicia, in autumn 2016 and spring 2017. The correspondence analysis allowed to observe general relations between components of the diet and composition of the milk (chemical composition, fatty acids and antioxidants). Multiple regressions for each component of the composition of the milk diet showed high predictions for green fodder, medium for corn silage and low for grass silage and concentrate. None of the nine AOL participated in any model and only 10 of the 48 fatty acids and their relations have enough importance to be included in any of the models, being the most frequent linolenic acid (**C18:3-n3**) and vaccenic acid (**trans11-C18:1**) alone or as **trans11 C18:1/trans10 C18:1 ratio (ratio-C18:1)**.

Key words: authentication, fatty acids, carotenoids, grass-fed milk

IDENTIFICACIÓN DE DIETAS TÍPICAS Y RELACIÓN DIETA-COMPOSICIÓN DE LA LECHE DE VACA EN EXPLOTACIONES GALLEGAS

A. Botana¹, L. González¹, S. Pereira-Crespo², C. Resch¹, R. Lorenzana², M. Veiga¹, G. Flores-Calvete¹

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

Resumen

El objetivo de este trabajo fue determinar las raciones típicas en las explotaciones de vacuno lechero de Galicia, analizando la composición y el perfil de ácidos grasos (AG) de la leche. Para ello se seleccionaron 45 granjas con diferente grado de intensificación, a las que se realizaron cinco visitas entre octubre de 2013 y septiembre de 2014. En cada visita se recogió información acerca de la composición de la dieta consumida por las vacas en lactación y se tomaron muestras de alimentos y de la leche de tanque, analizando la composición fisicoquímica y el perfil de AG de la leche. Mediante análisis de agrupamiento se identificaron siete tipos diferentes de dietas características en función del forraje predominante, la proporción de concentrado y la inclusión o no de aceite de lino. La composición de la leche se vio afectada por el tipo de dieta, especialmente los valores de grasa, más bajos en dietas con presencia de maíz o aceite de lino. Las dietas que incluyen pastos frescos o aceite de lino mostraron un perfil lipídico más beneficioso, desde el punto de vista de la salud humana.

Palabras clave: vacuno lechero, calidad leche, ácidos grasos.

INTRODUCCIÓN

Galicia es una de las regiones europeas especializadas en el vacuno lechero. Con una producción anual alrededor de 2,7 millones de toneladas, que representa aproximadamente el 38 % de la producción española, se sitúa dentro de las 10 regiones NUTS-2 más productoras de leche dentro de la Unión Europea (Eurostat, 2016). En Galicia coexisten diversos modelos de producción de leche, siendo predominante en las explotaciones de mayor tamaño, el basado en la utilización intensiva de concentrados y ensilados, especialmente de maíz, con los animales confinados durante todo el año, que ha sido implementado en un gran número de granjas durante los últimos 30 años. Los sistemas tradicionales, que basan la alimentación del ganado en el consumo de pastos frescos durante el período de crecimiento activo de la hierba,

son más frecuentes en las explotaciones de menor dimensión. También se pueden encontrar sistemas intermedios, que combinan el uso forrajes frescos y conservados, con un grado variable de intensificación y uso de concentrados.

La composición de ácidos grasos (AG) de la leche y los productos lácteos tiene importantes implicaciones en la nutrición humana, haciendo que su inclusión en la dieta forme parte de las denominadas prácticas saludables de consumo alimentario (Dilzer y Park, 2012). Esta composición pueda verse alterada significativamente mediante la alimentación de las vacas (Givens y Shingfield, 2006), resultando interesante el estudio de la relación entre las dietas y la composición de la leche en las granjas gallegas, al ser éstas muy variables.

El objetivo de este trabajo fue la determinación y caracterización de las raciones típicas empleadas en las explotaciones gallegas, analizando la composición y el perfil de ácidos grasos de la leche.

MATERIAL Y MÉTODOS

A partir de una muestra de 316 explotaciones de leche gallegas, que fueron entrevistadas para obtener información de su estructura productiva, se seleccionaron 45 en función del diferente grado de intensificación forrajera, caracterizado por la realización o no de pastoreo por parte del ganado en lactación y por el porcentaje de superficie agraria útil dedicado al cultivo del maíz (Tabla 1).

Tabla 1. Grupos de alimentación forrajera en las explotaciones estudiadas.

Aprovechamiento de la hierba	Maíz para ensilar (%SAU)	Ración forrajera	n
Pastoreo/ensilado	Menos del 25 %	Hierba fresca en algún momento del año, resto con ensilados	15
Ensilado todo el año	Menos del 25 %	Predomina ensilado de hierba	10
Ensilado todo el año	Entre 25-50 %	Equilibrio entre ensilado de hierba y ensilado de maíz	10
Ensilado todo el año	Más del 75 %	Predomina ensilado de maíz	10

SAU: Superficie Agraria Útil; n: nº de explotaciones estudiadas

De las 15 explotaciones que realizaban pastoreo en algún momento del año, cinco seguían un sistema de producción ecológica, de las restantes, cinco utilizaban habitualmente

un suplemento de aceite de lino en el concentrado, por estar dentro de un acuerdo de suministración de leche enriquecida en AG poliinsaturados con una industria lechera. Con el fin de recoger la posible variabilidad en la composición de la ración de las granjas a lo largo del año, se realizaron cinco visitas entre octubre de 2013 y septiembre de 2014. Durante cada visita se cubrió un cuestionario en el que se incluía información detallada acerca de la composición de la ración diaria de las vacas en lactación, tomando muestras de los alimentos utilizados, así como de la leche de tanque (alícuotas de 50 mL), siguiendo el protocolo establecido por el Laboratorio Interprofesional Gallego de Análisis de la Leche (LIGAL), en el que, tras varios minutos de agitación para garantizar una buena homogeneización, la muestra se toma desde la apertura superior del tanque.

La composición de la dieta se expresó en forma de porcentaje de cada ingrediente (hierba fresca, ensilado de hierba, ensilado de maíz, forraje seco, concentrado y, en su caso, aceite de lino) sobre la materia seca (MS) total consumida por las vacas. La proporción en la ración del aceite de lino fue calculada considerando que el concentrado suplementado con semillas de lino contiene, de media, un 4,5 % de aceite. La ingesta teórica de las vacas en lactación se calculó en función de la producción de leche media por vaca en cada visita, utilizando la expresión $IMS=0,372 \times PL4MG + 12$, adaptada del NRC (2001), donde IMS son los kg de MS consumidos por vaca y día y PL4MG es la producción diaria de leche corregida al 4 % de grasa expresada en kg por vaca. Dicha medida fue utilizada para estimar el consumo de pasto en el caso de vacas en pastoreo, siendo este la diferencia entre la ingesta teórica y la suma de los distintos ingredientes ofrecidos en el comedero, expresados en MS. Los ingredientes de las raciones fueron secados a 80 °C durante 16 h en estufa de aire forzado de gran capacidad, siendo determinado su contenido en MS.

Una de las alícuotas de leche se trasladó al LIGAL, refrigerada a 4 °C, para analizar su contenido en grasa, proteína, lactosa, extracto seco magro, urea y punto crioscópico mediante los análisis de rutina FTMIR, empleando un MilkoScan™ FT6000 (Foss Electric A/S, Hillerød, Denmark). La segunda alícuota se mantuvo congelada a -18 °C hasta su análisis para la determinación de su composición de AG. La grasa de la leche se extrajo siguiendo los estándares ISO 14156:2001/IDF 172 (2001) para la extracción de grasa y la metilación de

los ésteres de AG se realizó según la norma ISO 15884:2002/IDF 182 (2002). Posteriormente se determinó la composición de AG por cromatografía de gases (GC-FID) utilizando una columna capilar BPX70 que permitió la identificación y cuantificación de 45 AG individuales según lo indicado en González *et al.* (2014).

Se obtuvieron 217 observaciones válidas con datos de la composición de la ración, la composición fisicoquímica de la leche y el perfil de AG de la leche de un total de 225 visitas realizadas. Utilizando el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2009), sobre los datos de composición de la ración se realizó un análisis de agrupamiento (PROC CLUSTER), con el objetivo de tipificar las dietas empleadas en las explotaciones. A continuación, se realizó un análisis de varianza (PROC GLM) para evaluar el efecto del tipo de dieta sobre la composición de la leche.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se muestran los resultados del análisis “cluster”, siendo identificados siete tipos de dietas características en las explotaciones estudiadas, que se diferencian sobre todo por las proporciones (en % IMS total) del forraje mayoritario y del concentrado en la ración y la utilización o no de aceite de lino. Las dietas típicas se denominaron “Forraje verde” (FV), “Forraje verde y lino” (FV-L), “Ensilado de hierba” (SH), “Ensilados de hierba y de maíz” (SH-SM), “Ensilado de maíz” (SM), “Ensilado de maíz y lino” (SM-L) y “Forraje seco” (FSEC). En FV el forraje predominante es el pasto fresco (48,2 %), con una relación forraje/concentrado de 77/23. La dieta FV-L es similar a la anterior, con una menor presencia de pasto fresco (34,8 %), incrementándose en su lugar el ensilado de hierba (27,5 %) y una proporción de concentrado semejante donde se incluye aceite de lino (1,1 %). La dieta SH es la más frecuente entre las explotaciones estudiadas (39,2 %), tiene como forraje principal el ensilado de hierba (40,1 %) y una menor relación forraje/concentrado (65/35). En la dieta SH-SM se observa una importancia aproximadamente equivalente del ensilado de hierba (28,5 %) y de maíz (31,8 %), con un consumo de concentrado alto (36,8 %), siendo minoritario el consumo del resto de alimentos. El ensilado de maíz es el ingrediente principal (47,8 %) de la dieta SM y, al igual que las otras dietas en las que los ensilados son mayoritarios, presenta una relativamente baja

relación forraje/concentrado (62/38). La dieta SM-L, similar a la anterior, incluye aceite de lino en el concentrado (1,7 %). Por último, la dieta FSEC, que es minoritaria, se practica únicamente en dos explotaciones ecológicas, presenta un consumo elevado de forrajes secos (62,9 %) y el de concentrado es similar al de las dietas en las que los forrajes verdes son mayoritarios (23 %).

Tabla 2. Dietas típicas según el análisis “cluster”: Composición media de la ración expresada en % de cada ingrediente sobre la IMS.

CLUSTER†	FV	FV-L	SH	SH-SM	SM	SM-L	FSEC	
n	33	13	85	40	20	20	6	p
Pasto fresco	48,2 ^a	34,8 ^b	8,6 ^c	0,5 ^d	0,0 ^d	0,0 ^d	7,1 ^{cd}	***
Ensilado de hierba	13,7 ^c	27,5 ^b	40,1 ^a	28,5 ^b	6,3 ^{cd}	10,5 ^{cd}	2,6 ^d	***
Ensilado de maíz	8,8 ^c	9,6 ^c	8,6 ^c	31,8 ^b	47,8 ^a	50,1 ^a	4,4 ^c	***
Forraje seco	6,6 ^{bc}	2,2 ^c	7,7 ^b	2,4 ^c	7,5 ^b	2,6 ^c	62,9 ^a	***
Concentrado	22,8 ^b	24,7 ^b	35,0 ^a	36,8 ^a	38,4 ^a	35,2 ^a	23,0 ^b	***
Aceite de lino	0,0 ^c	1,1 ^b	0,0 ^c	0,0 ^c	0,0 ^c	1,7 ^a	0,0 ^c	***

† Tipología de las dietas definidas en el análisis “cluster”; FV: Forraje verde; FV-L: Forraje verde con lino; SH: Ensilado de hierba; SH-SM: Ensilados de hierba y maíz; SM: Ensilado de maíz; SM-L: Ensilado de maíz con lino; FSEC: Forrajes secos; n: número de muestras; p: significación del test F en el ANOVA; ***: p<0,001.

El tipo de dieta afectó significativamente a la composición fisicoquímica de la leche de tanque (Tabla 3). Los valores medios de grasa oscilaron desde los 39,1 g Kg⁻¹ de la dieta SH-SM hasta los 33,9 g Kg⁻¹ de la dieta SM-L, siendo esta significativamente más baja que el resto de dietas. Las muestras de leche de las dietas FV-L y SM-L tuvieron un valor de grasa inferior a las dietas FV y SM (36,4 vs 38,8 g Kg⁻¹ y 33,9 vs 37,0 g Kg⁻¹, respectivamente). Estos datos concuerdan con Chilliard *et al.* (2007), que muestran una reducción del contenido en grasa de la leche cuando se añade a la ración aceite de lino, incrementándose el diferencial cuando el forraje mayoritario es maíz.

Aunque en menor medida, los valores de proteína, lactosa y extracto seco magro también se vieron afectados por el tipo de dieta. La proteína de la leche de la dieta FSEC fue la más baja (30,9 g Kg⁻¹), seguida por la de FV-L (31,6 g Kg⁻¹), mientras que en las otras dietas se mantuvo en valores superiores a los 32,0 g Kg⁻¹. Los valores de lactosa y extracto seco magro oscilaron en el rango de 46,6 a 48,3 g Kg⁻¹ y 85,3 a 88,2 g Kg⁻¹, respectivamente, correspondiendo los valores más bajos a la dieta FSEC y los más altos a SM-L. El contenido en urea también se vio modificado por el tipo de dieta, con valores más altos en raciones con presencia alta de maíz (269 mg L⁻¹ en la dieta SM-L) y menores en raciones con presencia alta

de hierba (191 mg L⁻¹ en la dieta FV). El punto de congelación de la leche fue igualmente afectado por el tipo de dieta, con el valor más alto para la dieta FSEC (-0,519 °C) y el menor para SM-L (-0,526 °C).

Tabla 3. Composición de la leche de tanque según las dietas típicas.

CLUSTER [†]	FV	FV-L	SH	SH-SM	SM	SM-L	FSEC	
n	33	13	85	40	20	20	6	p
Composición fisicoquímica (g Kg⁻¹ leche)								
Grasa	38,8 ^{ab}	36,4 ^c	37,7 ^{abc}	39,1 ^a	37,0 ^{bc}	33,9 ^d	38,0 ^{abc}	***
Proteína	32,3 ^{ab}	31,6 ^{bc}	32,0 ^{ab}	32,8 ^a	32,7 ^a	32,4 ^{ab}	30,9 ^c	**
Lactosa	46,8 ^{bc}	46,7 ^c	47,1 ^{bc}	47,4 ^b	47,3 ^b	48,3 ^a	46,6 ^c	***
Extracto seco magro	87,0 ^{bcd}	86,1 ^{de}	86,9 ^{cd}	88,1 ^{ab}	87,8 ^{abc}	88,2 ^a	85,3 ^e	***
Contenido en urea (mg L⁻¹ leche)								
Urea	191 ^d	231 ^{bc}	214 ^{cd}	206 ^{cd}	264 ^{ab}	269 ^a	261 ^{ab}	***
Punto crioscópico (°C)								
FPD	-0,521 ^{ab}	-0,522 ^b	-0,521 ^{ab}	-0,521 ^{ab}	-0,521 ^{ab}	-0,526 ^c	-0,519 ^a	***

[†] Tipología de las dietas definidas en el análisis "cluster"; FV: Forraje verde; FV-L: Forraje verde con lino; SH: Ensilado de hierba; SH-SM: Ensilados de hierba y maíz; SM: Ensilado de maíz; SM-L: Ensilado de maíz con lino; FSEC: Forrajes secos; n: número de muestras; p: significación del test F en el ANOVA; ***: p<0,001.

En la Tabla 4 se presentan los valores medios más relevantes del perfil de AG de la leche, expresados en porcentaje sobre los AG totales (AGT), observándose que la composición de la dieta tiene una fuerte influencia sobre el perfil graso de la leche. Los valores más bajos de AG saturados se encontraron en las dietas con presencia de lino (65,49 y 64,26 % AGT para FV-L y SM-L, respectivamente), demostrando la capacidad que tienen este tipo de aceites de modificar la composición de la grasa láctea, ya que las restantes dietas tienen una concentración de AG saturados que van desde el 68,03 % AGT (dieta SH) hasta el 71,85 % AGT (dieta FSEC). El efecto contrario ocurre en los AG monoinsaturados, con valores más elevados en las dietas con lino (29,59 y 30,72 % AGT para FV-L y SM-L, respectivamente). El porcentaje de AG poliinsaturados fue superior en las dietas que incluían aceite de lino (4,17 y 4,44 % AGT para FV-L y SM-L, respectivamente), pero no se diferenciaron significativamente de las dietas con hierba fresca o ensilada (4,06 y 4,08 % AGT para FV y SH, respectivamente). Se encontraron valores superiores de ácido linoleico conjugado (CLAc9t11) en las dietas con aceite de lino (0,99 % AGT) y pasto fresco (0,89 % AGT), situándose en un lugar intermedio la dieta SH (0,80 % AGT) y con valores inferiores a 0,60 % AGT las restantes dietas e indicando

que el consumo de ensilados de hierba permite incrementar el contenido en CLA $c9t11$ aunque a menor nivel que con el forraje fresco. La suma de AG Omega6 sigue una tendencia similar a su AG mayoritario (ácido linoleico), con valores más bajos para las dietas con mayor presencia de pasto fresco, mientras que en la suma de AG Omega3 (AG mayoritario el ácido linolénico) los valores más altos se encuentran en las dietas con pasto o con aceite de lino. Por lo que la relación Omega6/Omega3 es inferior a 3 en las dietas FV-L (2,23), FV (2,61), SM-L (2,81) y FSEC (2,96), aumentando en las dietas con presencia alta de ensilados, SH (3,46), SH-SM (4,25) y SM (4,33). En todas las dietas el valor es inferior a 5, valor recomendado en una alimentación saludable (Haug *et al.*, 2007).

Tabla 4. Composición de AG de la leche de tanque según las dietas típicas.

CLUSTER †	FV	FV-L	SH	SH-SM	SM	SM-L	FSEC	
n	33	13	85	40	20	20	6	p
Composición de AG (% AG totales)								
AG saturados	68,47 ^b	65,49 ^c	68,03 ^b	70,05 ^{ab}	69,73 ^b	64,26 ^c	71,85 ^a	***
AG monoinsaturados	26,77 ^b	29,59 ^a	27,20 ^b	25,86 ^b	26,15 ^b	30,72 ^a	23,62 ^c	***
AG poliinsaturados	4,06 ^{ab}	4,17 ^a	4,08 ^{ab}	3,46 ^c	3,47 ^c	4,44 ^a	3,67 ^{bc}	***
C18:1 $t11$ (vaccénico)	1,63 ^{ab}	1,78 ^a	1,38 ^b	0,89 ^c	0,66 ^c	1,67 ^{ab}	1,02 ^c	***
CLA $c9-t11$	0,89 ^{ab}	0,99 ^a	0,80 ^b	0,56 ^c	0,47 ^c	0,99 ^a	0,60 ^c	***
C18:3 $n3$ (alfa linolénico)	0,63 ^{ab}	0,69 ^a	0,52 ^b	0,32 ^c	0,27 ^c	0,66 ^a	0,57 ^{ab}	***
C18:2 $n6$ (linoleico)	1,78 ^b	1,76 ^b	2,05 ^{ab}	1,92 ^{ab}	2,03 ^{ab}	2,13 ^a	1,78 ^b	**
Suma AG Omega6	2,00 ^b	1,92 ^b	2,22 ^{ab}	2,07 ^{ab}	2,16 ^{ab}	2,30 ^a	1,94 ^b	*
Suma AG Omega3	0,81 ^{ab}	0,86 ^a	0,71 ^b	0,51 ^c	0,51 ^c	0,83 ^{ab}	0,74 ^{ab}	***
Relación entre AG								
Omega6/Omega3	2,61 ^{cd}	2,23 ^d	3,46 ^b	4,25 ^a	4,33 ^a	2,81 ^{bcd}	2,96 ^{bc}	***
C18:1 $t11$ /C18:1 $t10$	6,41 ^a	6,42 ^a	4,44 ^{bc}	3,00 ^{dc}	1,39 ^d	2,06 ^d	5,21 ^{ab}	***

† Tipología de las dietas definidas en el análisis "cluster"; FV: Forraje verde; FV-L: Forraje verde con lino; SH: Ensilado de hierba; SH-SM: Ensilados de hierba y maíz; SM: Ensilado de maíz; SM-L: Ensilado de maíz con lino; FSEC: Forrajes secos; n: número de muestras; p: significación del test F en el ANOVA; *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001.

La relación C18:1 $t11$ /C18:1 $t10$, de marcado interés nutricional, debido al carácter funcional del ácido vaccénico y posible efecto perjudicial del isómero C18:1 $t10$, fue superior en las dietas que incluían hierba, tanto en estado fresco, ensilado o seco. En el caso de la dieta SM-L, a pesar de tener un valor alto de vaccénico (1,67 % AGT), la relación C18:1 $t11$ /C18:1 $t10$ es baja debido a una mayor presencia de este último AG. Estos resultados coinciden con otros estudios que indican que la adición de aceite de lino a la dieta induce cambios en el perfil graso de la leche semejantes a los observados con el incremento de pastos en la dieta, a veces incluso más marcados (Glasser *et al.*, 2008), pero

suelen incrementarse también otros isómeros trans de C18:1 (entre ellos el C18:1t10) y de C18:2, especialmente cuando el aceite se añade a dietas de alto concentrado y ensilado de maíz (Chilliard *et al.*, 2010) lo cual no ocurre en la leche de dietas ricas en pastos frescos.

CONCLUSIONES

Se identificaron siete tipos diferentes de dietas típicas en las granjas de leche de vacuno de Galicia, diferenciadas en base a la proporción del forraje mayoritario en la ración, la proporción de concentrado y la utilización del aceite de lino. El tipo de dieta modificó la composición de la leche de tanque, especialmente la fracción lipídica. Las dietas que incluyen pastos frescos o aceite de lino mostraron un perfil lipídico más beneficioso, desde el punto de vista de la salud humana.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por los proyectos RTA2012-00065-05-02 y FEADER 2016/59B. Adrián Botana Fernández es beneficiario de un contrato predoctoral FPI-INIA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chilliard Y., Glasser F., Ferlay A., Bernard L., Rouel J. y Doreau M. (2007) Diet, rumen biohydrogenation, cow and goat milk fat nutritional quality: A review. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109, 828-855.
- Chilliard Y., Glasser F., Ferlay A., Bernard L., Rouel J., Martin B., Martin C., Enjalbert F. y Schmidely P. (2010) Que peut-on attendre des pratiques d'élevage pour améliorer la qualité nutritionnelle des matières grasses du lait bovin et caprin. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 45(6), 310-319.
- Dilzer A. y Park Y. (2012) Implication of conjugated linoleic acid (CLA) in human health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52, 488-513.
- Eurostat (2016) Milk and milk product statistics. <http://ec.europa.eu/eurostat/>
- Givens D.I. y Shingfield K.J. (2006) Optimising dairy milk fatty acid composition. En: Williams C.M. y Buttriss J. (eds.). *Improving the fat content of foods*, pp. 252-280. Cambridge, Reino Unido: Woodhead Publishing Limited.
- Glasser F., Ferlay A. y Chilliard Y. (2008) Oilseed lipid supplements and fatty acid composition of cow milk: a meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 91(12), 4687-703.
- González L., Moreno T., Bispo E., Dugan M.E.R. y Franco D. (2014) Effect of supplementing different oils: linseed, sunflower and soybean, on animal performance, carcass

characteristics, meat quality and fatty acid profile of veal from Rubia Gallega calves. *Meat Science*, 96, 829-836.

Haug A., Høstmark A.T. y Harstad O.M. (2007) Bovine milk in human nutrition – a review. *Lipids in Health and Disease*, 6, 1-6.

ISO (2001) *Milk and milk products - Extraction methods for lipids and liposoluble compounds. ISO 14156:2001/IDF 172*. Ginebra, Suiza: International Organization for Standardization.

ISO (2002) *Milk fat - Preparation of fatty acid methyl esters. ISO 15884:2002/IDF 182*. Ginebra, Suiza: International Organization for Standardization.

NRC (2001) *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. Washington D.C., EE.UU.: National Academy Press.

SAS INSTITUTE (2009) *SAS/Stat User's Guide, v.9.2*. Cary, NC, EE.UU.: SAS Institute Inc.

TYPICAL DIETS IDENTIFICATION AND DIET-MILK COMPOSITION RELATIONSHIP IN GALICIAN DAIRY FARMS

Summary

The objective of this work was to describe the predominant Galician dairy systems in terms of the composition of the predominant diets, milk composition and fatty acids (FA) profile. A sample of 45 representative dairy farms were visited five times between October 2013 and September 2014. In each visit the diet fed to lactating cows has been recorded and samples of feed ingredients and bulk tank milks have been taken. Following a cluster analysis on diet composition, seven typical diets were identified based on the predominant forage, the proportion of concentrate and the presence or not of linseed oil. Milk composition was affected by diet consumed by cows, with lower fat in samples from systems high in maize silage and addition of linseed oil. Fresh grass based diets or with linseed oil showed a healthier profile, from the point of view of human health.

Key words: dairy cow, milk composition, fatty acids.

ESTIMACIÓN *IN SITU* DEL CONTENIDO EN NUTRIENTES DEL PURÍN DE PORCINO POR MÉTODOS RÁPIDOS

M.I. García Pomar¹, D. Báez Bernal¹, V. García Souto¹, J. Castro Insua¹, J.M. Blanco Ballón², M. Fernández Pardo², M. Giménez Solla², I. García Presedo²

¹ Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo-INGACAL. Ctra. Betanzos-Mesón do Vento, km 8, 15318 Abegondo (A Coruña)

²ADR Mariñas – Betanzos. Lugar San Marcos, s/n, 15318 Abegondo (A Coruña)

Correspondencia: maria.isabel.garcia.pomar@xunta.gal

Resumen

La intensificación de las explotaciones de porcino gallegas, y la consiguiente generación de purines requiere una gestión económica y respetuosa con el medio ambiente, que puede incluir su uso en la fertilización de praderas y cultivos forrajeros. El conocimiento del contenido en nutrientes del purín es necesario para un ajuste de las dosis acorde a las necesidades de los cultivos. Su estimación se puede realizar *in situ* a partir de métodos rápidos, midiendo la conductividad eléctrica (CE) y/o la densidad (D).

El objetivo de este estudio era obtener ecuaciones que relacionaran las lecturas directas de parámetros físico-químicos con el valor fertilizante de los purines de porcino.

Una buena estimación del N amoniacal y K₂O se obtuvo con ecuaciones de regresión simples a partir de la CE, y del N total y P₂O₅ a partir de la D. La ecuación de regresión múltiple obtenida para el N total a partir de la CE y D, fue la única que mejoró notablemente la regresión simple. Se recomienda utilizar ecuaciones de regresión múltiples para estimar el resto de nutrientes, aunque no se mejore notablemente el ajuste, ya que debemos realizar ambas medidas (CE y D), bien sea para estimar un nutriente u otro.

Palabras clave: Nitrógeno amoniacal, fósforo, potasio, conductividad eléctrica, densidad.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años en Galicia se produjo una importante intensificación de los sistemas de producción del sector porcino. Las explotaciones porcinas, al ser intensivas, no tienen, por lo general, tierras asociadas con lo que los purines generados en la explotación deben encontrar salida mediante su aplicación como fertilizantes en las superficies agrarias y/o forestales. Una gran parte del purín de porcino va a prados y cultivos forrajeros, que con 605 484 ha representan el 73% de la superficie agraria de Galicia (Xunta de Galicia, 2015).

En la Reserva de la Biosfera “Mariñas Coruñesas e Terras do Mandeo”, existen numerosas explotaciones de porcino, encontrándose puntos de contaminación de las aguas por nitratos en las proximidades de las parcelas donde se aplica el purín, por lo que es necesario buscar soluciones para conseguir un desarrollo sostenible del sector en la zona.

Esta problemática era conocida desde hace varios años por la entidad gestora de la Reserva de la Biosfera, a raíz de la ejecución de dos proyectos Life (Life Aquaplann: 2009-2012 y Life Rural Supplies: 2013-2017) realizados desde el Ayuntamiento de Abegondo, uno de los 17 municipios que integran la Reserva de la Biosfera. El estudio de distintos tipos de explotaciones porcinas en el territorio de la Reserva de la Biosfera sirvió para el conocimiento en profundidad del problema y para diseñar una herramienta de gestión que aportara a los ganaderos la información necesaria para el almacenamiento y la posterior aplicación de los purines de forma correcta en las tierras dedicadas a tal fin.

Un buen aprovechamiento del purín como abono requiere un conocimiento de su riqueza en nutrientes, que incremente su eficiencia fertilizante. Los métodos rápidos de estimación de la composición de purines a partir de parámetros físicos-químicos como son la conductividad eléctrica y la densidad permiten una estimación *in situ* de los nutrientes por parte de los técnicos que asesoran sobre fertilización y ajustar de una forma inmediata las dosis de purín aplicadas, con los subsiguientes beneficios ambientales y económicos.

En purines de porcino se encontraron buenas correlaciones entre la conductividad y el N total (Moral *et al.*, 2005; Provolo y Martínez-Suller, 2007; Martínez Suller *et al.*, 2008; Domingo *et al.*, 2009; Suresh *et al.*, 2009; Thygesen *et al.*, 2012), N amoniacal (Scotford *et al.*, 1998; Moral *et al.*, 2005; Provolo y Martínez-Suller, 2007; Martínez Suller *et al.*, 2008; Domingo *et al.*, 2009; Suresh *et al.*, 2009;) y potasio (Moral *et al.*, 2005; Martínez Suller *et al.*, 2008; Domingo *et al.*, 2009; Suresh *et al.*, 2009; Thygesen *et al.*, 2012). También se encontraron buenas correlaciones entre densidad y el contenido en fósforo (Scotford *et al.*, 1998; Moral *et al.*, 2005; Yagüe *et al.*, 2008), el contenido en N total (Moral *et al.*, 2005; Martínez Suller *et al.*, 2008; Yagüe *et al.*, 2008; Thygesen *et al.*, 2012) y el de N amoniacal (Moral *et al.*, 2005; Martínez Suller *et al.*, 2008). Sin embargo, Yagüe *et al.* (2008)

encontraron una baja correlación entre la densidad y el N amoniacal. Moral *et al.* (2005) y Martínez Suller *et al.* (2008) encontraron correlaciones no muy buenas entre densidad y potasio, mientras que Thygesen *et al.* (2012) encontraron correlaciones muy bajas entre estos parámetros.

El objetivo de este trabajo era disponer de un método rápido *in situ* que estimara de una manera fiable el contenido en nutrientes del purín de porcino en Galicia. Para alcanzar este objetivo se buscaron unas ecuaciones que relacionaran las lecturas directas de parámetros físico-químicos, densidad y conductividad eléctrica, con el valor fertilizante del purín, calculado a partir de los parámetros químicos obtenidos por métodos oficiales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Un total de 32 muestras de purín se recogieron en 24 explotaciones de porcino ubicadas en la Reserva de la Biosfera “Mariñas Coruñesas e Terras do Mandeo”, en fosas con diferentes sistemas de producción: gestación (2 muestras), lactación (1 muestra), transición, cebo (18 muestras) y mixto (11 muestras). El muestreo se hizo con una sonda tubular que permitía tomar una muestra representativa de todas las capas del purín de la fosa. Las muestras de purín fueron analizadas por vía húmeda. El contenido en materia seca se determinó con secado en estufa a 105°C, hasta peso constante. La materia orgánica se analizó usando un analizador termogravimétrico. El nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) se determinaron en fresco, previa digestión de las muestras con ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno. El N total se determinó con un analizador de flujo continuo (colorimetría), el K por espectroscopía de absorción atómica y el P total por espectrofotometría.

Por otro lado se midieron una serie de parámetros físico-químicos. El pH se midió en el purín diluido en H₂O destilada, en una relación peso/volumen 1:1, tras agitar la muestra durante 30 minutos a 250 rpm en un agitador orbital. La densidad (kg dm⁻³) se midió directamente en el purín, vertiéndolo sobre una probeta, agitando, introduciendo un densímetro y tomando la medida a los 5 minutos. Se midió también la conductividad eléctrica (mS cm⁻¹) con un conductímetro (CM 35+ de Crison) dotado de un electrodo de titanio que se introducía directamente en el purín diluido con agua destilada en la relación

volumen/volumen 1:10 para evitar posibles interacciones eléctricas e iónicas entre los iones (Yagüe *et al.*, 2008). Se calcularon las correlaciones entre el valor fertilizante del purín: kg de N, kg de P₂O₅ y kg de K₂O por metro cúbico con la densidad (D) y la conductividad eléctrica (CE). Teniendo en cuenta dichas correlaciones se hicieron regresiones lineares simples y múltiples con dichas variables. En las ecuaciones de regresión múltiples para hacer el ajuste al modelo de regresión, se utilizó el proceso Stepwise, incluyéndose en la ecuación de regresión aquellas variables con un límite de significación menor de 0,1. Los datos se analizaron con el paquete estadístico SPSS.

RESULTADOS

Los 32 purines analizados presentaron una composición media (Tabla 1) de 5,61 % de materia seca, 85,2 g kg⁻¹ de N, 52,2 g kg⁻¹ de N amoniacal, 22,6 g kg⁻¹ de P y 50,6 g kg⁻¹ de K.

Tabla 1. Composición físico-química de los purines de porcino (g kg⁻¹ ms).

	ms	mo	N total	N amoniacal	P	K
Media	56,1	703,2	85,2	52,2	22,6	50,6
Máximo	172,6	871,8	214,6	203,6	37,4	226,5
Mínimo	2,4	287,0	37,4	12,0	7,2	8,2

ms: materia seca; mo: materia orgánica

Se encuentra una gran variabilidad en todos los parámetros medidos, incluso en las 18 fosas de sistema de producción de cebo dicha variabilidad se mantiene.

Se puede destacar la gran variabilidad en la materia seca del purín, ya que algunas muestras no superan el 4% de materia seca y otras superan el 17%.

El N amoniacal supone el 61,27% del N total (orgánico más mineral), aunque en algunos casos ese porcentaje puede superar el 80% (3 de los purines analizados), que se corresponden con una materia seca muy baja (<1%), es decir, los más diluidos, indicándonos junto con su elevado contenido en N amoniacal, que más que purines lo que se tiene en la fosa, en estos casos, es orina mezclada con agua.

El contenido en fósforo es bastante elevado: 2,90 kg t⁻¹ de P₂O₅. En la tabla 2 se muestran las correlaciones entre el contenido en nutrientes del purín y los distintos parámetros físico-químicos, así como la correlación entre estos.

El contenido en N total (kg m⁻³) presentó buena correlación con la materia seca y por tanto con el parámetro de la densidad, al estar directamente relacionado con la materia seca, y buena correlación con la conductividad eléctrica.

El contenido en N amoniacal (kg m⁻³) presentó correlación con los mismos parámetros, mejor para la conductividad y peor para la densidad, y una correlación baja con el pH.

El contenido en P₂O₅ (kg m⁻³) presentó buena correlación con la materia seca y la densidad y una correlación baja con la conductividad eléctrica. El contenido en K₂O (kg m⁻³) presentó buena correlación con la conductividad eléctrica y con la densidad y una correlación baja con el pH.

Tabla 2. Factores de correlación entre los parámetros medidos y el contenido de nutrientes.

	MS (g kg ⁻¹)	CE _{dil} (1:10) (mS cm ⁻¹)	D (kg dm ⁻³)	pH	N (kg m ⁻³)	N _{amon} (kg m ⁻³)	P ₂ O ₅ (kg m ⁻³)
CE _{dil} (1:10)	0,36						
D	0,79	0,60					
pH	0,01	0,31	0,17				
N	0,85	0,75	0,90	0,14			
N _{amon}	0,52	0,95	0,71	0,34	0,86		
P ₂ O ₅	0,91	0,31	0,84	0,17	0,83	0,49	
K ₂ O	0,43	0,96	0,71	0,31	0,80	0,92	0,43

D: densidad; CE_{dil}: conductividad eléctrica diluida (1:10)

Las mejores ecuaciones lineares de regresión que se encontraron aparecen reflejadas en la Tabla 3. Los modelos de regresión son estadísticamente significativos (P<0,001).

Las ecuaciones de regresión simple para los contenidos en N y P₂O₅ que presentaron un mejor ajuste fueron las que incluyeron como variable independiente la densidad (R² de 0,85 y 0,82, respectivamente).

Las ecuaciones de regresión simple para los contenidos en N amoniacal y K₂O que presentaron un mejor ajuste fueron las que incluyeron como variable independiente la conductividad eléctrica diluida (R² de 0,93 y 0,93, respectivamente).

Tabla 3. Regresiones lineares simples y múltiples.

kg m ⁻³	Ecuación	Coefficiente de determinación
Ecuaciones simples de regresión		
N	109,91 D-108,47	0,85***
N	1,57 CE _{dil} +0,44	0,60***
Namon	0,88 CE _{dil} +0,04	0,93***
Namon	65,45 D-64,74	0,67***
P₂O₅	125,98 D-125,78	0,82***
K₂O	1,20 CE _{dil} -0,38	0,93***
K₂O	55,56 D-54,52	0,53***
Ecuaciones múltiples de regresión		
N	0,74 CE _{dil} +81,66 D-81,22	0,94***
Namon	0,76CE _{dil} +11,30D-11,24	0,96***
P₂O₅	-0,44 CE _{dil} +158,98 D-158,43	0,85***
K₂O	1,04 CE _{dil} +16,08 D-16,43	0,95***

*** P<0.001

D (kg dm⁻³): densidad; CE_{dil}:(mS cm⁻¹) conductividad eléctrica diluida (1:10)

Las ecuaciones de regresión múltiples, que incluían como variables independientes la D y la CE_{dil} mejoraron notablemente la predicción del contenido en N total (R²=0,94), pero apenas la predicción del N amoniacal (R²=0,96) , P₂O₅ (R²=0,85) y K₂O (R²=0,95).

DISCUSIÓN

La gran variabilidad encontrada en la composición química del purín de porcino, no permite que se pueden usar valores medios de purín en los cálculos de las dosis fertilizantes (Domingo *et al.*, 2009).

El contenido en materia seca del purín es un indicador fundamental de cara a su valoración como abono, debido a que su valor económico tiene que compensar al menos, los gastos en el transporte a las parcelas de cultivo. Las bajas materias secas encontradas en algunos purines nos indican una mala gestión de las aguas de limpieza, bebederos, lluvia, etc. y puede hacer antieconómico el transporte debido a su escaso valor fertilizante. Estos purines muy diluidos no tendrían salida o demanda agrícola.

El elevado contenido en fósforo de los purines de porcino, , que es casi el doble que en un purín medio de vacuno de Galicia con 1,04 kg t⁻¹ de P₂O₅ (García *et al.*, 2010), puede

suponer un alto riesgo de contaminación fosfórica y consiguiente eutrofización de las aguas.

Acorde con la bibliografía consultada se consiguieron buenas ecuaciones lineares simples de regresión para estimar el contenido de N y P_2O_5 con la medida de la densidad, y el contenido en N amoniacal y K_2O con la medida de la conductividad eléctrica diluida. Se obtuvo una ecuación de regresión, pero con un ajuste no tan bueno, para estimar el contenido en N total a partir de la conductividad, debido a que el N amoniacal presentaba una alta correlación con el N total, ya que la mayor parte del N orgánico está en la parte sólida del purín y por consiguiente no tiene influencia en las interacciones iónicas del purín (Thygesen *et al.*, 2012). Las ecuaciones de regresión simples que estimaban el N amoniacal y el potasio a partir de la densidad tampoco presentaron un ajuste tan bueno, acorde con la bibliografía consultada.

Entre las ecuaciones de regresión lineares múltiples obtenidas con la medida combinada de ambos parámetros, D y CE_{dil} , sólo la obtenida para el N mejoró notablemente el ajuste y por lo tanto, para su estimación sería conveniente la medida de la CE_{dil} junto con la de la D.

En principio para tener una buena estimación del contenido del N amoniacal y el K_2O en el purín de porcino, sería suficiente sólo con la medida de la CE_{dil} , y para la estimación del contenido en P_2O_5 , sólo bastaría con la medida de la D. Pero teniendo en cuenta que debemos realizar ambas medidas, bien sea para estimar un nutriente u otro, se recomienda la utilización de las ecuaciones de regresión múltiple para estimar el contenido de todos los nutrientes.

CONCLUSIONES

Un buen aprovechamiento del purín de porcino como fertilizante requiere un conocimiento de su riqueza en nutrientes. La utilización de parámetros físicos-químicos, como son la conductividad eléctrica y la densidad, resultan adecuados para estimar la composición de los purines de porcino.

La realización de estas medidas rápidas *in situ* y la aplicación de las ecuaciones obtenidas permitirá un ajuste inmediato por parte de técnicos y ganaderos de las dosis de purín a aplicar a los cultivos, con los beneficios ambientales y económicos que esto implica.

AGRADECIMIENTOS

A la Unión Europea, a la Xunta de Galicia y al Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente por la financiación del Proyecto FEADER 2016/55B “Diseño de herramientas para minimizar el impacto sobre el medio natural de las aplicaciones de purín de explotaciones de porcino” coordinado por la Asociación de Desarrollo Rural Mariñas- Betanzos y la participación de CIAM-INGACAL, USC, Ayuntamiento de Abegondo, AGACA y Coporc Sociedad Cooperativa Gallega, y a Emma M^ª Rodríguez Rey por los análisis de laboratorio realizados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Domingo F., Parera J., Mallol C., Canut N. y Serra J. (2009) Automatic electrical conductivity measurement for a better on field management of pig slurry. 16th Nitrogen Workshop, pp. 355-356. Turín, Italia.
- García M.I., Castro J., Báez D., Camba J. y López J. (2010) Directrices para fertilizar con purines el maíz forrajero. *Afriga*, 85: 66-73.
- Martínez-Suller L., Azzellino A. y Provolo G. (2008) Analysis of livestock slurries from farms across Northern Italy: Relationship between indicators and nutrient content. *Biosystems Engineering*, 99, 540-552.
- Moral R., Pérez-Murcia M.D., Péres-Espinosa A., Moreno Caselles J., Pareces C. y Rufete B. (2005). Estimation of nutrient values of pig slurries in southeast Spain using easily determined properties. *Waste Management*, 25, 719-725.
- Provolo G. y Martínez-Suller L. (2007) In situ determination of slurry nutrient content by electrical conductivity. *Bioresource Technology*, 98, 3235-3242.
- Scotford I.M., Cumby T.R., White R.P., Carton O.T., Lorenz F., Hatterman U. y Provolo G. (1998) Estimation of the nutrient value of agricultural slurries by measurement of physical and chemical properties. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 71, 291-305.
- Suresh A., Choi H.L. y Moon O.K. (2009) Prediction of the nutrients value and biochemical characteristics of swine slurry by measurement of EC - Electrical conductivity. *Bioresource Technology*, 100, 4683-4689.
- Thygesen O., Triolo J.M. y Sommer. S.G. (2012). Indicators of physical properties and plant nutrient content of animal slurry and separated slurry. *Biological Engineering Transactions*, 5, 123-135.

Yagüe M.R., Quílez D., Iguácel F. y Orús F. (2008) Métodos rápidos de análisis como herramienta de gestión en la fertilización con purín porcino: conductimetría. Informaciones técnicas del Centro de Transferencia Agroalimentaria del Gobierno de Aragón, 195. Xunta de Galicia. 2015. Anuario de estadística agraria. Santiago de Compostela, España: Consellería do Medio Rural.

QUICK ON-SITE METHODS FOR ESTIMATING PIG SLURRY NUTRIENT CONTENT

Summary

The generation of slurries by intensification of Galician pig farms needs a low-cost and environmentally sustainable management. Application of slurries as fertilizers in meadows and forage crops is a suitable management. Knowledge of nutrient content of slurry is necessary for an adjustment of fertilizers doses according to needs of the crops. Quick on-site methods -electrical conductivity (EC) and/or density (D)- can be used for estimating pig slurry nutrient content.

The objective was to obtain equations that relate physical-chemical parameters with pig slurry fertilizer value. A good estimation of ammonia N and K_2O was obtained with simple regression equations from EC, and of total N and P_2O_5 from D. The only multiple regression equation obtained that improved the estimate from EC and D, was for total N. Multiple regression equations are recommended to estimate the rest of nutrients.

Key words: ammonia nitrogen, phosphorus, potassium, electrical conductivity, density.

DINÁMICA DE LAS EXPLOTACIONES CON VACUNO LECHERO EN ESPAÑA DURANTE LAS TRES ÚLTIMAS DÉCADAS: EL CASO DE LA CORNISA CANTÁBRICA

E. García¹, I. Vázquez¹, A.I. García²

¹Centro de Investigación y Formación Agrarias (CIFA). Gobierno de Cantabria. Héroes 2 de mayo, 27, 39600 Muriedas, Cantabria. elenagarcia@cifacantabria.org

²Departamento de Economía Aplicada. Escuela Politécnica Superior (Universidad de Santiago de Compostela). Calle Benigno Ledo s/n, 27002 Lugo.

Resumen

Se analizó la evolución de las explotaciones con vacuno lechero de España durante las tres últimas décadas, según tamaño y localización. Para ello se ha utilizado información procedente del Censo Agrario de 1982 y la Encuesta de Estructuras Agrarias, del año 2013. En el periodo analizado se ha observado una fuerte reducción, del 74% en el número de explotaciones y del 65% en unidades de trabajo anual. Esta reducción es más intensa en las explotaciones de menor tamaño y las localizadas fuera de la Cornisa Cantábrica. El resultado ha sido un aumento del 46% en el número de animales por explotación, intensificación productiva y consolidación de la Cornisa como referente en el sector productor de vacuno lechero.

Palabras clave: ajuste estructural, fuentes de información secundaria, intensificación productiva.

INTRODUCCIÓN

La Cornisa Cantábrica (Galicia, Asturias, Cantabria y País Vasco), presenta una clara especialización hacia la producción de leche de vaca, pues en la zona se concentran el 79% de las explotaciones lecheras, un 60% de las vacas lecheras y el 57% del volumen de producción del total de España (FEGA, 2015; MAGRAMA, 2015). La actividad lechera es relevante en su economía, llegando a alcanzar en algunas zonas, como es el caso de Cantabria, el 50% del valor económico de la producción agraria (Calcedo, 2013).

Durante las últimas décadas el sector del vacuno lechero en España, ha experimentado un intenso proceso de ajuste y transformación, como consecuencia de los cambios sufridos en las políticas agrarias, los mercados y la adopción de las innovaciones tecnológicas (Arnalte, 2007). El resultado ha sido un fuerte descenso en el número de explotaciones y un incremento del tamaño de las que permanecen en activo (Sineiro *et al.*, 2010; Vázquez, 2013).

El objetivo de este trabajo es caracterizar el proceso de ajuste estructural en las explotaciones lecheras de la Cornisa Cantábrica, mediante un análisis de la situación actual y su evolución reciente desde 1982 hasta 2013.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material utilizado son fuentes de datos secundarias, compuestas por los microdatos de las explotaciones agrarias incluidas en el Censo Agrario (CA) de 1982 y la Encuesta sobre la Estructura de las Explotaciones Agrícolas (EEEA) del año 2013.

Se ha procedido a una homogeneización de las bases de datos, puesto que la EEEA es más restrictiva en cuanto al tamaño mínimo de explotación: que tenga más de una hectárea de Superficie Agraria Utilizada (SAU) o más de 0,2 ha de SAU dedicadas a hortalizas y flores o más de una Unidad Ganadera (UG) con una Producción Estándar Total (PET) igual o superior a 0,75 Unidades de Dimensión Europea (UDE). Se han eliminado en el CA las explotaciones que estaban por debajo de esos umbrales y se ha centrado el análisis en las explotaciones especializadas en vacuno lechero, seleccionando la orientación técnico económica (OTE) número 41 para el CA de 1982 y la OTE número 45 para la EEEA del 2013. Además, se ha realizado un análisis descriptivo de valores medios: tareas de homogeneización de bases de datos, depuración, recodificación de variables, creación de otras nuevas y estratificación, de tal manera que la información que aparece en los resultados se ha agrupado según número de vacas (<20, de 20 a 49 y >=50) y localización: Cantabria, Cornisa Cantábrica (Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco y Navarra) y España.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En España hay en el año 2013 un total de 99 500 explotaciones con bovino, de las que un 18,8% están especializadas en vacuno lechero (tabla 1). Estas explotaciones tienen un peso relativo superior en ganado (27,3%), trabajo (24,2%) y valor económico de la producción (34,1%); en cambio la SAU equivale a tan sólo el 10,5% del total, debido a que

sus explotaciones, de carácter más intensivo, presentan menor SAU media y mayor carga ganadera (Vázquez *et al.*, 2017).

Tabla 1. Importancia del bovino lechero sobre el conjunto de explotaciones con bovino (en % s. total del número de explotaciones, UG bovino, SAU, UTA y PET). España 2013.

	% Explotaciones	% Unidades Ganaderas Bovino	% Superficie Agrícola Utilizada	% Unidad Trabajo Año	% Producción Estándar Total
Bovino lechero	18,8	27,3	10,5	24,2	34,1
Resto OTEs	81,2	72,7	89,5	75,8	65,9
Unidades*	99,5	4.145	4.749	129,5	6.961

*Explotaciones, UG, UTA en miles de unidades; SAU en miles de ha, PET en millones de euros.

En España hay en el año 2013 aproximadamente 18 700 explotaciones especializadas en bovino lechero, de las que un 24% presentan una forma jurídica de tipo societario. Tienen de media 61 UG de bovino y 27 ha de SAU, de manera que la carga ganadera se sitúa en 2,3 UG bovino por hectárea de SAU. Las necesidades anuales de trabajo (UTA: Unidades de Trabajo por año) ascienden a 1,7 de las que un 40% es de tipo asalariado, y el valor económico de la producción es de 127 000€ por explotación y 76 000€ por UTA (tabla 2).

La mayoría de las explotaciones lecheras que hay en España (56,2%), tienen una dimensión ganadera comprendida entre las 20 y las 49 vacas; las menos numerosas son las que tienen un tamaño inferior a las 20 vacas (15,5%), mientras que las que superan las 49 vacas equivalen al 28,3%. Parece existir una relación directa entre el tamaño ganadero de la explotación y las características productivas y económicas analizadas. A mayor número de vacas, aumenta el peso de las fórmulas societarias, la carga ganadera, la superficie agraria y su grado de aprovechamiento, las necesidades anuales de trabajo y su grado de asalariación, además del valor económico de la producción por explotación y ocupado (tabla 2).

Tabla 2. Titularidad, ganado, superficie, trabajo y producción en explotaciones con bovino lechero, según orientación, tamaño y localización. España 2013.

	Explotaciones		Unidades Ganaderas Bovino		Superficie Agrícola Útil		Unidad Trabajo Año		PET (miles €)	
	Miles ud.	Societarias (%)	Ud./exp.	Ud./SAU	ha/exp.	% s. ST	Ud.	Asalariada (%)	Ud./exp	PET/UTA
<20 vacas	0,2	0,0	7,9	1,3	6,2	87,0	0,9	0,0	14,3	15,4
20 a 49 vacas	0,9	13,6	36,3	2,4	15,1	92,8	1,3	20,7	67,6	50,8
>= 50 vacas	0,5	54,5	113,8	3,9	29,5	93,3	1,9	66,7	217,4	112,1
Total Cantabria	1,6	23,7	55,0	3,1	18,0	92,7	1,5	37,0	104,0	71,7
<20 vacas	2,6	0,0	5,3	1,2	4,5	72,6	1,0	0,0	12,2	11,9
20 a 49 vacas	9,4	10,6	33,5	1,9	17,3	84,2	1,5	14,6	71,1	48,3
>= 50 vacas	3,1	58,2	121,5	2,9	41,9	91,8	2,2	70,4	253,1	112,8
Total Cornisa*	15,1	18,7	47,1	2,3	20,3	86,8	1,6	29,7	99,0	63,6
<20 vacas	2,9	0,4	5,2	1,1	4,8	74,6	1,0	0,8	12,0	12,0
20 a 49 vacas	10,5	11,6	34,3	1,7	20,6	84,4	1,4	15,4	73,4	50,7
>= 50 vacas	5,3	59,7	142,5	2,8	50,6	88,6	2,5	76,7	294,4	117,5
Total España	18,7	23,6	60,6	2,3	26,7	86,3	1,7	40,1	126,8	75,6

*Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco y Navarra

El 80,7% de las explotaciones lecheras que hay en España se localizan en la Cornisa Cantábrica. Destacan por el menor porcentaje de fórmulas societarias (19%), menor dimensión (47 UG bovino y 20 ha de SAU), grado de asalarización del trabajo (30%) y valor económico de la producción (99 000€ por explotación y 64 000€ por ocupado); que es debido al menor peso relativo de las explotaciones con mayor tamaño (20,5% del total). En Cantabria hay tan sólo 1 600 explotaciones lecheras con unas características productivas y económicas que mejoran ligeramente con respecto a las anteriores (tabla 2).

Entre 1982 y 2013 se ha producido en España un fuerte ajuste del 74% en el número de explotaciones lecheras, algo más moderado en el número de ocupados (-65%). Por el contrario, el censo ganadero de bovino y la superficie agraria útil, han registrado sendos

incrementos, del 46 y 20% respectivamente. En definitiva, asistimos a una fuerte elevación del tamaño ganadero por explotación, e intensificación productiva por unidad de superficie y ocupado (tabla 3).

Este ajuste se ha concentrado en las explotaciones de menor dimensión, habiendo registrado las de tamaño inferior a 20 vacas reducciones superiores al 95% en las cuatro variables analizadas. Sineiro *et al.* (2010) asociaron a las explotaciones de menor dimensión estrategias de abandono de actividad por cuestiones relativas a su inviabilidad económica y demográfica; además, coincidiendo con la entrada en vigor de las cuotas lecheras a comienzos de los años 90, han sido muchas las explotaciones lecheras que han aprovechado para vender sus derechos de comercialización de leche (cuotas) en el mercado privado o en los programas públicos (Olaizola *et al.*, 1996; Calcedo, 2009). Las explotaciones de mayor dimensión son las que han experimentado un mayor crecimiento; han multiplicado en aproximadamente siete veces el valor inicial de número de explotaciones y SAU, en ocho el valor de UG bovino y en cuatro el de las UTA. Parece que las explotaciones de mayor tamaño han realizado un mayor uso de las innovaciones tecnológicas, para suplir las necesidades de trabajo que no han crecido al mismo ritmo que la producción (Arnalte, 2007; Moreno, 2009).

A nivel de territorio el ajuste en la Cornisa Cantábrica ha sido diferente al del conjunto de España. El número de explotaciones ha registrado un descenso menor del 60%, lo que ha permitido incrementar el peso de la Cornisa sobre el número de explotaciones lecheras de España (52% en 1982 y 81% en 2017). También lo ha sido el de las necesidades anuales de trabajo, que se han visto reducidas en un 54% hasta llegar a representar en 2013 el 75% de las UTA. La cabaña ganadera de bovino y la SAU han registrado fuertes incrementos, del 132% y 146% respectivamente; esto ha permitido a sus explotaciones concentrar el 63% del censo ganadero y 61% de la SAU del conjunto de España. En términos comparativos en la Cornisa Cantábrica se ha producido una mayor elevación del tamaño ganadero y grado de intensificación productiva por ocupado que en el conjunto de España, lo que le ha permitido consolidarse como referente del sector productor de leche. En el caso de Cantabria el proceso de ajuste estructural ha sido más intenso que en el conjunto de

España. El número de explotaciones y ocupados se han reducido en un -82%, mientras que las SAU y las UTA han registrado descensos más moderados, del 16 y 37% respectivamente.

Tabla 3. Evolución de las explotaciones, ganado, superficie y trabajo según orientación, tamaño y localización, en explotaciones con bovino lechero. España 1982 y 2013*.

	Explot (miles ud)			UG bovino (miles ud)			SAU (km2)			UTA (miles ud)		
	1982	2013	Var %	1982	2013	Var %	1982	2013	Var %	1982	2013	Var %
<20 vacas	8,4	0,2	-97,1	86,2	2,0	-97,7	386	15	-96,1	11,7	0,2	-98,0
20 a 49 vacas	0,5	0,9	86,5	16,1	32,4	101,4	62	135	118,9	1,0	1,2	14,2
>= 50 vacas	0,0	0,5	1	3,8	54,7	1						
			558,3			358,7	12	142	1 115	0,1	0,9	701,5
Total	9,0	1,6		106,	89,1							
Cantabria			-81,9	0		-16,0	460	292	-36,5	12,8	2,3	-81,7
	36,2	2,6		246,4	13,6		1					
<20 vacas			-92,9			-94,5	018	115	-88,7	48,0	2,6	-94,5
	1,3	9,4		43,2	314,4			1				
20 a 49 vacas			605,9			627,8	169	623	858,2	2,9	13,8	370,7
	0,1	3,1	2	17,0	382,3	2		1	2			
>= 50 vacas			247,6			152,2	57	319	232,5	0,6	7,1	1 151
Total Cornisa*	37,6	15,1	-59,9	306,	710,	131,7	244	057	145,8	51,5	23,5	-54,4
	66,1	2,9		513,2	15,2		2					
<20 vacas			-95,6			-97,0	869	140	-95,1	77,7	2,9	-96,3
	5,1	10,5		173,5	358,7			2				
20 a 49 vacas			103,4			106,7	940	157	129,4	9,9	15,1	53,2
	0,8	5,3		90,4	759,1			2				
>= 50 vacas			608,6			739,6	363	694	641,6	2,9	13,4	364,5
Total España	72,0	18,7	-74,0	777,	1 133	45,8	173	991	19,6	90,4	31,4	-65,3

*Explotaciones, UG bovino, SAU y UTA en miles de unidades

En la figura 1 se observa la mayor especialización productiva que ha habido hacia el bovino lechero en la Cornisa Cantábrica. En el año 1982 el vacuno lechero tenía una destacada relevancia sobre el conjunto del bovino, tanto en número de explotaciones como en ganado, en comunidades como Cataluña, Comunidad Valenciana, Andalucía, Comunidad de Madrid, Cantabria y Baleares. La situación varía en 2013, siendo la Cornisa Cantábrica y Cataluña las comunidades que adquieren una mayor relevancia en el vacuno lechero.

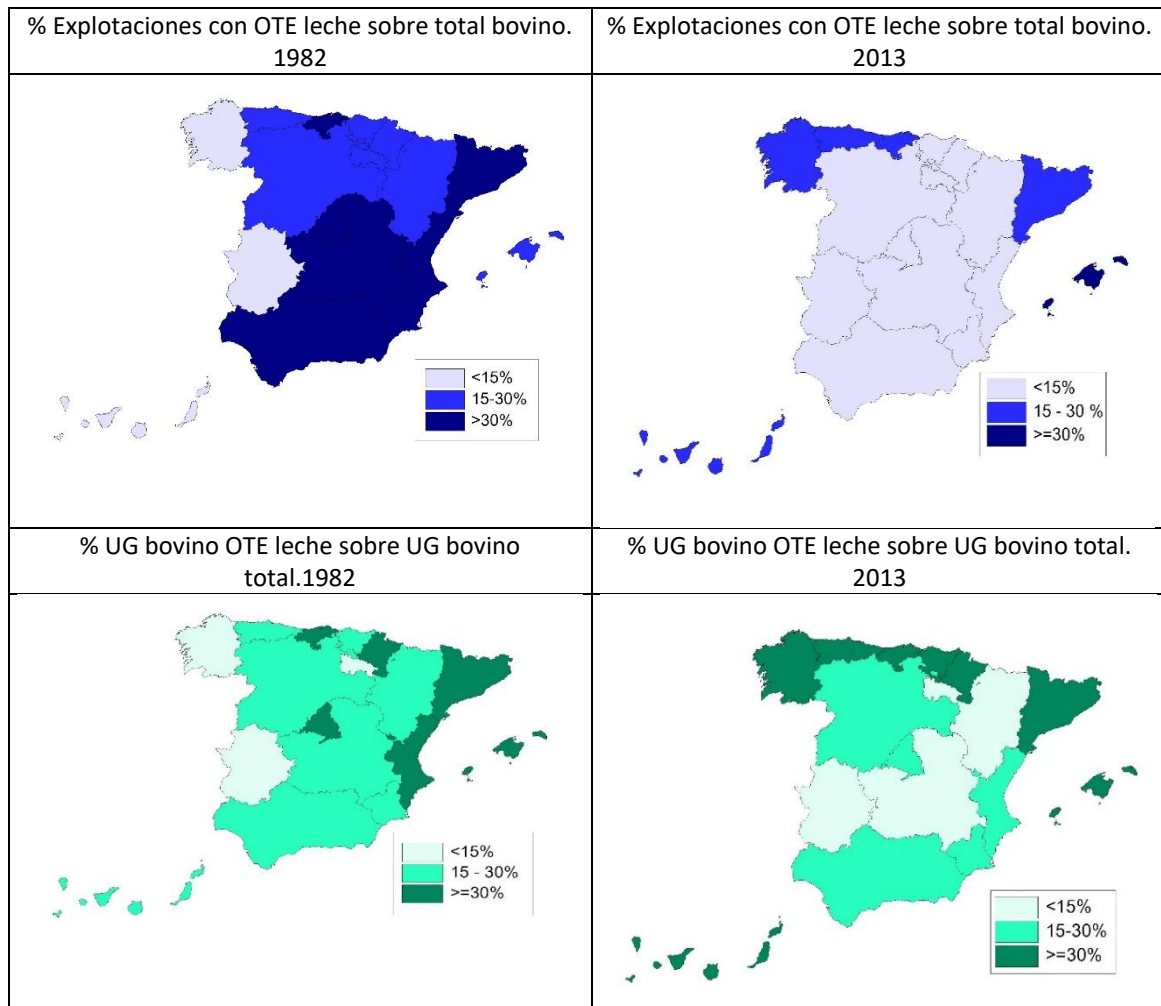


Figura 1. Importancia territorial de la OTE leche en cada CC.AA. (en % de explotaciones y UG bovino sobre el total de explotaciones con bovino) (1982 a 2013).

CONCLUSIONES

En España hay en 2013 unas 18 700 explotaciones especializadas en vacuno lechero, que equivalen al 18,8% de las que tienen bovino. Alcanzan un peso relativo superior en ganado, trabajo y valor económico de la producción, pero no en cambio en superficie manejada, debido a su mayor intensificación productiva.

La mayoría de las explotaciones lecheras tienen un tamaño medio comprendido entre 20 y 49 vacas. Se aprecia una relación directa entre el mayor número de vacas por

explotación y el aumento de las fórmulas societarias, la intensificación productiva, las necesidades de trabajo y el valor económico de la producción. La gran mayoría de explotaciones lecheras se localizan en la Cornisa Cantábrica, si bien, tienen una dimensión productiva y económica inferior.

En el período analizado ha habido un intenso ajuste en las explotaciones lecheras del conjunto de España, concentrado en las explotaciones de menor tamaño, lo que ha dado como resultado una fuerte elevación de la dimensión ganadera e intensificación productiva. La intensidad del ajuste ha sido menor en la Cornisa Cantábrica, lo que le ha permitido consolidarse como referente del sector productor de leche en España.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arnalte E. (2007) Economía política de ajuste estructural en la agricultura de los países desarrollados. (ed) *Políticas agrarias y ajuste estructural en la agricultura española*, 17-54.
- Calcedo Ordóñez V. (2009) Cuotas y reestructuración en la UE-15 y España: hacia un drástico redimensionamiento del sector productor. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 223, 11-47.
- Calcedo Ordoñez V. (2013) Cantabria en el sector lácteo español: un radical cambio estructura. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 234, 13-48.
- FEGA Fondo Español de Garantía Agraria (2015) *Información mensual del régimen de la tasa láctea: 2014/2015*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente. (https://www.fega.es/sites/default/files/Informe_vacuno_noviembre.pdf). Consultado: 22 de enero de 2018.
- MAGRAMA (2015) Evolución y principales magnitudes del sector lácteo I: producción. El sector lácteo español más allá de 2015. (http://www.magrama.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/Evoluci%C3%B3n_Principales_Magnitudes_Sector_L%C3%A1cteo_I-Producci%C3%B3n._tcm7-314115.pdf). Consultado: 22 de enero de 2018.
- Olaizola A.M., Manrique E., Bernues A. y Maza M.T. (1996) Incidencia de programas de abandono de la producción lechera sobre explotaciones de vacuno. *Investigación Agraria: Economía*, 11, 355-376.
- Moreno Pérez O. (2009) *Estrategias y dinámicas de las explotaciones agrarias de base familiar: el caso de una agricultura intensiva*. Tesis doctoral. Universidad politécnica de Valencia.
- Sineiro F., Santiso J., Calcedo V. y Lorenzana R. (2010) *El sector lácteo: escenarios de evolución*. COVAP. I premio internacional ganadería COVAP. Pozoblanco, Córdoba. 50-53.
- Vázquez I. (2013) *Situación actual, dinámica y estrategias de las explotaciones con bovino en el norte de España*. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.

Vázquez I., García E., García A.I (2017) *Situación actual y evolución de las explotaciones con bovino en España durante las tres últimas décadas: el caso de la cornisa cantábrica*. 56 Reunión científica para el estudio de los pastos.

AGRADECIMIENTOS

Al INIA por la financiación de un contrato predoctoral FPI-INIA, convocatoria 2015 (Sostenibilidad económica de las explotaciones de bovino en Cantabria) y a la Consejería de Medio Rural, Pesca y Alimentación por la financiación del proyecto regional “Seguimiento y mejora de la eficiencia productiva del vacuno de leche en Cantabria en el actual escenario post-cuotas”.

EVOLUTION OF DAIRY FARMS IN SPAIN DURING THE LAST THREE DECADES: THE CANTABRIAN RANGE CASE

Summary

The evolution of dairy farms in Spain during the last three decades, was analysed according to their size and location. Information has been used from the Agrarian Census of 1982 and the last survey of Agrarian Structures. During this time, there has been a strong reduction in the number of farms and workers, more intense in smaller farms and located outside Cantabrian cornice. The result has been an increase in the livestock size, productive intensification and Cornice consolidation as reference of dairy cattle production sector.

Key words: Structural adjustment, secondary information source, productive intensification.

CARACTERIZACIÓN Y EVOLUCIÓN DEL CENSO GANADERO DE LAS ISLAS BALEARES

M. Llompart¹, J. Gulías¹, J. Jaume^{1,2}, S. Joy², J. Cifre¹

¹Grupo de Investigación en Biología de las Plantas en Condiciones Mediterráneas. Universitat de les Illes Balears (UIB). Ctra. de Valldemossa, km. 7,5 07122 Palma (España).

²SEMILLA S.A., Govern de les Illes Balears, Eusebio Estada 145 07071 Palma (España).

Correspondencia: pep.cifre@uib.es

Resumen

Se estudia el subsector ganadero de las Islas Baleares a partir de los datos del año 2015 procedentes del Servicio de Ganadería de la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares, del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) y de la Confederación de Asociaciones de Frisona Española (CONAFE).

Se realiza una estadística descriptiva que permite la caracterización del subsector ganadero, estudiando la estructura de las explotaciones ganaderas de cada especie y evaluando la evolución (2002 – 2015) del censo ganadero por especies y por islas.

El subsector ganadero de las Islas Baleares presenta una realidad muy diferenciada entre islas, con respecto al censo y al número y dimensión de las explotaciones ganaderas. Además, la evolución del censo es muy diferente entre especies, pero disminuyendo en todas, a excepción del equino.

Palabras clave: caprino, equino, ovino, porcino, vacuno.

INTRODUCCIÓN

En el último tercio del siglo XX la actividad agraria en general y la ganadera en particular han experimentado un retroceso importante en las Islas Baleares, seguramente consecuencia de la irrupción del turismo como principal actividad económica (Riera, 2003).

Sin embargo, a día de hoy, las actividades agrícolas extensivas están siendo cada vez más valoradas por su función conservadora del paisaje (González et al., 1998). En las Islas Baleares, la actividad agraria, especialmente la extensiva, gestiona una parte muy importante del paisaje y de la biodiversidad del archipiélago, por lo tanto, su importancia en el terreno ecológico y turístico es aún más elevada.

Históricamente, en el archipiélago la ganadería ha tenido un papel secundario en relación con la agricultura a nivel económico, pero su elevada componente extensiva hace que su importancia territorial y social sea muy superior a la esperada, máxime en un

archipiélago con gran importancia del paisaje natural y rural (Lavin et al., 1996, Cifre et al., 2002).

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar el sector ganadero de las Islas Baleares a partir de los censos recogidos en las bases de datos oficiales, y analizar su evolución entre los años 2002 y 2015.

MATERIAL Y MÉTODOS

A partir de los datos procedentes del Servicio de Ganadería de la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares, se ha construido una base de datos por municipios y especies que recoge los censos y número de explotaciones en el año 2015. Se ha incorporado el censo de las razas autóctonas (*porc negre mallorquí* y *cavall menorquí*) procedentes del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) y el censo de la raza vacuna frisona de la Confederación de Asociaciones de Frisona Española (CONAFE). Además, se ha calculado el número de explotaciones ganaderas, su estructura y si eran mixtas o no, a partir de las mismas bases de datos. Finalmente, se ha estudiado la evolución del censo ganadero entre los años 2002 y 2015 de las Islas Baleares a partir de los datos comentados de 2015 y los procedentes de Cifre et al. (2007) para 2002.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las Islas Baleares disponen de 6 144 explotaciones ganaderas, de las cuales el 74,97% se encuentran ubicadas en la isla de Mallorca, el 15,01% en Menorca y el resto en las Pitiusas (Ibiza y Formentera). Respecto a las dimensiones de dichas explotaciones, la media de las Islas Baleares es de 10,73 UGM. Por islas, las de Menorca son las más grandes, con una dimensión media de 21,62 UGM frente a Mallorca cuya dimensión es alrededor de la mitad. En las Pitiusas, las dimensiones son mucho más pequeñas; en Ibiza tienen una dimensión de 2,79 UGM y en Formentera de 1,29 UGM.

Estas explotaciones pueden ser mixtas, es decir, su censo está compuesto por individuos de diferentes especies, o no serlo, con todo el censo de ejemplares de una única

especie. Estas últimas representan el 40,09%. En Mallorca hay una mayor especialización, mientras que en Menorca las explotaciones bovinas son complementadas con algunos ejemplares de equino, ovino o porcino.

En la Tabla 1, se presenta el censo correspondiente al año 2015 de las distintas especies ganaderas para cada isla y el total para las Islas Baleares en Unidades de Ganado Mayor (UGM). Este corresponde exclusivamente a reproductoras, aunque el vacuno engloba también la recria. En esta tabla destaca como Mallorca es la isla con mayor actividad ganadera, con un total de 44 429,90 UGM, muy por encima de las 19 939,45 UGM de Menorca. En Ibiza y Formentera la ganadería es meramente simbólica, con 1 363,10 UGM y 164,15 UGM, respectivamente. Sin embargo conviene resaltar aquí que la superficie de cada isla es muy distinta, siendo Mallorca la isla con cerca del 70% de la superficie total del archipiélago.

Tabla 1. Censo ganadero (UGM) por especies y por islas (año 2015).

Isla	UGM Vacuno (f *= 1,00)	UGM Caprino (f *= 0,15)	UGM Equino (f *= 1,00)	UGM Porcino (f *= 0,50)	UGM Ovino (f *= 0,15)	UGM Total
Mallorca	5 750,00	894,90	4 043,00	5 189,50	28 552,50	44 429,90
Menorca	15 321,00	249,30	1 435,00	915,00	2 019,15	19 939,45
Ibiza	192,00	176,10	236,00	61,50	698,10	1 363,70
Formentera	0,00	34,80	14,00	10,50	104,85	164,15
Islas Baleares	21 263,00	1 355,10	5 728,00	6 176,50	31 374,60	65 897,20

* f = factor de conversión de animales a UGM (UE, 2016).

Si en la Tabla 1 analizamos los datos por especies en vez de por islas, podemos observar como en la isla de Mallorca la especie más importante es la ovina con 28 552,50 UGM. A continuación, hay que destacar el vacuno con 5 750 UGM, el cual está muy intensificado, seguido de 4 043,00 UGM de reproductoras de equino y 5 189,50 UGM de

porcino. En la isla de Menorca la especie más importante es la vacuna con 15 321 UGM. Para esta especie Menorca posee más del 60% de reproductoras de las Islas Baleares. Se destaca el escaso peso que tienen el resto de especies. Se debe mencionar que aunque la mayor parte del vacuno tiene una orientación lechera, este mantiene unos niveles importantes de extensificación. Este hecho se debe a la gran cantidad de pastos que tiene la isla, los cuales no entran en competencia con otros cultivos debido a los factores medioambientales (viento fundamentalmente) y la no competencia del campo con el turismo.

Conviene destacar también que los censos ganaderos son muy reducidos en Ibiza y Formentera. La ganadería ovina es la dominante, con 4 654 y 699 cabezas, respectivamente, siendo habituales pequeños rebaños de unas pocas decenas de animales. En cuanto al ganado vacuno, sólo hay 192 reproductoras en Ibiza, las cuales se encuentran en una sola explotación.

En el año 2015 las Islas Baleares disponían de 195 explotaciones de *ganado vacuno* de las cuales 163 estaban en control lechero. Actualmente, el número de estas explotaciones es mucho menor y la mayoría de estas tiene un censo menor a 100 reproductoras, lo que denota una merma en su competitividad.

La producción bovina de las Islas Baleares dispone de un censo de reproductoras, incluyendo la recría, de 21 263 UGM. Este representa el 33,83% de la cabaña ganadera, aunque hay que mencionar que en Menorca representa el 78,85%.

El vacuno de leche dispone de 15 604 reproductoras (incluye recría), seguido del de carne con 4 452 y de la producción mixta (leche y carne) con 1 207 reproductoras (incluye recría). Además, el vacuno de cebo y recría de novillas dispone de un censo de 1 927 y 155 cabezas, respectivamente. Estos ejemplares son excluidos del censo total de reproductoras.

Del total de las vacas lecheras, las reproductoras de la raza Frisona suponen más de un 90%. El resto de razas son muy minoritarias (menorquina, jersey, normanda, de la reina y cruces F1) y se encuentran fundamentalmente en la isla de Menorca (Joy, comunicación personal).

La cría del *ganado caprino* con una orientación mixta de carne - leche es testimonial en las Islas Baleares, dado que sólo hay 1 335,10 UGM (9 034 reproductoras), motivo por el cual dicho ganado no será objeto del presente estudio, pero sí que cabe destacar que en la isla de Mallorca existe una importante población de cabra asilvestrada en la Serra de Tramuntana y en las montañas de Llevant, sin domesticar ni censar, que algunos autores cifran en 7 000 UGM (Cifre, 2002).

La cría del *ganado ovino* ha sido en el pasado una de las principales actividades agropecuarias de las Islas Baleares, sobre todo en la isla de Mallorca. Esta actividad, realizada habitualmente con el sistema de pastoreo extensivo, ha sido el referente del paisaje de las islas y, en el pasado, sus productos una fuente importante de ingresos de la economía agraria y general.

A lo largo del siglo XX, tanto el censo como el número de explotaciones se han visto incrementadas notablemente, desde las 180 000 reproductoras en 1971 hasta las 281 568 reproductoras en 2002 (Cifre et al., 2007). Sin embargo, en los últimos años esta tendencia se ha invertido.

Así, actualmente el censo de reproductoras ovinas en las Islas Baleares es de 209 164. Más del 90% se encuentran en la isla de Mallorca, en concreto 190 350 reproductoras. En Menorca todavía hay una cierta importancia como complemento de las explotaciones bovinas, con 13 461 reproductoras (6,44%). Finalmente, las Pitiusas cuentan con 4 654 reproductoras en Ibiza (2,23%) y 699 (0,33%) en Formentera.

Este censo se encuentra repartido en 3 736 explotaciones. La mayoría de dichas explotaciones tienen una dimensión igual o inferior a las 50 reproductoras, aunque no se puede dejar de lado la presencia de rebaños de más de 50 cabezas, en concreto en 1 035 explotaciones.

La cría *caballar* no ha sido hasta día de hoy una actividad agropecuaria rentable por sí sola. Dicha actividad ha sido complementaria de otras. Actualmente, la producción equina es garantía de la subsistencia del sector ganadero, y una ayuda hacia los productores de forrajes y cereales, ya que una gran parte de estos son consumidos por esta especie.

El mundo del caballo ha subsistido debido a que este animal se utiliza en varias actividades deportivas a nivel amateur y profesional (aunque el trote es el deporte predominante), y en los últimos años por haberse usado dentro del sector turístico.

El censo caballar solo incluye a las reproductoras de más de 36 meses, si bien se estima que los machos representan cerca del 50% del censo. Destacan las islas de Mallorca y Menorca con un censo de 4 043 y 1 435 reproductores respectivamente. La cabaña equina menorquina destaca como consecuencia del uso del caballo en las fiestas patronales, sin embargo en Mallorca hay una fuerte afición al trote. Respecto al censo de la isla de Menorca casi todo es de pura raza menorquina.

Este censo se encuentra repartido entre las 2 111 explotaciones ganaderas que tienen las islas. De éstas, la gran mayoría tienen una dimensión igual o inferior a 5 reproductoras. Sólo hay 15 explotaciones que disponen de más de 20 reproductoras.

El *ganado porcino* se puede dividir en *cerdo blanco* y en *porc negre mallorquí*. La primera agrupación incluye además de las explotaciones convencionales, los ejemplares conocidos como *porc faixat*, destinados a consumo familiar, a pesar de que actualmente hay algunas iniciativas en Menorca para su recuperación a nivel comercial.

Respecto al censo, las Islas Baleares disponen de 12 353 reproductoras, concentradas principalmente a la isla de Mallorca, ya que dispone de un 84,02% del censo. En Menorca también hay una cierta importancia con un 14,81%, mientras que en las Pitiusas el censo es residual.

Actualmente, el censo de reproductoras de cerdo blanco es de 11 307 ejemplares, que representan el 91,53% del total. El resto, 1.046 reproductoras son de la raza *porc negre mallorquí*, todas ubicadas en la isla de Mallorca. Además, se calcula que cada año se engordan aproximadamente 3 300 ejemplares de esta raza.

Respecto a la estructura de las explotaciones ganaderas de cerdo porcino, de la totalidad de estas, 848 (81,85%) tienen una dimensión igual o inferior a 10 reproductoras. Solo hay 32 explotaciones con más de 50 reproductoras, pero entre ellas disponen de 6 012 reproductoras, un 48,67% respecto al total del censo. Esta estructura muestra la gran debilidad del subsector en estos momentos.

Evolución del censo ganadero

Las Islas Baleares durante los últimos años han sufrido un descenso importante en el censo ganadero (UGM), pasando de 86 525,85 UGM en el año 2002 a 65 897,20 UGM en el año 2015. El descenso ha sido del 23,84%, lo que implica un descenso medio cercano al 2% anual, pero con importantes diferencias entre islas (Tabla 2).

En la Tabla 2, se observa la evolución del censo ganadero total de reproductoras (UGM) por islas. Este es la suma con la correspondiente conversión a UGM del censo de las siguientes especies: vacuno (incluye recría), caprino, equino, ovino y porcino. En las Pitiusas, es donde el descenso ha sido más acusado, llegando al 40,21%, pero siendo importante en todas las islas.

Tabla 2. Evolución del censo ganadero (UGM) total de reproductoras por islas.

Isla	UGM		Disminución
	2002 **	2015	%
Mallorca	60 298,50	44 429,90	26,32
Menorca	23 672,10	19 939,45	15,77
Ibiza	2 555,25*	1 363,70	40,21***
Formentera		164,15	
Islas Baleares	86 525,85	65 897,20	23,84

* UGM de las Pitiusas. ** Cifre et al. (2007). *** Disminución de las Pitiusas.

En la Tabla 3, se presenta la evolución del censo ganadero (cabezas) de reproductoras por especies y por islas. Todas las especies han sufrido un descenso en el número de cabezas, salvo el equino.

Tabla 3. Evolución del censo ganadero de reproductoras por especies y por islas.

Isla	Reproductoras (cabezas)									
	Vacuno **		Caprino		Equino		Porcino		Ovino	
	2002 ***	2015	2002 ***	2015	2002 ***	2015	2002 ***	2015	2002 ***	2015
Mallorca	4 924	2 720	10 035	5 966	2 166	4 043	21 143	10 379	254 285	190 350
Menorca	11 594	7 759	2 112	1 662	1 301	1 435	3 806	1 830	17 262	13 461
Ibiza	204 *	139	2 974*	1 174	98*	236	286*	123	10 021*	4 654
Formentera		0		232		14		21		699
Islas Baleares	16 722	10 618	15 121	9 034	3 565	5 728	25 235	12 353	281 568	209 164

* Incluye Formentera. ** Reproductoras adultas en control lechero. *** Cifre et al. (2007).

CONCLUSIONES

El subsector ganadero de las Islas Baleares presenta una realidad muy diferenciada entre islas, con respecto al censo (número de reproductoras) y al número y dimensión de las explotaciones ganaderas. Mallorca dispone de la mayoría de las explotaciones, pero es en la isla de Menorca donde la dimensión media de estas, en unidades de ganado mayor, es más elevada. Respecto a la producción ganadera, ésta se concentra entre Mallorca y Menorca, siendo el ovino la especie dominante de la primera y el vacuno de la segunda. En Ibiza y Formentera también destaca el ganado ovino.

La estructura de las explotaciones ganaderas es muy diferente para cada especie. Respecto a las explotaciones que sólo albergan ejemplares de una sola especie, dichas explotaciones son la mayoría, pero hay diferencias entre islas, siendo Menorca la isla donde tienen más importancia las mixtas.

El censo ganadero ha disminuido en todas las especies analizadas entre 2002 y 2015, a excepción del equino. La isla de Mallorca ha sido la que ha sufrido el mayor descenso.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al Servicio de Ganadería del Govern de les Illes Balears la disponibilidad en la cesión de las bases de datos utilizadas para el presente estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cifre J.; Bonafé J.; Buades M.; Company G.; Crespí G.; Galmés J.; Joy M.; Mestre A.; Panadés G., Solivelles M., Vives M.A., (2002). I Congrés Rural, documents de treball. Monografies de la Conselleria d'Agricultura i Pesca. Govern de les Illes Balears.
- Cifre, J.; Gulías, J.; Jaume, J; Joy, M.; Joy, S.; Mus, M.; Rallo, J.; Ramon, J.; Rigo, A; Ruiz, M.; Sánchez, F. (2007). Caracterització de les pastures de les Illes Balears. Quaderns d'investigació 7. Conselleria d'Agricultura i Pesca del Govern de les Illes Balears.
- González, J.L.; Robles, A.B.; Boza, J., (1998). Agricultura sostenible. Madrid: Mundi Prensa.
- Riera, A. (2003). Informe econòmic i social de les Illes Balears 2002. Sa Nostra.
- Lavin P.; Mantecón A.R.; Giráldez F.J., (1996). Sistemas de pastoreo y utilización del territorio. *Ovis*, 43, 11-25.
- UE (2016). Anexo II del Reglamento de ejecución (UE) 2016/669 de Comisión de 28 de abril de 2016.

CHARACTERIZATION AND EVOLUTION OF THE LIVESTOCK SUBSECTOR IN THE BALEARIC ISLANDS

Summary

The livestock subsector of the Balearic Islands is studied based on data from *Servicio de Ganadería de la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares*, from *Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA)* and *Confederación de Asociaciones de Frisona Española (CONAFE)*.

Moreover, a descriptive statistic is made that allows the characterization of the livestock sub-sector, studying the structure of the livestock farms of each species and evaluating the evolution of the livestock census for species and for islands.

The livestock sub-sector of the Balearic Islands has a distinct reality between islands, as of the census and the number and size of the farms. The evolution of the livestock census is very different between species, diminishing in all of them except for the horses.

Key words: goat, horse, sheep, swine, cattle.

PASTOREO DE AVENA NEGRA PARA VACAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE MÉXICO

J.I. Vega-García, F. López-González, J.G. Estrada-Flores, F. Prospero-Bernal, C.M. Arriaga-Jordán

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Campus El Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas, C.P. 50090, Toluca, Estado de México, México
Correspondencia: cmarriagaj@uamex.mx

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta de vacas al pastoreo de rebrote después del corte para ensilar de Avena negra (*Avena strigosa*) sola o en asociación con trébol violeta (*Trifolium pratense*) en sistemas de producción de leche en pequeña escala. Los tratamientos fueron: TxANS = pastoreo de rebrote de Avena negra sola, TxANT = Avena negra asociada con trébol violeta, y TxPME = pastoreo de una pradera polífito de *Lolium perenne* (cv. Bargala y cv. Payday), *X Festulolium* (cv. Spring Green) y *Trifolium repens* (cv. Ladino). Nueve vacas se ordenaron aleatoriamente en grupos de tres y según un diseño de cuadro latino 3 x 3 repetido tres veces. Las vacas recibieron 4.6 kg MS/día de alimento comercial adicional al pastoreo. Se midió el rendimiento de materia seca producida disponible para el pastoreo, y se realizó el análisis químico del forraje. Las variables de respuesta animal fueron rendimiento y composición química de la leche, peso vivo y condición corporal. No hubo diferencias ($P>0.05$) entre tratamientos en las variables animales. Los forrajes resultaron con una alta calidad nutritiva por lo que el pastoreo de rebrotos de avena negra puede ser una opción viable para estos sistemas.

Palabras clave: estrategias de alimentación, forraje, rebrote, época seca.

INTRODUCCIÓN

Los Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala (SPLPE) se caracterizan por pequeñas unidades de producción con rebaños entre 3 y 35 vacas más sus recrias, que se basan fundamentalmente en mano de obra familiar y están integrados al mercado como proveedores a queserías artesanales, aunque pueden generar ingresos provenientes de otras actividades fuera del sistema lechero (Espinoza-Ortega, 2007).

Según Martínez-García *et al.* (2015), la FAO considera que estos sistemas a pequeña escala deberían tener prioridad en las políticas públicas ya que cumplen funciones con la sociedad como proporcionar ingresos y empleo y amortiguar la pobreza y la inseguridad alimentaria en áreas rurales. La sostenibilidad de estos sistemas se acrecienta con en el uso

correcto de recursos forrajeros producidos en la propia finca, aumentando la eficiencia de producción (Prospero-Bernal *et al.*, 2017). Por otro lado, las condiciones agroclimáticas y de manejo generan condiciones difíciles para el cultivo y crecimiento tanto de especies perennes como anuales. En zonas con riego del altiplano central la alimentación del ganado se basa en praderas de raigrás (*Lolium multiflorum* y *L. perenne*) asociadas con trébol blanco (*Trifolium repens*).

Algunos productores han integrado el pastoreo de praderas durante todo el año, pero el crecimiento del forraje se reduce durante la época más seca (Próspero-Bernal *et al.*, 2017), requiriendo considerar otros alimentos y alternativas forrajeras (Celis-Alvarez *et al.*, 2017). Ya que el mayor costo en el funcionamiento de los SPLPE es el que representa la alimentación del rebaño, se requiere de la provisión de alimentos de buena calidad y con el menor costo posible. Los cereales de grano pequeño, como la avena común (*Avena sativa*), el triticale (*XTriticosecale*), el centeno (*Secale cereale*) o la avena negra (*Avena strigosa*), son una opción para la alimentación del ganado en la época seca dado su ciclo agronómico corto y su resistencia a las heladas de esta época (invierno) (Celis-Alvarez *et al.*, 2017). La avena negra tiene las ventajas de los otros cereales de grano pequeño, pero además tiene una alta capacidad de rebrote después del corte o pastoreo (Restelatto *et al.*, 2014), por lo que puede ser utilizada tanto en pastoreo como en forma de ensilado.

El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta productiva de vacas de sistemas de producción de leche en pequeña escala, al pastoreo del rebrote después del corte para ensilar de avena negra sola o en asociación con trébol violeta en comparación al pastoreo de una pradera polífita.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en otoño de 2016 (del 10 de octubre al 20 de noviembre) en Aculco, Estado de México (20°10' N, 99°48' O; 2470 m de altitud) (Martínez-Borrego, 2009). La región tiene un clima templado sub-húmedo con una temperatura media de 13,2 °C y una precipitación de 800mm anuales, con una época de lluvias de mayo a octubre y una época seca de octubre a abril.

La pradera polífito utilizada (TxPME) se estableció en el año 2015 y se sembró con dos cultivares de raigrás inglés (cv. Bargala y cv. Payday), un cultivar de *Festulolium* (cv. Spring Green) y un cultivar de trébol blanco (cv. Ladino). Las dosis de siembra para las gramíneas fueron en total 30 kg/ha y para el trébol 3 kg/ha. Para los cultivos de avena se sembró el 7 de julio de 2016 una pradera de 2,5 ha con *Avena strigosa* cv. Saia a una dosis de siembra de 120 kg de semilla/ha. La mitad de la pradera se sembró sola y la otra mitad se asoció con *Trifolium pratense* cv. Kenland a una dosis de 10 kg/ha. La pradera se fertilizó al momento de la siembra, con una dosis de 80N-60P-40K kg/ha siguiendo lo propuesto por Salgado *et al.* (2009) y Sánchez-Gutiérrez (2014). La avena producida se cortó para ensilar el 12 de septiembre del mismo año y posteriormente se fertilizó la pradera el 10 de octubre para el pastoreo del rebrote; en esta ocasión sólo con 80 kg N/ha.

Nueve vacas Holstein en lactación fueron asignadas en grupos de tres, homogenizando los grupos en cuanto a rendimiento de leche (RL), peso vivo (PV), y condición corporal (CC). Los valores medios antes del experimento fueron RL de 11,4 kg/día (rango de 10,4-13,2 kg/día), el PV de 501,8 kg (476,6-545,3 kg) y la CC de 2,4 (2,3-2,5).

Las vacas pastorearon continuamente 1 ha 8 h/día. El experimento tuvo una duración de 42 días divididos en tres periodos: Periodo 1 (del 10 al 23 de octubre), Periodo 2 (del 24 de octubre al 6 de noviembre) y Periodo 3 (del 7 al 20 de noviembre), cada periodo experimental fue de 14 días (10 días de adaptación y 4 para medición de variables). La Acumulación Neta de Forraje (ANF) y la medición de altura de las praderas se realizaron mediante la técnica empleada por Hodgson (1990). Para el cálculo de la ANF se utilizaron 6 jaulas de exclusión de 0,25 m² en cada pradera y colocadas al azar el día 0 de cada periodo experimental, momento en que se cortó a ras del suelo con tijeras el forraje fuera de cada jaula en un cuadro de 0,4 x 0,4 m. Al finalizar el periodo (día 14) se retiraban las jaulas para cortar de manera similar la hierba acumulada. A partir de la diferencia del forraje en Materia Seca (MS) entre el día 0 y 14 de cada periodo se estimó la ANF en kg MS/ha. La altura de la PME se midió al final de cada periodo con un medidor de plato ascendente. En el caso de las praderas de avena, la altura se determinó con una cinta métrica. Adicional al pastoreo, las vacas recibieron 4.6 kg MS/día de alimento balanceado comercial.

El análisis químico del forraje se determinó a partir de muestras simulando pastoreo al finalizar cada periodo. Este forraje se secó en una estufa de aire forzado para determinar MS y posteriormente se realizó el análisis químico. Las cenizas se determinaron mediante incineración a 550 ° C; la proteína bruta (PB) se determinó mediante el método de Kjeldahl, la fibra ácido detergente (FAD) y fibra neutro detergente (FND) mediante el método de micro bolsas y la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) por el método de Ankom-Daisy (Ankom 2005). El consumo de materia seca del forraje se estimó por medio de la técnica indirecta de energía metabolizable utilizada (Pulido y Leaver, 2001).

El ordeño de las vacas se realizó manualmente dos veces al día, a las 05:30 y 18:00 horas. El rendimiento de leche se registró en los cuatro días de medición de cada periodo experimental con una balanza de reloj. La leche obtenida de cada ordeño se procesó con un analizador de ultrasonido para determinar contenido de grasa (G), proteína (P) y lactosa (LAC). Para estimar el nitrógeno ureico en leche (NUL) se usó el método colorimétrico de Chaney y Marbach (1962). Al final de cada periodo experimental las vacas se pesaron con una balanza electrónica con capacidad para 1000 kg, y se determinó la condición corporal (escala 1 a 5).

El diseño experimental fue un cuadro latino 3x3 repetido tres veces. La secuencia de tratamientos fue determinada al azar, y cada vaca dentro de cada cuadro fue asignada aleatoriamente a la secuencia de tratamientos. El análisis fue con el siguiente modelo (Celis-Alvarez et al 2016):

$$Yijkl = \mu + Ci + Vi(j) + Pk + tl + eijkl$$

Donde μ = Media general, C= Efecto del cuadro $i=1, 2, 3$, V = Efecto de la vaca dentro del cuadro $j= 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$, P = Efecto debido al periodo experimental $k = 1, 2, 3$, t = Efecto de tratamiento de pastoreo $l = 1, 2, 3$ y e= Error experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento del cultivo de avena negra

La precipitación y las temperaturas del altiplano central de México registradas en verano de 2016 conjuntamente con la fertilización influyeron en la producción de forraje de avena negra (3,385 kg MS/ha), cortada a los 68 días después de la siembra.

La edad del cultivo al corte determinó así mismo el rendimiento. Celis-Álvarez *et al.* (2017) evaluaron la misma variedad de avena negra obteniendo un rendimiento de 4,851 kg MS/ha en temporada de lluvias, pero en lotes pequeños, con una fertilización de 100N-80P-80 K cortando a los 72 días post-siembra. Por otra parte, Sánchez *et al.* (2014) obtuvieron un rendimiento para avena negra de 4,763 kg MS/ha, en el centro-norte de México, con una fertilización de 60N-40P-00 K cortando a 106 días después de la siembra.

Restelatto *et al.* (2014) analizaron en Brasil el rendimiento de avena negra con diferentes niveles de fertilización obteniendo el rendimiento más alto (6,000 kg MS/ha) con una fertilización de 187 kg de N/ha en seis cortes cuando el cultivo tenía una altura de 25-30 cm, adecuada para el pastoreo. El primer corte lo hicieron a los 58 días post-siembra y los cortes fueron en promedio cada 20 días.

Composición química de los alimentos

La Tabla 1 muestra los resultados de composición química. El contenido de PB en los tratamientos TxANS y TxANT fue adecuada para cubrir los requerimientos de vacas lecheras con rendimientos moderados, encontrando diferencias significativas ($P < 0,05$) con respecto al tratamiento TxPME.

En otras evaluaciones anteriores con la misma variedad se registraron valores de PB desde 117 g/kg MS hasta 240 g/kg MS, este último con una fertilización de 160 kgN/ha (Sánchez *et al.*, 2014, Restelatto *et al.*, 2014). El contenido de PB en TxANS resultó menor en comparación con TxANT, lo que se atribuye al contenido de trébol violeta en el segundo tratamiento.

La DIVMS no presentó diferencias significativas ($P > 0,05$) resultados menores a los que encontraron Restelatto *et al.* (2014) en avena negra en Brasil, pero similar a lo que presentaron Macari *et al.* (2006) en otro trabajo realizado también en Brasil.

El concentrado comercial que se le proporciono a las vacas durante el experimento cumplió con las especificaciones nutricionales por parte del proveedor de alimentos.

Tabla 1. Valores medios del contenido de Materia Seca (MS) y concentraciones de materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) y energía metabolizable (EM) de los alimentos utilizados en el experimento.

	TxANS	TxANT	TxPME	Promedio	EEM	Concentrado
MS (g/kg MS)	227 ^b	233 ^b	189 ^a	216	4,79*	915
MO (g/kg MS)	897 ^a	892 ^b	878 ^c	889	0,30*	846
PB (g/kg MS)	135 ^b	150 ^b	210 ^a	165	9,2*	219
FND (g/kg MS)	542	534	497	524	11,4 ^{NS}	244
FAD (g/kg MS)	275	280	261	272	5,4 ^{NS}	75
DIVMS (g/kg MS)	750	776	794	773	15,6 ^{NS}	811
EM (MJ/kg MS)	11,1	11,5	11,8	11,4	1,7 ^{NS}	12

MS= Materia seca, MO= Materia orgánica, PB= Proteína bruta, FND= Fibra neutro detergente, FAD= Fibra ácido detergente, DIVMS= Digestibilidad *in vitro* de la materia seca, EM= Energía metabolizable, EEM= Error estándar de la media.

Acumulación Neta de Forraje

La acumulación neta promedio de forraje por periodo fue de 672, 1033 y 657 kg MS/ha (603, 922 y 577 kg MO/ha) para la pradera TxANS, TxANT y TxPME, respectivamente, observándose diferencias significativas ($P < 0,05$). Las condiciones experimentales en verano de 2016 limitaron la ANF para el TxANS a 47 kg MS/ha/día (Tabla 2), valor menor a los 73,7 kg MS/ha/día obtenido para el TxANT; hecho que se puede atribuir a su asociación con el trébol violeta que repercutió en una ANF 52% superior en TxANT, sin presentarse diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$).

Estos resultados son mayores a los encontrados por Macari *et al.* (2006) en Brasil, quienes una ANF de 35,6 kg MS/d, pero con una fertilización de 5-20-20 (N-P-K) y una densidad de siembra de 60 kg/ha. La menor ANF se obtuvo en el TxPME.

Variables animales

El análisis estadístico no mostró diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) entre tratamientos para ninguna variable animal (PV, CC, RL y G, P, LAC y NUL). Los valores sobre la composición química de la leche (G, P, LAC) se encuentran dentro de lo establecido por los estándares mexicanos para una leche con clasificación A para estas características.

Tabla 2. Valores medios de acumulación neta de forraje (ANF) de las praderas pastoreadas durante el experimento.

	Periodo I	Periodo II	Periodo III	Total
	ANF (kg MS/ha por periodo experimental)			
TxANS	519	1,010	487	2,016
TxANT	871	838	1,389	3,058
TxPME	445	676	420	1,541
Promedio	611 ^b	841 ^a	765 ^a	2205
EEM		98,1*		-
	ANF (kg MS/ha por día)			Media
TxANS	37	72	34	47
TxANT	62	59	99	69
TxPME	31	48	30	36
Promedio	43	59	54	50
EEM		7,1 ^{NS}		-

TxANS= pastoreo de rebrote de Avena negra sola, TxANT= Avena negra asociada con trébol violeta, TxPME= pastoreo de una pradera polífita de *Lolium perenne* (cv. Bargala y cv. Payday), X *Festulolium* (cv. Spring Green) y *Trifolium repens* (cv. Ladino), EEM= Error estándar de la media.

Tabla 3. Rendimiento de leche y su composición, nitrógeno ureico en leche, peso vivo y condición corporal (1-5).

	Tratamientos			EEM
	TxANS	TxANT	TxPME	
Rendimiento de leche (kg/vaca/día)	10,9	10,9	10,6	0,49 ^{NS}
Grasa en leche (g/kg)	38,0	37,4	37,9	0,17 ^{NS}
Proteína en leche (g/kg)	31,2	31,2	31,1	0,05 ^{NS}
Lactosa en leche (g/kg)	45,0	46,2	44,8	0,10 ^{NS}
NUL (mg/dl)	12,1	12,1	12,9	1,41 ^{NS}
Peso vivo (kg)	515,9	515,9	505,3	3,61 ^{NS}
Condición corporal	2,6	2,7	2,7	0,06 ^{NS}

NUL= Nitrogeno ureico en leche, ^{NS} P>0,05; EEM: Error estándar de la media

CONCLUSIONES

No existieron diferencias entre los tres tratamientos evaluados (pastoreo del rebrote de avena negra, rebrote de avena asociado con trébol violeta y una pradera polífita) en términos de rendimiento y la composición química de la leche (grasa, proteína, lactosa y NUL); peso vivo y condición corporal de vacas lecheras complementadas con 4,6 kg MS de alimento concentrado/vaca/día. El rebrote de *Avena strigosa* cv. Saia es un forraje de alta calidad por lo que es viable su utilización como alternativa para alimentación de vacas lecheras de rendimiento moderado en época de sequía en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el altiplano central de México.

AGRADECIMIENTOS

A los pequeños productores por su amable disposición para participar en este trabajo. Al financiamiento de la Universidad Autónoma del Estado de México (proyecto UAEM 3676/2014 CIA) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México por el apoyo de la beca para estudios de posgrado de Jesús Israel Vega García.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ankom. (2005) Procedures (for NDF, ADF, and in vitro Digestibility). Ankom Technology Method. (<http://www.ankom.com>) Acceso el 30 de junio de 2010).
- Celis-Álvarez M.D., López-González F., Estrada-Flores J.G., Domínguez-Vara I.A., Heredia-Nava D. Munguía-Contreras A. y Arriaga-Jordán C.M. (2017) Evaluación nutricional *in vitro* de forrajes de cereales de grano pequeño para Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 20, 439-446.
- Chaney A.L. y Marbach E.P. (1962) Modified Reagents for Determination of Urea and Amonia. *Clinical Chemistry*, 8 (2), 130-132.
- 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.
- Hodgson J. (1990) *Grazing Management: Science into Practice*. Harlow, UK: Longman Scientific and Technical.
- Macari S., da Rocha G.M., Restle J., Pilau A., de Freitas K.F. y Pereira N.F. (2006) Avalacao da mistura de cultivares de aveia preta (*Avena strigosa* Scherb) com azevém (*Lolium multiflorum* Lamb.) sob pastejo. *Ciencia Rural*, 36 (3), 910-915.
- Martínez Borrego E. (2009) *La lechería en el Estado de México: sistema productivo, cambio tecnológico y pequeños productores familiares en la región de Jilotepec*. México, D.F.: UNAM-Instituto de Investigaciones Sociales/Bonilla Artigas Editores.
- Martínez-García C., 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 in central Mexico during the dry season under traditional feeding strategies. *Tropical Animal Health and Production*, 47, 331-337.
- Prospero-Bernal, F., Martínez-García, C. G., Olea-Pérez, R., López-González, F. y Arriaga-Jordán, C. M. (2017) Intensive grazing and maize silage to enhance the sustainability of small-scale dairy systems in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 49, 1537–1544.
- Pulido R.G. y Leaver D. (2001) Quantifying the influence of sward height, concentrate level and initial milk yield on the milk production and grazing behaviour of continuously stocked dairy cows. *Grass and Forage Science*, 56, 57-67.

Restelatto R., Pavinato P.S., Sartor L.R., y Paixao S.J. (2014) Production and nutritional value of sorghum and black oat forages under nitrogen fertilization. *Grass and Forage Science*, 69, 693-704.

Salgado P., Thang Q.V., Thu V.T., Trach X.N., Cuong C.V., Lecomte P. y Richard D. (2013) Oats (*Avena strigosa*) as winter forage for dairy cows in Vietnam: an on-farm study. *Tropical Animal Health and Production*, 45, 561-568.

Sánchez G.A.R., Gutiérrez B.H., Serna P.A., Gutiérrez L.R., y Espinoza C.A. (2014) Producción y calidad de forraje de variedades de avena en condiciones de temporal en Zacatecas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5 (2), 131-142.

GRAZED BLACK OAT FOR COWS IN SMALL-SCALE DAIRY SYSTEMS IN THE CENTRAL HIGHLANDS OF MEXICO

Summary

The objective was to evaluate the performance of cows grazing black oat (*Avena strigosa*) regrowth after cutting for silage, in monoculture or associated with red clover (*Trifolium pratense*) in small-scale dairy systems. Treatments were: TxANS = black oat monoculture, TxANT = black oat with red clover, and TxPME = grazed multi-species pasture of *Lolium perenne* (cv. Bargala and cv. Payday), X *Festulolium* (cv. Spring Green) and *Trifolium repens* (cv. Ladino). Nine cows were assigned to groups of three to a 3 x 3 Latin Square design repeated three times. Cows received 4.6 kg DM/day of supplemental commercial concentrate. DM production available for grazing was determined, and the chemical composition of feeds performed. Animal response variable were milk yield and composition, live weight, and body condition. There were no differences ($P>0.05$) among treatments for the animal variables and all forages had a high nutritive quality. In conclusion grazing black oat regrowth may be a viable option for these systems.

Key words: feeding strategies, forages, regrowth, dry season.

ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN OVINA DE ALTA MONTAÑA EN EL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA NEVADO DE TOLUCA, MÉXICO

N. Delgado Pablo¹, A.R. Martínez Campos¹, C. González Rebeles Islas², J.G. Estrada Flores¹

¹ Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales. Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario No. 100. Col. Centro Toluca Estado de México. México. CP. 50000.

² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, 04510. Ciudad de México, México.
jgestradaf@uaemex.mx

Resumen

La producción ovina en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca es una actividad social que se maneja con mano de obra familiar, se pastorea en terrenos comunales, emplea métodos tradicionales transferidos de padres a hijos y el rebaño sirve como un medio de ahorro. Este estudio tuvo como objetivo determinar el costo beneficio de la producción ovina. Se estimaron los costos considerando alimentación, sanidad y mano de obra. Los resultados mostraron que la actividad es rentable, excepto cuando se tienen 5 animales en el rebaño.

Palabras clave: ovinos, área protegida, análisis económico.

INTRODUCCIÓN

En el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT) se desarrolla la actividad pastoril bajo un sistema productivo de tipo extensivo. Los productores usan terrenos comunales para el pastoreo, también se aprovechan los residuos de cosecha para alimentar al ganado ovino. El 40% de las razas corresponden a Suffolk, otro 40% a cruces de Suffolk-Hampshire, un 10% a Hampshire (10%) y otro 10% a criollo local (Maldonado, 2012).

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 (Martínez, 2015). Específicamente la actividad pastoril es considerada una forma compleja de producción donde la permanencia y continuidad se asocian a la capacidad de adaptación de los productores a la variación en las condiciones climáticas, las condiciones de mercado y las decisiones políticas a través del uso flexible del

espacio, el ajuste en las prácticas de manejo animal y la apropiación de productos directos (crías, carne, pieles, lana y abono) e indirectos (forma de trabajo, reserva de alimento, provisión de efectivo, reserva financiera y de capital, seguro de riesgos, medio de transacción y de transporte) (Blench, 2001). A pesar de que esta actividad se lleva a cabo desde 1936, cuando la zona es decretada Parque Nacional y a partir de 2013 Área de Protección de Flora y Fauna, no se había realizado un estudio que permitiera evaluar la rentabilidad de la misma.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el centro de México de octubre de 2016 a agosto de 2017. Las zonas comunales seleccionadas pertenecen a las localidades de Agua Blanca, Loma Alta y La Peñuela del municipio de Zinacantepec, Estado de México. Las zonas se localizan en altitudes que oscilan entre 3177 m.s.n.m. y 3380 m.s.n.m. Se evaluó el costo-beneficio de la producción ovina en estos sitios.

Obtención de información

La obtención de datos se realizó mediante una encuesta directa a 15 productores de ovinos de un total de 36, se entrevistó al 41.6 % del total de productores. Los productores se seleccionaron utilizando la metodología de bola de nieve de manera que los productores que aceptaron participar recomendaron a otros productores potenciales (Joseph-Castillo, 2009). Se visitó a cada productor en tres ocasiones durante los 10 meses de duración del estudio. En la tabla 1 se muestra el número de productores entrevistados por localidad, la raza y el número mínimo y máximo de cabezas de ganado.

Elaboración de la encuesta

Se elaboró una encuesta exploratoria que tuvo como objetivo recabar información sobre aspectos productivos, principalmente. Esta encuesta se usó como base para diseñar y enfocar la encuesta formal. En la encuesta formal, se consideraron preguntas para obtener información objetiva de los productores, específicamente sobre cuestiones económicas, y por otro lado, preguntas donde los datos eran subjetivos, es decir opiniones

y percepciones en relación con aspectos sociales. Las entrevistas se hicieron directamente a los productores.

Tabla 1. Productores por localidad y características de los ovinos

Localidad	No. de productores	Raza de ovinos	Mínimo de ovinos	Máximo de ovinos
Agua Blanca	6	Suffolk, cruzas de Suffolk-Hampshire	5	39
La Peñuela	3	Suffolk, Hampshire, cruzas de Suffolk-Hampshire	50	100
Loma Alta	6	Suffolk, Hampshire, cruzas de Suffolk-Hampshire, criollo	30	140

Análisis de la información

Para el análisis costo-beneficio se utilizó la metodología empleada por Garibotto (1999). Este análisis permite informar acerca de la rentabilidad de determinada actividad e indica la cantidad de ganancia por unidad que se recupera por cada unidad que se está invirtiendo. Si esta relación es menor que uno, el proyecto (o la actividad) no es rentable (Baca, 1990). Ignorando el tiempo, el requisito para que se considere una actividad rentable, es que los beneficios superen a los costos.

Los costos y los ingresos se analizaron a partir de la siguiente clasificación de ovinos: ovinos de destete de tres meses, corderos (as) de 6 meses, macho de 12 meses, macho de 18 meses, hembra de 18 meses y hembra de 24 meses o más.

Los costes variables fueron calculados por ovino (clasificación mencionada en el párrafo anterior) y por día, para posteriormente estimarlos anualmente; se agruparon en tres tipologías de gasto: a) alimentación (forrajes, concentrados y sales minerales que se ofertan en el pesebre); b) sanidad (control de parásitos, aplicación de vacunas y de vitaminas, ya que son el único manejo que se les proporciona a los animales) y c) mano de obra (pastoreo y esquila).

Para estimar el costo de mano de obra por el pastoreo, se consideró el salario mínimo de €3,47 al día, establecido por la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos mediante resolución publicada en el Diario Oficial de la Federación del 19 de diciembre de 2016.

Respecto a los ingresos se consideró la venta anual de ovinos y subproductos (lana y estiércol) considerando los precios actuales. Para la estimación del costo-beneficio con la venta de subproductos de productores que no venden los subproductos, se consideró una producción de 0,7 kg/día individual en base seca (SAGARPA, s.f.), a la que se aplicó una reducción del 30%, contemplando que los animales pastan, por lo cual existe dispersión del estiércol en la zona de pastoreo; teniendo así una producción de 0,490 kg/día individual en base seca. En cuanto al precio se tomó como referencia el precio que les pagan a los productores que sí venden este subproducto, el cual es de €151,55/Tm. Respecto a la lana se estimó una producción de 3,3 kg ovino/año, considerando los datos de los productores que sí la venden y se consideró un precio de €0,08kg.

El costo beneficio se obtuvo al dividir el valor actual de los ingresos entre el valor actual de la inversión. El valor actual de los ingresos se obtuvo del valor obtenido de la venta de todos los productos (ovino, lana y estiércol) menos el costo de producción anual (Ecuación 1).

Ecuación 1:

$$\text{Valor actual de los Ingresos} = \text{Venta de (ovinos+lana+estiércol)} - \text{Costos (alimentación+vacunas+desparasitación)}$$

El valor actual de la inversión se obtuvo de la suma del valor del rebaño más el valor de la infraestructura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se presentan los costos de producción de ovinos, los ingresos, el valor actual de los ingresos, la inversión inicial y el costo/beneficio de la actividad por localidad.

Los principales costos de la producción ovina en la zona de estudio fueron la alimentación (Gwiriri *et al.*, 2016), la sanidad y la mano de obra destinada a la actividad de pastoreo. La alimentación consiste principalmente en pastoreo y en algunas ocasiones (aproximadamente el 60% de los productores) la complementan con forrajes (avena y una mezcla de avena con nabo), mezcla de concentrado y avena (6,6%), así como sales minerales (6,6%). El 40% de los productores alimentan a sus ovinos únicamente a través del pastoreo, este es el caso de los productores de Loma Alta, en el que se muestra que el costo por alimentación es 0. En la mayoría de los casos los insumos utilizados para la alimentación se compran.

Respecto a la sanidad, el 86.6% de los productores llevan a cabo desparasitación, la aplicación de vacunas y de vitaminas, al menos una vez al año y es el único manejo sanitario. Todos los pastorean al ganado, el tiempo promedio diario es de 5.5 horas; sin embargo, depende del tamaño del rebaño y de la época del año (estiaje o lluvias), en estiaje el tiempo de pastoreo se incrementa en al menos 8 horas al día.

En el 86.6% de los casos participa sólo un integrante de la familia (principalmente el ama de casa) y en el 13.3% están involucradas dos personas. En cualquiera de los casos se lleva a cabo el pastoreo los 365 días del año, cambiando el miembro de la familia que realiza la función de pastor (principalmente los niños durante los fines de semana). Si se consideran los costos de pastoreo, asignándole al pastor el salario mínimo al día, los costos de producción anuales se incrementan considerablemente (Tabla 2). Todos los productores esquilan a los animales dos veces al año. El 86.6% de los productores esquilan ellos mismos y el 13.3% restante, paga a terceros.

Con relación a los ingresos por la producción ovina, el 100% de los productores realiza la venta de ovinos. También se obtienen ingresos adicionales por la venta de lana y de estiércol. Aunque el valor de la lana es muy bajo, aproximadamente 0,10€/ kg, los productores que la venden ingresan en promedio de 2,6 hasta 8,7€. Los productores de Loma Alta no la venden ya que el transportarla hasta los puntos de venta incrementaría sus costos de producción. Los productores de Agua Blanca, obtiene ingresos por la venta del estiércol, el precio promedio por Tm es de 50,9€.

Tabla 2. Costos de producción, ingresos, valor actual de los ingresos y relación costo beneficio por localidad.

Costos	Agua Blanca		La Peñuela		Loma Alta	
	Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE
Alimentación	31,5	19,7	20,3	9,1	0,0	0,0
Vacunación	1,5	2,3	0,4	0,2	0,4	0,2
Desparasitación	6,7	10,9	0,4	0,2	0,4	0,2
Vitaminas	2,1	4,0	0,4	0,2	0,4	0,2
Esquila	2,3	0,5	2,6	0,0	1,7	0,6
Pastoreo	102,2	96,8	24,1	8,0	26,7	20,4
Costo de producción al año	146,4	115,3	48,1	17,6	29,4	20,3
Costo de producción al año sin considerar mano de obra	44,2	24,8	24,0	9,6	2,8	0,0
Ingresos						
Venta de Ovinos	409,5	230,6	3148,3	2003,0	2452,5	1225,3
Venta de Lana	8,7	2,6	7,9	0,0	0,0	0,0
Venta de Estiércol	70,0	27,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ingresos Anuales	438,6	246,2	3151,0	1999,6	2452,5	1225,3
Valor actual de los ingresos	292,1	292,9	3102,9	2015,0	2423,0	1235,0
Valor actual de la inversión	1449,8	892,7	7315,0	2607,0	5893,6	4229,4
Costo Beneficio	0,2	0,3	0,4	0,8	0,02	0,3

DE= Desviación estándar; Datos en Euros €

El costo beneficio por localidad es una actividad que les permite a las familias obtener desde 292,1€ hasta 3102,9€ anuales; que representan ingresos adicionales en la mayoría de los casos. Sin embargo, cuando se lleva a cabo el análisis del costo beneficio por unidad de producción, se observa que la relación costo beneficio no siempre es positiva; esto depende del número de animales en el rebaño, y el otro factor determinante es si se les proporcionan forrajes adicionales como avena o incluso si se les suministra algún concentrado (Figura 1).

El productor con 5 animales obtuvo una relación inversa en el costo beneficio, lo cual indica que la actividad con este número de animales no es rentable. Sin embargo, se deben considerar otros factores para decidir si la actividad es adecuada o no, ya que es una actividad no principal que la realiza una mujer (los niños los fines de semana) y también

que para la mayoría de estos pastores la actividad forma parte de sus modos de vida (Gómez-Demetrio *et al.*, 2013).

Esta actividad se lleva a cabo porque algún familiar ya la desarrollaba tiempo atrás. Es decir, han dado continuidad a la actividad de sus antecesores. Aunque en ocasiones se les presentan eventualidades o problemas como la muerte de sus ovinos, precios bajos de venta o cuestiones familiares, ellos continúan con la producción ovina, simplemente por tradición, tal como lo sostiene Esquivel Domínguez y Estrada Flores (2014).

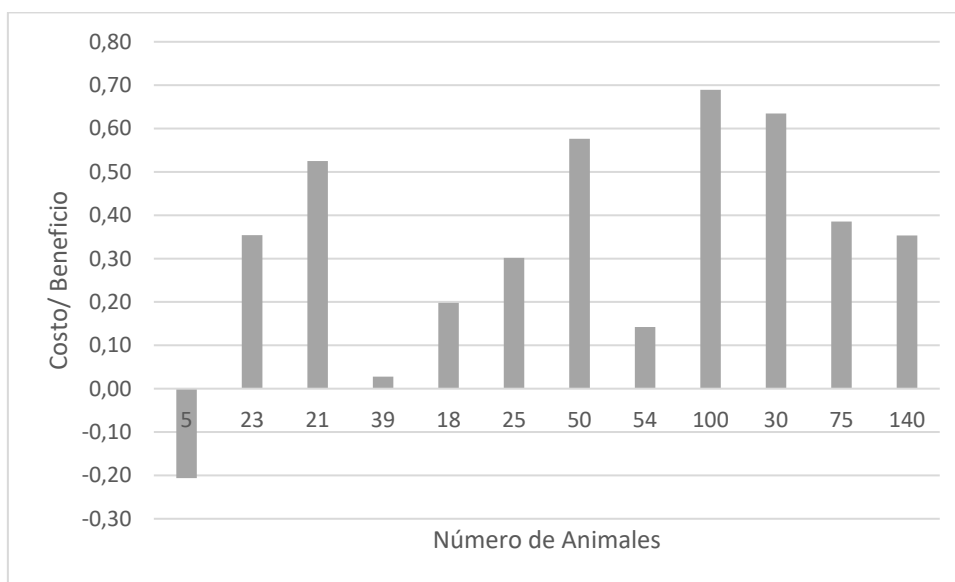


Figura 1. Relación costo - beneficio por productor

CONCLUSIONES

La producción ovina en Agua Blanca, La Peñuela y Loma Alta es una actividad secundaria rentable, permite a los productores y su familia disponer de una fuente de ahorro, es un modo de vida, una actividad tradicional, un medio para crear y fortalecer lazos afectivos, además permite emplear a mujeres y personas de la tercera edad.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al apoyo financiero de la UAEMex a través del proyecto: 3950/ 2015 SF. Al CONACYT por la beca otorgada a Noemi Delgado Pablo para realizar sus estudios de

posgrado. Así también a los pastores por proporcionar la información necesaria para realizar este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baca G. (1990) *Evaluación de proyectos*. 2ª ed. México: McGraw Hill.
- Blench R. (2001) *You can't go home again, pastoralism in the new millennium*. Report prepared for the Food and Agriculture Organization of the United Nations. London.
- Esquivel-Domínguez A.L. y Estrada-Flores J.G. (2014) La producción de ovinos en el Parque Nacional Nevado de Toluca. El caso de Agua Blanca, Zinacantepec, Estado de México. En: Arriaga-Jordán C. M. y Anaya Ortega J. P. (ed) *Contribución de la producción animal en pequeña escala al desarrollo rural*, pp. 141-148. México D. F.: Ed. Reverté. UAEM.
- Garibotto S. (1999) Valoración económica de bienes ambientales y su inclusión en un análisis de costo beneficio. *Tesis de Maestría*. Universidad de la República.
- Gómez-Demetrio W., Sánchez-Vera E., Espinoza-Ortega A. Herrera-Tapia, F. (2013) El papel de los activos productivos en modos de vida rurales. La obtención de indicadores, *Convergencia*, 20 (62), 71-105.
- Gwiriri L.C., Manyawu G., Mashanda P.B., Chakoma I., Moyo S., Chakoma Ch., Sethaunyane H., Imbayarwo-Chikosi V.E., Dube S., Maasdorp B.V. (2016) The potential of replacing conventional dairy supplements with forage legume-based diets in Zimbabwe's smallholder dairy sector. *African Journal of Range & Forage Science*, 33, 155-163.
- Joseph-Castillo J. (2009) Convenience sampling applied to research. Experiment-Resources.com Scientific Method: A website about research and experiments <http://www.experimentresources.com/conviencencesampling.html>.
- Maldonado G. (2012) El sistema de ganadería ovina en el Parque Nacional Nevado de Toluca: limitaciones, ventajas y relación con el ambiente. *Tesis de Doctorado*. Universidad Autónoma del Estado de México. México.
- Martínez J. (2015) Evaluación de la productividad primaria y calidad en el sistema silvopastoril del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca para la producción ovina. *Tesis de Maestría*. Universidad Autónoma del Estado de México. México.

ANALYSIS OF HIGH MOUNTAIN SHEEP PRODUCTION IN THE FLORA AND FAUNA PROTECTION AREA NEVADO OF TOLUCA, MEXICO

Summary

The sheep production in Nevado de Toluca Flora and Fauna Protection Area (NTFFPA) is a social and economic activity managed with family labor. Sheep graze communal lands and traditional breeding methods are transferred from parents to sons. The objective of this study was to determine the cost-benefit of this traditional sheep production. Expenses were determined by considering feeding, healthcare and salaries. The results shown that the activity is profitable, except when in flock of sheep there are only five animals.

Key words: sheep, protected area, economic analysis.



SECCIÓN
BOTÁNICA Y ECOLOGÍA
DE PASTOS

Sección de Botánica y Ecología de pastos. Ponencia.**VALOR DE LOS PASTIZALES IBEROLEVANTINOS COMO REFUGIOS DE BIODIVERSIDAD****Gonzalo Mateo Sanz**

Jardín Botánico. Universidad de Valencia..

Correspondencia: gonzalo.mateo@uv.es**Resumen**

Entendiendo el término pastizal en un sentido restringido, tras excluir las formaciones de vegetación herbácea que encontramos en humedales y riberas fluviales, saladares, dunas costeras, cultivos y herbazales nitrófilos, roquedos y pedregales o bien orlas forestales; podemos señalar en las áreas del Sistema Ibérico oriental y su entorno las variantes principales siguientes:

1. Pastizales anuales basófilos

Pastizales bajos y efímeros de plantas anuales sobre sustratos básicos, con frecuencia calizos, aunque a veces margosos, arcillosos o yesosos. Todos se basan en una flora mediterránea dentro de la cual la principal distinción vemos que debe ser bioclimática.

1.1. **Óptimo seco a subhúmedo:** en las partes de humedad media o superior a la media podemos hablar de

1.1.1. **Variante de interior:** en las zonas altas y continentales suelen entrar especies propias de ambientes frescos interiores, como *Lappula barbata*, *Buglossoides incrassata*, *Rochelia disperma*, *Campanula diekii*, *Minuartia hamata*, *M. montana* o *Silene oropediorum*.

1.1.2. **Variante litoral:** en las zonas más bajas se observa la entrada de otras especies más termófilas, y a veces bastante locales, como *Malva althaeoides*, *Delphinium staphisagria*, *Lotus edulis*, *Ononis ornithopodioides*, *Lathyrus clymenum*, *Arabis verna*, *Succowia balearica*, etc.

1.2. **Óptimo semiárido:** en las partes más secas (sur de Alicante, valle del Ebro, etc.) se encuentran pastizales donde podemos encontrar especies de distribución africana, que alcanzan estas tierras como límite de expansión por el norte. Unas pueden ser más amplias (*Carrichtera annua*, *Schismus barbatus*, *Filago congesta*, *F. desertorum*, etc.) y otras más específicas, con las que se podrían hacer dos grupos:

1.2.1. **Variante litoral:** en las zonas cálidas del sureste hay muchas especies termófilas, que suelen tener buenos reductos en territorios murciano-almerienses y se difuminan o desaparecen más al norte, como: *Misopates microcarpum*, *Rostraria pumila*, *Matthiola parviflora*, *Thesium humile*, *Plantago ovata*, *Nothoceras bicornis*, *Stoibrax dichotomum*, *Aristida adscensionis*, etc.

1.2.2. **Variante de interior:** en las zonas interiores vemos entrar en estas formaciones algunas especies menos termófilas, con óptimo en ambientes áridos, estepario-continentales, como *Picris hispanica*, *Ziziphora aragonensis*, *Nepeta hispanica*, *Trisetum scabriusculum*, *Clypeola cyclodonte*, etc.

1.3. **Variante de yesos:** En los afloramientos yesosos se detectan comunidades de hierbas anuales donde intervienen: *Campanula fastigiata*, *Chaenorhinum exile*, *Ch. reyesii*, *Reseda strica*, etc.

2. Pastizales anuales acidófilos

En este grupo vamos a separar dos variantes. La primera en ambientes ordinarios, sobre sustratos no inundables, y la segunda sobre pequeñas depresiones inundables.

2.1. **Pastizales anuales silicícolas de óptimo iberoatlántico:** los pastos anuales acidófilos en nuestro territorio muestran un *óptimo iberoatlántico seco a subhúmedo*, no pudiéndose detectar prácticamente una flora de terófitos silicícolas de óptimo iberolevantino ni semiárido. En ellos muchas especies muestran gran amplitud térmica como *Filago gallica*, *Lupinus angustifolius*, *Trifolium arvense*, *Silene gallica*, *Rumex angiocarpus*, *Micropyrum tenellum*, *Ornithopus compressus*, etc. Otras son más exigentes y las vemos más bien en zonas frescas interiores o cálidas litorales, a lo que añadiremos una tercera variante en ambientes más húmedos de la media.

2.1.1. **Variante de interior:** en las zonas altas o interiores, no muy húmedas, podemos destacar la presencia de numerosas especies, como *Myosotis stricta*, *Campanula matritensis*, *Minuartia dichotoma*, *Paronychia cymosa*, *Silene portensis*, *Linaria amethystina*, *Arnoseris minima*, *Filago minima*, *Evax carpetana*, *Teesdalia coronopifolia*, *Periballia involucreta*, etc.

2.1.2. **Variante litoral:** en las zonas más bajas entran especies más exigentes, siendo la lista no tan amplia: *Lotus hispidus*, *Briza máxima*, *Wahlebergia nutabunda*, *Loeflingia hispanica*, etc.

2.1.3. **Variante húmeda:** otra lista relativamente amplia sale para las que buscan ambientes más húmedos, asociadas a zonas frescas de montaña, como: *Myosotis discolor*, *Agrostis tenerrima*, *Linaria elegans*, *Trifolium striatum*, *Moenchia erecta*, *Airopsis tenella*, *Trisetum ovatum*, etc.

2.2. **Lagunazos estacionales:** un caso muy particular, es el de los pequeños pastizales anuales que se instalan en *lagunazos silíceos interiores*. Son

muchas las especies que allí se albergan, algunas de las más raras de nuestra flora, como *Isoetes velatum*, *Marsilea strigosa*, *Pilularia globulifera*, *Damasonium polyspermum*, *Lythrum borystenicum*, *Myosotis sícula*, *Elatine brochonii*, *Cicendia filiformis*, etc.

3. Pastizales perennes basófilos

Un primer grupo mayoritario de pastizales mediterráneos, donde intervienen especies que pueden tolerar un amplio margen térmico, unas más xerófilas (*Koeleria vallesiana*, *Avenula bromoides*, *Thapsia villosa*, *Scorzonera angustifolia*, etc.), otras más mesófilas (*Bellis sylvestris*, *Seseli montanum*, *Ophrys apifera*, *Anacamptis pyramidalis*, *Elymus hispidus*, etc.). A ellos añadir cuatro variantes principales:

3.1. **Pastizales basófilos mediterráneo-termófilos:** en las zonas bajas se presentan pastizales con aspecto de fenalar (*Brachypodium retusum*) o espartal (*Stipa tenacissima*), poco densos, con especies como *Aristolochia pistolochia*, *Lobularia maritima*, *Heteropogon contortus*, *Elaeoselinum asclepium*, etc.

3.1.1. **Variante xerófila:** en las partes menos lluviosas tenemos herbazales más secos y laxos, donde destacan especies como: *Helictotrichon filifolium*, *Diplotaxis lagascana*, *Rhodalsine geniculata*, *Echium parviflorum*, *Marrubium alysson*, etc.

3.1.2. **Variante mesófila:** en las áreas más lluviosas son formaciones más densas, que pasan a lastonar, con especies menos xerófilas, como: *Aristolochia paucinervis*, *Leontodon tuberosus*, *Leucanthemum gracilicaule*, *Salvia valentina*, *Anemone palmata*, *Ranunculus bullatus*, *Silene diclinis*, *Arisarum vulgare*, *Kundmania sicula*, *Urginea maritima*, *Orchis italica*, etc.

3.2. **Pastizales basófilos de montaña:** en las partes altas o más frescas, sigue predominando una flora de montaña pero igualmente mediterránea. Podemos señalar dos variantes en estas condiciones:

3.2.1. **Variante xerófila:** con pastizales secos asociados a espliegares, salviares, etc., donde suelen presentarse fenalares con especies no termófilas, como *Centaurea toletana*, *Astragalus turolensis*, *Odontites longiflorus*, *Potentilla velutina*, *Onosma tricerospemum*, etc.

3.2.2. **Variante mesófila:** con pastizales más húmedos, más bien lastonares, con especies propias de zonas más lluviosas, como *Cynoglossum dioscoridis*, *Echium flavum*, *Carduncellus mitissimus*, *Leucanthemum maestracense*, *Adonis vernalis*, *Ranunculus paludosus*, *Linum viscosum*, etc.

3.3. **Pastizales gipsícolas:** sobre sustratos yesosos encontramos formaciones herbáceas perennes, que suelen tener facies de espartal o albardinal (*Lygeum spartum*), donde suelen intervenir *Agropyrum cristaum*, *Koeleria*

castellana, Sedum gypsicola, Jurinea pinnata, Ferula loscosii, Reseda suffruticosa, etc.

3.4. Pastizales basófilos eurosiberianos: en las áreas de montaña más húmedas (zonas ribereñas o de umbría), los pastizales vivaces van tendiendo hacia prados eurosiberianos. Son muchas las especies características de ellos: *Arrhenatherum elatius, Phleum pratense, Poa pratensis, Lathyrus pratensis, Achillea millefolium, Phyteuma orbiculare, Centaurea jacea, Cardamine pratensis, Geranium pratense, Filipendula vulgaris, Ranunculus acris, Euphrasia hirtella, Campanula glomerata, Veronica chamaedrys, Briza media, Orchis ustulata, etc.*

En las partes más altas se puede reconocer una variante alpinoide, con algunos interesantes orófitos, como: *Aster alpinus, Ononis cristata, Thesium alpinum, Oxytropis jabalambrensis, Gentiana cruciata, Aconitum anthora, Eryngium bourgatii, Poa alpina, Polygala alpestris, etc.*

4. Pastizales perennes acidófilos

4.1. Pastizales acidófilos mediterráneo-xerófilos: en ambientes más soleados o menos lluviosos, que pueden estar desde las zonas costeras a las interiores. Encontramos aquí especies mediterráneas como *Alkanna tinctoria, Anarrhinum bellidifolium, Corynephorus canescens, Tuberaria lignosa, etc.*

4.2. Pastizales acidófilos mediterráneo-mesófilos: con óptimo mediterráneo-iberoatlántico de montaña y especies con tendencia a ser endémicas del centro-occidente peninsular, como *Jasione sessiliflora, Pilosella castellana, P. vahlii, Rorippa pyrenaica, Armeria arenaria, Saxifraga carpetana, Agrostis castellana, Conopodium pyrenaicum, Corrigiola telephiifolia, Seseli cantabricum, etc.*

4.3. Pastizales acidófilos eurosiberianos: con óptimo eurosiberiano y especies de distribución amplia por Europa o incluso holoártica. Es el caso de: *Nardus stricta, Dianthus deltoides, Carex leporina, Juncus squarrosus, Pulsatilla rubra, Trifolium montanum, Avenula marginata, Crucjata pedemontana, Saxifraga granulata, Luzula campestris, etc.*

Como en los pastizales basófilos, podemos señalar una variante de alta montaña, más limitada y empobrecida, pero en la que podemos encontrar especies muy valiosas, como: *Alchemilla vetteri, Armeria fontqueri, Gentiana acaulis, Astragalus danicus, Geum hispidum, Meum athamanticum, etc.*

EVOLUCIÓN DE LA VEGETACIÓN TRAS QUEMAS PRESCRITAS DEL MATORRAL DE ERIZÓN EN EL PIRINEO ARAGONÉS

D. Gómez García¹, D. Badía², J. L. Mora³, C. Armas², S. Palacio¹, G. Montserrat¹

¹ Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC) Avda. Sra. de la Victoria 16, 22700 Jaca (Huesca).

² Escuela Politécnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Calle de Cuarte, s/n, 22071 Huesca

³ Facultad de Veterinaria, C/. Miguel Servet 177, 50013 Zaragoza

Correspondencia: dgomez@ipe.csic.es

Resumen

La quema prescrita se ha utilizado en los últimos años para el control del matorral en pastos de montaña. En los Pirineos de Aragón dichas quemas se han aplicado sobre todo en matorrales de erizón (*Echinopartum horridum* (Vahl) Rothm.) del piso montano y subalpino con la finalidad, en parte, de recuperar el pasto herbáceo. Para estudiar la eficacia de dicha práctica se muestreó la vegetación en seis enclaves quemados en distintos periodos (hace 0,5; 2,2; 3,2, 6,3, 15 y 35 años) y se comparó la vegetación emergente con la del matorral y los pastos herbáceos más cercanos. Los resultados muestran que a los 2,2 años la cobertura alcanza el 63,7% y a los 15 años el 98%, debido, sobre todo, a la recuperación del erizón (51%). La diversidad (índice de Shannon) aumenta tras la quema (siendo máxima a los 3,2 años: 3,5) y decae a los 35 años hasta 1,6. Tras la quema, la dinámica vegetal tiende al punto de partida, tanto en la composición florística, la estructura de formas biológicas y la abundancia de los distintos grupos funcionales. Estos resultados sugieren replantear las quemas prescritas como método de control de la expansión del erizón.

Palabras clave: Matorralización, composición florística, formas biológicas, recuperación de pastos.

INTRODUCCIÓN

El control de la matorralización en territorios pastorales constituye un reto en la gestión de la conservación y en la preservación de los pastos (Butaye *et al.*, 2005; Nuche y Alados, 2017). Con dicho fin, las quemas prescritas de matorral han cobrado vigencia en los últimos años en la región mediterránea (Fernandes *et al.*, 2013). En el Pirineo calizo de Aragón, dichas quemas –o, alternativamente, los desbroces– se han dirigido muchas veces al control de matorral dominado por el “erizón” (*Echinopartum horridum* (Vahl) Rothm. Leguminosae) (Nuche *et al.*, 2017). *E. horridum* es una mata pulviniforme que puede superar los 50 cm de altura, con ápice del tallo pinchado que dificulta su consumo por herbívoros (Palacio y Montserrat Martí, 2006). En los Pirineos, se distribuye entre 390 y

2344 m de altitud aunque su mayor abundancia se observa entre los 1000 y 1700 m (Gómez *et al.*, 2005). Los matorrales de erizón forman comunidades permanentes con alta cobertura y “hábitat primario” en crestas y laderas pedregosas calizas con suelo somero (Montserrat *et al.*, 1984; Komac, 2010, Komac *et al.*, 2011). Desde sus enclaves primordiales puede colonizar los pastos y antiguos cultivos (Lasanta *et al.*, 2005).

La eficacia de las quemas prescritas del erizón en comparación con su desbroce y atendiendo principalmente a su demografía y al banco de semillas, se ha estudiado recientemente (Nuche *et al.*, 2017). En este trabajo evaluamos la recuperación vegetal tras la quema a través de la cobertura, la diversidad y la estructura de la vegetación (formas biológicas y abundancia de los grupos funcionales).

MATERIAL Y MÉTODOS

Áreas de estudio

El estudio se ha realizado en montes de los municipios de Yebra de Basa, Tella y Chía (Pirineo central, Huesca), durante la primavera y verano del año 2017. Las coordenadas de las localidades y otros datos topográficos se resumen en la Tabla 1. Rebaños de ovejas y vacas pastan de forma extensiva en verano las zonas de estudio. Las cargas ganaderas y las pautas de gestión pastoral no presentan variaciones destacables en las décadas recientes.

Diseño del muestreo, toma y análisis de datos

En cada localidad se han seleccionado dos zonas de muestreo en función de la fecha de quema que, en conjunto, constituyen una cronosecuencia de 0,5; 2,2; 3,2; 6,3; 15 y 35 años tras el fuego prescrito. En cada una de las seis zonas se han delimitado 4 transectos paralelos de 30 m de longitud y separados unos 20 m entre ellos en los que se ha efectuado un muestreo de “point quadrat” con intervalos de 20 cm (150 contactos por transecto x 4= 600 por zona) anotando en cada contacto una de las siguientes categorías: suelo desnudo, piedra, materia vegetal quemada y nombre de la planta interceptada. Con dicha información se ha determinado la composición florística, la diversidad (número de especies e índice de Shannon) y la cobertura de las distintas categorías anotadas. Además, en cada

zona se realizó un muestreo similar en el matorral sin quemar (zona control) y en el pasto herbáceo (varias comunidades de las Alianzas *Bromion erectii* y *Nardion strictae*) que consideramos “pasto objetivo”, es decir, el que se pretende recuperar con la eliminación del matorral.

Tabla 1. Localización y características topográficas y climáticas de las zonas estudiadas.

Localidad	Yebra de Basa		Tella		Chía	
	Sobás,	Sta. Orosia	Plana	Plana	S ^a . de Chía	S ^a . de Chía
Zona	Sobás,	Sta. Orosia	Plana	Plana	S ^a . de Chía	S ^a . de Chía
Años tras la quema	0,5 años	3,2 años	2,2 años	6,3 años	15 años	35 años
Fecha de los inventarios	16/6/17	16/6/17	6/7/15	6/7/17	8/8/17	8/8/17
Fecha de quema (mes, año)	12/2016	4/2014	4/2014	2/2011	2002	1982
Localización UTM (31T: X,Y)	072486	072388	026899	026830	029049	029053
	471070	471167	472046	472076	471137	471134
Altitud (m)	1575	1600	1875	1800	1480	1460
Precipitación anual (mm)	1030	1015	1280	1280	1075	1075
Temperat. media anual (°C)	8,4	8,4	7,0	7,0	7,2	7,2
Pendiente (%)	8	8	20	20	35	35
Orientación (%)	Este	Este	Sur	Sur	Este	Este

Los valores de diversidad y de cobertura de las categorías anotadas se analizaron en relación al tiempo transcurrido tras la quema y respecto al pasto objetivo y al matorral control mediante pruebas de ANOVA/DMS y de Kruskal-Wallis/Mann-Whitney. Además se analizó la composición florística mediante un Análisis de Correspondencias Corregido (DCA) (Gauch, 1982).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evolución de la cobertura vegetal y del erizón tras el fuego

El matorral de erizón, en ausencia de afloramientos rocosos, presenta coberturas próximas al 100%. Inmediatamente tras la quema, el suelo desnudo y el cubierto por materia quemada evolucionan con rapidez (Tabla 2). Tras medio año, el suelo desnudo es

un 18,3% (valor medio), la materia quemada ocupa el 39,8% y la vegetación el 41,7%. Al tercer año la cobertura vegetal supera el 86% y a los 15 años es similar al del matorral sin quemar.

Tabla 2. Cobertura (% , media \pm e. t.) de suelo desnudo, vegetación y materia seca tras la quema de erizón. Los resultados muestran diferencias muy significativas (prueba de Kruskal-Wallis, $P < 0,001$) para todas las variables. Los valores de una variable seguidos de las mismas letras no presentaron diferencias significativas (prueba de Mann Withney, $P < 0,05$)

	Pasto objetivo	Quemado hace...						Matorral no-quemado
		... 0,5 años	... 2,2 años	... 3,2 años	... 6,3 años	... 15 años	... 35 años	
Suelo desnudo	0,7 \pm 0,4ab	18,3 \pm 3,2d	15,7 \pm 2,3d	4,8 \pm 0,9c	2,0 \pm 0,7bc	0,2 \pm 0,2 a	0,0 \pm 0,0a	1,3 \pm 0,7ab
Mat. quemada	0.0 \pm 0.0a	39.8 \pm 4.1c	11.8 \pm 3.6b	8.5 \pm 3.0b	3.8 \pm 1.2b	0.3 \pm 0.3 a	0.0 \pm 0.0a	0.7 \pm 0.3a
Roca	0.1 \pm 0.1 a	0.2 \pm 0.2a	8.8 \pm 3.6c	0.2 \pm 0.2a	8.5 \pm 1.3c	1.5 \pm 0.4 b	1.3 \pm 0.7 ab	0.0 \pm 0.0a
Vegetación	99.2 \pm 0.5c	41.7 \pm 1.9a	63.7 \pm 7.5b	86.5 \pm 2.5b	85.7 \pm 2.0b	98.0 \pm 0.6c	98.7 \pm 0.7c	98.0 \pm 0.8c

Evolución del erizón tras el fuego

En los dos primeros años tras la quema, se observa una germinación masiva de erizón con gran abundancia de plántulas, sobre todo bajo los erizones quemados (22,2% \pm 8,8 de la cobertura vegetal). A partir del 3^{er} año se observan plantas juveniles, aún sin floración pero con ramas ya lignificadas y pinchudas que crecen en detrimento de parte de las plántulas y no aumentan la cobertura anterior (22,4 \pm 14,9). A partir del 6^o año, el erizón cubre el 45,7% (\pm 3,3) y a los 35 años el 64,7% (\pm 3), cerca al del matorral control (media del 84,5% \pm 9,9), a veces con la presencia del boj, que rebrota vigorosamente tras el incendio y acompaña con frecuencia al matorral maduro. La rápida lignificación de las plántulas de erizón conducen a una notable escasez de plantas de valor pastoral en las distintas fases tras el incendio (Marinas *et al.*, 2004; García-González *et al.*, 2007)

Evolución de la diversidad

En el conjunto de las zonas quemadas se han identificado 105 especies, frente a 33 en las zonas control sin quemar y 55 en las del “pasto objetivo”. Sin embargo, el número medio de especies en cada zona quemada es muy reducido (media 12,5 especies por parcela \pm 7.2) en comparación con “el pasto objetivo” (media 25,2 \pm 4,15) y muy similar al matorral control (media 12,5 \pm 6,12).

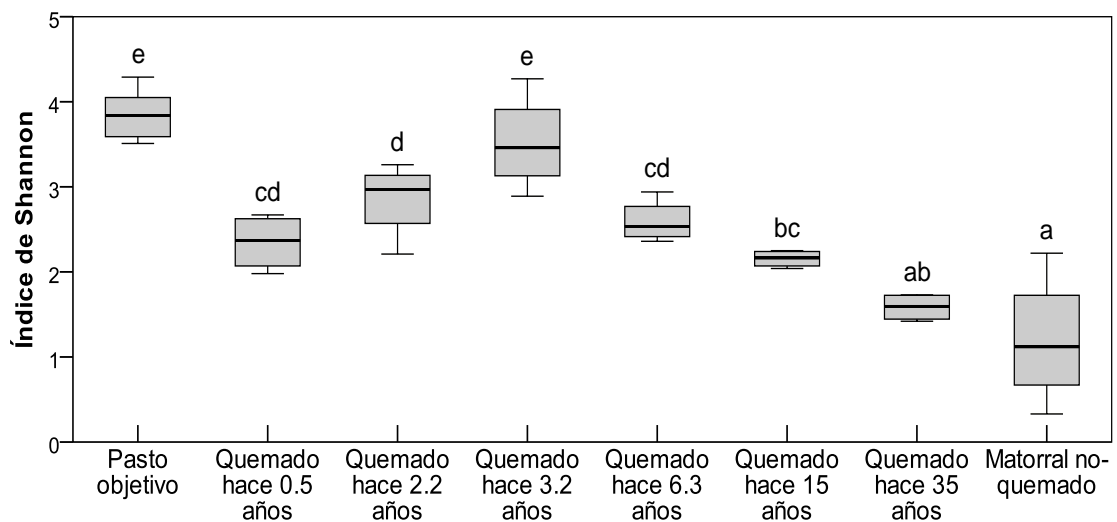


Figura 1. Evolución del índice de Shannon (media \pm e.t.) Los valores seguidos de las mismas letras no presentan diferencias significativas (test ANOVA/DMS, $P < 0,05$)

La diversidad (índice de Shannon) tras la quema (Figura 1) muestra un valor de 2,35 al medio año, un marcado incremento hasta el tercer año (3,52) y fuerte reducción posterior: 2,16 a los 15 años y 1,59 a los 35, valores todavía algo superiores a los del matorral control (1,20) y muy alejados del pasto objetivo” (3,8).

Evolución de la estructura vegetal en las formas biológicas y los grupos funcionales

Los espectros de formas biológicas en las distintas etapas post-incendio (Figura 2) señalan el aumento del erizón (caméfito pulviniforme) con una presencia variable del boj y otros arbustos e incluso pinos (fanerófitos) en las últimas etapas que, en conjunto, indican el proceso de matorralización (Nuche *et al.*, 2017). Los hemicriptófitos muestran un aumento en las primeras etapas y superan el 60% hasta el 3,2 años para descender paulatinamente, por debajo incluso de su representación en el matorral no quemado y muy lejos del pasto. Los terófitos también muestran su valor máximo tras 3,2 años pero se convierten en residuales en las etapas más maduras, como lo son en el matorral control y en el pasto objetivo. Los geófitos muestran coberturas muy variables en las distintas fases y zonas tras la quema, aunque alcanzan el 32,8% en el primer estadio, mostrando su adaptación al fuego.

En cuanto a la presencia de gramíneas y leguminosas (sin considerar el erizón) que nos aproximan a la calidad pastoral de la vegetación, vemos que ambas muestran su mayor frecuencia 3,2 años tras la quema y disminuyen, sobre todo, a partir del 6º año (Tabla 3).

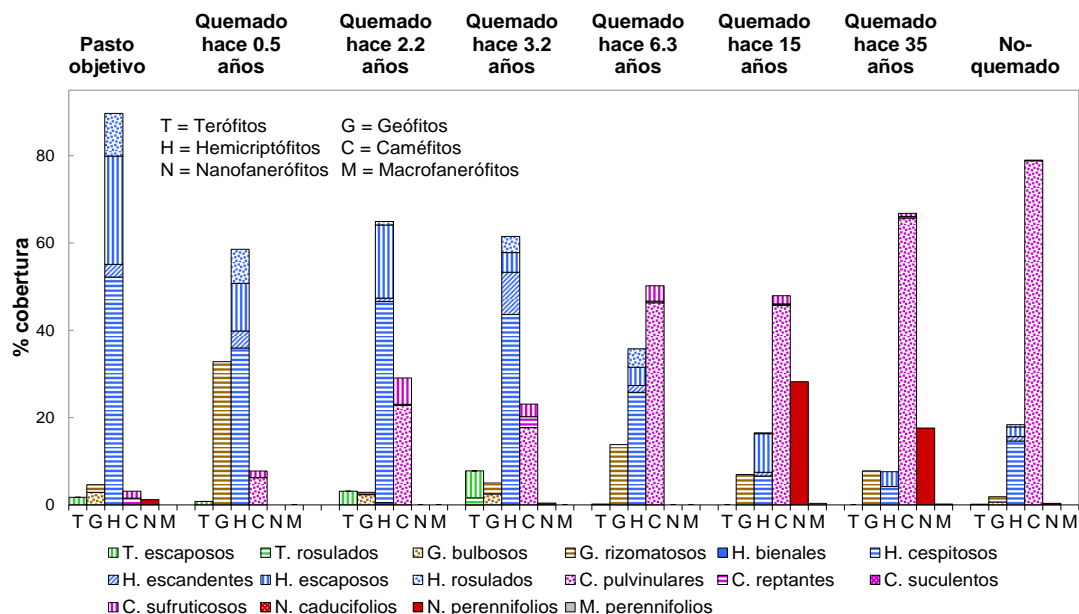


Figura 2. Espectro de formas biológicas en las distintas etapas del matorral de erizón tras la quema, del matorral sin quemar y del “pasto objetivo”

Aunque la frecuencia de las gramíneas es muy alta hasta el sexto año tras la quema, hay que señalar el gran predominio (80-90%) de *Brachypodium pinnatum* o *Bromus erectus*, mientras *Festuca gr. rubra*, *Poa pratensis*, *Koeleria pyramidata* y *Briza media* (las más frecuentes del pasto objetivo y con mayor valor pastoral) apenas están en las zonas quemadas o tienen valores muy bajos (<0,5%) y, además, están en los isleos de vegetación no afectados por el fuego (datos no mostrados). De las gramíneas características del pasto objetivo, sólo *Agrostis capillaris* parece rebrotar bien tras el fuego (2% en alguna fase tras la quema). Las leguminosas de las zonas quemadas coinciden con las del pasto objetivo (*Trifolium spp* y *Lotus corniculatus*), pero no son resultado del rebrote tras la quema ya que solo están presentes en zonas aisladas no afectadas por el fuego.

Por último, la Figura 3 muestra el DCA de la composición florística conjunta en cada etapa tras la quema y en el matorral control y el pasto objetivo; en su eje I refleja el proceso de matorralización, asignando puntuaciones más bajas (< 3) a las localidades de quema

reciente respecto a las más antigua (> 3), mientras estas últimas muestran una composición muy próxima a la del matorral no-quemado.

Tabla 3. Presencia (%) de familias botánicas en las distintas etapas tras la quema (la categoría matorral incluye *E. horridum*, *Genista scorpius*, *Buxus sempervirens* y *Pinus silvestris*)

	Control	0,5 año	2,2 año	3,2 años	6,3 años	15 años	35 años	Pasto objetivo
Matorral	78	6,2	17,7	22,8	46	46,4	64,7	0
Leguminosas	0,8	1,6	1	2,8	0,8	0	0,2	13,4
Gramíneas	12,5	35,9	42,2	43,7	23,1	3,6	1,6	45,6
Cyperáceas	2,9	32,1	3,1	2,7	17,5	9,9	10,3	7,5
Otras	5,9	24,2	36	28	12,6	40,1	23,1	32,9

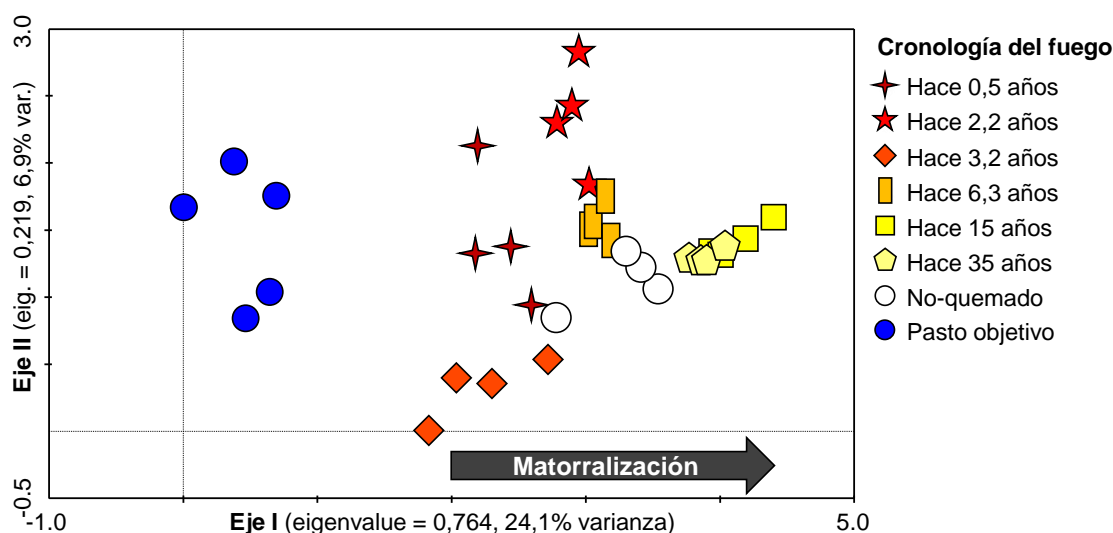


Figura 3. Diagrama -dos primeros ejes del Análisis de Correspondencias Corregido de la composición florística-, de la evolución de la vegetación tras las quemaduras en relación al matorral sin quemar y al pasto objetivo

La secuencia no se ajusta totalmente al orden cronológico, lo que podría indicar distintas velocidades de la sucesión en las diferentes localidades (debido a factores climáticos, topográficos o edáficos) o bien a distintos puntos de partida por las características de las quemaduras prescritas (duración, intensidad, época). En todo caso, la composición de las parcelas quemadas se mantiene siempre lejos de la del pasto objetivo, que se separa como un grupo distinto y distante (a la izquierda del diagrama).

CONCLUSIONES

La evolución de la cubierta vegetal tras la quema del matorral de erizón en las zonas estudiadas ha conducido, en apenas tres décadas, a la estructura de partida de la vegetación en su composición florística, diversidad y especies dominantes. Estos resultados cuestionan el uso de las quemas prescritas tal como se está llevando a cabo y aconseja su revisión considerando las prácticas del uso tradicional del fuego en los Pirineos (Métailié, 2006)

AGRADECIMIENTOS:

El estudio ha contado en 2017 con una ayuda del Instituto de Estudios Altoaragoneses (IEA) de la Diputación provincial de Huesca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Butaye, J., Adriaens, D. y Honnay, O. (2005) Conservation and restoration of calcareous grasslands: a concise review of the effects of fragmentation and management on plant species. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 9, 111-118.
- Fernandes, P.M., Matt Davies, G., Ascoli, D., Fernández, C., Moreira, F., Rigolo, R., Stoof, C.R., Vega, J.A. y Molina, D. (2013) Prescribed burning in southern Europe: developing fire management in a dynamic landscape. *Front Ecol Environ* 2013; 11: e4–e14, <https://doi:10.1890/120298>
- García-González R., Alados C.L., Bueno G., Fillat F., Gartzia M., Gómez D., Komac B., Marinas A. y Saint-Jean N. (2007) Valoración ecológica y productiva de los pastos supraforestales en el P. N. de Ordesa y Monte Perdido. En: Ramirez L. y Asensio B. (Eds.). *Proyectos de investigación en Parques Nacionales 2003-2006*. pp: 105-128.
- Gauch Jr., H.G., 1982. *Multivariate Analysis in Community Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Gómez, D., Mateo, G., Mercadal, N., Montserrat, P. y Sesé, J.A. (2005) Atlas de la flora de Aragón. Instituto Pirenaico de Ecología y Departamento de medio Ambiente del Gobierno de Aragón. Publicación digital (<http://floragon.ipe.csic.es/index.php>). Consultado Enero/2018
- Komac, B. (2010) Effets des modifications de l'utilisation des terres sur la conservation des pâturages subalpins de Parc National de Ordesa. Thèse Doctoral. Univ. de Savoie.
- Komac, B., Alados, C. y Camarero, J. (2011) Influence of topography on the colonization of subalpine grasslands by the thorny cushion dwarf *Echinopartum horridum*. *Arct. Antarct. Alp. Res.* 43: 601-611.
- Lasanta, T., Vicente Serrano, S.M. y Cuadrat, J.M. (2005) Spatialtemporal variability of the plant landscape in the mediterranean highlands due to the abandonment of traditional

land uses: a study of the Spanish Central Pyrenees. *Applied Geography* 25: 47-65. [doi:10.1016/j.apgeog.2004.11.001](https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2004.11.001)

Marinas, A., García-González, R., Aldezabal, A., Palacio, S. y Gómez García, D. (2004) Interés ecológico y pastoral del erizón (*Echinopartum horridum* (Vahl) Rothm.) In: Pastos y ganadería extensiva, B. García-Criado, A. García-Ciudad, B.R. Vázquez de Aldana e I. Zabalgoeazcoa (eds.), pp. 117-122. SEEP-IRNASA. Salamanca.

Métailié, J.P. (2006) Mountain landscape, pastoral management and traditional practices in the Northern Pyrenees (France). In: Agnoletti M (ed) The conservation of cultural landscapes. CAB Int, Cambridge. pp. 108-123.

Montserrat, P., Montserrat, J.M. y Montserrat, G. (1984) Estudio de las comunidades de *Echinopartum horridum* en el Pirineo español. *Acta Biol. Mont.* 4: 249-257.

Nuche, P. y Alados, C.L. (2017) Shrub interactions drive vegetation succession of subalpine grasslands under two climatic conditions. *Journal of Plant Ecology*. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtx002>

Nuche, P., Komac, B., Gartzia, M., Vilellas, J., Reiné, R. y Alados, C. 2017 Assessment of prescribed fire and cutting as means of controlling the invasión of subalpine grasslands by *Echinopartum horridum*. *Appl. Veg. Sci.* <https://doi.org/10.1111/avs.12354>

Palacio, S. y Montserrat Martí, G. (2006) Comparison of the bud morphology and shoot growth dynamics of four species of Mediterranean sub-shrubs growing along an altitude gradient. *Botanical Journal of the Linnean Society* 151: 527-539.

VEGETATION RECOVERY AFTER PRESCRIBED FIRES IN *Echinopartum horridum* (Vahl)

Rothm. SHRUBLAND IN ARAGON PYRENEES

Summary

Prescribed fires have been profusely used in the last years in order to control mountain shrub encroachment. In the Aragon Pyrenees, such fires have been preferentially used on *Echinopastum horridum* shrubland (*E.h.*) in mountain rangelands trying to preserve pastures. To study the effectiveness of this objective, the vegetation of 6 sites burned 0.5, 2.2, 3.2, 6.3, 15 and 35 years ago was sampled and compared with that of nearest unburned *E.h.* shrubland (control) and pastures (objective). Results show that initial plant cover recovers as early as 15 years after fire, with *E.h.* being dominant. Plant diversity increases up to the 3 year and declines to recover initial values after 35 years. Regarding plant community structure, initial floristic composition, life-form spectrum and abundance of plant with high pastoral value are in just a few years after burning. These results call for caution in the application of prescribed burning as a management strategy to control the expansion of *E. h.*

Key words: Shrub encroachment, plant diversity, life-form structure, grassland recovery

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD BROMATOLÓGICA DEL ERIZÓN TRAS EL USO DE FUEGO PRESCRITO PARA LA MEJORA DE PASTOS EN EL PIRINEO CENTRAL

J.L. Mora¹, C. Armas², D. Badía², G. Montserrat³, S. Palacio³, D. Gómez³

¹Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza. C/. Miguel Servet 177, 50013 Zaragoza

²Escuela Politécnica Superior, Universidad de Zaragoza. Ctra. Huesca s/n, 22071 Huesca

³Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). Avda. Ntra. Sra. de la Victoria 16, 22700 Jaca.

Correspondencia: jlmorah@unizar.es

Resumen

El erizón: *Echinopartum horridum* (Vahl) Rothm, es un arbusto espinoso que en la actualidad se extiende en los territorios pastorales del Pirineo central. Para su eliminación se realizan, entre otras medidas, quemas prescritas, cuyo éxito depende de la eficacia recolonizadora de esta especie tras el fuego y de su control ulterior mediante el pastoreo. En este trabajo evaluamos la abundancia y la calidad químico-bromatológica de *E. horridum* regenerado tras el fuego a través del estudio de una cronosecuencia de parcelas quemadas con distinta antigüedad: 0,5; 1,4; 3,2; 15 y 35 años antes, en comparación con parcelas no quemadas de matorral y con los pastos herbáceos adyacentes. Los resultados muestran una rápida expansión del erizón tras incendios y una lignificación precoz de su biomasa que limita la calidad nutritiva y la palatabilidad para el ganado a los dos primeros años tras la quema. Estos resultados ponen de manifiesto la dificultad de controlar la expansión de *E. horridum* mediante pastoreo y cuestionan la idoneidad de las quemas prescritas en la lucha contra la matorralización en el Pirineo Central.

Palabras clave: Composición bromatológica, leguminosas arbustivas, matorralización, pastos de montaña, recuperación de pastos.

INTRODUCCIÓN

Los pastos pirenaicos montanos y subalpinos son, en su mayoría, comunidades resultantes de la sucesión secundaria (subclimáticas) que precisan de su perturbación frecuente por pastoreo, siega o fuego, para promover su mantenimiento e impedir su transición hacia una vegetación arbustiva y, finalmente, forestal (Gómez *et al.*, 2009). Desde hace décadas, el abandono de los aprovechamientos extensivos tradicionales en el Pirineo ha propiciado que amplias superficies de pastos herbáceos hayan sido invadidas por especies arbustivas. Esta matorralización se considera perjudicial porque afecta a los recursos pascícolas e hídricos, disminuye la biodiversidad y puede incrementar el riesgo de incendios (Nadal-Romero *et al.*, 2016). Una de las principales especies matorralizantes en

el Pirineo central es el erizón (*Echinopartum horridum* (Vahl) Rothm.) (Fabaceae). Pese a su carácter espinoso, *E. horridum* posee cierto interés pastoral debido a sus buenos niveles de producción y una calidad bromatológica aceptable (Marinas *et al.*, 2004), siendo aprovechado por cabras domésticas y ungulados silvestres (Aldezábal y Garin, 2000; Garin *et al.*, 2001). La fracción potencialmente ramoneable de *E. horridum* incluye los folíolos, que permanecen verdes desde abril a julio; las flores, que se producen entre junio y agosto; frutos tiernos, presentes en agosto; y los tallos nuevos, que permanecen verdes durante su primer año (Montserrat *et al.*, 1984).

Para la eliminación de *E. horridum* y el favorecimiento de los pastos herbáceos se realizan quemas prescritas, consistentes en la aplicación controlada del fuego por los técnicos competentes (en el Pirineo aragonés son los Equipos de Prevención Integral de Incendios Forestales, EPRIF) bajo condiciones atmosféricas favorables. El uso del fuego prescrito resulta más económico que la eliminación del matorral por desbroce, y su impacto o riesgos son menores que el uso tradicional del fuego (Fernandes *et al.*, 2013). Sin embargo, *E. horridum* es una especie pirófila y muestra una elevada regeneración por semilla después del fuego (Montserrat *et al.*, 1984). Se ha sugerido que solo la eliminación del matorral por quema o desbroce seguida de un pastoreo intenso del regenerado puede evitar la expansión de *E. horridum* (Komac *et al.*, 2013). El objetivo del presente estudio es evaluar la calidad del pasto de *E. horridum* como recurso para la alimentación del ganado tras las quemas prescritas. Con este fin, analizamos la cobertura y composición bromatológica de *E. horridum* regenerado en localidades donde fue eliminado mediante este tipo de quemas en distintos momentos a lo largo de un periodo de 35 años.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio y trabajo de campo

El estudio se realizó en cinco sitios de estudio del Pirineo Central ubicados en los municipios de Yebra de Basa, Tella-Sin y Chía (Huesca, España) (ver Tabla 1). En todos ellos se habían realizado quemas prescritas de matorral de *E. horridum* en algún momento del

periodo 1982-2016, conformando una cronosecuencia con las siguientes edades: 0,5; 1,4; 3,2; 15 y 35 años después de la quema.

Tabla 1. Localización y descripción del muestreo realizado en los distintos sitios de estudio

Localidad	UTM (31T)	Altitud (msnm)	Pendiente (%)	Orient.	<i>E. horridum</i> - Parcelas quemadas					<i>E. horridum</i> no-quemado	Pasto de referencia
					0,5 a.	1,4 a.	3,2 a.	15 a.	35 a.		
Yebra de Basa	072486 471070	1575	8	Este	X	-	-	-	-	X	X
	072388 471167				1600	8	Este	-	-		
Tella	026899 472046	1875	20	Sur				-	X	-	-
	029049 471137				1480	35	Este	-	-	-	X
Sierra de Chía	029053 471134	1460	35	Este				-	-	-	X

El trabajo de campo se realizó en verano de 2016 y 2017. Se registró la cobertura de *E. horridum* en las parcelas quemadas mediante un muestreo de *point quadrat* con intervalos de 20 cm a lo largo de cuatro transectos de 30 m de longitud. En cada parcela quemada se colectó material de *E. horridum* de un mínimo de 12 individuos escogidos al azar, recogiendo una única rama de cada uno. De este material, se separó para su análisis la fracción ramoneable, considerada como tal la formada por hojas, flores, brotes y tallos verdes sin lignificar con diámetro inferior a 5 mm. En la parcela de 1,4 años se diferenciaron y colectaron separadamente dos tipos de material de *E. horridum*: uno tierno procedente de plantas germinadas en la misma temporada (es decir, con solo unos meses de edad), y otro ya con una cierta lignificación, procedente de plantas germinadas durante la temporada anterior (y por tanto con una edad aproximada de un año). Adicionalmente, se colectó material de *E. horridum* en parcelas no-quemadas en épocas recientes (en los últimos 50 años) similares y adyacentes a las parcelas quemadas. También se recogieron muestras de pastos densos pertenecientes a las alianzas *Bromion erectii* y *Nardion strictae* en parcelas similares próximas mediante siega de la hierba verde de un cuadrado de 30 x 30 cm de lado, ubicado al azar.

Análisis químico-bromatológico

Las muestras se secaron en estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 horas, y se molieron a un diámetro inferior a 1 mm. Para el estudio de la composición orgánica, se utilizó el análisis proximal Weende, incluyendo la determinación de los contenidos de: humedad gravimétrica a 103 °C, proteína bruta (PB) por el método Kjeldahl, fibra bruta (FB) por hidrólisis ácida-básica, grasa bruta (GB) por extracción Soxhlet, ceniza bruta (CB) por calcinación a 550 °C y cálculo de los extractivos no-nitrogenados (ENN). También se analizó la fibra diferencial por el método de Van Soest, que separa secuencialmente las fracciones de fibra neutro-detergente (FND), fibra ácido-detergente (FAD), lignina ácido-detergente (LAD) y ceniza insoluble (sílice) (AOAC, 2007). Estos resultados se utilizaron para calcular los porcentajes de contenido celular (CC = 100 – FND) y de fibra de tipo hemicelulosa (= FND – FAD), celulosa (= FAD – LAD) y lignina (= LAD – sílice), y para estimar la digestibilidad de la materia seca (DMS) usando la fórmula de Van Soest y Jones (1968):

$$DMS = 0,98 \times CC + FND \times (1.473 - 0,789 \times \log_{10}(100 \times LAD / FAD)) - 3 \times \text{sílice}$$

Para el análisis de los minerales fósforo (P), calcio (Ca), potasio (K) y sodio (Na), se disolvieron las cenizas brutas en agua regia y agua destilada. Para el análisis del azufre (S) se calcinó y disolvió una muestra pre-tratada con nitrato magnésico para impedir pérdidas por volatilización (Kalra y Maynard, 1991). De estas disoluciones se tomaron las alícuotas para la determinación de los distintos elementos: P por colorimetría por el método del azul de molibdato, Ca por complexometría utilizando EDTA, K y Na mediante espectrómetro de llama y S por turbidimetría con cloruro de bario.

Análisis estadístico

A fin de obtener una visión sintética de los datos, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) de los resultados (previamente centrados y estandarizados) de PB, FB, GB, CB, ENN, CC, hemicelulosa, celulosa y lignina, sílice, P, S, Ca, K, y Na. El ACP se realizó usando el programa Canoco 4.5 (Microcomputer Power, Ithaca, EE.UU.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cobertura de *E. horridum* muestra una regeneración rápida en los primeros años tras la quema, presentando a los seis años valores próximos al 50 % de cobertura relativa. Siendo ya el principal pasto disponible, *E. horridum* continúa entonces expandiéndose más lentamente, alcanzando un 65 % de cobertura relativa al cabo de 35 años. Una descripción más detallada del desarrollo del erizón tras la quema puede consultarse en el trabajo de Gómez *et al.* en este mismo volumen.

El análisis de la composición químico-bromatológica (Tablas 2 y 3) revela cómo, a medida que transcurre el tiempo tras la quema, la biomasa ramoneable de *E. horridum* se empobrece en PB, CB, P, S, K y sílice, y se enriquece en GB. Descartando los valores del regenerado del segundo año, encontramos igualmente incrementos en los contenidos de ENN, Ca, Na y de fibra (FB, FND, FAD y LAD). Nuestros resultados de proteína y fibra diferencial son consistentes con los de Marinas *et al.* (2003, 2004), quienes obtuvieron valores similares a los aquí encontrados para *E. horridum* en estado adulto.

Tabla 2. Composición orgánica (g/ 100 g) de *Echinopartum horridum* en parcelas quemadas y no-quemadas, y del pasto de referencia

	PB	FB	GB	ENN	FND	FAD	LAD	DMS
<i>E. horridum</i> - Parcelas quemadas								
0,5 a.	19,0	29,1	1,29	41,2	56,9	40,4	12,3	49,2
1,4 a., regenerado misma temporada	15,1	13,7	1,46	64,9	50,9	36,3	8,7	65,2
1,4 a., regenerado temporada anterior	12,1	34,6	1,43	48,0	62,9	45,9	11,4	57,5
3,2 a.	10,5	38,1	1,58	46,0	63,3	49,3	14,3	52,8
15 a.	9,8	33,0	1,60	52,4	66,3	50,4	18,1	45,7
35 a.	10,5	31,1	1,56	61,6	67,8	50,1	17,9	44,3
<i>E. horridum</i> - Parcelas no-quemadas								
(n=3, media ± d.t.)	± 1,1	± 2,0	± 0,07	± 1,5	± 1,6	± 1,6	± 0,9	± 2,6
Pasto de referencia								
(n=3, media ± d.t.)	± 0,6	± 1,5	± 0,40	± 0,9	± 3,2	± 5,2	± 6,7	± 4,5

Según nuestros resultados, la calidad bromatológica de *E. horridum* se ve limitada principalmente por su riqueza en lignina, elevada y creciente a medida que la planta envejece. Esto coincide con lo apreciado por Marinas *et al.* (2003) que señalan a la lignina

como el principal limitante al valor nutritivo de esta especie debido a su efecto negativo en la digestibilidad.

Tabla 3. Composición mineral (mg/ 100 g) de *Echinopartum horridum* en parcelas quemadas y no quemadas, y del pasto de referencia

	Ceniza bruta	Sílice	Ca	P	S	K	Na
<i>E. horridum</i> - Parcelas quemadas							
0,5 a.	9382	3438	709	81,9	50,7	1467	63,1
1,4 a., regenerado misma temporada	4845	792	847	64,8	48,9	881	85,9
1,4 a., regenerado temporada anterior	3864	793	685	55,4	36,6	700	42,9
3,2 a.	3920	1123	518	34,7	31,6	757	42,3
15 a.	3222	1199	472	28,8	24,4	619	23,3
35 a.	3651	1324	628	28,2	25,4	585	29,0
<i>E. horridum</i> - Parcelas no quemadas							
(n=3, media ± d.t.)	3271 ± 798	1571 ± 456	539 ± 56	44,7 ± 5,5	29,5 ± 10,2	776 ± 84	37,7 ± 6,8
Pasto de referencia							
(n=3, media ± d.t.)	10880 ± 1464	1743 ± 267	1391 ± 464	54,2 ± 3,0	53,6 ± 16,1	1376 ± 128	58,6 ± 11,3

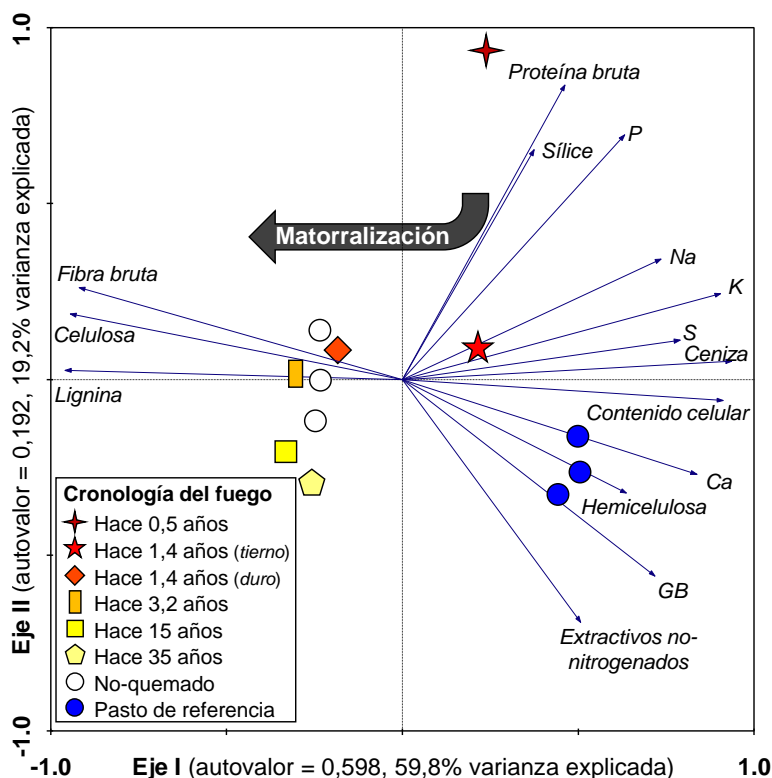


Figura 1. Análisis de Componentes Principales de la composición químico-bromatológica de *Echinopartum horridum* en parcelas quemadas y no quemadas, y del pasto de referencia

El ACP (Figura 1) permite comparar la composición de *E. horridum* a distintos tiempos con la del pasto herbáceo y del propio *E. horridum* de las parcelas no-quemadas. El primer eje del ACP, con un 59,8% de varianza total explicada, se correlaciona con los niveles de minerales y de fibra. En el extremo positivo, asociadas a los niveles más altos de minerales y bajos de fibra, se encuentran las muestras del pasto de referencia y, próximas a ellas, las muestras de *E. horridum* de los dos primeros años tras la quema. Por el contrario, el semieje negativo, relacionado con una mayor fibra y menos minerales, lo ocupan las restantes muestras de *E. horridum*, sin que se aprecien diferencias notables entre la composición de los arbustos con edades superiores a un año en las parcelas quemadas y la del matorral de las parcelas no-quemadas. El segundo eje, ya con un poder explicativo menor (19,2% de varianza explicada), separa las muestras de los pastos-objetivo, más ricas en carbohidratos energéticos (ENN), de las muestras de erizón tierno de los dos primeros años tras la quema, que resultan más ricas en proteína, P y sílice, particularmente las del primer año.

CONCLUSIONES

Durante los dos primeros años tras la quema prescrita, encontramos en las parcelas quemadas una biomasa tierna de *E. horridum* cuya composición bromatológica es comparable a la de los pastos herbáceos, incluso superándolos en contenidos de proteína y de fósforo. Sin embargo, ya en el segundo año, el *E. horridum* regenerado comienza a adquirir una notable espinescencia y lignificación y su composición se asemeja a la de las parcelas no quemadas, con escaso atractivo para su consumo por el ganado. Pasados los dos primeros años, es muy difícil que el pastoreo pueda contribuir por su consumo a controlar la expansión de *E. horridum*. Nuestros resultados cuestionan la idoneidad de la práctica actual de las quemas prescritas en la lucha contra la matorralización en el Pirineo central.

AGRADECIMIENTOS:

La realización de este estudio ha contado con una Ayuda a la Investigación concedida por el Instituto de Estudios Altoaragoneses en la convocatoria de 2016.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldezabal A., Garin, I. (2000) Browsing preference of feral goats (*Capra hircus* L.) in a Mediterranean mountain scrubland. *Journal of Arid Environments*, 44(1), 133–142.
- AOAC (2007) *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 18th Ed., Revision 2. Gaithersburg, MD, EE. UU.: Association of Official Analytical Chemists.
- Fernandes PM, Davies GM, Ascoli D, Fernández C, Moreira F, Rigolot E, Stoof CR, Vega JA y Molina D. (2013) Prescribed burning in southern Europe: developing fire management in a dynamic landscape. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11, e4–e14, doi 10.1890/120298
- Garin I., Aldezabal A., García-González R. y Aihartza, J.R. (2001). Composición vegetal y calidad de la dieta del ciervo (*Cervus elaphus* L.) en el norte de la península ibérica. *Animal Biodiversity and Conservation*, 24(1), 53–63.
- Gómez-García D., García-González R. y Fillat F. (2009) Multifuncionalidad de los pastos herbáceos de montaña: hacia una interpretación multidisciplinar de los sistemas pastorales del Pirineo aragonés. En: Reine R. et al. (eds) *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp. 15–41. Huesca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- Kalra YP, Maynard DG (1991) *Methods manual for forest soil and plant analysis*. Information Report NORX-319. Forestry Canada, Edmonton, Alberta.
- Komac B., Kefi S., Nuche P., Escós J. y Alados C.L. (2013) Modeling shrub encroachment in subalpine grasslands under different environmental and management scenarios. *Journal of Environmental Management*, 121, 160–169.
- Marinas A., García-González R. y Fondevila M. (2003) The nutritive value of five pasture species occurring in the summer grazing ranges of the Pyrenees. *Animal Science*, 76(3), 461–469.
- Marinas A., García-González R., Aldezabal A., Palacio S. y Gómez-García D. (2004) Interés ecológico y pastoral del erizón (*Echinopartum horridum* (Vahl) Rothm.). En: Garcia-Criado B. et al. (eds.) *Pastos y ganadería extensiva*, pp. 117–122. Salamanca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- Montserrat P., Montserrat J.M. y Montserrat G. (1984) Estudio de las comunidades de *Echinopartum horridum* en el Pirineo español. *Acta Biologica Montana*, 4, 249–257.
- Nadal-Romero E., Lasanta T. y Cerdà, A. (2016) Integrating extensive livestock and soil conservation policies in mediterranean mountain areas for recovery of abandoned lands in the Central Spanish Pyrenees. A long-term research assessment. *Land Degradation & Development*, doi 10.1002/ldr.2542.
- Van Soest P.J., Jones L.H.P. (1968) Effect of silica in forages upon digestibility. *Journal of Dairy Science*, 51(10), 1644–1648.

ASSESSMENT OF THE BROMATOLOGICAL QUALITY OF THORNY CUSHION DWARF AFTER PRESCRIBED FIRE FOR PASTURE IMPROVEMENT IN CENTRAL PYRENEES

Summary

The erizon: *Echinopartum horridum* (Vahl) Rothm, is a thorny shrub currently encroaching large areas of abandoned pastureland in Central Pyrenees. Prescribed burns are performed to remove this shrub, but their success depend on the recolonizing capacity of this species after fire and its further control by means of grazing. In this work we evaluate the abundance and chemical-bromatological quality of the *E. horridum* plants regenerating after fire through the study of a chronosequence of plots burned at different times (0.5, 1.4, 3.2, 15 and 35 years before) and in comparison to unburned shrubland and grassy pastureland. The results show a rapid expansion of *E. horridum* after fire and an early lignification of its biomass restricting the availability of nutritive palatable pasture to the first two years after burning. These findings highlight the difficulty in controlling the expansion of this species via grazing and challenge the suitability of prescribed burning for fighting shrub encroachment in Central Pyrenees.

Key words: Bromatological composition, leguminous shrub, shrub encroachment, mountain pastures, grassland recovery, chronosequence

EFFECTO DE LA QUEMA PRESCRITA, EN LA COMPOSICIÓN DEL PASTO, BAJO EL ARBOLADO DE UN BOSQUE MEDITERRÁNEO

R. Fanlo

Agrotecnio-Universidad de Lleida. Rovira Roure 191, 25198 Lleida.

Correspondencia : fanlo@pvcf.udl.es

Resumen

La quema prescrita del sotobosque es una herramienta utilizada en ambientes mediterráneos para disminuir la biomasa inflamable. No obstante, esta brusca perturbación puede generar cambios en la naturaleza del pasto bajo los árboles. En este trabajo presentamos las diferencias encontradas entre dos zonas del mismo bosque, una de las cuales había sido sometida a una quema hacía dos años y otra próxima que no se había tratado, y situadas en el bosque de Poblet (Tarragona). Los resultados mostraron diferencias significativas en la cobertura de la vegetación (mayor en la zona quemada), en la composición de grupos funcionales (mayor porcentaje de gramíneas tras la quema) y en la riqueza específica (mayor en zonas no quemadas), siendo similares las otras variables estudiadas como producción en materia seca y calidad forrajera como Valor Pastoral.

Palabras clave: producción en MS, Valor Pastoral, composición florística, fuego prescrito.

INTRODUCCIÓN

La eliminación de biomasa inflamable de un bosque mediante quema prescrita, es una práctica relativamente extendida en las zonas forestales mediterráneas (Naveh, 1994). Muchos autores han constatado que tras la disminución de esta biomasa, se garantiza una propagación más lenta del fuego en el sotobosque y una reducción en la altura de las llamas que evita el paso de estas desde el suelo a las copas (Molina y Llinares 2000; Ruiz, 2001). Aunque las quemas prescritas produzcan cambios edáficos importantes (Iglesia *et al.*, 2000), se suelen utilizar porque es una técnica menos costosa que el desbroce y más rápida de realizar; sin olvidar que el pastoreo con altas cargas puede ser un método más económico (Varela-Redondo *et al.*, 2007). Existe abundante literatura sobre el efecto de la perturbación en la estructura del bosque, regeneración del árbol principal (Valor *et al.*, 2015), cambios en el suelo y emisiones de gases durante la combustión (Anderson y Poth,

1989; Willms *et al.*, 2017), etc. pero no así sobre los cambios que se producen en los pastos bajo los árboles, salvo algunos estudios sobre los cambios en la diversidad vegetal inducidos por el fuego (Lewis y Harshbarger, 1976). El objetivo de este trabajo es comprobar si existe algún efecto en la composición de la vegetación, mayoritariamente herbácea, de un sotobosque dos años después de una quema prescrita, y si se producen pérdidas de calidad o producción del pasto.

MATERIAL Y MÉTODOS

La zona de estudio se localiza en el bosque de Poblet (Tarragona) 41°20'N-1°05'E a 1120 m s.n.m. La vegetación potencial correspondería a un encinar mediterráneo ligeramente húmedo (*Quercetum ilicis galloprovincialis* Br. Bl. 1936) que fue eliminado para transformarlo en campos de cultivo de secano durante siglos y que, posteriormente (años cincuenta del pasado siglo), fue repoblado con diferentes tipos de coníferas (*Pinus pinaster*, *P. nigra*, *P. halepensis*, e incluso *P. sylvestris* en las partes más altas), conservándose en algunos barrancos *Arbutus unedo* e *Ilex aquifolius*; también se pueden ver rebrotes de encina y quejigos (*Q. faginea*) muy dispersos. En la actualidad sólo se utiliza como zona de pastoreo estival de un rebaño de ovejas próximo, a cargas tan bajas que no consiguen controlar el crecimiento anual del pasto de *Brachypodium phoenicoides* y de zarzas que coloniza el sotobosque. Por esta razón y debido a la presencia de *Genista scorpius* y *Cistus albidus* en los márgenes soleados, que son especies potencialmente inflamables, los gestores del Parque Natural de Poblet emprendieron hace años la quema prescrita en diferentes zonas para eliminar la biomasa acumulada y potencialmente inflamable. Los muestreos de vegetación se llevaron a cabo durante el mes de noviembre de 2017 en catorce puntos del bosque (siete en zonas quemadas dos años antes, y siete en no quemadas) mediante tres métodos (dos para estudios de la composición florística y uno para el cálculo de la producción): 1º transectos lineales de veinte puntos separados por un metro con medidas de cobertura y composición florística en cada punto (point quadrat), 2º medidas de cobertura y composición florística con mallas de cuadrados anidados (25 cuadrados de 5 x 5 cm) en cada uno de los 20 puntos anteriores, que es una transformación

de la metodología de Daubenmire (1968) y que supone una reducción de la subjetividad del muestreo y 3º cortes de biomasa de 0,5 x 0,5 m (dos por cada transecto y situados próximos a las líneas de los mismos) para el cálculo de la producción. Las medidas fueron replicadas en cada uno de los catorce puntos. Con los valores de composición florística se calculó el Valor Pastoral de la vegetación (Daget y Poissonet, 1971) asignando a cada grupo un valor medio ponderado de las especies presentes. Todos los valores de cobertura de la vegetación, composición florística y Valor Pastoral, una vez normalizados con la función STANDARDIZE de la hoja de cálculo Excel, fueron tratados mediante ANOVA con el programa STATISTICA 6.0 (StatSoft, 1995). El mismo software también se utilizó para realizar un análisis cluster en el que el efecto “quema” toma valores 0-1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La riqueza específica del sotobosque muestra una drástica disminución en las zonas quemadas (presencia mayoritaria de cinco especies: *Aphyllanthes monspelliensis*, *Brachypodium phoenicoides*, *Carex* sp., *Rubia peregrina* y *Brachypodium retusum*), frente a quince en las no quemadas: las cinco anteriores y *Thymus vulgaris*, *Lavanda latifolia*, *Pteridium aquilinum*, *Teucrium chamaedrys*, *Helleborus foetidus*, *Ulex parviflorus*, *Rubus caesius*, *Artostaphylos uva-ursi*, *Genista scorpius*, y *Juniperus oxycedrus*. En la Tabla 1 se muestran los resultados medios de cobertura, composición en grupos funcionales de la vegetación, producción en kg de MS/ha y del Valor Pastoral. Al no existir diferencias significativas en los valores obtenidos mediante los dos métodos de muestreo de la vegetación (point quadrat y cuadrados anidados) los resultados de la tabla corresponden a la media de ambos métodos. Como puede comprobarse, la quema produce una homogenización de la vegetación: aumento de la proporción de gramíneas (fundamentalmente lastón/fenás), disminución del suelo desnudo al eliminarse las grandes macollas de gramíneas y favoreciendo el rebrote de la planta, reducción del porcentaje de otras familias y de especies leñosas, y la casi desaparición de las pocas leguminosas presentes.

Tabla 1. Valores medios de las variables estudiadas referidos a la totalidad del muestreo, en el sotobosque quemado y no quemado. Valores en la misma columna y diferente letra, representan diferencias significativas a nivel de significación de p-value = 0,05.

Sotobosque	cobertura de la vegetación %	% gramíneas	% leguminosas	% otras familias	Producción kg MS/ha	VP
Quemado	75,45a	83,79a	0,05b	16,23b	1902,4	36,12
No quemado	68,78b	71,27b	2,845a	25,88a	2000,8	35,98

El aumento de gramíneas tras quemas continuas, ya fue comprobado por Lewis y Harshbarger (1976) en pinares de Carolina del Sur (USA) al igual que White *et al.* (1990) en su experimento de cuarenta años de diferentes tipos de quemas en pinares. En ambos casos en los controles no quemados se constataba una mayor abundancia de especies leñosas y del grupo otras familias. Pero en otros experimentos la quema controlada produjo un aumento de la riqueza del sotobosque o un aumento de la floración de las especies herbáceas (Martínez, 2006; Rodríguez-Trejo, 2001). La lenta recuperación de leguminosas después de la quema ha sido constatado en Galicia con *Ulex gallii* en experimentos de quemas prescritas (Iglesia *et al.*, 2000); por lo que es probable que en nuestro muestreo (sólo dos años después de la quema) no haya dado tiempo a rebrotar a las leguminosas. El resto de variables medidas, como producción y calidad de la materia seca, no presentan diferencias significativas en función del efecto del fuego.

El dendrograma generado por el Análisis Cluster a partir de los valores de todas las variables estudiadas se representa en la Figura 1. Podemos comprobar la relación entre la quema, la cobertura de la vegetación y de las gramíneas; mientras que la calidad y producción están relacionadas con los otros dos grupos de especies (leguminosas y otras familias). La primera relación queda claramente explicada y concuerda con los valores obtenidos en la ANOVA: la quema controlada favorece el rebrote de gramíneas (que en ambas situaciones tienen los valores más altos de cobertura dentro de la composición florística total) y facilita el aumento de la cobertura vegetal.

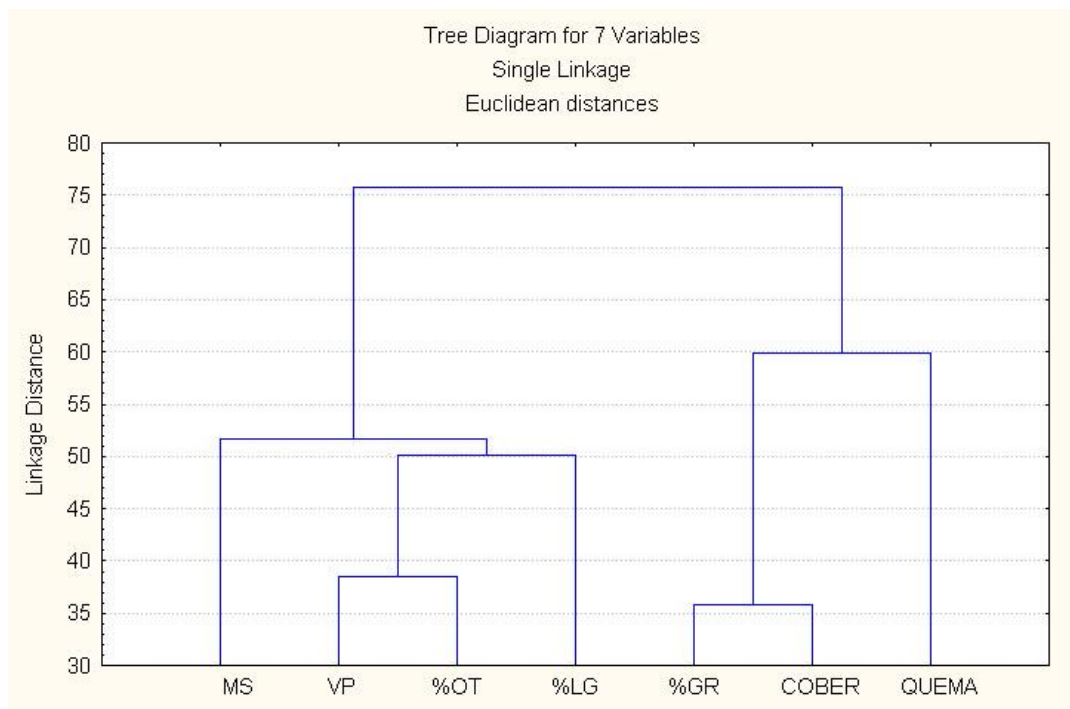


Figura 1. Dendrograma resultante del análisis cluster de las variables estudiadas: VP (Valor Pastoral); OT: especies de otras familias; LG: leguminosas; MS: producción en materia seca; GR: gramíneas; COBER: cobertura de la vegetación; QUEMA: quema prescrita.

En la segunda, el Valor Pastoral y la producción en MS (no afectados por el efecto “quema”, ver Tabla 1) se agrupan con “otras familias” y leguminosas, que sí cambian su porcentaje por la quema. Esto podría explicarse porque las leguminosas son las que tienen mayor índice de calidad específica y, además, son leñosas (aportan biomasa). Las especies de “otras familias”, también son mayoritariamente especies leñosas o de gran porte, que también aportan biomasa.

CONCLUSIONES

Desde el punto de vista del uso pastoral, la quema prescrita no ha inducido, después de dos años, cambios significativos ni en la producción en MS ni en el Valor Pastoral del pasto, lo que en un principio, no implicaría cambios en la carga ganadera admisible. La eliminación de las partes más viejas y secas de las macollas de *Brachypodium* incluso podría aumentar la apetencia de esta gramínea por parte del ganado. Pero desde la perspectiva de la propia comunidad vegetal, sí que se producen pérdidas, al menos temporales, de la

riqueza específica, y modificaciones de la proporción de sus grupos funcionales, lo que, a largo plazo, generará cambios en la composición del pasto.

AGRADECIMIENTOS

A los gestores del el *Paratge Natural d'interès nacional de Poblet*, por facilitar la información sobre las quemas realizadas. Este trabajo está dedicado a mis estudiantes de Ingeniería Forestal que tanto han trabajado en este bosque.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson I. C. y Poth M. A. (1989) Semiannual losses of nitrogen as NO and N₂O from unburned and burned chaparral. *Global Biogeochem. Cycles*, 3(2), 121–135.
- Daget P. y Poissonet J. (1971) Une méthode d'analyse phytologique des prairies. *Annales agronomiques*, 22(1), 5-41.
- Daubenmire R.F. (1968) *Plant Communities: a textbook of Plant Synecology*. Harper and Row. New York
- Iglesia A., Cascudo A. y Vizcaíno E. D. (2000) Comparación de la dinámica de la vegetación tras fuego controlado e incendio forestal en matorrales del interior de Galicia. *Cuadernos de la S.E.C.F.*, 9, 115-122.
- Lewis C. E. y Harshbarger T. J. (1976) Shrub and herbaceous vegetation after 20 years of prescribed burning in the South Carolina Coastal Plain. *Journal of Range Management*, 13-18.
- Martínez Becerra L. W. (2006) *Uso de quemas prescritas en bosques naturales de Pinus tropicalis Morelet en Pinar del Río* (Disertación Doctoral, Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca. Facultad de Forestal y Agronomía. Departamento de Forestal).
- Molina M. J. y Llinares J. V. (2000) Comportamiento del fuego, intensidad y efectos sobre el suelo en quemas controladas de matorral valenciano en verano y en otoño. *Cuadernos de la S. E. C. F.*, (9), 155-161.
- Naveh, Z. (1994). The role of fire and its management in the conservation of Mediterranean ecosystems and landscapes. En: Moreno J.M., Oechel W.C. (eds) *The Role of Fire in Mediterranean-Type Ecosystems*. Ecological Studies (Analysis and Synthesis), vol 107, 163-185. Springer, New York.
- Rodríguez-Trejo D. A. (2001) Ecología del fuego en el ecosistema de *Pinus hartwegii* Lindl. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 7(2), 145-151.
- Ruiz E. M. (2001) *Manual de quemas controladas: el manejo del fuego en la prevención de incendios forestales*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- StatSoft, Inc. (1995) *STATISTICA for Windows (computer program manual)*. Tulsa, Oklahoma.

- Valor T., González-Olabarria J. R. y Piqué M. (2015) Assessing the impact of prescribed burning on the growth of European pines. *Forest Ecology and Management*, 343, 101-109.
- Varela-Redondo E., Calatrava-Requena J., Ruiz-Mirazo J., Jiménez-Piano R. y González-Rebollar J. L. (2007) Valoración económica del pastoreo en términos de costes evitados en labores de prevención de incendios forestales. *Wildfire 2007*, Sevilla. España.
- White D. L., Waldrop T. A., & Jones S. M. (1990) Forty years of prescribed burning on the Santee fire plots: effects on understory vegetation. *Gen. Tech. Rep. SE-69*. Asheville, NC: US Department of Agriculture, Forest Service, Southeast Forest Experiment Station. p. 51-59.
- Willms J., Bartuszevige A., Schwilk D.W., Kennedy P.L., (2017) The effects of thinning and burning on understory vegetation in North America: A meta-analysis. *Forest Ecology and Management* 392, 184–194. doi:10.1016/j.foreco.2017.03.010

Summary

Prescribed understory burning is a tool used in Mediterranean environments to reduce flammable biomass. However, this sudden disturbance can generate changes in the nature of the pasture under the trees. In this work we present the differences found between two areas of the same forest, one of which had been subjected to a burning two years ago and another one that had not been burned, located in the forest of Poblet (Tarragona). The results only showed significant differences in vegetation coverage (greater in the burned area), in the composition of functional groups (higher percentage of grasses after burning) and richness (better in no burned area), being similar the other variables studied: production in dry matter and forage quality.

Key words: DM production, Pastoral Value, floristic composition, controlled fire

RESPUESTA POST-INCENDIO DE UNA COMUNIDAD DE LASTONAR DE *FESTUCA SCARIOSA* L. EN EL ESPACIO NATURAL DE SIERRA NEVADA

L. Levy, M.E. Ramos Font, M. Tognetti Barbieri, J.L. González-Rebollar, A.B. Robles Cruz

Grupo de Pastos y Sistemas Silvopastorales Mediterráneos. Estación Experimental del Zaidín (CSIC).
C/Profesor Albareda 1. 18008 Granada (España). anabelen.robles@eez.csic.es

Resumen

Se evaluó la respuesta post-incendio a corto plazo de un lastonar de *Festuca scariosa* L. afectado por un incendio natural ligero (Sierra Nevada). Se compararon zonas quemadas y no quemadas (2014 a 2017). Se analizaron parámetros estructurales y florísticos para el conjunto de la comunidad, grupos funcionales de interés pastoral y ciertas especies. Tras cuatro años, se observaron valores similares de diversidad y recubrimiento total en las zonas quemada y no quemada; así como un incremento de la cobertura vegetal y riqueza florística en la zona quemada. Tras el primer año aumentó la cobertura de *F. scariosa* y *Rumex angiocarpus* Murb. y se igualaron las coberturas de gramíneas y herbáceas anuales en las zona quemada y no quemada. Asimismo, se incrementó la cobertura de las leguminosas herbáceas en la zona quemada, lo que favorece su valor pastoral. Nuestros resultados sugieren que los fuegos ligeros en comunidades de *F. scariosa* de media montaña mediterránea no modifica, o incluso mejora, la estructura y la composición florística de la comunidad vegetal a corto plazo.

Palabras clave: fuego, sucesión ecológica, pastos, Mediterráneo

INTRODUCCIÓN

El fuego es un elemento clave en la evolución biológica del Mediterráneo que ha contribuido a modelar las características de la vegetación y el paisaje (Naveh, 1975). Los numerosos estudios realizados en la Cuenca Mediterránea sobre la sucesión post-incendio (Naveh, 1975; Trabaud, 1991) ponen de manifiesto la proliferación de especies efímeras en los primeros años post-incendio, lo que conlleva un incremento en la riqueza y diversidad de las comunidades vegetales mediterráneas quemadas respecto de comunidades no quemadas o quemadas con poca frecuencia (Duguy y Vallejo, 2008). Además, en estas comunidades destaca la gran presencia de leguminosas herbáceas en los primeros años post-incendio (Trabaud, 1991; Martínez-Sánchez y Herranz, 1999), cuyo papel ecológico es esencial para incrementar la fertilidad del suelo (Porqueddu y González, 2006). En relación a esto, desde el Paleolítico el hombre ha provocado

incendios superficiales y de intensidad ligera para generar pastos (Keeley, 1995) que resultan de mayor calidad para el ganado.

El presente trabajo se incluye dentro de un proyecto de investigación llevado a cabo entre los años 2012-2016 por el grupo de Pastos y Sistemas Silvopastorales Mediterráneos de la EEZ/CSIC, que fue financiado por el Organismo Autónomo de Parques Nacionales (MAGRAMA) (Ref.: 748/2012). Su objetivo ha sido evaluar la respuesta post-incendio a corto plazo (2014-2017) de un lastonar dominado por *F.scariosa*. Se compararon zonas quemadas y no quemadas mediante el análisis de diversos parámetros estructurales y florísticos para: i) el conjunto de la comunidad vegetal, ii) grupos funcionales de interés pastoral y iii) ciertas especies seleccionadas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Espacio Natural de Sierra Nevada, municipio de Soportújar (Granada), en una zona de media montaña del sector Nevadense de la provincia corológica Bética, con ombroclima seco y suelos silíceos, sobre una comunidad de lastonar de *F.scariosa* (*Dactylo hispanicae-Festucetum scariosae*), situada en una antigua terraza de cultivo abandonada, pastoreada y recientemente afectada por un incendio natural (noviembre de 2013).

En la primavera de 2014, 2016 y 2017 se muestreó la vegetación mediante el método de Point-Quadrat modificado (Daget y Poissonet, 1971), adaptado al tipo de comunidad y espacio disponible. En cada escenario, quemado y no quemado, se instalaron 5 parcelas lineales con 100 puntos de muestreo situados cada 5 cm. Las especies se clasificaron en grupos funcionales de interés pastoral (Tabla 1) y se seleccionaron algunas de ellas por su abundancia o comportamiento frente al fuego para un posterior análisis.

Para el conjunto de la comunidad se analizaron los parámetros de: recubrimiento total (porcentaje de suelo cubierto por vegetación), cobertura vegetal (suma de la cobertura de todas las especies censadas en 100 puntos –debido a los solapamientos puede ser mayor a 100), riqueza florística y diversidad (índice de Shannon: $H' \text{ (bits)} = -\sum_{i=1}^{i=n} p_i \ln p_i$), mediante análisis de la varianza (ANOVA) univariante y teniendo en cuenta

dos factores: tratamiento (quemado, no quemado) y año (2014, 2016, 2017). En el caso de los grupos funcionales y las especies seleccionadas sólo se analizó el parámetro de cobertura vegetal.

Tabla 1. Especies muestreadas categorizadas en grupos funcionales de interés pastoral: arbustos, herbáceas perennes (excluye gramíneas), geófitos, herbáceas anuales (excluye gramíneas y leguminosas), gramíneas anuales, gramíneas perennes y leguminosas. En negrita se destacan las especies seleccionadas.

ARBUSTOS	<i>Thymus zygis subsp. gracilis</i>
HERBÁCEAS PERENNES	<i>Andryala integrifolia</i> var. <i>corymbosa</i> , <i>Chondrilla juncea</i> , <i>Eryngium campestre</i> , <i>Hypochaeris radicata</i> , <i>Rumex angiocarpus</i> , <i>Scorzonera angustifolia</i> , <i>Verbascum sp.</i>
GEÓFITOS	<i>Allium sp.</i>
HERBÁCEAS ANUALES	<i>Alyssum granatense</i> , <i>Alyssum minutum</i> , <i>Anthemis arvensis</i> , <i>Arabis sagittata</i> , <i>Arenaria leptoclados</i> , <i>Asterolinon linum-stellatum</i> , <i>Campanula erinus</i> , <i>Capsella bursa-pastoris</i> , <i>Carlina hispanica</i> , <i>Cerastium brachypetalum</i> , <i>Cerastium glomeratum</i> , <i>Crepis foetida</i> , <i>Crucianella angustifolia</i> , <i>Erodium cicutarium</i> , <i>Filago pyramidata</i> , <i>Fumaria officinalis</i> , <i>Galium parissienne</i> , <i>Galium tricornutum</i> , <i>Geranium molle</i> , <i>Hypochaeris glabra</i> , <i>Jasione montana</i> , <i>Lamium amplexicaule</i> , <i>Leontodon longirrostris</i> , <i>Linaria arvensis</i> , <i>Linum strictum</i> , <i>Logfia arvensis</i> , <i>Logfia minima</i> , <i>Minuartia hybrida</i> , <i>Misopates orontium</i> , <i>Papaver hybridum</i> , <i>Papaver rhoeas</i> , <i>Parentucellia latifolia</i> , <i>Sagina apetala</i> , <i>Sanguisorba verrucosa</i> , <i>Sherardia arvensis</i> , <i>Silene gallica</i> , <i>Tolpis umbellata</i> , <i>Torilis arvensis</i> , <i>Valerianella coronata</i> , <i>Velezia rigida</i> , <i>Viola arvensis</i>
GRAMÍNEAS ANUALES	<i>Aira caryophyllea</i> , <i>Avena barbata</i> , <i>Bromus hordeaceus</i> , <i>Bromus tectorum</i> , <i>Lagurus ovatus</i> , <i>Vulpia myuros</i>
GRAMÍNEAS PERENNES	<i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca scariosa</i> , <i>Poa bulbosa</i>
LEGUMINOSAS HERBÁCEAS	<i>Lathyrus angulatus</i> , <i>Lens nigricans</i> , <i>Medicago minima</i> , <i>Ornithopus compressus</i> , <i>Trifolium angustifolium</i> , <i>Trifolium arvense</i> , <i>Trifolium campestre</i> , <i>Trifolium cherleri</i> , <i>Trifolium glomeratum</i> , <i>Trifolium scabrum</i> , <i>Trifolium stellatum</i> , <i>Vicia angustifolia</i> , <i>Vicia disperma</i> , <i>Vicia lathyroides</i>

Previamente se comprobó la normalidad (test de Shapiro-Wilk) y homocedasticidad para cada factor y parámetro (test de Levene). En los casos en que no se cumplieron los requisitos, se utilizaron test no paramétricos: Kruskal-Wallis (N>2) y Mann-Whitney (N =2).

Para determinar diferencias entre tratamientos en ANOVA y Kruskal Wallis, se utilizaron el test de Tukey y la comparación por pares, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se observa que la cobertura vegetal y la riqueza florística son significativamente mayores en el escenario quemado que en el no quemado; en cuanto a la diversidad y el recubrimiento, no se observan diferencias significativas. En relación a la riqueza, algunos autores señalan un incremento de este parámetro en las comunidades vegetales quemadas en incendios de superficie y de intensidad ligera (Duguy y Vallejo, 2008). Por otro lado, Calvo *et al.* (1989), en estudios sobre la regeneración de herbáceas en parcelas de matorral sometidas a quemas (León), encuentran también unos bajos valores de diversidad, que atribuyen al hecho de que las comunidades herbáceas constituyen las primeras etapas de recuperación en la sucesión post-incendio.. Respecto al factor año, no se encontraron diferencias significativas para ningún parámetro estudiado (Tabla 2). Tampoco se observó interacción entre los años y el tratamiento para ninguno de los parámetros, lo que indica que la respuesta de éstos en los distintos tratamientos es independiente del año de muestreo.

Tabla 2. Análisis de los parámetros estructurales y florísticos: recubrimiento total (RT, %), cobertura vegetal (CV, %), riqueza (R, n° sp), diversidad (H, bits). Factores: i) año (2014, 2016, 2017) y ii) tratamiento: quemado (Q), no quemado (NQ). Media ± error estándar y análisis de la varianza de los parámetros. Se muestra la interacción entre factores: año * tratamiento (Trat).

	Año					Tratamiento				Año * Trat	
	2014	2016	2017	F	p	Q	NQ	F	p	F	p
RT	83,3 ± 2,0	85,6 ± 1,8	82,0 ± 2,3	0,82	0,45	84,8 ± 1,4	82,4 ± 1,8	1,09	0,31	1,52	0,24
CV	108 ± 3,1	121 ± 4,7	110 ± 5,8	2,75	0,08	118 ± 4,0 ^a	108 ± 3,6 ^b	4,71	0,04	2,88	0,88
R	25,1 ± 1,6	24,6 ± 1,3	26,0 ± 1,1	0,32	0,73	27,0 ± 1,1 ^a	23,5 ± 0,9 ^b	6,00	0,02	0,73	0,49
H	2,2 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,1	0,07	0,93	2,3 ± 0,1	2,2 ± 0,1	0,93	0,54	0,27	0,77

Las diferencias significativas entre tratamientos se destacan con distintas letras

En la Tabla 3 se puede ver que hay diferencias significativas en la cobertura vegetal entre los tratamientos quemado y no quemado para arbustos y geófitos. Así, estudios sobre

quemados encuentran que en ambientes mediterráneos el fuego afecta negativamente a los arbustos (Plaixats *et al.*, 2017). En nuestro estudio, estas dos categorías sólo incluyen una especie, por lo que consideramos arriesgado extrapolar la tendencia a otro tipo de comunidad vegetal. En cuanto a las herbáceas perennes, aumentaron significativamente en el escenario quemado respecto del no quemado. Las gramíneas perennes no mostraron diferencias significativas para ningún factor, debido al dominio de la especie *F. scariosa* y a su gran capacidad de rebrote.

En las comunidades vegetales mediterráneas y en las primeras etapas de la sucesión post-incendio, es característico un incremento importante de herbáceas anuales o terófitos, muchas de las cuales son oportunistas (Naveh, 1975; Prodon *et al.*, 1984; Martínez-Sánchez *et al.*, 1999; Duguay y Vallejo, 2008). Sin embargo, aquí no se han analizado las herbáceas anuales en su conjunto, sino que se han desglosado en las categorías gramíneas anuales, herbáceas anuales y leguminosas; de ellas únicamente las leguminosas muestran esta respuesta. Así, las leguminosas aumentan significativamente en los primeros años después del incendio en la zona quemada respecto de la no quemada. Varios estudios han constatado la importancia de las leguminosas en las primeras etapas post-incendio en pinares de *Pinus halepensis* Mill. en la Cuenca Mediterránea (Martínez-Sánchez y Herranz, 1999; Kazanis y Arianoutsou, 2004). Por otra parte, el incremento en la cobertura de las leguminosas enriquece la fertilidad del suelo y el valor nutritivo de estos pastos (Porqueddu y González, 2006), lo que podría explicar la práctica tradicional de los fuegos pastorales.

En cuanto a las especies (tabla 4), tras cuatro años, *F. scariosa* es la especie dominante, con una cobertura similar en ambos escenarios (alrededor del 40%). Esta especie, muestra una estrategia claramente *rebrotadora*, como se aprecia en su recuperación tras el incendio, aunque también se podría considerar *reclutadora*, debido a su capacidad de dispersión gracias a la abundancia de sus semillas. Este comportamiento es similar al encontrado en *Brachypodium retusum* (Pers.) Beauv., en los Pirineos Orientales silíceos (Prodon *et al.*, 1984), donde se constató cómo esta especie fue capaz de regenerarse

tanto de los rizomas como de sus semillas, y jugó un papel esencial en la rápida recuperación de la cobertura herbácea.

Tabla 3. Análisis de la cobertura vegetal (%) de los grupos funcionales: arbustos (Ar), herbáceas perennes (HP), geófitos (Geo), herbáceas anuales (HA), gramíneas anuales (GrA), gramíneas perennes (GrP), leguminosas herbáceas (Leg). Factores: i) año (2014, 2016, 2017) y ii) tratamiento (quemado (Q), no quemado (NQ)). Media \pm error estándar y análisis de la varianza. Se muestra la interacción entre factores: año * tratamiento (Trat).

	Año					Tratamiento				Año * Trat	
	2014	2016	2017	F	p	Q	NQ	F	p	F	p
Ar	1,2 \pm 0,9	1,4 \pm 0,9	1,7 \pm 1,0	0,26*	0,88	0,0 ^b	2,8 \pm 0,9 ^a	173**	0,01	---	---
HP	14,4 \pm 3,9	9,5 \pm 1,9	7,6 \pm 1,4	1,44*	0,49	16,0 \pm 2,3 ^a	5,0 \pm 0,7 ^b	29,00	0,00	---	---
Geo	0,6 \pm 0,3	0,3 \pm 0,2	0,2 \pm 0,2	2,24*	0,33	0,7 \pm 0,2 ^a	0,0 ^b	60**	0,03	---	---
HA	26,1 \pm 2,3	29,2 \pm 3,5	30,0 \pm 3,0	0,53	0,59	27,6 \pm 2,1	29,2 \pm 2,7	0,26	0,62	2,51	0,10
GrA	23,0 \pm 5,2	25,0 \pm 4,5	16,8 \pm 3,4	0,99	0,39	19,3 \pm 2,7	23,9 \pm 4,3	0,87	0,36	2,01	0,16
GrP	38,8 \pm 6,3	41,9 \pm 6,0	43,9 \pm 6,3	0,16	0,86	42,8 \pm 3,8	40,3 \pm 6,0	0,11	0,74	0,68	0,51
Leg	3,9 \pm 1,0 ^b	13,6 \pm 1,3 ^a	10,4 \pm 1,4 ^a	25,51	0,00	11,9 \pm 1,3 ^a	6,7 \pm 1,3 ^b	21,73	0,00	0,15	0,86

Las diferencias significativas entre tratamientos se destacan con distintas letras.

Estadísticos: * H: Kruskal-Wallis, ** U: Mann-Whitney

Las especies: *Rumex angiocarpus* Murb., *Lens nigricans* L., *Filago pyramidata* L., *Allium* sp. y *Ornithopus compressus* L. fueron más abundantes significativamente en la zonas quemadas. *R. angiocarpus* probablemente responda a una estrategia rebrotadora debido a sus órganos subterráneos y, además, debido a su porte rastrero necesita claros (zonas sin competencia) para poder desarrollarse. Respecto a la respuesta de *Allium* sp., Pausas (2012) señala que los geófitos son frecuentes tras los incendios, aprovechando la baja competencia con otras especies para desarrollarse. Prodon *et al.* (1984) observaron que durante los primeros meses después del incendio las únicas plantas visibles fueron especies perennes que se regeneraban a partir de bulbos, rizomas o raíces pivotantes.

Tabla 4. Análisis de la cobertura vegetal (CV, %) de las especies seleccionadas: *Allium sp.* (All), *Bromus tectorum* (BrT), *Cerastium brachypetalum* (CeB), *Cerastium glomeratum* (CeG), *Cerastium spp.* (Cer), *Dactylis glomerata* (DaG), *Festuca scariosa* (FeS), *Filago pyramidata* (FiP), *Fumaria officinalis* (FuO), *Hypochaeris glabra* (HyG), *Hypochaeris radicata* (HyR), *Hypochaeris spp.* (Hyp), *Lens nigricans* (LeN), *Leontodon longirostris* (LeI), *Misopates orontium* (MiO), *Ornithopus compressus* (OrC), *Rumex angiocarpus* (RuA), *Thymus zygis* subsp. *gracilis* (ThZ), *Tolpis umbellata* (ToU), *Valerianella coronata* (VaC), *Verbascum* (Ver), *Vicia lutea* (ViL). Factores: i) año (2014, 2016, 2017) y ii) tratamiento: Quemado (Q), No Quemado (NQ). Media \pm error estándar y análisis de la varianza. Se muestra la interacción entre factores: año * tratamiento (Trat).

	Año					Tratamiento				Año * Trat	
	2014	2016	2017	F	ρ	Q	NQ	F	ρ	F	ρ
All	0,6 \pm 0,3	0,3 \pm 0,2	0,2 \pm 0,2	2,24*	0,33	0,7 \pm 0,2 ^a	0,0 ^b	60**	0,03	---	---
BrT	3,3 \pm 1,4	1,8 \pm 0,7	1,2 \pm 0,7	0,55*	0,76	1,2 \pm 0,5 ^b	3,0 \pm 1,0 ^a	165**	0,03	---	---
Cer	3,6 \pm 0,8	5,5 \pm 1,0	3,8 \pm 1,1	1,23	0,31	4,4 \pm 1,0	4,2 \pm 0,6	0,05	0,83	3,42	0,049
FeS	37,9 \pm 6,3	41,8 \pm 6,0	43,7 \pm 6,3	0,21	0,81	42,5 \pm 3,8	39,7 \pm 6,0	94**	0,46	---	---
FiP	0,3 \pm 0,1	1,4 \pm 0,5	1,8 \pm 0,6	5,45*	0,07	2,1 \pm 0,5 ^a	0,2 \pm 0,1 ^b	27**	0,00	---	---
Hyp	1,9 \pm 0,5	0,4 \pm 0,2	2,5 \pm 1,2	3,06 ^T	0,07	0,8 \pm 2,8	0,3 \pm 0,1	1,66 ^T	0,21	0,86	0,44
LeN	0,2 \pm 0,1	1,7 \pm 1,0	2,5 \pm 0,8	5,73*	0,06	2,8 \pm 0,7 ^a	0,1 \pm 0,1 ^b	39**	0,00	---	---
LeI	2,7 \pm 0,6	3,0 \pm 1,2	3,0 \pm 0,9	0,05	0,95	1,2 \pm 0,3 ^b	4,5 \pm 0,8 ^a	182**	0,00	---	---
OrC	0,2 \pm 0,1	0,5 \pm 0,2	0,5 \pm 0,3	0,68*	0,71	0,7 \pm 0,2 ^a	0,0 ^b	52,5**	0,01	---	---
RuA	13,7 \pm 3,8	8,8 \pm 1,9	6,3 \pm 1,0	1,96*	0,38	14,6 \pm 2,4 ^a	4,6 \pm 0,6 ^b	17**	0,00	---	---
ThZ	1,2 \pm 0,9	1,4 \pm 0,9	1,7 \pm 1,0	0,26*	0,88	0,0 ^b	2,8 \pm 0,9 ^a	173**	0,01	---	---
ToU	3,2 \pm 0,8 ^b	8,1 \pm 1,5 ^a	8,4 \pm 0,9 ^a	11,57	0,00	5,1 \pm 1,1 ^b	8,0 \pm 1,0 ^a	8,68	0,01	6,69	0,01
VaC	1,6 \pm 0,8 ^a	0,1 \pm 0,1 ^b	0,1 \pm 0,1 ^b	11,04*	0,00	1,1 \pm 0,5	0,1 \pm 0,1	84**	0,25	---	---
ViL	1,2 \pm 0,7	3,3 \pm 1,1	1,3 \pm 0,4	2,38	0,11	2,7 \pm 0,8	1,1 \pm 0,4	3,34	0,08	0,19	0,83

Las diferencias significativas entre tratamientos se destacan con distintas letras

* Estadísticos: H: Kruskal-Wallis, ** U: Mann-Whitney. ^T Datos transformados

Significativamente, las especies *T. umbellata* Bertol., *L. longirostris* (Finch & P. D. Sell) Talavera, *B. tectorum* L., y *T. zygis* subsp. *gracilis* (Boiss.) R. Morales fueron más frecuentes

en la zona no quemada respecto a la quemada. De ellas, según Pausas (2012), *T. zygis* podría considerarse intolerante a los incendios y con recolonización lenta, ya que desaparece totalmente en la zona quemada y su capacidad de recolonización dependerá sólo de las poblaciones cercanas no afectadas por el incendio.

CONCLUSIONES

En relación a los pastos vivaces de media montaña mediterránea dominados por *F. scariosa*, nuestros resultados sugieren que un fuego natural ligero como el ocurrido en Soportújar no modifica, o incluso mejora, la estructura y la composición florística de la comunidad vegetal. Concretamente, esto se ve reflejado tanto en el incremento de la cobertura vegetal, cobertura de leguminosas y de la riqueza específica en la zona incendiada como en los valores similares de diversidad y recubrimiento total en ambas zonas. Estos resultados podrían justificar la práctica tradicional de los fuegos ligeros realizados por pastores en comunidades herbáceas vivaces, puesto que el incremento de la cobertura de leguminosas y el rejuvenecimiento de las gramíneas perennes mejoraría el valor nutritivo de estos pastos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Daget, P. y Poissonet, J. (1971). Une method d'analyse phytosociologique des prairies. *Annales des Sciences Forestières*, 22 (1), 5-41.
- Duguy, B. y Vallejo, V.R. (2008). Land-use and fire history effects on post-fire vegetation dynamics in eastern Spain. *Journal of Vegetation Science*, 19, 97-108.
- Kazanis, D. y Arianoutsou, M. (2004). Long term post-fire dynamics of *Pinus halepensis* forests of Central Greece: a functional group approach. *Plant ecology*, 171(1-2), 101-121.
- Keleey, J.E. (1995). Seed-Germination Patterns in Fire-Prone Mediterranean-Climatic Regions. En: Arroyo, M. et al. (eds). *Ecology and Biogeography of Mediterranean Ecosystems in Chile, California, and Australia*. Vol 108, 239-273. Springer-Verlag, Nueva York.
- Martínez-Sánchez, J.J. y Herranz, J.M. (1999). Importancia de las leguminosas en las primeras etapas de sucesión vegetal en un pinar quemado de la provincia de Albacete (España). *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales*, 8, 273-282.
- Naveh, Z. (1975). The evolutionary significance of fire in the Mediterranean region. *Vegetatio*, 29, 199-208.
- Pausas, J.G., (2012). *Incendios forestales. Una visión desde la ecología*. Madrid, España: CSIC.

- Plaixats, J., Broncano, M.J. y Martínez-Ujaldón, L. (2017). Estudio de seguimiento de la aplicación de quema prescrita para la recuperación de pastos en el Parque Natural del Montseny. En: Bartolomé *et al.* (eds) *Renaturalización vs. Ruralización*, pp., 280-286. Barcelona, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- Porqueddu, C. y González, F. (2006). Role and potential of annual pasture legumes in Mediterranean farming systems. *Pastos*, 36 (2), 125-142.
- Prodon, R., Fons, R. y Peter, A.M. (1984). L'impact du feu sur la végétation, les oiseaux et les micromammifères dans diverses formations méditerranéennes des Pyrénées orientales: premiers résultats. *Revue d'Ecologie (La Terre et La Vie)*, 39, 129-158.
- Trabaud, L. (1991). Fire regimes and phytomass growth dynamics in a *Quercus coccifera* garrigue. *Journal of Vegetation Science*, 2, 307-314.

POST-FIRE RESPONSE OF A FESCUE COMMUNITY OF *FESTUCA SCARIOSA* L. IN SIERRA NEVADA NATURAL AREA

Summary

We evaluated the short-term response of a fescue community of *F. scariosa* L. affected by a low-intensity fire (Sierra Nevada). Burnt and unburnt areas were compared (2014 to 2017). Structural and floristic parameters for: the whole community, functional groups of pastoral interest and certain species were assessed. After four years, similar values of diversity and soil cover were observed in the burnt and unburnt areas, as well as an increase in plant cover and floristic richness in the burnt area. After the first year, *F. scariosa* and *Rumex angiocarpus* Murb.'s covers increased while the plant cover of annual grasses and herbaceous plants were similar in the burnt and unburnt areas. Likewise, legumes cover in the burned area increased, thus, improving its pastoral value. Our results suggest that low-intensity fires in *F. scariosa* communities do not prevent their recovery in the short term.

Key words: fire, ecological succession, grassland, Mediterranean.

ESTUDIO DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE QUEMA PRESCRITA SOBRE LA RECUPERACIÓN DE PASTOS EN LANDAS DEL PLA DE LA CALMA (Parque Natural del MONTSENY)

J. Plaixats Boixadera¹, M.J. Broncano Atencia¹ y L. Martínez Ujaldón²

¹Departament de Ciència Animal i dels Aliments. Universitat Autònoma de Barcelona. Edifici V, Travessera dels Turons s/n 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès)

²Oficina Tècnica de Parcs Naturals. Diputació de Barcelona. Comte d'Urgell, 187 Edifici del Rellotge, 3a planta 08036 Barcelona.

Correspondencia: josefina.plaixats@uab.cat,

RESUMEN

El uso de la quema prescrita para la conservación de espacios abiertos o de la biodiversidad sigue siendo una cuestión polémica entre científicos, gestores y sociedad. El objetivo de este trabajo ha sido evaluar la eficacia de la aplicación de la quema prescrita combinada con el pastoreo para la recuperación de antiguos pastos actualmente colonizados por especies leñosas. Los resultados obtenidos a corto plazo (tres meses después), indican que la quema aumenta el porcentaje de suelo descubierto (del 5% a un 35%), no tiene efecto negativo sobre la riqueza de especies, pero disminuye el Índice de Shannon. La quema disminuye el recubrimiento de especies leñosas y al mismo tiempo favorece la presencia de herbáceas. La quema no reduce la cobertura del helecho (*Pteridium aquilinum* L. Kuhn.). El pastoreo disminuye la riqueza de especies y el índice de Shannon-Weaver mientras que no muestra diferencias significativas sobre la cobertura relativa de la vegetación. A corto plazo no se detecta interacción entre la quema prescrita y el pastoreo.

Palabras clave: fuego controlado, composición florística, diversidad, gestión

INTRODUCCIÓN

Las quemas prescritas empezaron a utilizarse en el sur de Europa en la década de los 60 con la finalidad de controlar el riesgo de incendios, pero su uso se ha extendido a otros objetivos que van desde la gestión hasta la conservación de la biodiversidad (Rigolot *et al.*, 2002). Sin embargo, su aplicación ha sido lenta, desigual e inconsistente, y su desarrollo está limitado por factores culturales y socioeconómicos, así como por factores relacionados con el uso del suelo y la estructura del paisaje (Fernandes *et al.* 2013).

Los tratamientos para la recuperación de prados y pastos colonizados por especies leñosas más habituales son el pastoreo, la quema prescrita y el desbroce. Mientras la quema de baja intensidad elimina de forma puntual, parcial o totalmente la vegetación, el

pastoreo lo hace de manera selectiva y sirve para mantener gestionado o controlado el volumen vegetal de forma continuada en el tiempo, aunque no es siempre suficiente (Bartolomé *et al.*, 2000). Los resultados obtenidos en el estudio del efecto del desbroce mecánico y la quema prescrita sobre los lastonares del Pla de la Calma (Plaixats *et al.*, 2017) indican que la quema prescrita constituye una herramienta adecuada para la gestión y mantenimiento de espacios abiertos y comunidades herbáceas en áreas protegidas. Además, su coste económico es inferior al desbroce mecánico o manual (Lambert, 2010). Sin embargo, existen interrogantes sobre los efectos de la quema prescrita como son (i) en qué comunidad vegetal es adecuada aplicarla, (ii) cuál es la época del año más apropiada, (iii) cuál es el régimen de recurrencia que se debe mantener, (iv) hacia donde evoluciona la formación vegetal y (v) qué resultado se obtiene del efecto combinado con el pastoreo.

El objetivo de este estudio ha sido evaluar el efecto de la aplicación de la quema prescrita combinada con el pastoreo a corto plazo sobre la composición florística y los valores de diversidad de la comunidad para valorar la eficacia de estos tratamientos en la recuperación de antiguos pastos herbáceos actualmente colonizados por especies leñosas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se desarrolló en la zona “Pla de la Llacuna” situada en el Pla de la Calma a 1.160 m snm (ETRS89: 443339.06, 4622848.02). Según la catalogación de Bartolomé y Plaixats (2004) la formación vegetal, en el estadio actual, corresponde a la mezcla de las categorías de prado seco, landa de brecina, landa de brezo y landa de retama.

Diseño experimental

El factor Tratamiento (T) consistió en la aplicación de una quema prescrita de baja intensidad, descendente y en líneas separadas 1 m con una altura máxima de llama de 1,5 m (14 de marzo de 2017). Previamente se marcaron un total de 12 parcelas de 6 x 12 m de superficie, 4 de las cuales correspondieron al tratamiento control y 8 al tratamiento quema (en 4 parcelas de la zona quemada está previsto realizar una segunda quema pasados 2 años).

Después de la quema se cerraron la mitad de las parcelas (6 x 6 m) con una estructura de estacas de madera de 2 metros de altura y 15 cm de diámetro, en las que se fijó el hilado ganadero de 1,5 m de altura para la exclusión del rebaño (Figura 1). El factor pastoreo (P) consistió en un rebaño mixto de 400 cabezas (80% ovejas Ripollesa y 20% cabras de Rasquera) que pastorearon libremente a partir de un mes después de la aplicación de la quema prescrita.

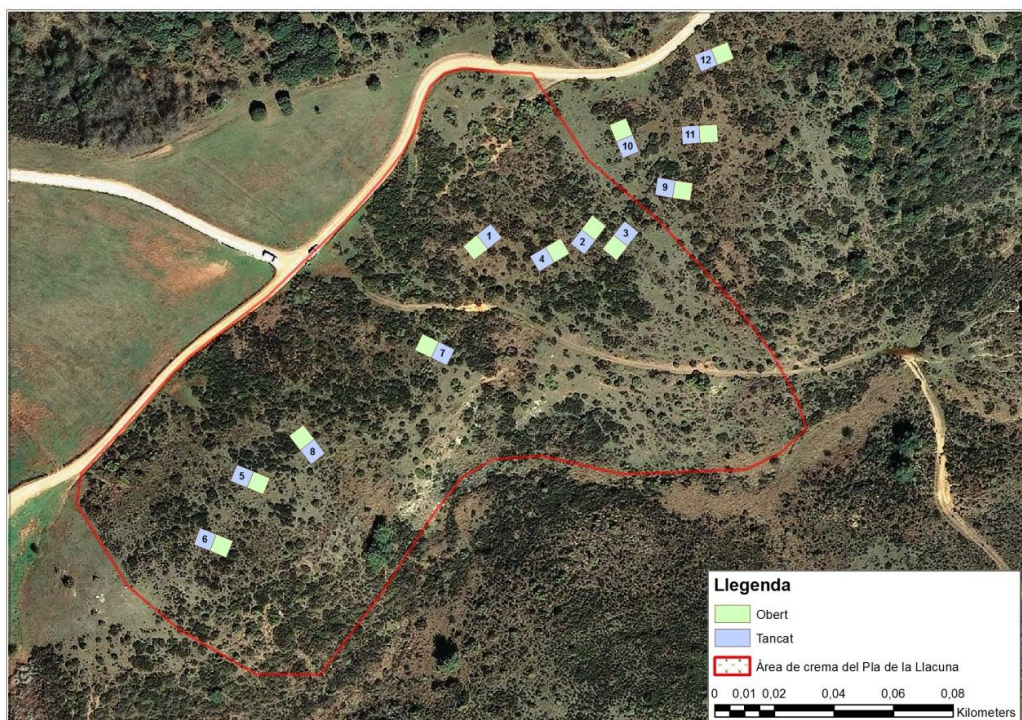


Figura 1. Localización de las parcelas y del área quemada en el Pla de la Llacuna

Estudio de la vegetación

El estudio de la composición florística se realizó a los tres meses de la quema y dos meses después del inicio del pastoreo, junio de 2017, siguiendo la metodología de transectos de interceptación lineal de Cummings y Smith (2000). Dentro de cada parcela (con y sin exclusión) se realizaron 3 transectos de 5 m registrando la cobertura de cada especie y dejando a cada extremo 0,5 m para evitar el efecto borde. Las medidas han permitido calcular el porcentaje de la frecuencia (Núm. de contactos/Núm. total de contactos x 100) y de la cobertura (m/m totales x 100) de cada especie, la cobertura relativa

(Sumatoria de las coberturas de cada especie x 100) y por tipos de cobertura de la vegetación (TCV): árboles, arbustos, herbáceas (gramíneas, leguminosas y otra herbáceas), helechos (*Pteridium aquilinum* L. Kuhn.), hojarasca y suelo desnudo. La diversidad de especies se ha calculado con el índice de riqueza de especies (S) y el índice de diversidad ecológica de Shannon-Weaver ($H = -\sum (p_i \times \ln p_i)$).

Los resultados se han analizado mediante ANOVAs simple del paquete estadístico JMP de SAS, previa transformación de los datos (logarítmica: transf.log) en caso necesario. Para la comparación de medias entre tratamientos se ha utilizado el test de Fisher 's con un nivel de significancia del 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del Tratamiento sobre la composición florística

En las parcelas control, la especie más abundante ha sido *Plantago subulata* L. seguida de *Potentilla pneumanniana* Rchb., *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) Beauv., *Aira caryophyllaea* Leers, *Achillea millefolium* L. y *Helianthemum* sp. Cabe destacar la presencia de *Erica arborea* L. y *E. scoparia* L. con frecuencias similares y del helecho *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. En la zona quemada es destacable la presencia del conjunto de gramíneas, en especial de *Festuca rubra* L., y las especies *Cruciata glabra* (L.) Ehrend., *Potentilla pneumanniana* Rchb., *Prunella* sp. y *Teucrium scorodonia* L. Las especies leñosas más frecuentes han sido *Calluna vulgaris* L. Hull., *Thymus serpyllum* L., *Erica arborea* L. y *E. scoparia* L. Las diferencias en la abundancia de especies son debidas a la respuesta individual de cada especie a la perturbación y al mismo tiempo son un reflejo de la heterogeneidad espacial previa y la generada por el efecto de la quema prescrita (Pastro *et al.*, 2011).

Los resultados de la composición florística expresados por tipos de cobertura de la vegetación (TCV) indican que están presentes los mismos grupos tanto donde se aplicó el tratamiento quema como en el control. En el análisis de la frecuencia y la cobertura de los tipos de vegetación, ha resultado significativa la interacción entre el Tratamiento y el Tipo de Cobertura de la Vegetación (Tabla 1).

Tabla 1. Tabla ANOVA del efecto del Tratamiento (T), quemado y control, y Tipo de Cobertura de la Vegetación (TCV), árboles, arbustos, herbáceas (gramíneas, leguminosas, otras herbáceas, helecho, hojarasca y suelo desnudo) en la Frecuencia (Núm. de contactos/Núm. total de contactos) y la Cobertura relativa (m/m totales), a los tres meses de la aplicación de la quema. Las diferencias significativas ($p < 0.05$) se indican en negrita.

	Frecuencia (log)		Cobertura (log)	
	F	p	F	p
Tratamiento (T)	2,78	0,0956	0,050	0,8235
Tipo de Cobertura de Vegetación (TCV)	5,21,	<0,0001	29,62	<0,0001
T x TCV	6,74	<0,0001	7,405	<0,0001

Los resultados de frecuencia y de cobertura muestran que el factor Tratamiento interacciona significativamente con el tipo de cobertura (Tabla 1). Tres meses después de la quema el número de contactos de suelo desnudo pasa de un 4% a un 22% (Figura 2a) lo que corresponde del 5% a un 35% de suelo descubierto (Figura 2b). La zona quemada presenta un mayor porcentaje de cobertura herbácea respecto la zona control, mientras que la cobertura de especies leñosas (árboles y arbustos) disminuye. Diferentes estudios realizados en comunidades similares encontraron que durante los primeros años después de la quema prescrita existe una dominancia de las especies herbáceas (Fernández y Vega, 2016). Este hecho se explica como consecuencia de la reducción de la competencia con las especies leñosas asociada al incremento de disponibilidad de luz (Calvo *et al.*, 2002; Degn, 2001). En este sentido, Novoa *et al.* (2010) concluyen que las quemas permiten reducir la implantación de jóvenes resinosas y, en particular, retrasar la evolución natural de las landas hacia estadios forestales.

Con relación a la presencia de helechos hay que indicar que tres meses después de la quema se observó una cobertura relativa similar a la encontrada en la zona control (Figura 2b). Resultados similares fueron descritos por Belillas y Rodà (1993) en el Pla de la Calma, dos meses y medio después del incendio de marzo de 1983. En ese momento las frondes de *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. alcanzaban ya 40 cm de altura y recubrían gran parte de las laderas y los fondos de valle.

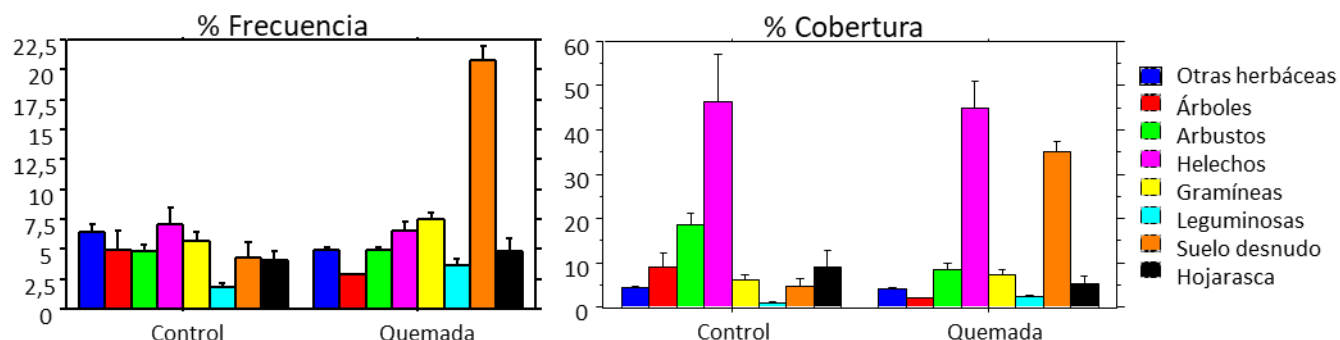


Figura 2a y 2b. Frecuencia ($N \text{ contactos}/N \text{ contactos total} \times 100$) y cobertura ($m/m \text{ totales} \times 100$) por tipos de cobertura de vegetación en los dos tratamientos: control y quemada (media \pm EE).

Efecto de la quema y quema-pastoreo

La Tabla 2 muestra que tres meses después de la quema no existen diferencias en la riqueza de especies entre las parcelas quemadas y control. Las parcelas quemadas presentaron valores significativos menores de H y de cobertura relativa de la vegetación. Existe muy poca evidencia de que el uso de la quema prescrita para mejorar la calidad del pastoreo en los pastos de montaña tenga un efecto destacado sobre la riqueza de especies vegetales (Rigolot *et al.* 2002).

Tabla 2. Tabla ANOVA del efecto del Tratamiento (T) y el Pastoreo (P) en la Riqueza (S), el Índice de Shannon (H) y el % Cobertura relativa, a los tres meses de la aplicación de la quema. Las diferencias significativas ($p < 0.05$) se indican en negrita.

	Riqueza (S)		Índice de Shannon (H)		%Cobertura relativa	
	F	p	F	p	F	p
Tratamiento (T)	1,8	0,1878	6,30	0,0170	17,53	0,0002
Pastoreo (P)	5,80	0,0213	8,1	0,0072	1,18	0,2839
T x P	0,65	0,4223	1,19	0,2821	0,01	0,9043

El factor pastoreo resultó estadísticamente significativo, tanto en la riqueza de especies como en el índice de Shannon-Weaver, mientras que no tuvo efecto sobre la cobertura relativa de la vegetación (Tabla 2). Todas las parcelas excluidas al pastoreo mostraron mayores valores de riqueza de especies y diversidad (Figura 3a y 3b). El efecto

combinado quema-pastoreo no presentó interacción. Algunos estudios indican la preferencia por el ganado de la vegetación regenerada después del fuego dado que puede ser más nutritiva y palatable (Holm y Allen, 1988; Letnic, 2004). Este efecto no se observa en los resultados obtenidos en este estudio. Es necesario indicar que las observaciones se realizaron tan solo tres meses después de la quema y dos meses de pastoreo. Estudios a más largo a plazo serán realizados.

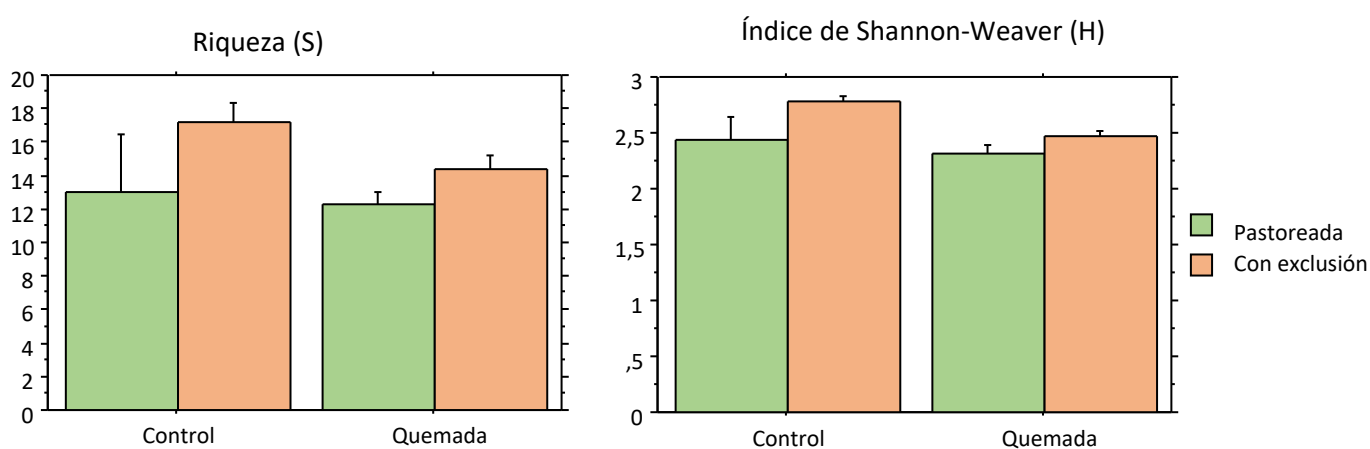


Figura 3a y 3b. Efecto combinado de la quema y el pastoreo en la riqueza de especies (S) y el Índice de Shannon-Weaver (H) (media \pm EE).

CONCLUSIONES

Tres meses después de la quema prescrita, la quema aumenta el porcentaje de suelo descubierto, pasando de un 5% en la zona no quemada a un 35% en la zona quemada. La quema disminuye el recubrimiento de especies leñosas y favorece la presencia de especies herbáceas. El helecho (*Pteridium aquilinum* L. Kuhn.) muestra ya a los tres meses de la quema una cobertura relativa similar a la encontrada en la zona control. La quema no muestra un efecto negativo sobre el número de especies, pero disminuye la diversidad. El pastoreo disminuye la riqueza de especies y el índice de Shannon de la misma manera tanto en la zona quemada como en la zona control. Es necesario evaluar el efecto de la quema prescrita y combinada con el pastoreo en períodos de tiempo más largos y sucesivos para determinar la evolución de la vegetación y si se consigue la recuperación de espacios herbáceos abiertos.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento al equipo del Parque Natural del Montseny, al grupo GRAF del cuerpo de bomberos de la Generalitat de Catalunya.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bartolomé J., Franch J., Plaixats J. y Seligman N.G. (2000) Grazing alone is not enough to maintain landscape diversity in the Montseny Biosphere Reserve. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 77, 267–273.
- Bartolomé J. y Plaixats J. (2004) Perspectives of heathland-pastures in the Montseny Natural Park. Spain. In Ferchichi A., Ferchichi A. (eds) *Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens*. Cahiers Méditerranéens, 62, 307-310.
- Belillas C., Rodà F. (1993) The effects of fire on water quality, dissolved nutrient losses and the export of particulate matter from dry heathland catchments. *J Hydrol*, 150, 1-17.
- Calvo L., Tárrega R. y De Luis E. (2002). The dynamics of mediterranean shrubs species over 12 years following perturbations. *Plant Ecology*, 160, 25–42.
- Cummings J. y Smith D. (2000). The line-intercept method: A tool for introductory plant ecology laboratories". *Tested studies for laboratory teaching*, 22, 234-246.
- Degn H.J. (2001) Succession from farmland to heathland: case for conservation of nature and historic farming methods. *Biology Conservation*, 97, 319-330.
- Fernandes P. M., Davies G. M., Ascoli D., Fernández C., Moreira F., Rigolot E., Stoof C. R., Vega J. A. y Molina D. (2013) Prescribed burning in southern Europe: developing fire management in a dynamic landscape. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11, 4-14.
- Fernández, C. y Vega, J.A. (2016) Effect of fuel treatments and backfiring on the recovery of an obligate seeder-dominated heathland. *Forest Systems*, 25 (3), eSC12.
- Holm A. y Allen R.J. (1988) Seasonal changes in the nutritive value of grass species in spinifex pastures of Western Australia. *Aust. Rangel. J*, 10, 60-64.
- Lambert B. (2010) The French Prescribed Burning Network and its professional Team in Pyrénées Orientales: Lessons drawn from 20 years of Experience. Montiel C. y Krauss D. (eds) *Best Practices of Fire Use-Prescribed Burning and Suppression Fire Programmes in Selected Case-Study Regions in Europe*. European Forest Institute. 89-106.
- Letnic M. (2004) Cattle grazing in a hummock grassland regenerating after fire: the short-term effects of cattle exclusion on vegetation in southwestern Queensland. *The Rangeland Journal*, 26(1), 34-48.
- Middleton B. A., Holsten B. y van Diggelen R. (2006) Biodiversity management of fens and fen meadows by grazing, cutting and burning. *Applied Vegetation Science*, 9, 307-316.
- Novoa C., Parmain V. y Lambert B. (2010) Brûlages dirigés et conservation de l'habitat de la perdrix grise des Pyrénées: un compromis difficile mais possible. *Faune Sauvage*, 287, 30-36.

- Plaixats J., Broncano M.J. y Martínez Ll. (2017) Estudio de seguimiento de la aplicación de quema prescrita para la recuperación de pastos en el Parque Natural del Montseny. En: Bartolomé *et al.* (eds) *Renaturalización vs Ruralización*, Barcelona. Actas SEEP, 317-323.
- Pastro L.A., Dickman C.R y Letnic M. (2011) Burning for biodiversity or burning biodiversity? Prescribed burn vs. wildfire impacts on plants, lizards, and mammals. *Ecological Applications*, 21(8), 3238–3253.
- Rigolot E., Lambert B., Pons P. y Prodon R. (2002) Management of a mountain rangeland combining periodic prescribed burnings with grazing: Impact on vegetation. In: Trabaud L, Prodon R. (eds) *Fire and Biological Processes*. Leiden, The Netherlands: Blackhuys Publishers, 325–337.

STUDY OF THE EFFECT OF THE APPLICATION OF PRESCRIBED BURNING TO RECOVERY OF GRASSLANDS IN LANDS OF PLA DE LA CALMA (MONTSENY Natural Park)

SUMMARY

The use of prescribed burning for the conservation of open spaces and / or biodiversity remains a controversial issue among scientists, managers and society. The objective of this work has been to evaluate the effectiveness of the application of prescribed burning combined with grazing for the recovery of old pastures currently colonized by woody species. The results obtained in the short term (three months later), indicate that prescribed burning increases the percentage of bare soil (from 5% to 35%) although it has no negative effect on species richness but decreases the Shannon Index. Prescribed burning reduces the covering of woody species and at the same time endorses the presence of herbaceous species. Prescribed burning does not reduce the presence of the fern (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. Grazing decreases species richness and the Shannon-Weaver index while showing no significant differences over vegetation cover. In the short term, no interaction between prescribed burning and grazing was detected.

Key words: controlled burn, floristic composition, diversity, management.

CONTRIBUCIÓN DE UN REBAÑO OVINO TRASHUMANTE A LA BIODIVERSIDAD:

ENDOZOOCORIA

Quintín T¹, Reiné R. ¹, Barrantes O.^{1,2}

¹Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural, Universidad de Zaragoza, Spain

²Instituto Agroalimentario de Aragón-IA2- (CITA-Universidad de Zaragoza). Zaragoza, Spain

Correspondencia: teresaquinma@live.com

Resumen

La trashumancia aporta importantes servicios ecosistémicos, como la dispersión de semillas mediante endozoocoria. El objetivo de nuestro trabajo fue cuantificar dicho servicio en un sector de la Cañada Real Conquense (CRC). En noviembre del año 2015 recolectamos heces de animales procedentes de un rebaño de 3000 ovejas, en el trayecto a pie de los pastos de verano a las dehesas a través de la CRC (alrededor de 86 km, lo que supone un 20% de la longitud total de la ruta). Se recogieron 10 muestras de heces 3 veces por día (en total 120 muestras). Cada muestra se colocó en una bolsa de plástico con gel de sílice. Las germinaciones se registraron durante 16 semanas y se llevó a cabo la identificación de las plántulas. Las ovejas transportaron 50 semillas viables/ 100 gramos de heces en peso seco. No se encontraron diferencias significativas en las muestras según la hora del día. No obstante, se encontraron diferencias entre los días 2 y 3 de muestreo. La especie germinada más abundante fue la especie ruderal *Atriplex patula*, especialmente en los días 1 y 2, asociado a la gran presencia de cultivos en los 2-4 días previos al muestreo.

Palabras clave: Trashumancia, semillas, germinación, vía pecuaria.

INTRODUCCIÓN

La actividad trashumante a pie en España ha originado un patrimonio cultural de enorme valor (Real Decreto 385/2017, de 8 de abril). Además, proporciona una serie de beneficios ambientales destacables, como la prevención de incendios (Mancilla-Leyton, 2014), fertilización del suelo (Ferrer, 2016) y la dispersión de semillas por exo y endozoocoria (Manzano, 2015).

La forma más tradicional y que más abandono ha experimentado en los últimos años es la trashumancia a pie. No obstante, es en la que se encuentran un mayor número de beneficios ambientales. La endozoocoria puede ser entendida como el transporte de propágulos de plantas en el tracto digestivo de los herbívoros, y que depositan en el suelo

con las deyecciones sólidas, lo cual incrementa la biodiversidad a través de los desplazamientos de los animales (Ferrer, 2016).

Según Garzón (2012) cada oveja trashumante traslada diariamente entre 4000 y 5000 semillas. Por otra parte, Manzano et al. (2005), han observado que el transporte es de 10 semillas/ gramo de peso seco de heces.

La mayoría de las semillas ingeridas por el ovino permanece unas 24 – 40 horas en el tracto digestivo, durante las cuales sufren procesos digestivos y de fermentación por microorganismos (Manzano et al, 2005). No obstante, algunas especies pueden permanecer más tiempo, entre 48 y 72 horas (Mancilla-Leyton et al., 2011). De esta forma, la actividad trashumante podría suponer una dispersión de semillas a una distancia de entre 30 y 90 km (Manzano et al, 2005). Además, características de las semillas como la forma, tamaño y la permeabilidad de su superficie, pueden afectar a su viabilidad y germinación (Peco et al., 2006).

El trabajo que se presenta se centra en un estudio experimental, derivado del seguimiento durante 4 días de un rebaño trashumante por la Cañada Real Conquense y en la cuantificación de la dispersión de semillas por endozoocoria de ese rebaño (Figura 1).



Figura 1. Imagen del rebaño en provincia de Ciudad Real

MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología empleada en el estudio se basa en la toma de muestras de heces de un rebaño trashumante (acompañada de información del paisaje, recursos vegetales y referencias GPS), así como el ensayo de germinación de esas muestras de heces de ovino.

La ruta trashumante en la que se participó pertenece a la Cañada Real Conquense, más concretamente el trayecto comprendido entre Pozo de la Serna (Ciudad Real) y Vilches (Jaén). Se realizó entre los días 18 y 23 de noviembre del 2015 con un rebaño de unas 3000 cabezas de ganado ovino de la raza Merina (variedad de los Montes Universales).

Durante el trayecto se recogieron 10 muestras de heces 3 veces al día (a las 10.30 h, 14 h y 17 h) durante 4 días, obteniendo un total de 120 muestras. Las muestras obtenidas fueron muy heterogéneas en cuanto a peso, ya que estaban comprendidas entre 1,85 y 44,04 gramos en peso fresco.

Las heces se introdujeron en bolsas de plástico negras con gel de sílice (cada muestra en una bolsa independiente) numerándose junto con la referencia geográfica del lugar en el que se recogieron.

Para el ensayo de germinación, cada muestra se pesó y se colocó en bandejas de papel de aluminio de 720 cm³ de volumen (18 x 10 x 4 cm), las cuales contenían: una capa inferior de arcilla expandida, una capa gruesa rellenando la bandeja de sustrato universal para plantas, tela cubriendo el sustrato con luz de < 1 mm y encima de la tela, la muestra disgregada manualmente, dispuesta en una capa fina.

Cada 3 días se realizó un control de la experiencia, anotando en qué muestras había germinaciones. Además, las muestras se regaron con la periodicidad adecuada para evitar su desecado.

En la semana 10 se regó con ácido giberélico diluido en agua con una concentración de 1 g/l, con el objetivo de estimular la germinación. Este tratamiento se aplicó 1 vez por semana durante 4 semanas. El experimento duró 16 semanas, tras las cuales se procedió a hacer un análisis estadístico de los datos recogidos.

Análisis de datos

Se calculó el número total de semillas germinadas. Además, las plántulas se agruparon por familias botánicas para su análisis estadístico, distinguiéndose entre: Gramíneas (*Poaceae*) y otras familias de especies gramínoideas; Leguminosas (*Leguminosae*); Quenopodiáceas (*Chenopodiaceae*) y “otras” familias de dicotiledóneas distintas de las anteriores (“dicotiledóneas S/I”).

El número de semillas germinadas para cada uno de los cuatro grupos anteriores en cada fecha y hora de muestreo (N = 120) se sometió a análisis de normalidad y homogeneidad de varianzas mediante los test de ShapiroWilk y Barlett, respectivamente. Al no cumplirse esas dos condiciones, los análisis posteriores se realizaron mediante pruebas no paramétricas.

Para comprobar si existían diferencias en el número de plantas germinadas entre las muestras tomadas a diferentes horas de un mismo día y entre los cuatro días diferentes, se aplicó el test de Kruskal-Wallis. Al no encontrarse diferencias estadísticamente significativas entre la germinación en función de la hora de toma de muestra, se agruparon las muestras totales para cada día de muestreo. Por otro lado, se comprobó mediante un análisis ANOVA que no existían interacciones entre “hora del día” y “fecha” de muestreo. Cuando se observaron diferencias significativas entre distintas fechas, se procedió a aplicar el test post-hoc Dunn-Bonferroni. El tratamiento estadístico se realizó mediante el programa SPSS (versión 22).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de datos efectuado mostró que había diferencias en las germinaciones en función del día de muestreo pero no en función de la hora del día. La prueba posthoc indicó diferencias significativas entre los días 2 y 3, aunque con valores de $p=0,054$ (Figura 2).

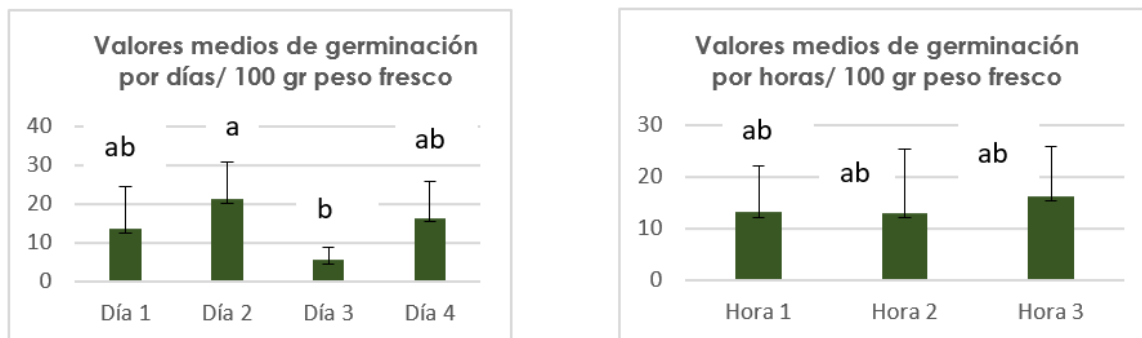


Figura 2. Test de Kruskal-Wallis por días y por horas, con representación gráfica de los valores medios de germinación por día y por horas. Ab: no diferencia significativa. A y B: diferencia significativa

En cuanto al reconocimiento de las familias botánicas a las que pertenecen las plántulas germinadas, en el caso de las quenopodiáceas se trata de la especie *Atriplex patula* y en el caso de las leguminosas se identificó el género *Trifolium*. Las otras leguminosas germinadas podrían pertenecer a alguno de los siguientes géneros: *Astragalus*, *Biserrula*, *Hedysarum* e *Hippocrepis*, sin llegar a poder identificarse especie.

Las diferencias de los tipos de especies germinadas entre días pueden deberse a la alimentación en días previos, al estado fisiológico de las plantas consumidas, o a la velocidad de tránsito de las semillas por el tracto digestivo, ya que el rango es amplio, de 24 a 72 horas, según diversos autores (Mancilla-Leytón et al., 2011; Manzano et al, 2005). Que la alimentación haya sido distinta, también puede asociarse a distintas posibilidades (o a todas ellas a un tiempo) como que haya habido un mayor consumo por la elevada abundancia o por una mayor apetecibilidad de la especie.

Los resultados indican que el número de gramínoideas, leguminosas y quenopodiáceas germinadas no aportan diferencia significativa entre días. En cambio, se observaron diferencias significativas para las especies pertenecientes al grupo “otras dicotiledóneas”. Para saber en qué días hay diferencia se ha realizado un análisis post-hoc, el cual indica que las diferencias se dan entre los días 2 y 4 (Figura 3). Para poder concluir cuál de las hipótesis anteriormente citadas es la más apropiada, se tendrían que realizar otras medidas adicionales.

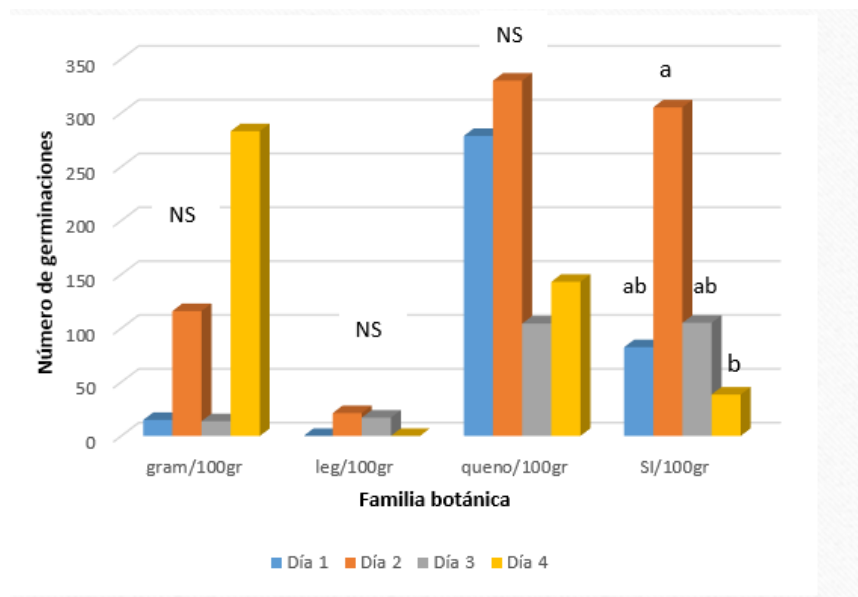


Figura 3. Distribución de las familias botánicas en los distintos días. Nota: “gram” se refiere a las graminoides, “leg” a las leguminosas, “queno” a las quenopodiáceas y “S/I” a otras dicotiledóneas sin identificar. Letras diferentes indican promedios estadísticamente significativos para $p < 0.05$. NS=diferencias no significativas

Finalmente, para estimar el número de semillas totales viables transportadas por las heces de las ovejas a lo largo de la trashumancia, los cálculos se basan en la germinación en las muestras recolectadas. Han germinado 218 plántulas, en un total de 1,45 kg de heces recogidas (en peso fresco, PF) (muestra total). En la bibliografía se ha encontrado que el ganado ovino produce 1,9 kg de heces PF por oveja al día, con un contenido en materia seca del 30% (Ferrer, 2016). Hemos tomado como referencia 2,5 kg de heces PF/oveja al día, aunque este valor puede variar según los hábitos alimentarios, muy influenciados a su vez por la temperatura ambiente, la calidad del alimento y la raza específica (Frater, 1980).

Como la trashumancia dura 24 días, la producción total de heces por oveja es de unos 60 kg de heces en peso fresco y cada oveja excretaría al día una media de 375 semillas. Si el análisis se realiza en todo el rebaño de 3000 animales, supondría una dispersión total de 27.000.000 de semillas durante toda la trashumancia (1.125.000 semillas/día).

Estos datos de excreción de semillas (hasta 0,5 semillas germinadas/g PS de heces) son muy inferiores a los aportados por Manzano et al. (2005), quienes obtuvieron 10 semillas/g PS de heces. Hay que tener en cuenta que en su experimento, la recogida de

heces se produjo en mayo -junio, época del año más proclive a la presencia de semillas que noviembre, momento en el que se realizó nuestro estudio. Por otro lado, la metodología utilizada por Manzano et al. (2005) fue diferente a la nuestra y sus experimentos de germinación se prolongaron a lo largo de 2 años. Por otra parte los resultados se han obtenido en condiciones de laboratorio, diferentes a las condiciones en campo.

CONCLUSIONES

Durante el recorrido analizado, las ovejas transportaron mediante endozoocoria hasta 50 semillas viables/100 g de peso seco de heces. Globalmente, la dispersión de semillas por el rebaño completo, sin contar el mecanismo de epizoocoria, sería de unos 27 millones de semillas viables a lo largo de 24 días de desplazamiento. Estimamos que estos valores podrían ser muy superiores si el estudio se realizara en sentido opuesto (de Jaén a Teruel), en primavera-verano.

Se observaron diferencias de dispersión de semillas entre los días 2 y 3 del recorrido, lo que indica que la dispersión puede ser más intenso en determinados momentos de la ruta. No se observaron diferencias significativas entre las distintas horas de recogida de las muestras.

El número de gramíneas y graminoides, leguminosas y quenopodiáceas germinadas no varió significativamente en función del día de muestreo. En cambio, se observaron diferencias significativas para las especies pertenecientes al grupo “otras dicotiledóneas”, germinando más especies de este grupo en las muestras del segundo día de trayecto que en el último.

La especie más abundante de entre las identificadas es la quenopodiácea *Atriplex patula* (Figura 4), considerada una especie ruderal, asociada a campos



Figura 4. Ejemplo de germinación de *Atriplex patula*

de cultivo, lo que puede estar relacionado con la mayor presencia de éstos en los laterales de la cañada los primeros días de recogida de muestras.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los ganaderos de la Cañada Real Conquense a quienes acompañamos en la vereda, a los profesores organizadores de la Actividad Trashumante del Grado en Veterinaria de la Universidad de Zaragoza, Dra. Marian Ramo y Dr. Juan José Ramos, y a los compañeros del Grado en Veterinaria que fueron compañeros de viaje de la vereda, por su ayuda en la realización de este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ferrer C. (2016) *Diccionario de Pascolología*. Ed. Fundación Conde de Salazar (España), 919 pp
- Frater A. (1980) *Comportamiento de los animales de granja*. Editorial Acirbia.
- Garzón J. (2012) *Importancia de la trashumancia en España para conservar la diversidad biológica en Europa y mitigar el cambio climático*. Asociación Trashumancia y Naturaleza.
- Mancilla – Leytón JM., Fernández-Alés R. y Martín Vicente A. (2011) Plant-ungulate interaction: goat gut passage effect on survival and germination of Mediterranean shrub seeds. *Journal of Vegetation Science* 22: 1031-1037
- Mancilla-Leytón JM. (2014) El papel de la cabra doméstica (*Capra hircus* L.) en la estructura y conservación del monte Mediterráneo. *Ecosistemas* 23 (2): 158-161
- Manzano P. (2015) *Transporte de semillas por las ovejas trashumantes, y sus potenciales implicaciones en la vegetación*. [Tesis doctoral]. Universidad Autónoma de Madrid.
- Manzano P., Levassor C. y Malo JE. (2005) *Dispersión endozoócora a larga distancia a lo largo de cañadas reales*. 2º Congreso Ibérico de Ecología. Lisboa, Portugal. P: 24. 2006.
- Peco B., López-Merino L. y Alvir M. (2006) Survival and Germination of Mediterranean grasslands species after simulated sheep ingestion: ecological correlates with seed traits. *Acta Oecologica* 30: 269-275
- Real Decreto 385/2017, de 8 de abril, por el que se declara la Trashumancia como Manifestación Representativa del Patrimonio Cultural Inmaterial.

SHEEP TRANSHUMANT FLOCK CONTRIBUTING TO BIODIVERSITY: THE ENDOZOOCHORY

Summary:

Transhumance provides relevant ecosystem services, including seed dispersal by means of endozoochory, which increases biodiversity. The objective of our work was to assess the

seed dispersal service of a transhumant sheep flock in one section of the Conquense Drove Road (CDR). In order to achieve that, we have performed an experiment on seed dispersal by endozoochory. The experiment consisted in collecting sheep faeces from a 3,000 sheep flock walking along the CDR for four days (November 2015), which supposes around 20% of the total length of the route. 120 samples were collected three times per day. Each sample was placed on a tray with a layer of peat and during 16 weeks any germinated seedling was recorded and identified. No significant differences were found due to sampling time of the day; however, higher germinated seedlings were recorded in day 2 vs. 3. The most abundant germinated species was the ruderal *Atriplex patula* especially in days 1 and 2. The sheep transported up to 50 viable seeds/100 gDW faeces, showing high ability to provide the seed dispersal service by endozoochory.

Key words: transhumance, seeds, germination

EL PAPEL DE LOS MÁRGENES EN LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA DE LOS PRADOS DE MONTAÑA

C. Chocarro, A. Juárez

Dep. Producció Vegetal i Ciència Forestal. ETSEA, Universitat de Lleida. Avda, Rovira Roure 191 25198 Lleida (España). chocarro@pvcf.udl.cat

Resumen

Los prados de siega presentes en el paisaje subalpino pirenaico, catalogados como hábitats de interés comunitario, conforman un entorno de alto valor biológico y ecológico, pero actualmente están influidos por profundas presiones de transformación que los afectan negativamente. En este estudio llevamos a cabo un análisis de la riqueza y diversidad que aportan los prados de siega de San Juan de Plan (Huesca, España) mediante el método de partición aditiva de la riqueza (S) y del índice de diversidad Shannon-Weaver (H'). En el análisis se tuvo en cuenta la tipología del margen: margen forestal, margen de piedra y margen viario en un gradiente de posiciones, desde el borde hasta el centro de los prados. Los resultados mostraron una heterogeneidad florística entre prados y entre diferentes tipologías de margen en el aporte de riqueza total de estas comunidades, particularmente en los bordes. La abundancia de especies resultó muy equilibrada entre las posiciones dentro de los prados, mientras que la heterogeneidad en la diversidad entre prados es resultado del aporte de especies desde los márgenes, sobre todo los forestales. El estudio demuestra, por tanto, la importancia de los márgenes en la contribución de diversidad florística a los prados de siega en el paisaje pirenaico.

Palabras clave: Riqueza, índice de Shannon-Weaver, partición aditiva, margen, heterogeneidad

INTRODUCCIÓN

El paisaje de montaña pirenaico ha sido modelado por las actividades ganaderas llevadas a cabo tanto en los pastos como en los prados de siega, siguiendo las condiciones topográficas del terreno. Estos últimos son considerados como comunidades seminaturales sometidas a pastoreo, fertilización y siega anual, y pertenecen, fundamentalmente, a las Alianzas *Arrhenatherion elatioris*, *Trisetum-Polygonum bistortae*, *Cynosurion cristati* o incluso *Bromion erecti*. A lo largo de estos últimos 100 años, los cambios de uso del suelo en toda Europa han afectado a dichas comunidades, que constituyen hoy por hoy un importante reservorio de biodiversidad, formando parte de comunidades incluidas en la Directiva de hábitats (Directiva 97/62/CE). En la actualidad, parte de estos prados están siendo abandonados o sufriendo una profunda transformación dando lugar a un deterioro de los

elementos, las estructuras productivas o estéticas que los hacía realmente valiosos a través del tiempo.

Los índices de diversidad permiten evaluar y comparar a distintas escalas espaciales (cuadrado muestral, parcela, uso del suelo, paisaje) los patrones de distribución de la riqueza en especies (S) y su abundancia mediante el índice de Shannon-Weaver (H') dentro y entre comunidades (Wagner *et al.*, 2000). Además hay que tener en cuenta el aporte de especies desde los márgenes y las comunidades adyacentes a estas formaciones vegetales gestionadas por el hombre, que contribuyen al mantenimiento de la biodiversidad de los propios prados de siega (Jacot *et al.*, 2012). Estos márgenes se pueden mostrar como conjuntos de especies con propiedades y dinámicas diferentes a las que existen en el interior de las parcelas (Hansson, 2000; Cadenasso *et al.*, 2003), lo cual explica su importancia en la estructura del paisaje de pradería en condiciones de montaña.

En este trabajo evaluamos la diversidad a través de los patrones de presencia y abundancia de las especies vegetales que constituyen los prados de siega y que conforman el paisaje subalpino de la cordillera pirenaica, a partir de la partición aditiva de su riqueza específica e índice de Shannon-Weaver. Este método relaciona los componentes de la diversidad a diferentes escalas, a través de un modelo matemático aditivo: $\gamma = \alpha + \beta$. Cada uno de ellos puede ser medido a partir de la riqueza de especies, o a través de algún índice de diversidad que combine la riqueza con la equidad en la distribución de las abundancias relativas de las especies (Wagner *et al.*, 2000)

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio se sitúa en el Pirineo Central (municipio de San Juan de Plan, provincia de Huesca, España); paisajísticamente corresponde a la pradería del valle de Gistaín, constituida por prados de siega que se desarrollan entre 1100 y 1500 m de altitud, en exposición dominante S-SW, con una precipitación media anual de 1000 mm y temperatura media anual de 8.2 °C.

Se seleccionaron 30 parcelas, que corresponden a prados de siega de secano con un corte anual y 2 pastoreos, teniendo en cuenta el tipo de linde principal (margen) que rodea

a la propiedad. De ellas, diez presentaban un muro de piedra bien establecido, otras diez estaban rodeadas de bosque o de matorral desarrollado y finalmente diez se situaban junto a la pista forestal sin mostrar los márgenes anteriores. Se llevaron a cabo un total de 270 inventarios fitosociológicos siguiendo la metodología de Braun-Blanquet (1979), con nueve cuadrados muestrales de 5 x 5 m en cada parcela, separados 20 m entre sí y siguiendo un gradiente de distancia al margen: tres en el borde, tres intermedios y tres en el centro de la parcela.

A partir de la información florística de cada cuadrado muestral, se calculó la riqueza (S, número de especies), el índice de diversidad de Shannon-Weaver (H') y el índice de equitatividad de Pielou (J). Como la distribución de las especies dentro de un paisaje como el de montaña es el resultado de procesos que operan tanto a escala de parcela como a escala de comunidad, local y regional (Collins *et al.*, 2002), es preciso cuantificar la diversidad a diferentes niveles. Mediante el enfoque de la partición aditiva de la diversidad, ésta se puede dividir en los componentes α y β dentro de un área (Wagner *et al.*, 2000, Crist *et al.*, 2003). El componente α representa la diversidad presente (número de especies o índice de Shannon) en una determinada escala (inventario, parcela o paisaje) mientras que el componente β representa la heterogeneidad de la diversidad entre los elementos que componen cada escala. Dicho componente se obtiene a partir de la diferencia entre el valor α a un determinado nivel de escala y el α del nivel inferior. Finalmente, el componente γ engloba la suma de diversidades α y β de las escalas inferiores (Figura 1).

En nuestro estudio, tanto S como H' se analizaron mediante el método expuesto por Wagner *et al.*, (2000), a nivel de unidad de muestreo (inventario), de parcela (prado) y a escala de paisaje. Este análisis se llevó a cabo en función de la tipología de márgenes presentes en los prados: muro de piedra, camino y bosque.

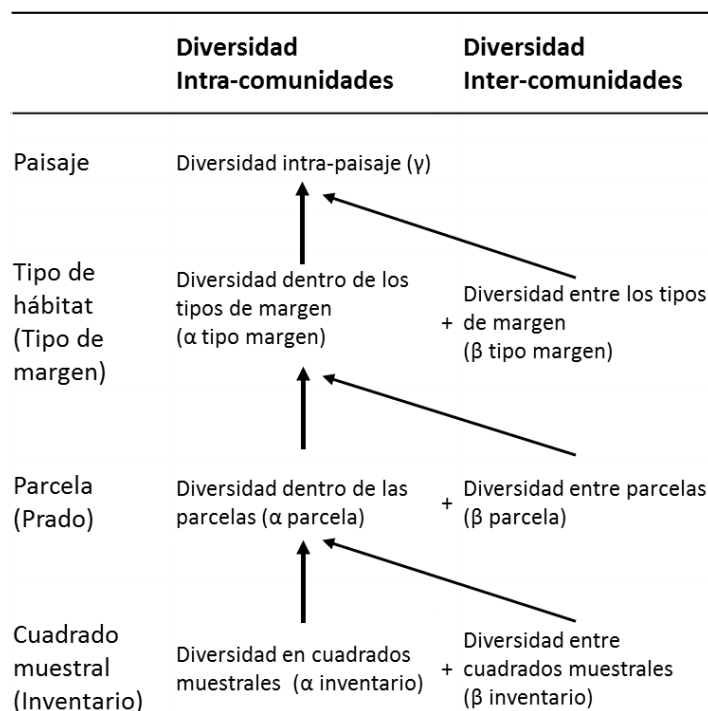


Figura 1. Esquema del método de partición aditiva de la diversidad adaptado de Wagner *et al.*, 2000.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

Las parcelas seleccionadas están consideradas como hábitats de interés comunitario, ya que pertenecen a la alianza Arrhenatherion (hábitat 6.510) o a la alianza Trisetopolygonion (hábitat 6.520), (resultados ya presentados en Chocarro y Juárez, 2016).

Tanto el valor medio de riqueza de especies por unidad de muestreo ($S=20$) como el valor obtenido para el Índice de diversidad de Shannon-Weaver ($H' = 2,35$) fueron moderadamente inferiores a los encontradas en estudios anteriores en prados de siega del Pirineo de Huesca (Gómez, 2008; Chocarro *et al.*, 2009). En cuanto a la equitatividad, fue bastante uniforme entre las parcelas estudiadas (Tabla 1), lo que indica que dichos prados presentan un reparto de la abundancia de especies equilibrado. En este sentido, el porcentaje del aporte a la biomasa entre los distintos grupos funcionales (gramíneas, leguminosas y otras familias) también lo indica.

Tabla 1. Valores medios de Diversidad (S, H', J') y aporte a la biomasa de los grupos funcionales (Gramíneas, Leguminosas y Otras familias). N=270

	Media	Valor mínimo	Valor máximo	Desviación típica
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	74,37	0,13

Los resultados del análisis de partición aditiva para la riqueza de especies en función de la ubicación de la unidad de muestreo en la parcela, se representaron en la Figura 2, donde se incluyen los componentes α inventario (total de especies en cada unidad de muestreo), β de inventario (heterogeneidad de especies entre unidades de muestreo dentro de una parcela), β de parcela (heterogeneidad de especies entre parcelas) y el componente β de tipo de margen (heterogeneidad de especies entre parcelas con diferentes tipologías de márgenes).

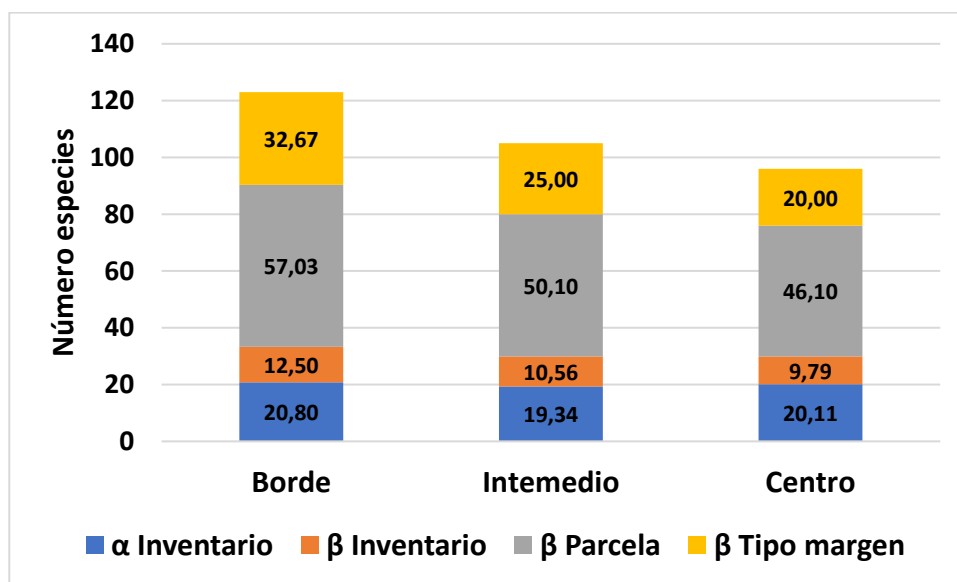


Figura 2. Partición aditiva de la riqueza de especies en función de la posición en la parcela (borde, intermedio y centro)

El mayor aporte de especies totales se produce en los bordes de los prados, siendo claramente inferior en los centros de las parcelas (Figura 2). En cuanto a los componentes de la riqueza, la heterogeneidad entre prados (β de parcela) y entre los prados de diferente tipología de margen (β tipo de margen) contribuyó en mayor medida a la riqueza total de estas comunidades, particularmente en las muestras instaladas en los bordes. Esto indica que, a pesar de que los prados analizados están incluidos en 2 alianzas fitosociológicas bastante cercanas entre sí, hay un grado considerable de heterogeneidad interna en su composición florística, lo que demuestra la importancia de la conservación de dichos prados para el mantenimiento de la diversidad dentro de un paisaje de montaña.

Los resultados del análisis de partición aditiva basados en el índice de Shannon-Weaver (Figura 3) demostraron que hay un equilibrio de la abundancia de especies (componente α inventario) en las diferentes posiciones dentro de las parcelas, siendo muy similar en todas ellas ($H' = 2,3-2,4$). Son las diferencias en abundancia de especies entre prados (componente β parcela) las que proporcionan un ligero gradiente de diversidad desde el margen hacia el centro. Además, la heterogeneidad de especies encontrada a nivel de riqueza viene dada por un grupo de especies que no dominan la comunidad (especies raras) pero que aportan singularidad a estos prados.

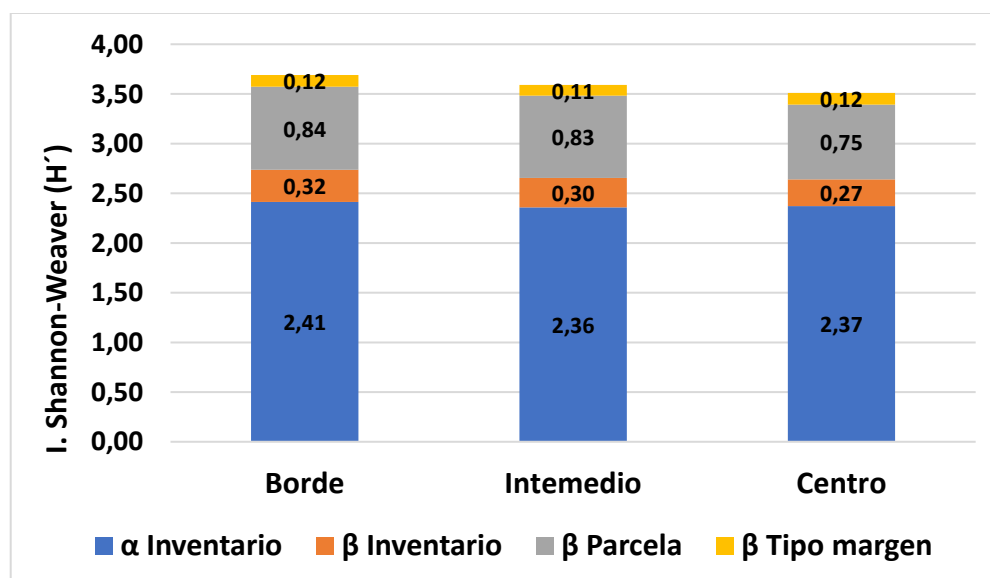


Figura 3: Partición aditiva del índice de Shannon-Weaver (H') en función de la posición en la parcela (borde, intermedio y centro)

Los diferentes tipos de margen tienen un papel importante en el mantenimiento de estas especies raras o poco frecuentes en las comunidades florísticas de estos prados, actuando como reservorio de diversidad, que se manifiesta especialmente en los bordes de los prados (componente β tipo de margen) y que pierde presencia en los centros (Figura 2).

Los resultados obtenidos al analizar los prados en función de la tipología de margen también mostraron que desde el punto de vista de la riqueza (Figura 4 a), el mayor aporte de especies se debe al componente β entre parcelas, lo que indica que estas comunidades, independientemente del tipo de margen que presenten, muestran modificaciones en su composición florística, influenciados en gran parte, por el manejo antrópico de los mismos. En todo caso, las parcelas con márgenes de piedra son las que presentan una riqueza total de especies mayor.

A su vez, se comprobó que el índice de Shannon-Weaver (Figura 4 b) fue mayor, en todos los casos, en el componente α de inventario, lo que indica, como se ha señalado anteriormente, una composición equilibrada de especies. Las parcelas con margen forestal presentaron una mayor heterogeneidad entre ellas (β parcela = 0.97) que las delimitadas por caminos o muros. El aporte de especies procedentes de las masas forestales adyacentes a los prados puede influir positivamente en este mayor recambio de especies.

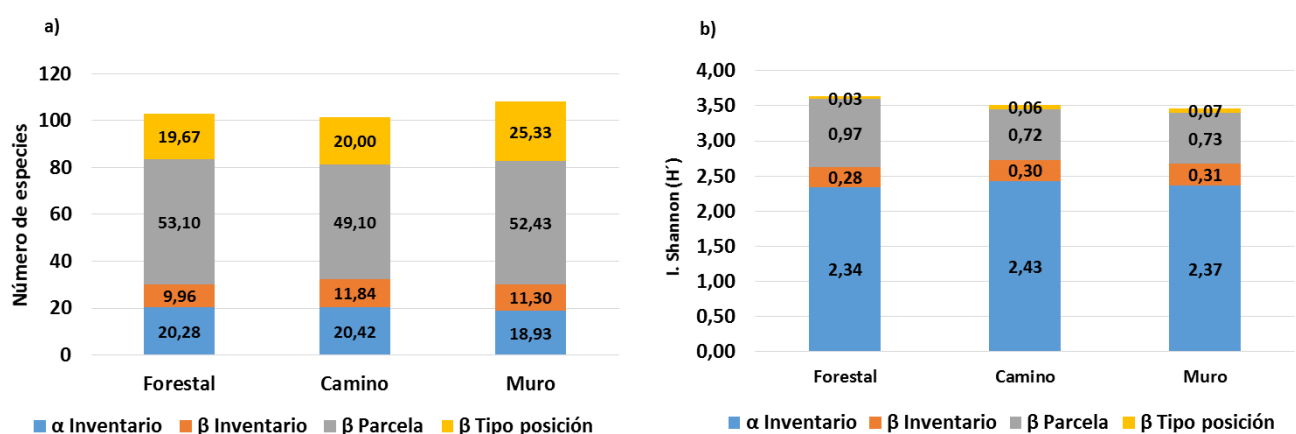


Figura 4. Partición aditiva de la riqueza de especies a) y del Índice de Shannon b), en función de la tipología del margen (forestal, camino o muro de piedra).

CONCLUSIONES

Este estudio demuestra que el método de partición aditiva de la diversidad es útil en el análisis de la estructura de la diversidad a diferentes escalas en el paisaje de la pradería subalpina del Pirineo

Los prados del valle de Gistain presentan, en general, un alto grado de heterogeneidad florística entre ellos, vinculada a la tipología del margen y por otro lado una variabilidad interna en función del gradiente de posición, configurando así un paisaje de un valor florístico elevado.

Se ha corroborado la mayor heterogeneidad de riqueza y diversidad de los bordes de las parcelas respecto al centro, y asimismo, la importancia de los márgenes, particularmente los forestales, en la contribución del aporte de diversidad a estas comunidades.

Por ello, el mantenimiento de estos márgenes, en perfecto estado, contribuye favorablemente a la conservación florística de los prados, compatibilizándose el aprovechamiento de los recursos, la estabilidad ambiental y la actual demanda social de utilización de espacios naturales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Braun-Blanquet J. (1979) Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Madrid, España: Blume Ediciones.
- Cadenasso M.L., Pickett S.T.A., Weathers K.C. y Jones C.G. (2003) A framework for a theory of ecological boundaries. *BioScience*, 53(8), 750-759.
- Chocarro C. y Juárez A. (2016). Influencia de la tipología del margen en la diversidad florística de prados pirenaicos. En M.D. Báez *et al.* (Eds) *Innovación Sostenible en Pastos*, pp. 39-46. Lugo, España: SEEP.
- 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: Reiné R. *et al.* (Eds) *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp. 109-115. Huesca, España: SEEP.
- Collins S.L., Glenn S.M. y Briggs J.M. (2002) Effects of local and regional processes on plant species richness in tallgrass prairie. *Oikos*, 99, 571–579.
- Crist T.O., Veech J.A., Gering J.C., y Summerville K.S. (2003) Partitioning species diversity across landscapes and regions: A hierarchical analysis of alpha, beta, and gamma diversity. *American Naturalist*, 162, 734–743.

Gómez D. (2008) Aspectos ecológicos de los pastos. En: Fillat F. *et al.* (Eds) *Pastos del Pirineo*, pp. 61-73. Madrid, España: CSIC.

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.

Wagner H. H., Wildi O., y Ewald K. C. (2000) Additive partitioning of plant species diversity in an agricultural mosaic landscape. *Landscape Ecology*, 15, 219–227.

THE ROLE OF BOUNDARIES IN THE PLANT DIVERSITY OF MOUNTAIN GRASSLANDS.

Summary

Hay meadows present in the Pyrenean subalpine landscape, classified as habitats of community interest, make up an environment of high biological and ecological value; but currently they are influenced by deep transformation pressures that affect them negatively. In this study, we carried out an analysis of the richness and diversity of the San Juan de Plan's hay meadows, using the additive partitioning method on richness (S) and Shannon index (H'). In the analysis, the boundary typology was taken into account: forest, stone and road boundary in a gradient of positions, from the edge to the center of the meadows. The results showed a floristic heterogeneity among meadows and among different types of boundary in the contribution of total richness of these communities, particularly at the edges. Abundance of species was balanced among the positions within the meadows, while the heterogeneity in the diversity among meadows is the result of the contribution of species from the boundaries, especially the forest ones. The study demonstrates, therefore, the importance of the boundaries in the contribution of floristic diversity to the hay meadows in the Pyrenean landscape.

Key words: Richness, Shannon-Weaver index, additive partitioning, edges, heterogeneity

EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE Y USOS DE LAS PARCELAS DE PRADOS DE SIEGA ENTRE 1957, 1986 Y 2016 EN EL VALLE DEL ÉSERA (PIRINEO DE HUESCA)

J. Ascaso Martorell¹, J. Domingo Belanche¹, O. Barrantes Díaz², D. Guzmán Otano³, R. Reiné Viñales¹

¹ Dpto. de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Universidad de Zaragoza. Escuela Politécnica Superior. Ctra. de Cuarte s/n. 22071 Huesca.

² Dpto. de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Universidad de Zaragoza. Facultad de Veterinaria. C/ Miguel Servet, 177. 50013 Zaragoza.

³ Depto. de Desarrollo Rural y Sostenibilidad. Gobierno de Aragón. C/ G. Lasheras, 8. 22003 Huesca.

Correspondencia: jascaso@unizar.es

Resumen

Se estudian los usos y cambios de uso de las parcelas y la superficie de los prados de siega entre los años 1957, 1986 y 2016 de un valle del Pirineo. La cartografía de los polígonos se realiza a partir de la fotografía aérea de una superficie total de 5350 ha. La superficie de prados pasa de 1568,4 ha a 1703,5 ha y a 1086,7 ha en los años de referencia. Esto supone un aumento del 9% y una reducción del 36% respectivamente. En ambos periodos hay incrementos y decrementos de parcelas de prados por cambios de uso. Entre 1957 y 1986 el incremento mayoritario es por cambio de cultivo a prado y el decremento por cambio de prado a pastos, bosques, embalses y urbanización. Entre 1986 y 2016 el incremento es irrelevante y el decremento es por cambio a bosque, urbanización y pastos.

Palabras clave: Prados de siega, cartografía, cambios de uso, Pirineo.

INTRODUCCIÓN

Los prados de siega son fitocenosis herbáceas que, además de requerir determinadas condiciones climáticas y edáficas, dependen de la intervención del hombre a través de técnicas culturales y del pastoreo. Su establecimiento, evolución y desaparición están vinculados, por una parte, a las necesidades de la cabaña ganadera, tipo sistema ganadero y mecanización y, por otra, a la competencia que imponen otros usos como la agricultura, el urbanismo o la industrialización. Desde la década de los 50 del siglo XX hasta la actualidad se han producido cambios en los factores anteriores que han modificado tanto la superficie como la localización de los prados.

La situación enunciada no solo afecta al Pirineo central sino que es común a otros sistemas montañosos de Europa y tiene repercusiones por una parte en la ganadería,

economía agraria y población y por otra en la conservación de medio (Peeters, 2009; Bouty et al., 2014; Huyghe et al., 2015).

Este trabajo, enmarcado en el proyecto SOS Praderas (2016/2019) del Programa Interreg Sudoe, tiene como objetivo cuantificar las superficies de prados en tres escenarios temporales (1957, 1986 y 2016) y analizar la evolución de la superficie y usos. El área de estudio corresponde al fondo de valle del río Ésera localizado en el Pirineo de Huesca.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio está ubicada en el Pirineo de la provincia de Huesca y comprende parte de los municipios de Benasque, Sahún, Villanova, Sesué, Chía y Castejón de Sos. Se extiende por el fondo de valle del río Ésera desde encima de los Llanos de los Baños de Benasque (1700 m) hasta Castejón de Sos (900 m). La superficie estudiada es de 5350 ha e incluye el LIC Río Ésera (ES2410046) de 1708 ha.

La cartografía se ha realizado a partir de la fotografía aérea de 1957, 1986 y 2016 del Instituto Geográfico Nacional. Las dos primeras han sido ortoreferenciadas y georeferenciadas a partir de los fotogramas mientras que la última ya lo está. De forma complementaria se ha usado la cartografía SIGPAC del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente de 2016.

La escala básica de trabajo es 1:10000 y el área mínima de representación es de 0,25 ha y de 0,0625 ha en las parcelas de geometría irregular. Los polígonos se han dibujado en la cartografía de cada uno de los años de referencia 1957, 1986 y 2016.

Se han establecido 9 categorías de uso del suelo: Prado (de siega), Pasto, Cultivo, Bosque, Zona urbanizada, Embalse, Cauce, Vía de comunicación e Improductivo. A cada polígono cartografiado se le asocia una categoría en cada uno de los tres años de referencia. En aquellos casos en los que la delimitación de un polígono ha sufrido variación entre años se ha subdividido en la cartografía de todos los años. La asignación de las categorías se ha realizado mediante fotointerpretación, información de campo, entrevistas a vecinos de la zona, fotografías y, en el caso de 2016, también los usos asignados en el SIGPAC.

El software utilizado es ArcGIS 10.5. Los resultados están en formato cartográfico digital ESRI ShapeFile y formato de excel para los numéricos (polígono, superficie y categoría de los usos del suelo).

A partir de los polígonos de la cartografía se ha obtenido, por una parte, la superficie de cada categoría de uso del suelo para cada año (1957, 1986 y 2016) y, por otra, los cambios de categoría y superficie registrados entre 1957-1986, 1986-2016 y 1957-2016.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se han delimitado 8829 polígonos en la zona de estudio que abarcan 5350 ha de superficie. Los resultados de superficie por categorías de uso del suelo y años vienen reflejados en la tabla 1. A modo de ejemplo se muestra el mapa de usos de suelo de 1957 (Fig. 1).

Tabla 1. Superficie de las categorías de usos del suelo por años.

Uso de suelo	Superficie en ha por años		
	1957	1986	2016
Prado	1568,4	1703,5	1086,7
Pasto	689,3	742,2	693,7
Cultivo	389,9	26,2	0,4
Bosque	2354,4	2433,1	2970,3
Zona urbanizada	33,3	68,8	220,5
Embalse	0,0	56,6	58,2
Vía de comunicación	99,6	99,7	102,6
Cauce	214	217,1	212,6
Improductivo	0,8	2,4	4,5

Dentro de la superficie estudiada por años las categorías con mayor superficie son la de Bosque (44%, 46% y 56% respecto al total), la de Prado (29%, 32% y 20%) y la de Pasto (13%, 14% y 13%). El resto tienen proporciones inferiores al 10% y, entre ellas, es relevante la superficie de Cultivo de 1957 que asciende a 389,9 ha (7%). Hay que señalar que la atribución a Prado o Cultivo en la cartografía de 1957 tiene cierto grado de incertidumbre debido a la ausencia de color en las fotografías, escala y resolución. Así mismo las técnicas agrarias (herbicidas y maquinaria) eran menos intensivas que las actuales y se producían

usos mixtos como cultivo y prado. Las entrevistas a vecinos han contribuido a minimizar la de incertidumbre. La atribución a Pasto incluye fitocenosis con dominio de hemicriptófitos y con una proporción variable de caméfitos y fanerófitos.

Respecto a la evolución de las parcelas que en algún momento han sido Prado entre 1957-1986 y 1986-2016 (tablas 2 y 3) se han detectado 13 combinaciones de las 17 posibles (como ejemplo se muestra en la figura 2 el mapa la evolución de usos de suelo entre 1957 y 1986). Al considerar la evolución de las categorías Prado y Cultivo de forma conjunta, debido a la dificultad de discernirlas en 1957 y a su uso mixto, aparecen 18 combinaciones de las 32 posibles.

Tabla 2. Superficie (ha) de Prado y Cultivo que se mantiene y es afectada por cambios entre 1957 y 1986. Por filas el uso en 1957 y por columnas el uso de 1986.

		1986								
		Prado	Pasto	Cultivo	Bosque	Zona urbanizada	Embalse	Cauce	Vía comunicación	Improductivo
1957	Prado	1372,9	63,6	0,1	56,0	30,2	42,6	3,1		
	Pasto	13,8								
	Cultivo	316,4	28,7	25,8	13,6	5,2				0,2
	Bosque	0,4								
	Zona urbanizada									
	Embalse									
	Cauce									
	Vía comunicación									
	Improductivo									

En la evolución de los Prados del periodo entre 1957 y 1986 se observa que de las 1.568,4 ha se mantuvieron 1.372,9 ha y que se produjo por una parte una pérdida de 195,5 ha de superficie (hacia Pasto, Bosque, Zona urbanizada, Embalse y Cauce en orden de importancia) y por otra un incremento de 330,6 ha (desde Pasto, Cultivo y Bosque). El anterior balance, teniendo en cuenta que en 1986 había 1.703,5 ha de Prados, supone un aumento del 8,6%. Cabe destacar que la evolución de los Cultivos pasa de 389,9 ha en 1957 a 26,2 ha (6,7%) en 1986 y que la mayor parte (316,4 ha) se transformaron en Prado. El resto de la superficie de Cultivo se transforma en Pasto, Bosque o pasa a Zona urbanizada.

Estas transformaciones están en concordancia con los cambios inducidos (Fillat, 1980; Daumas, 1986; Lasanta y Vicente-Serrano, 2007; Bernués y Olaizola, 2012) por la introducción del tractor (abandono de Prados no mecanizables y transformación de Pastos y Bosques mecanizables), el aumento de la cabaña de vacuno estante y las necesidades de forraje para el invierno, el abandono de la agricultura de autoconsumo, el incremento del turismo y el desarrollo hidroeléctrico (embalse de Linsoles).

Tabla 3. Superficie (ha) de Prado y Cultivo que se mantiene y es afectada por cambios entre 1986 y 2016. Por filas el uso en 1986 y por columnas el uso de 2016.

		2016								
		Prado	Pasto	Cultivo	Bosque	Zona urbanizada	Embalse	Cauce	Vía comunicación	Improductivo
1986	Prado	1081,0	89,6	0,4	390,9	132,5		3,7	2,9	2,5
	Pasto	0,2								
	Cultivo	2,3	23,5		0,4					
	Bosque	0,9								
	Zona urbanizada									
	Embalse									
	Cauce	2,4								
	Vía comunicación									
	Improductivo									

Respecto al periodo siguiente entre 1986 y 2016 se constata en la evolución de los Prados que de las 1.703,5 ha que había en 1986 se mantuvieron 1.081,0 ha y que se produjo por una parte una pérdida de 622,5 ha de superficie (hacia, Bosques, Zona urbanizada, Pastos, Cauce, Vía de comunicación, Improductivo y Cultivo en orden de importancia) y por otra un incremento de 5,8 ha (desde Cauce, Cultivo, Bosque, Pasto). El anterior balance, teniendo en cuenta que en 2016 había 1086,7 ha de Prados, supone la disminución al 63,8%. Estos cambios coinciden con la disminución del vacuno estante y el aumento del turismo e infraestructuras vinculadas (Bernués y Olaizola, 2012; Instituto Aragonés de Estadística, 2017).

Esta tendencia global entre 1957 y 2016 de disminución de los prados y casi desaparición de los cultivos agrícolas es la misma que puede observarse en el informe realizado (García Manteca et al., 2017) dentro de mismo proyecto SOS Praderas en el Parque Nacional de Picos de Europa (Asturias, Cantabria y Castilla León). Difieren en que nuestros resultados entre 1957 y 1986 muestran un aumento de los Prados a costa fundamentalmente de los Cultivos y una disminución más importante entre 1986 y 2016 mientras que en el PNPE la tendencia decreciente es continua. También difieren en que en dicha zona no ha habido transformación de prados a terrenos urbanizados. En el mismo sentido de sustitución de superficie de cultivo por prados de siega son los resultados de Lasanta (2002) para el conjunto de los valles del Pirineo oscense entre 1950 y 1991. Distintos resultados obtienen Borrueal et al 2017 en el vecino término de San Juan de Plan ya que en su estudio comparativo no señalan la reducción de superficie de prados de siega entre 1980 y 2017 y atribuyen en 1992 el 57% de la superficie al cultivo de cereal y el 43% a prados.

CONCLUSIONES

La superficie de Prados ha aumentado al 109% en el periodo 1957-1986 y disminuido al 64% entre 1986 y 2016. Al considerar el periodo completo 1957-2016 ha disminuido al 69% de la superficie inicial.

En la evolución de los Prados del periodo entre 1957 y 1986 se observa que de las 1.568,4 ha se mantuvieron 1.372,9 ha y que se produjo por una parte una pérdida de 195,5 ha de superficie (hacia Pasto 63,5 ha, Bosque 56,0 ha, Zona urbanizada 30,2 ha, Embalse 42,6 ha y Cauce en orden de importancia) y por otra un incremento de 330,6 ha (desde Cultivo 316,4 ha, Pasto 13,8 ha y Bosque 0,4 ha). Estos cambios coinciden con la introducción del tractor, el abandono de la agricultura de autoconsumo y el incremento del vacuno estante y el turismo.

En la evolución de los Prados del periodo entre 1986 y 2016 se observa que de las 1.703,5 ha se mantuvieron 1.081,0 ha y que se produjo por una parte una pérdida de 622,5 ha de superficie (hacia Bosque 390,9 ha, Zona urbanizada 132,5 ha, Pasto 89,6 ha, Cauce, Vía de comunicación, Improductivo y Cultivo en orden de importancia) y por otra un

incremento de 5,8 ha (desde Cauce, Cultivo, Bosque, Pasto). Estos cambios coinciden con la disminución del vacuno estante y el aumento del turismo e infraestructuras vinculadas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco de un contrato (RB74064) entre la Dirección General de Sostenibilidad (Gobierno de Aragón) y la OTRI-Universidad de Zaragoza en el marco del proyecto SOS Praderas, aprobado dentro de la primera convocatoria de ayudas del Programa Interreg Sudoe 2014-2020 y financiado por el Fondo de Desarrollo Regional (FEDER).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernués, A.; Olaizola, A. 2012. La ganadería en los Pirineos: evolución, condicionantes y oportunidades. In Lasagabaster, I. —Coord.— *Los Pirineos. Geografía, Turismo, Agricultura, Cooperación transfronteriza y Derecho*. pp. 29-67. Universidad del País Vasco.
- Borrue, F.; Fillat, F.; Aguirre, A. J.; Gómez García, D. 2017. Principales cambios en la explotación ganadera y el paisaje en San Juan de Plan (Pirineos de Huesca) en los últimos 36 años. In Bartolomé, J., Albanell, E., Millán, M. J., Serrano, E., Broncano, M. J. & Manuelian, C. L. —Eds.—. *Renaturalización vs. Ruralización*. 147-153. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Barcelona.
- Bouty, C.; Barbottin, A.; Martin P. 2014. Quel devenir des surfaces en prairie permanente sur un territoire de polyculture-élevage?. *Innovations Agronomiques*, 39: 67-82.
- Daumas, M. 1986. La redistribution géographique de la population dans les hautes vallées montagnardes: L'exemple du Val de Benasque. *Revue de Géographie Alpine*, 74: 189-196.
- Fillat, F. 1980. *De la trashumancia a las nuevas formas de ganadería extensiva. Estudio de los Valles de Ansó, Hecho y Benasque*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
- García Manteca, P.; González Iglesias, V.; García de la Fuente, L. 2017. *Diagnóstico de la situación de prados de siega en territorio SUDOE* Análisis diacrónico en el PNPE. Informe inédito realizado por INDUROT-Universidad de Oviedo para el Proyecto Interreg SUDOE SOS PRADERAS bajo la dirección de Tomás E. Díaz González.
- Huyghe, C.; Peeters, A.; De Vlieghe, A. 2015. La prairie en France et en Europe. *Colloque presentant les methodes et resultats du projet Climagie (metaprogramme ACCAF)*. pp. 13-23. Poitiers, France. INRA.
- Instituto Aragonés de Estadística. 2017. Estructura productiva explotaciones de bovino. 2007-2013. Diputación General de Aragón.
- Lasanta, T. 2002. Los sistemas de gestión en el Pirineo Central español durante el siglo XX: del aprovechamiento global de los recursos a la descoordinación espacial en los usos del suelo. *Ager*, 2: 173-195.

Lasanta, T.; Vicente-Serrano, S.M. 2007. Cambios en la cubierta vegetal en el Pirineo aragonés en los últimos 50 años. *Pirineos*, 162: 125-154.

Peeters, A. 2009. Importance, evolution, environmental impact and future challenges of grasslands and grassland-based systems in Europe. *Grassland Science*, 55(3): 115-125.

SPATIAL AND LAND-USE CHANGES OF HAY MEADOWS BETWEEN 1957, 1986 AND 2016 IN THE VALLEY OF ESERA (PYRENEES, SPAIN)

Summary

Land-use changes were studied in hay meadow plots between 1957, 1986 and 2016 in a Pyrenean valley. Aerial photographs covering 5350 ha were used to elaborate the cartography of the polygons analyzed. The meadows area changed from 1568.4 ha to 1703.5 ha and to 1086.7 ha through the years studied. Those changes imply an increase of 9% and a decrease of 36% of the meadows area, respectively. Increases and decreases of the meadow plots area were found in both time periods, due to land-use changes. Most area increases between 1957 and 1986 were due to changes from crops to meadows. Most area decreases were due to changes from meadows to pastureland, forests, water reservoirs, and to urbanization. The area increase between 1986 and 2016 was irrelevant, while the area decrease was due to changes from meadows to forests, urbanization and to pastureland.

Key words: Meadows, cartography, land uses changes, Pyrenees.

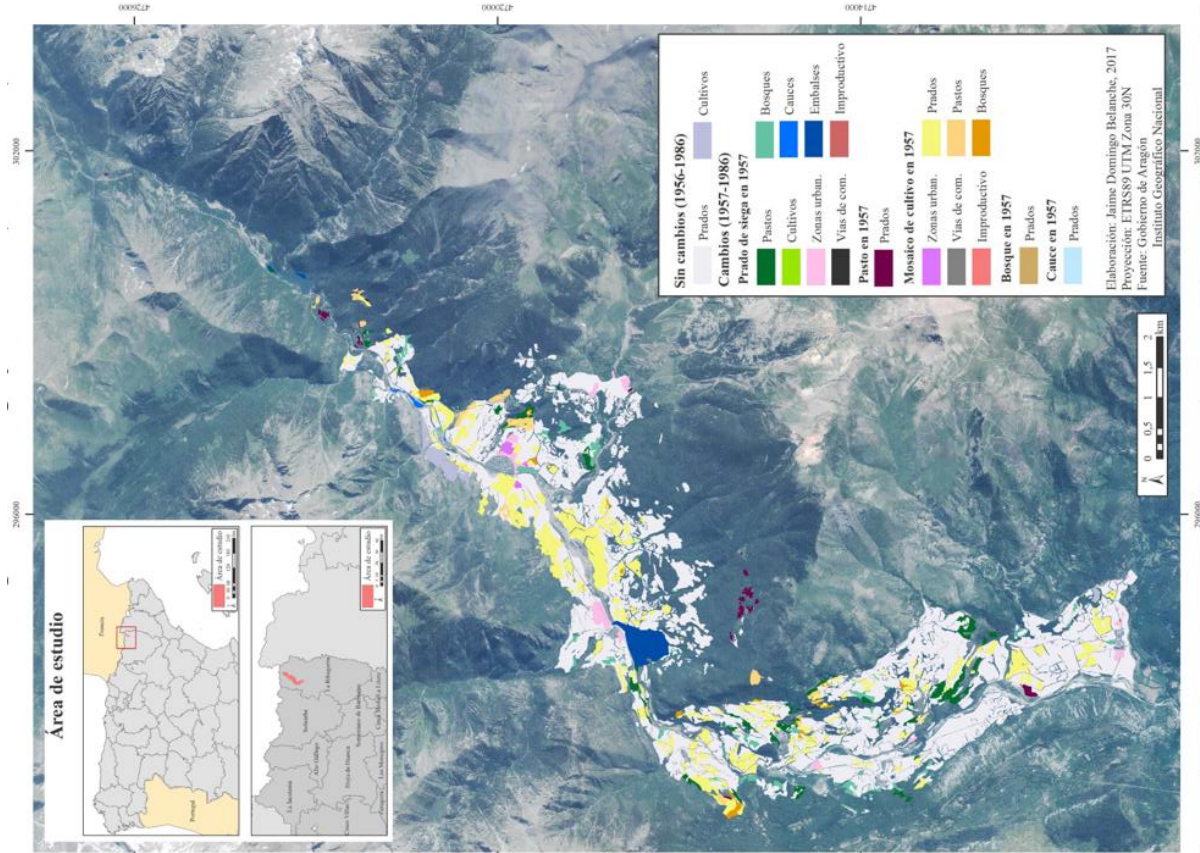


Figura 2. Mapa localización y de cambios en los usos del suelo entre 1957 y 1986.

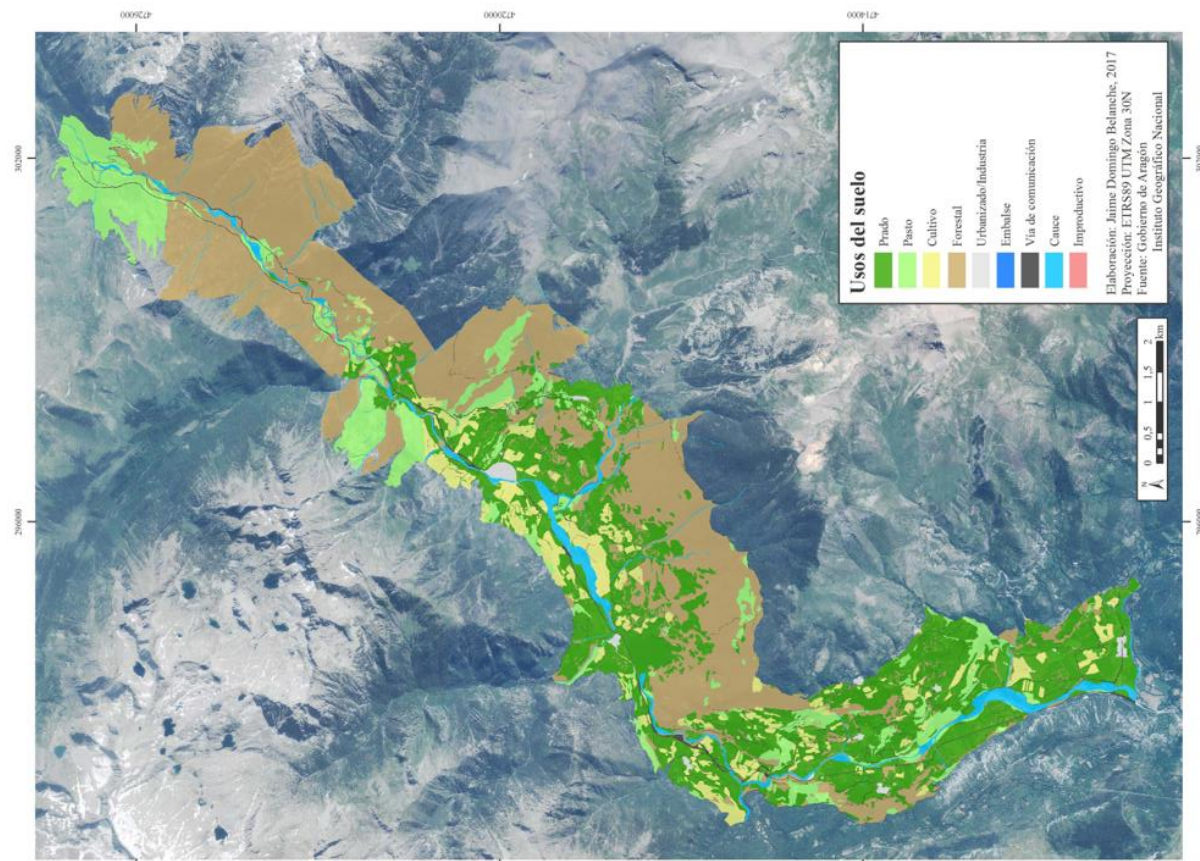


Figura 1. Mapa de los usos del suelo en 1957.

PRODUCCIÓN HERBÁCEA EN ÁREAS PASTADAS Y EXCLUIDAS AL PASTOREO EN LA SIERRA DE GUADARRAMA

T. Martínez, J. Mbulito

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

Resumen

Se estudia la producción de pasto y de los grupos funcionales en áreas pastadas y no pastadas con el fin de evaluar el efecto del pastoreo. Igualmente, se evalúa el efecto de la fecha de muestreo y la vegetación seca en pie que permanece del año anterior. El estudio se realizó en cinco zonas diferentes y en tres fechas de muestreo (mayo, junio y julio). La producción herbácea en general fue superior en las áreas pastadas que en las excluidas al pastoreo. El efecto de la fecha de muestreo fue menor en las áreas pastadas que en las excluidas al pastoreo. La vegetación seca en pie mostró diferencias entre las fechas de muestreo. Los resultados sugieren que el pastoreo juega un papel fundamental en la producción de las plantas herbáceas, favoreciendo la abundancia de grupos funcionales de interés pascícola como las leguminosas y el grupo de otras familias.

Palabras clave: producción herbácea, efecto pastoreo, efecto fecha de muestreo, encinar.

INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento pascícola por el ganado en los medios forestales producirá cambios en la dinámica de la vegetación, que se verá más o menos modificada de acuerdo con los efectos producidos por el pastoreo y la gestión del territorio. Así, comprender los efectos de los herbívoros en las comunidades de plantas permite anticipar cómo la variación en los regímenes de pastoreo afectará a los ecosistemas naturales y seminaturales (Pardo *et al.*, 2015). Por otra parte, se está produciendo de manera progresiva un descenso del pastoreo que puede traer consigo un importante cambio en la vegetación, tanto en su producción como calidad y diversidad de especies. Rojo *et al.*, (2011), concluyen que la mejor forma de conservar las comunidades vegetales de interés pascícola es manteniendo la actividad pastoral mediante una ganadería extensiva bien gestionada. Conscientes de los efectos que pueden causar el pastoreo o su cese sobre los pastos, en 2013 se inició un estudio en áreas pastadas y áreas excluidas al pastoreo con el fin de

evaluar los cambios en la vegetación. El objetivo del trabajo ha sido estudiar el efecto del pastoreo con ganado vacuno sobre la producción herbácea en distintas zonas de estudio y diferentes fechas de muestreo tras 4 años de exclusión al pastoreo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en un sistema adhesionado de la Sierra de Madrid, en la finca de Riosequillo (147,7 ha) (Buitrago de Lozoya). En ella pastan 50 vacas y sus respectivas crías en pastoreo rotacional y continuo. Según las características ecológicas y el tipo de gestión se diferenciaron cinco zonas de estudio: A, B, C, D y E, las tres primeras en el encinar y la D y E en los prados de diente y siega. La zona A se sitúa en las zonas más altas del encinar, la B en las zonas de media-baja ladera y la C en zonas más bajas de vaguada. La zona D comprende fresnedas y prados de siega, y la zona E se riega, henifica y pasta. La metodología está explicada en Martínez *et al.* (2016), pero se describe brevemente a continuación. En cada zona de estudio en 2013 se instaló un cercado de 20 x 20 m para establecer áreas pastadas (P) y excluidas al pastoreo (NP). En el año 2017, los muestreos de vegetación se realizaron en mayo y junio en las áreas P y NP en los días previos a entrar las vacas a pastar; en junio la zona D no se muestreó porque se estaba pastando. En las áreas NP también se muestreó en julio, con el fin de evaluar la evolución del pasto de mayo a julio. En cada una de las zonas de estudio se distribuyeron al azar 15 cuadrados de 50 x 50 cm de lado, tanto dentro como fuera de los cercados, donde se cortó la vegetación herbácea a ras del suelo. En el laboratorio, las muestras de vegetación se separaron en tres grupos funcionales: graminoides (gramíneas, ciperáceas, juncáceas), leguminosas y otras familias (otras), se pesaron en fresco y se secaron en una estufa a 60°C hasta obtener peso seco constante. En las áreas excluidas al pastoreo, se cortó también por separado la vegetación seca en pie del año anterior que todavía no se ha incorporado al suelo para estimar su biomasa. Los datos de biomasa total de pasto y de cada grupo funcional se trataron mediante análisis de MGL (ANOVA), considerando como factores el tipo de manejo pastoreo (P) y no pastoreo (NP) y la zona (5 zonas). Para evaluar el efecto tiempo (fecha de muestreo) se empleó ANOVA de medidas repetidas. Se utilizó el Test LSD de

Fisher para comparar las medias. Las variables que no cumplían los requisitos de distribución normal y homocedasticidad se transformaron a Ln. Las transformadas que seguían sin cumplir las asunciones anteriores, se analizaron por el procedimiento no paramétrico de Kruskal-Wallis. Se utilizó el programa Statistica 8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del tipo de manejo: pastoreo y exclusión al pastoreo

Producción de biomasa: Mayo

En el mes de mayo después de 4 años de exclusión al pastoreo, la producción de pasto presentó diferencia significativa del tipo de manejo (P-NP) ($F_{1-140}=6,5$; $P>0,01$), de la zona ($F_{4-140}=10,4$; $P<0,0001$) y de la interacción de ambos factores ($Z^*(NP-P)$) ($F_{1-140}=14,8$; $P<0,0001$) (Figura 1), resultados similares obtenidos en la misma área de estudio con un año de exclusión (Martínez y Álvarez, 2016). La biomasa fue mayor o similar en las áreas pastadas que en las no pastadas, excepto en la zona E, donde la biomasa está condicionada por el tipo de manejo; se produce un pastoreo más prolongado, las vacas permanecen todo el invierno, con lo que el crecimiento de la vegetación en el área pastada es menor.

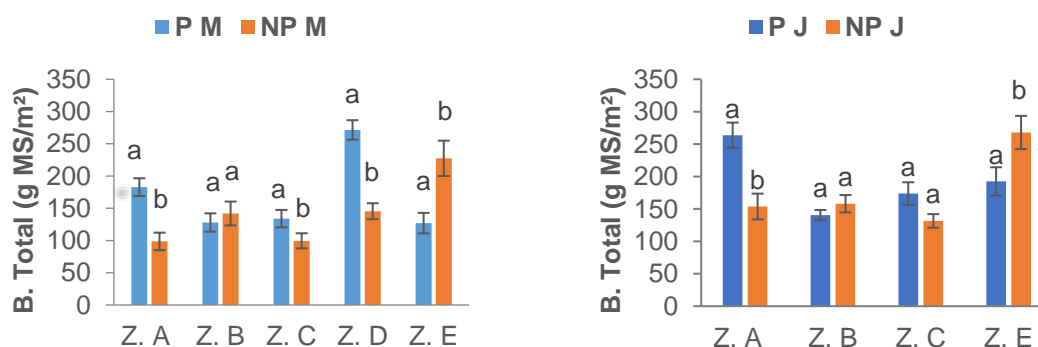


Figura 1. Producción de pasto (g MS/m²) en Mayo (M) y Junio (J) en áreas pastadas y excluidas al pastoreo. Letras distintas muestran diferencias significativas del tipo de manejo: Pastoreo (P) - no Pastoreo (NP). Errores estándar (ES) de las medias.

En relación a los grupos funcionales, el grupo de gramínoideas fue el más abundante en todas las zonas, tanto en áreas pastadas como no pastadas, observándose en la mayoría de las zonas efecto de pastoreo (Tabla 1. MAYO). Tanto el grupo de las leguminosas como

el de otras familias mostraron efecto del pastoreo y hubo diferencias significativas en casi todas las zonas, siendo sus producciones más altas en las áreas pastadas.

Tabla 1. Biomasa de los grupos funcionales (g MS/m²) en mayo y junio en áreas pastadas y excluidas al pastoreo. Letras distintas muestran diferencias significativas del tipo de manejo: - Pastoreo (P) - no Pastoreo (NP).

MAYO	Graminoides		Leguminosas		Otras		JUNIO	Graminoides		Leguminosas		Otras	
	P	NP	P	NP	P	NP		P	NP	P	NP	P	NP
Zonas							Zonas						
Z. A	138,5a	80,1b	11,8a	3,3b	32,3a	15,2b	Z. A	226,9a	129,0b	7,7a	1,5b	28,8a	23,2a
Z. B	73,3a	123,7b	12,6a	0,9b	41,9a	16,5b	Z. B	95,2a	109,8a	2,4a	0,8b	42,9a	47,4a
Z. C	88,4a	85,0a	5,1a	0,4b	40,5a	13,7b	Z. C	131,7a	107,1a	5,1a	0,1b	36,9a	24,3a
Z. D	219,9a	138,4b	27,9a	0,6b	23,5a	6,4b	Z. D	-	-	-	-	-	-
Z. E	126,6a	223,7b	0,1a	0,1a	0,2a	3,7b	Z. E	192,2a	251,4b	0,1a	0,0b	0,0a	16,5b
P-NP	NS		H=52,3		H=20,8		P-NP	NS		H=34,2		NS	
Z	F=15,9P<0,001		P<0,001		P<0,01		Z	F=15;P<0,001		P<0,01			
Z*P-NP	F=12,3;P<0,00						Z*P-NP	F=6,9 P<0,001					

Producción de biomasa: Junio

La producción de pasto no presentó efecto del tipo de manejo, si de la zona ($F_{1-112}=6,5$; $P<0,001$) y de la interacción de ambos factores ($F_{1-112}=8,8$; $P<0,0001$) (Figura 1). Este patrón se siguió en el grupo de las gramíneas, que presentó efecto de la zona y de la interacción de ambos factores. La comparación de medias no mostró diferencias significativas en las zonas B y C (Tabla 1. JUNIO). Las leguminosas mostraron efecto del pastoreo en todas las zonas. La biomasa de leguminosas fue poco representativa tanto en las áreas pastadas como no pastadas, especialmente en estas últimas, habría afectado su estado fenológico. El grupo de otras no presentó efecto del pastoreo, fueron abundantes en los encinares, destacando en la zona B, donde el grupo fue importante en los 4 años estudiados (datos propios).

Efecto de la fecha de muestreo

Áreas pastadas: Mayo y junio

La producción de pasto presentó diferencia significativa entre los muestreos de mayo y junio ($F_{1-56}=7,1$; $P<0,01$) y entre las zonas ($F_{4-56}=12,6$; $P<0,0001$). La comparación de

medias mostró diferencias en la zona A y en la zona E (Figura 2). Respecto a los grupos funcionales, su biomasa se muestra en la Tabla 2.

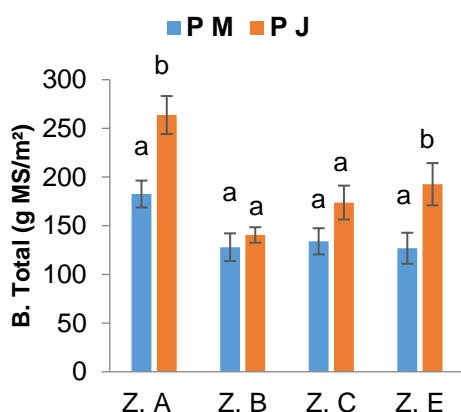


Figura 2. Producción de pasto (g MS/m²) en áreas pastadas en mayo (PM) y junio (PJ). Letras distintas muestran diferencias significativas entre M y J en cada zona. ES de las medias

Tabla 2. Biomasa (g MS/m²) de los grupos funcionales en áreas pastadas en mayo (PM) y junio (PJ)

Zonas	Graminoides		Leguminosas		Otras	
	P M	P J	P M	P J	P M	P J
Z. A	138,5a	226,9b	11,8a	7,7a	32,3a	28,8a
Z. B	73,3a	95,2a	12,6a	2,4b	41,9a	42,9a
Z. C	88,4a	131,7a	27,9a	5,1b	40,5a	36,9a
Z. E	126,6a	223,7b	0,1a	0,1a	0,2a	0,1a
PM-PJ	F=23;P<0,0001		H=4; P< 0,05		H=0,3;P=0,20	
Z	F=19,2;P<0,0001					
Z*PM-PJ	F=1,6;P=0,21					

Las gramíneas mostraron diferencia significativa y presentaron mayor biomasa en junio. Las leguminosas manifestaron diferencias significativas entre mayo y junio, mientras que el grupo de otras no presentó diferencias significativas entre los dos periodos. Hay que destacar las mayores cantidades del grupo otras en las áreas del encinar en relación a la zona E, tanto en mayo como en junio.

Áreas no pastadas: Mayo, junio y julio

La producción de pasto en áreas excluidas al pastoreo presentó diferencia significativa entre los muestreos de mayo, junio y julio (F₁₋₇₀=61,1; P<0,0001) de la zona (F₄₋₇₀=30,7; P<0,0001) y de la interacción de ambos factores (F₄₋₇₀=3,4; P<0,001). En los 3 muestreos, la producción más elevada se observó en la zona E, sin embargo, fue inferior a la de otros años (datos propios) debido a las escasas lluvias de este año y a la limitación del riego. La mayor producción de biomasa en todas las zonas se observó en julio, que mostró diferencias con respecto a la de mayo y junio en todas las zonas (Figura 3), excepto en la

zona A que no mostró diferencia entre junio y julio; al ser la zona más alta y más seca, el crecimiento de la vegetación en julio ya se habría ralentizado por un desarrollo más precoz de la vegetación. El incremento de biomasa en todas las zonas hasta el mes de julio estaría favorecido por la disminución de la vegetación seca en pie a lo largo del tiempo, por la fenología de distintas especies estivales y por la retención de humedad en el suelo debido a la cubierta de vegetación seca de años anteriores que se va acumulando.

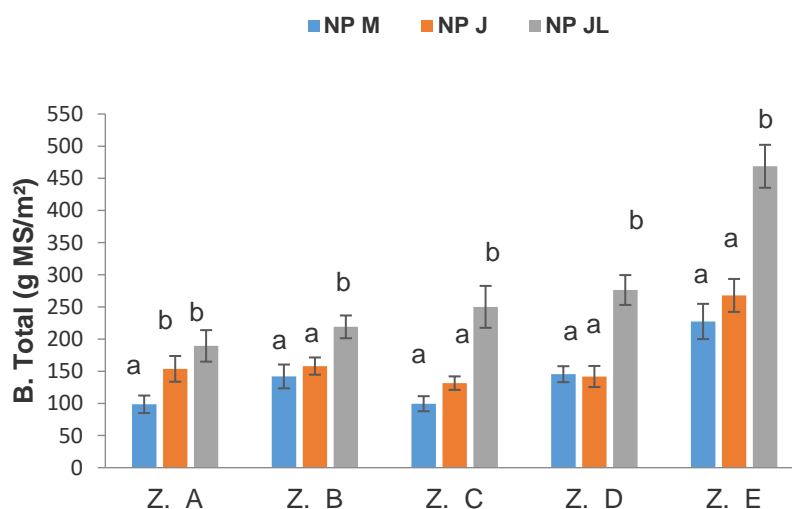


Figura 3. Producción de pasto en áreas excluidas al pastoreo. Letras distintas muestran diferencias significativas entre mayo (M), junio (J) y julio (JL) en cada zona. ES de las medias.

En relación a los grupos funcionales (Tabla 3). Las gramíneas prácticamente no mostraron diferencia significativa en ninguna de las zonas estudiadas entre mayo y junio, mientras que entre mayo y julio presentaron diferencias en casi todas ellas; por el contrario, entre junio y julio las dos zonas más elevadas del encinar no mostraron diferencias significativas. Las leguminosas muy escasas en los 3 meses de muestreo, sólo mostraron diferencias en la zona A y en la D de las fresnedas que es donde fueron más abundantes. El grupo de otras presentó en todas las zonas biomásas más elevadas en julio que en junio y que en mayo especialmente; las diferencias significativas se observan en la Tabla 3.

Tabla 3. Biomasa de los grupos funcionales (g MS/m²) en áreas no pastadas. Letras distintas muestran diferencias significativas entre mayo (M), junio (J) y julio (JL) en cada zona.

Zona	Graminoides			Leguminosas			Otras		
	NP M	NP J	NP JL	NP M	NP J	NP JL	NP M	NP J	NP JL
Z. A	80,1a	129,0ab	151,0b	3,3a	1,5b	0,1c	15,2a	23,2ab	33,7b
Z. B	123,7a	109,9a	163,0a	0,9a	0,8a	1,0a	16,5a	47,4b	54,9b
Z. C	85,0a	107,1a	175,9b	0,4a	0,01b	0,01b	13,7a	24,3a	74,1b
Z. D	138,4a	129,1a	237,6b	0,6a	1,9a	12,1b	6,4a	10,8a	26,5b
Z. E	138,4a	251,4a	446,5b	0,0a	0,0a	0,01a	3,7a	16,5b	22,2b
P-NP	F=39,34;P<0,0001			H=9,9;P<0,01			H=23;P<0,001		
Z	F=48,3;P<0,001								
Z*P-NP	F=4,1;P<0,01								

Vegetación seca en pie: Mayo, junio y Julio

Se evaluó la biomasa de vegetación seca en pie de años anteriores, que permanece en las áreas excluidas al pastoreo en 4 de las 5 zonas estudiadas. No se estimó en la zona E porque gran parte de ella se encontraba depositada en el suelo en distintos procesos de degradación debido a su humedad por el riego. La biomasa seca en pie fue mayor en mayo que en junio y julio (Figura 4), se observó efecto del mes de muestreo ($F_{1-56}=40,1$; $P<0,0001$), de la zona ($F_{3-56}=6,2$; $P<0,001$) y de la interacción de ambos factores ($F_{3-56}=3,9$; $P<0,01$).

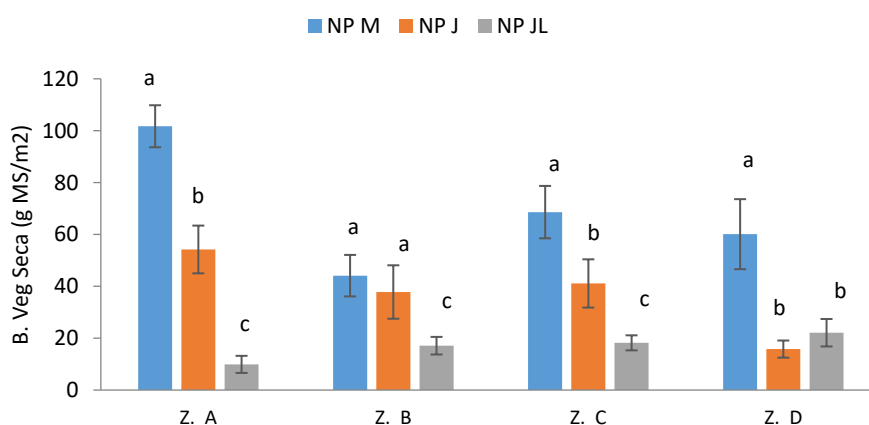


Figura 4. Vegetación seca en pie (g MS/m²) en las áreas excluidas al pastoreo. Letras distintas muestran diferencias significativas entre mayo (M), junio (J) y julio (J) en cada zona. ES de las medias.

En julio descendió considerablemente. Las diferencias parecen reflejar el desarrollo fenológico típico anual. Así en la zona A, tanto en mayo como en junio, se observó mayor producción herbácea en el área pastada, mientras que fue menor en el área excluida, posiblemente por la gran cantidad de vegetación seca en pie existente (Figura 4). Sin embargo, en las otras dos zonas del encinar la biomasa seca en pie fue bastante menor y no se observó diferencias significativas en la producción herbácea entre áreas pastadas y excluidas al pastoreo. En la zona B del encinar, es donde se obtuvo menos vegetación seca en pie, posiblemente porque es la zona donde más abunda el grupo otras en los 4 años de evaluación (2014-2017); estas plantas muestran mayor velocidad de descomposición que el de las gramíneas que presentó menor cantidad en la zona B que en el resto de las zonas.

CONCLUSIONES

En todos los meses de muestreo, en todas las zonas y tanto en áreas pastadas como no pastadas, las gramíneas fue el grupo funcional más abundante. Le siguió en importancia el de otras, seguido de las leguminosas, grupo, más abundantes en las áreas pastadas.

En mayo se observó un mayor efecto del pastoreo en la producción herbácea que en junio, donde el efecto fue menor al no mostrar diferencias el grupo funcional de otras.

Las diferencias de producción entre mayo y junio fueron menores en las áreas pastadas que en las excluidas al pastoreo, lo que sugiere que en dichas áreas el crecimiento de la vegetación es más tardío, quizá porque la vegetación seca en pie limitaría el crecimiento y la germinación.

Se puede concluir que el pastoreo favorece una mayor diversidad a escala de grupos funcionales, ya que la producción de leguminosas y el grupo de otras han sido mayores en áreas pastadas. Por otra parte, el pastoreo puede reducir el riesgo de incendios al evitar la acumulación de vegetación seca.

AGRADECIMIENTOS

El estudio forma parte de un proyecto de investigación del IMIDRA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Martínez T. y Álvarez A. (2016) Efecto del pastoreo sobre la vegetación herbácea: Producción de biomasa y calidad de pasto. En: Báez MD. *et al.* (Eds) *Innovación Sostenible en Pastos: hacia una Agricultura de Respuesta al Cambio Climático*, pp 27-32. Galicia. España: SEEP.

Rojo J., Rodríguez Rojo M.P., González Condado A., Vaquero C., Fernández-González F. y Pérez-Badia R. (2011) Valor pastoral de las comunidades vegetales presentes en el tramo toledano de la Cañada Real Segoviana. En: López Carrasco C. *et al.* (Eds.) *Pastos, paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI*, pp.139-146. Toledo: SEEP.

Pardo I., Daak F. D., García-González R. Gómez D. y Garcia M.B. (2015) Long-term response of plant communities to herbivore exclusion at high elevation grasslands. *Biodivers. Conserv.*, 24: 3033-3047.

HERBACEOUS PRODUCTION IN GRAZED AND GRAZING-EXCLUDED AREAS IN THE SIERRA DE GUADARRAMA MOUNTAIN RANGE, SPAIN

Summary.

Total production of grasslands and functional groups in grazed and ungrazed areas was studied in order to assess the effect of grazing. The effect of the sampling date on herbaceous production in grazed and grazing-excluded areas was also evaluated, along with the standing dry vegetation remaining from the previous year. The study was done in five different zones and in three sampling dates. In most of the studied zones, herbaceous production was higher or similar in the grazed than the grazing-excluded areas. The effect of the sampling date was less in the grazed than the grazing-excluded areas. Standing dry vegetation showed differences between sampling dates. Results suggest that grazing plays an essential role in the production and diversity to scale of functional groups, and favours the abundance of functional groups of pasture importance such as legumes and the group of other families.

Keywords: herbaceous production, grazing effect, sampling date, holm oak woodland.

21 AÑOS DE PRODUCCIÓN DE PASTOS HERBÁCEOS EN EL CIA “DEHESÓN DEL ENCINAR”, OROPESA, TOLEDO.

C. López-Carrasco Fernández¹, S. Roig Gómez²

¹ Servicio de Política Forestal y Espacios Naturales. JCCM. 45600 Talavera de la Reina. (España). ²Dpto de Sistemas y Recursos Forestales. U.P.M. 28040 Madrid.

Correspondencia: celialc@jccm.es

RESUMEN

Se analizan las variaciones interanuales de la producción de pastos herbáceos durante un período de 21 años en una dehesa del centro peninsular, aprovechada con ganado vacuno y carga ganadera moderada, en un gradiente de fertilidad. Se estudia la relación de variables climáticas como la temperatura media anual y mensual, temperatura mínima media y mensual y el número de días de heladas, durante el período octubre a abril, así como la precipitación anual, estacional y mensual, sobre la productividad de pastos herbáceos.

La variabilidad interanual de la producción se asocia a diferencias de precipitación entre años y primaveras en las zonas con diferente fertilidad, siendo la precipitación de diciembre más la de primavera, el mejor descriptor de dicha variabilidad. Las precipitaciones de otoño no influyeron en la producción anual de pastos. El frío invernal, medido como días de heladas acumulados en el periodo diciembre-enero, explicó parte de la variación de la producción pascícola en las zonas con fertilidad baja o intermedia, siendo febrero, el mes que más influyó en las zonas de mayor fertilidad.

Palabras clave: dehesa toledana, precipitación, heladas, ganadería extensiva.

INTRODUCCIÓN

La gran variación temporal y espacial de la producción pascícola en la dehesa, dificulta predecir los recursos disponibles para la alimentación del ganado y por tanto, establecer las cargas ganaderas que permitan compatibilizar el aprovechamiento y la conservación de los hábitats incluidos en la Directiva Europea, (Directiva Hábitat 92/43/CEE). La falta de información a escala local y de finca, complica establecer el límite de carga ganadera, actualmente establecido por debajo de 2,4 UGM/ha, para la concesión de nuevas licencias a las explotaciones en extensivo, teniendo como único criterio la contaminación por nitratos y obviándose la capacidad productiva de los pastos, (Díaz *et al.*, 2014).

La falta de series temporales largas de la producción pascícola (Gea-Izquierdo, 2008), a excepción de los trabajos realizados por Vázquez de Aldana *et al.* (2008) en Salamanca y Lozano-Parra *et al.*, (2014), dificultan fijar las cargas ganaderas óptimas en dichas explotaciones. Desde 1986 hasta 2013, la línea de investigación sobre mejora de pastos en la dehesa, desarrollada en el CIA “Dehesón del Encinar” (Oropesa), ha permitido contar con una serie temporal de 21 años de datos sobre producción pascícola, obtenida bajo condiciones reales de explotación con vacuno para la producción de terneros.

En este trabajo presentamos un primer análisis de la influencia de las características meteorológicas del año en distintas condiciones de fertilidad del suelo sobre la productividad de pastos herbáceos en una dehesa del centro peninsular.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el “CIA Dehesón del Encinar”, Oropesa, Toledo, en una superficie de 160 ha de dehesa de encina, con relieve ligeramente ondulado y una elevación media de 330 m.s.n.m. El clima es continental mediterráneo, con una alta variabilidad estacional e interanual de las precipitaciones. En el período analizado (1990-2012), la precipitación media anual fue 599 ± 189 mm (media \pm desviación estándar), y la temperatura media anual fue $14,9 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$, variando entre $6,4 \pm 1,4^{\circ}\text{C}$ en enero y $25,1 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ en julio. Las características edáficas se corresponden con la de un suelo franco-arenoso y ácido, con bajo contenido en MO, N, P y K, dominando las especies de pastos anuales típicos de las dehesas mediterráneas. Toda la superficie estuvo pastoreada con vacuno Avileño-Negro Ibérico en extensivo, con una carga ganadera moderada de 0,3 vacas/ha y año.

La producción de pasto se estimó mediante el empleo de 31 jaulas de exclusión de 2m² de superficie interna, que fueron distribuidas en 1990 en zonas abiertas, teniendo en cuenta la representatividad de las distintas zonas en función de la topografía del terreno. Se utilizó el método de incrementos positivos de la materia seca (Sight *et al.*, 1975), con al menos dos muestreos/año, al final del invierno y final de primavera (coincidiendo con el pico de máxima producción). Dentro y fuera de cada jaula de exclusión, se segaron cuatro

unidades de muestreo de 50 x 50 cm, tres de ellas para estimar la producción de hierba, mediante desecación en estufa de aire forzado a 80°C durante 24 horas y pesaje posterior y la cuarta, para evaluar la composición florística.

La variabilidad temporal y espacial de la productividad de pastos herbáceos se analizó mediante un ANOVA de medidas repetidas, considerando el efecto año y la fertilidad del suelo, con tres niveles: menor (Z1), intermedia (Z2) y mayor (Z3), así como la interacción entre los factores año x fertilidad. Se utilizaron los datos de las variables climáticas y meteorológicas: temperatura media anual y mensual, temperatura mensual media de las mínimas, número de días de heladas en los meses de octubre a abril, precipitación media anual, estacional y mensual, registrados en la estación meteorológica de la finca. La relación entre estas variables y la producción anual de materia seca se estudió mediante análisis de regresión lineal. La comparación entre medias se realizó mediante el test LSD y se utilizó la transformación logaritmo para cumplir con los requerimientos del ANOVA; en el caso contrario se utilizó estadística no paramétrica (test Kruskal-Wallis). Para una mejor comprensión, los datos se expresan en g/m², aunque se haya empleado la transformación logarítmica. El nivel de confianza fue del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Figuras 1 y en Tabla 1, se exponen los datos climáticos y meteorológicos registrados en la estación del CIA “Dehesón del Encinar” en el período 1990 a 2012.

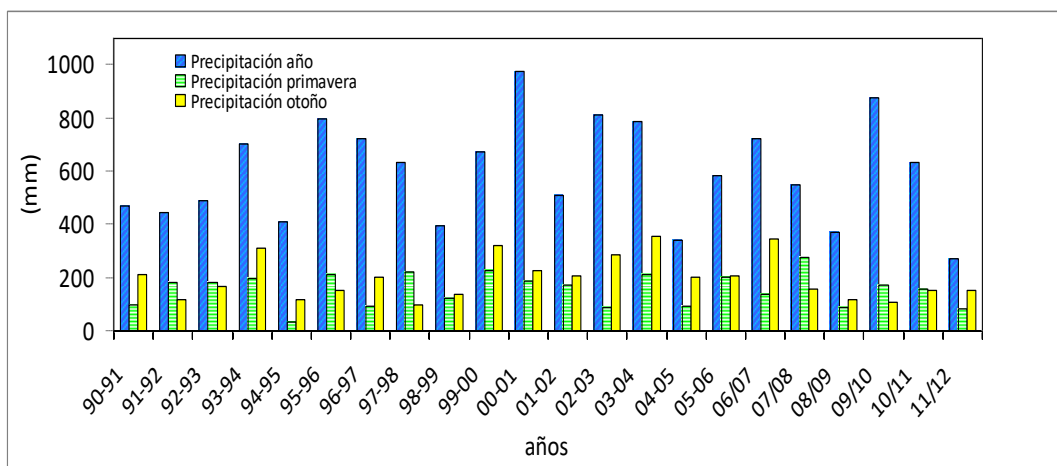


Figura 1. Variación interanual de las precipitaciones en el área de estudio.

Tabla 1. Características climáticas y meteorológicas del área de estudio 1990 a 2012.

	media	mínima	máxima	CV (%)
Precipitación año (mm)	599	274	976	32
Precipitación primavera (mm)	158	36	279	39
Precipitación otoño (mm)	199	101	358	40
Precipitación invierno (mm)	209	31	560	74
Precipitación verano (mm)	33	2	108	88
Temperatura media anual (°C)	15,2	14,3	16,0	3,0
Temperatura media anual de las máximas (°C)	22,3	21,2	24,1	3,3
Temperatura media anual de las mínimas (°C)	8,1	6,5	9,3	9,5

CV: coeficiente de variación

Los años y las estaciones fueron muy diferentes en cuanto a condiciones meteorológicas se refiere (Figura 1), registrándose años muy secos (<50% de la precipitación media), secos (<75% de la media), medios, húmedos (>125% de la media) y muy húmedos (>150% de la media), lo que se reflejó en la alta variabilidad y diferencias de producción de unos años a otros ($F_{(20,340)}=27,6$; $p<0,001$) (Figura 2) y en las distintas zonas ($F_{(2,17)}=39,6$; $p<0,001$) (Figura 3), siendo la interacción año-zona significativa ($F_{(40,34)}=1,8$; $p<0,004$), por lo que repetimos el análisis considerando las distintas zonas de manera independiente.

La media de producción herbácea fue de 193 g/m², valor superior a 144 g/m², valor medio de referencia para las dehesas del SO, (Olea *et al.*, 1990 y más próximo al valor de 200 g/m² referido por Gómez y Calabuig (1992), para la dehesa salmantina. El valor mínimo medio fue 65,2 g/m² y el máximo medio 357,3 g/m², siendo los valores mínimo y máximo registrados en todo el período de 17,2 g/m² y 806,3 g/m². Estos resultados apoyan el valor recomendable de carga ganadera en 0,5 UGM/ha y año, ya propuesto en un trabajo anterior de cuatro años de duración (López-Carrasco *et al.*, 2002).

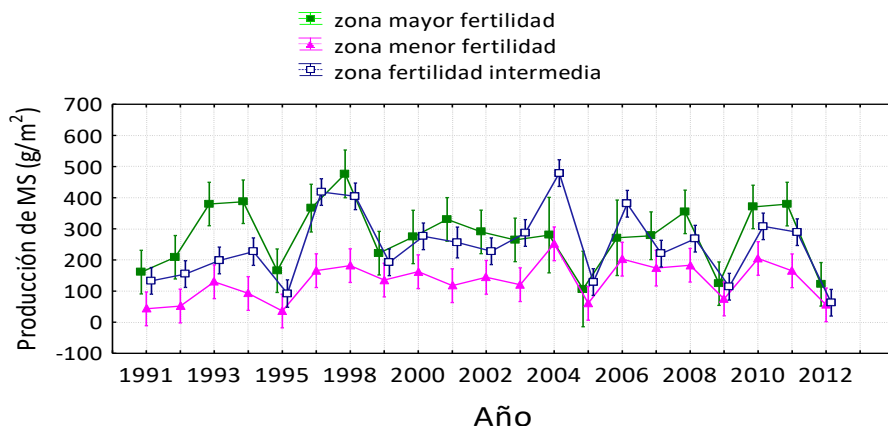


Figura 2. Variación interanual de la producción de pastos herbáceos.

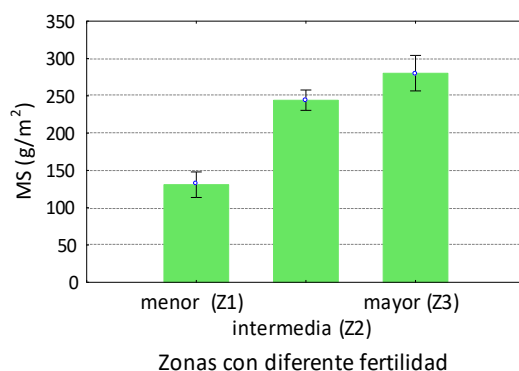


Figura 3. Producción media de pastos herbáceos en zonas con diferente fertilidad.

Los resultados de los análisis de suelo en otoño de 1993 (Tabla 2), confirman las diferencias entre las zonas al inicio del experimento. González *et al.* (2012), encontraron relación positiva y significativa entre los contenidos de N, P, K y MO con la productividad de pastos en las dehesas extremeñas. En general, la fertilidad es baja en todas las zonas, con valores de MO inferiores a los obtenidos por Vázquez de Aldana *et al.* (2008), tanto en zonas altas de ladera como en zonas de vaguadas (3,5% vs 5,7%), sin embargo, nuestros resultados de producción herbácea en las distintas zonas (Z1:132 g/m², Z2:244 g/m² y Z3:276 g/m²), han sido similares a los suyos.

La variación interanual de la producción sigue la misma tendencia en todas las zonas, (Figura 3) según los análisis de regresión entre zonas pareadas: Z1-Z2 ($r^2= 0,75$; $p<0,0001$),

Z1-Z3 ($r^2 = 0,56$; $p < 0,0001$), y Z2-Z3 ($r^2 = 0,66$; $p < 0,0001$), coincidiendo con los resultados de Vázquez de Aldana *et al.* (2008), aunque en nuestro caso los CV en cada zona fueron más bajos (Z1= 46,4%, Z2= 46,8% y Z3= 35,6%), posiblemente debido a la menor variabilidad espacial del área analizada, que en nuestro caso se limitó a una finca.

Tabla 2. Características edáficas de las zonas analizadas.

	%MO	pH	%N	P(ppm)	K(meq/100g suelo)
ZONA 1	0,83 (a)	5,9	0,048 (a)	3,6 (a)	0,10 (a)
ZONA 2	0,67 (a)	5,8	0,044 (a)	13,6 (c)	0,15 (b)
ZONA 3	2,01 (b)	5,8	0,15 (b)	7,8 (b)	0,26 (c)
estadístico	$H_{(2,31)} = 5,7$	$F_{(2,28)} = 0,3$	$H_{(2,31)} = 6,4$	$H_{(2,31)} = 12,9$	$H_{(2,31)} = 5,0$
significación	$P = 0,058$	$P = 0,74$	$P = 0,04$	$P = 0,002$	$P = 0,08$

En la misma columna, valores con letra diferente denotan diferencias significativas. H: estadístico Kruskal-Wallis

En relación a la influencia de las condiciones climáticas y meteorológicas sobre la producción herbácea, en la zona de baja fertilidad, sólo la precipitación del año acumulada ($r^2 = 0,35$; $p < 0,005$) y la precipitación de primavera ($r^2 = 0,48$; $p < 0,0001$), estuvieron relacionadas con la producción anual de materia seca. En las zonas Z2 y Z3, (Figura 4) la suma de la precipitación de diciembre y primavera, fue el mejor predictor de la producción de pastos ($r^2 = 0,63$; $p < 0,0001$; $r^2 = 0,70$; $p < 0,0001$), siendo más dependientes de las precipitaciones, especialmente la Z3, en la que también encontramos relación positiva con la precipitación del mes de mayo ($r^2 = 0,37$; $p < 0,003$). No encontramos relación significativa entre las precipitaciones de otoño con la producción anual en ninguno de los casos.

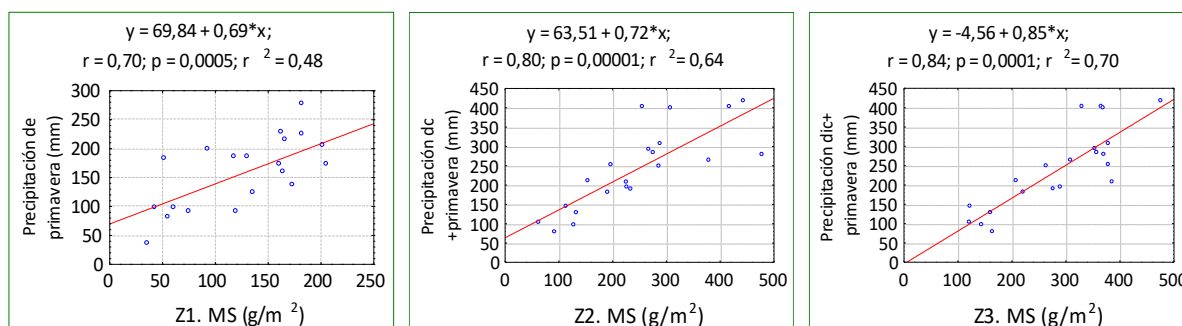


Figura 4. Relación entre la precipitación y la producción de pastos en cada zona con distinta fertilidad. Z1 menor fertilidad, Z2 fertilidad intermedia y Z3 mayor fertilidad.

Otro factor relevante en la producción es el frío invernal, puesto que por debajo de 7,5°C el crecimiento de las plantas se detiene (Ortega *et al.*, 1993) y pequeñas variaciones de la temperatura invernal pueden afectar a su productividad (Naveh, 1982).

El número de días con heladas fue la variable que mejor explicó la variación de la producción (Figura 5), aunque el período fue distinto según la zona: enero en Z1 ($r^2= 0,30$; $p<0,01$), diciembre más enero en Z2 ($r^2=0,50$; $p<0,0007$) y más febrero en la zona Z3 ($r^2= 0,43$; $p<0,0025$), en esta zona también encontramos relación negativa entre la temperatura media de mayo y la producción anual ($r^2= 0,35$; $p=0,005$). El retraso en la elevación de temperaturas en mayo y por tanto la menor evapotranspiración, habría permitido el alargamiento del ciclo productivo en la zona más fértil.

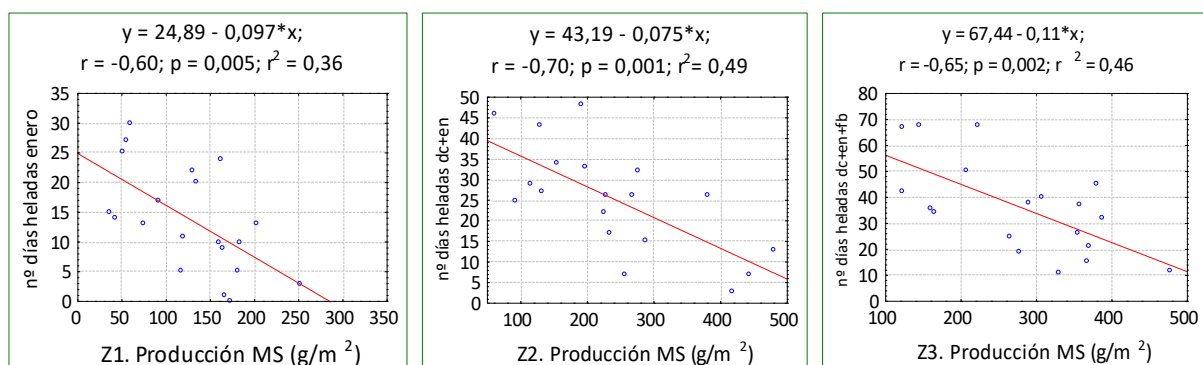


Figura 5. Relación entre el número de días con heladas y la producción de pastos herbáceos en cada zona: Z1 menor fertilidad, Z2 fertilidad intermedia y Z3 mayor fertilidad.

La composición florística de los pastos es diferente según su posición topográfica (Vázquez de Aldana *et al.*, 2008), en las zonas de vaguada, con mayor disponibilidad de agua y nutrientes su fenología se retrasa (Ortega *et al.*, 1993) y las especies son más productivas que las de las zonas más pobres, pero por otra parte, también se verían beneficiadas por la disponibilidad de agua al final de la primavera, en mayo, cuando las especies de las zonas altas ya habrían acabado su ciclo vegetativo.

Este comportamiento diferencial de la producción según la fertilidad, subraya la importancia de la estructura en mosaico de las distintas comunidades herbáceas, adaptadas a las diferentes condiciones de crecimiento que impone el relieve y puede

suponer cierta capacidad de responder a alguno de los efectos previstos por el cambio climático.

CONCLUSIONES

La variabilidad interanual de la producción de pastos herbáceos refleja la variabilidad de las precipitaciones en primavera y la influencia del invierno, mediante la precipitación del mes de diciembre y los días de heladas en diciembre, enero y febrero. La tendencia de la variación es similar en las tres zonas con distinta fertilidad, pero de distinta magnitud. La media de producción herbácea ha sido 199 g/m², y por tanto, la carga ganadera aceptable debería ser inferior a 0,5 UGM/ha año, aunque podría variar ligeramente en función del relieve de las fincas, puesto que en las zonas de peor fertilidad la producción de pasto es la mitad de la obtenida en las zonas de mayor fertilidad. En cualquier caso, la capacidad de carga de los pastos herbáceos en estas dehesas frías, está muy alejada de la actualmente permitida de 2,4 UGM/ha año.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Díaz C., Rodríguez V., Sánchez M., Ruz J.M., Hervás C. y Mata C. (2014) *Estudio de los pastos en Andalucía y Castilla-La Mancha y su aprovechamiento racional con ganado ecológico*. Asociación Valor Ecológico-Ecovalia.
- Gea-Izquierdo, G. (2008) Modelos silvopascícolas en sistemas adehesados del Oeste de la Península Ibérica. Tesis Doctoral. E.T.S.I. Montes. U.P.M. Madrid.
- Gómez J.M. y Calabuig E. (1992) Producción de praderas y pastizales. En: Junta de Castilla y León. (eds) *El libro de las dehesas salmantinas*, pp. 489-536. Valladolid, España.
- González F., Schnabel S., Prieto P.M., Pulido-Fernández M., y Grajera-Facundo J. (2012) Producción de los pastos en la dehesa y su relación con la precipitación y el suelo. En: Canals R. et al. (eds) *Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción*, pp. 37-43. Pamplona, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- López-Carrasco C., Robledo J.C., Ovejero I. y Daza A. (2002) Efecto de la disponibilidad de pasto sobre las variables productivas de vacas Avileña-Negra Ibérica en el ecosistema de la dehesa. En: Chocarro C. et al. (eds.) *Producción de pastos, forrajes y céspedes*, pp. 469-474, Lérída, España. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- Lozano-Parra J., Maneta M.P. y Schnabel S. (2014) Climate and topographic control on simulated pasture production in semiarid Mediterranean watershed with scattered tree cover. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 18, 1439-1456.

- Naveh Z. (1982) The dependence of the productivity of a semi-arid mediterranean hill pasture ecosystem on climatic fluctuations. *Agriculture and environment*, 7, 47-61.
- Olea L., Paredes J. y Verdasco P. (1990) Características y producción de los pastos de las dehesas del S.O. de la Península Ibérica. *Pastos*, 20-21 (1-2), 131-156.
- Ortega M., Levassor C., Casado M.A. y Peco B. (1993) Phenological organization of mediterranean pastures in different environments studied through diversity parameters. *Anales de Biología*, 19, 105-120.
- Sight J.S., Lauenroth W.K. y Steinhorst R.K. (1975) Review and assessment of various techniques for estimating net aerial primary production in grassland from harvest data. *Bot. Rev.* 41, 181-232.
- Vázquez de Aldana B.R., García-Ciudad A. y García-Criado B. (2008) Interannual variations of above-ground biomass and nutritional quality of Mediterranean grasslands in Western Spain over 20-year period. *Australian Journal of Agricultural Research*, 59, 769-779.

**PASTURE PRODUCTIVITY OVER 21 YEARS IN THE CIA “DEHESÓN DEL ENCINAR”,
OROPESA, TOLEDO.**

Summary

We study the interannual variations of grasslands pastures during a 21 years period in a dehesa of Central Spain, grazed by extensive cattle and a moderate stocking rate in a gradient of three quality zones (through differences among topography and fertility). The relationship of herbaceous yield and climatic variables such as annual mean temperatures (annual and monthly) minimum temperatures or number of days of with frost is analyzed. Interannual herbaceous yield is related with annual and spring precipitation (specially the sum of December and spring rain), depending on the fertility characteristics of the locations. Autumn precipitation has no influence on grasslands production. Winter temperatures, primarily number of frost days in the December-January period, also explain the variability of pastures yield in low or medium quality sites; on the contrary, February climatic characteristics most affect the grasslands production in high quality locations.

Key words: Central Spain agroforestry systems, precipitation, frost, extensive lives

VALORACIÓN DE LA PRODUCCIÓN FORRAJERA DE CANTABRIA INTEGRANDO MODELOS DE ALTA RESOLUCIÓN CLIMÁTICA Y DE PRODUCCIÓN DE PASTO

J. Busqué^{1*}, D. San Martín², J. Bedia²

¹Centro de Investigación y Formación Agrarias (CIFA). c/Héroes 2 de mayo 27, 39600

²PREDICTIA. Avda. de los Castros s/n. I+D S345. Santander, 39005. Cantabria

*Correspondencia: juanbusque@cifacantabria.org

Resumen

La evaluación de la producción forrajera de territorios extensos a escalas espaciales y temporales de alta resolución es de gran interés económico en los sistemas ganaderos ligados a los pastos. En este trabajo presentamos algunos resultados de una nueva metodología al respecto que integra modelos estadísticos de interpolación de datos termo-pluviométricos en una rejilla de 1km, con el uso del modelo de simulación PUERTO para estimar una productividad forrajera tipo en toda la región de Cantabria. Las comparaciones de producción forrajera anual, estacional y mensual recientes con los de un periodo de referencia largo (1981-2010), permiten evaluar objetivamente las zonas y periodos donde se dan producciones anómalas, así como sus causas (estrés hídrico, temperaturas extremas). Se discute el interés de integrar esta metodología con una red permanente de localidades de medición en campo y con modelos estadísticos basados en teledetección.

Palabras clave: termo-pluviometría, modelo PUERTO, productividad primaria, sequía, teledetección.

INTRODUCCIÓN

La estimación precisa y rápida de la productividad forrajera a escalas espacio-temporales adecuadas puede ser muy útil para la toma de decisiones en las explotaciones ganaderas basadas en pastos y para las administraciones que gestionan las políticas del sector (Chang *et al.*, 2015). Una vía paralela y complementaria a la estima de productividad de pasto mediante teledetección y predictores como el NDVI o el EVI (Escribano *et al.*, 2014), es el uso de modelos mecanísticos de simulación de la dinámica de los pastos alimentados por datos climáticos.

PUERTO es uno de estos modelos, capaz de predecir la dinámica de crecimiento, senescencia y descomposición de distintos tipos de pasto según las condiciones diarias del suelo, el clima y la herbivoría (Busqué, 2014). Para utilizar estos modelos en territorios extensos es necesario disponer de datos termo-pluviométricos diarios a una escala espacial

suficiente para recoger la variabilidad micro-climática, generalmente fruto de la orografía y la distancia a grandes masas de agua (Gutiérrez *et al.*, 2010).

Los avances en computación y técnicas estadísticas de interpolación y aprendizaje, permiten generar “rejillas climáticas” de gran resolución a partir de observaciones puntuales y, con sus resultados, alimentar modelos dinámicos de producción de pasto. La simulación continua de esta producción durante muchos años permite, asimismo, obtener su distribución para periodos de referencia bien establecidos (p.ej. el mismo utilizado para el cálculo de climatologías por la WMO (World Meteorological Organization): actualmente los [años 1981 a 2010](#)). De esta manera es posible evaluar de forma objetiva la anomalía en la producción de un periodo reciente respecto a dicho periodo de referencia.

El objetivo del presente trabajo es aunar los resultados de un modelo estadístico termo-pluviométrico de Cantabria de gran resolución, con el modelo de simulación dinámico PUERTO, para finalmente relacionar, para un mismo tipo de tipo de pasto y manejo, la producción de pasto en distintos periodos de los últimos años respecto a su distribución en el periodo de referencia 1981-2010.

MATERIAL Y MÉTODOS

Modelo termo-pluviométrico de Cantabria

Con el objetivo de generar escenarios regionales de cambio climático hasta 2100, el grupo de meteorología y cambio climático de la Universidad de Cantabria modelizó, mediante técnicas geoestadísticas y con las observaciones meteorológicas disponibles de 1950-2003, datos diarios de precipitación y temperaturas (mínima, media y máxima) desde 1973 a 2003 de una rejilla regular de 1km que cubría toda la región (Gutiérrez *et al.*, 2010). En una primera fase, los autores interpolaron vía “kriging” los datos de las estaciones meteorológicas de y próximas a Cantabria a una resolución de 10km. Posteriormente construyeron un modelo de regresión con covariables relativas a aspectos orográficos y de distancia a la costa que permitió obtener predicciones diarias a la resolución de 1 km. A finales de 2017 se volvieron a recopilar los datos meteorológicos de AEMET de 2003 hasta noviembre de 2017 para actualizar el modelo.

Modelo de simulación PUERTO

El modelo PUERTO desarrollado en el CIFA tiene la función principal de emular el funcionamiento del pastoreo en pastos complejos en cuanto a tipos de vegetación y ganado, como son los pastos comunales característicos del norte de España (Busqué, 2014). Para este trabajo se utilizó PUERTO considerando un escenario sencillo: un solo tipo de pasto dominado por una especie de alto valor forrajero y productividad, equivalente al raigrás inglés (*Lolium perenne*), un suelo de textura franca de 50 cm de profundidad y ausencia de pastoreo. Se contempló la realización de siega y retirada del forraje cosechado cada vez que la biomasa verde en pie superase los 2.000 kg MS ha⁻¹. También se simuló una siega el último día de cada año para permitir unas condiciones de pasto idénticas al comienzo de cada año. Después de las siegas también se simuló un aporte de abono orgánico equivalente al nitrógeno existente en el forraje cosechado previamente. Este escenario se simuló día a día desde el uno de enero de 1977 hasta el 30 de noviembre de 2017 (14.943 días), y para las 9.048 cuadrículas de 1km² con datos termo-pluviométricos de Cantabria y un margen estrecho a su alrededor.

Los resultados de crecimiento diario del pasto obtenidos con PUERTO se agruparon por año (de enero a noviembre), estación o mes. La serie anual, estacional o mensual del periodo 1981-2010 sirvió como referencia para evaluar la productividad forrajera de los años posteriores (2011-2017), utilizando los percentiles del crecimiento del pasto como variable de valoración. El análisis y representación gráfica de los datos se realizó con las librerías *data.table* y *ggplot2* del programa estadístico R (R core team, 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El crecimiento anual de pasto mostró variaciones importantes entre años respecto a su distribución de valores para el periodo 1981-2010. En los últimos tres años (figura 1) se observaron diferencias de producción claras entre comarcas de Cantabria. En todos los años se produjeron valores muy bajos de crecimiento (cuartil 0-25%) en algunas zonas: en 2015 en la montaña media cantábrica y zonas puntuales de litoral, en 2016 en Campoo y la Cordillera Cantábrica, y en 2017 en parte de Liébana y Campoo. Este último año fue

especialmente llamativo por los fuertes contrastes entre la baja producción forrajera en estas zonas del interior y los crecimientos anuales de pasto muy superiores a la media en casi todo el resto de la región.

Los descensos acusados de producción anual forrajera se pueden analizar en detalle a partir de los datos estacionales (figura 2). Las zonas con bajos valores de producción anual en 2017 tuvieron bajos valores en primavera, verano y otoño. En este mismo año, la baja productividad primaveral de la montaña media central se compensó con valores por encima de la media en verano y otoño. En la realidad, dependiendo del sistema ganadero y de los tipos de pasto, la flexibilidad o compensación estacional en la producción forrajera no siempre se acompaña de flexibilidad en los aprovechamientos. Así, los pastizales, y aún más los pastos de puerto, todos ellos aprovechados a diente y alejados de las explotaciones, son menos flexibles en su utilización temporal que las praderas y prados que se siegan y están más cerca de la explotación. Estos factores deben ser tenidos en cuenta cuando se interpretan los valores anuales y estacionales de la producción forrajera relativa.

En la mayor parte de los casos, las producciones forrajeras situadas en el primer cuartil del periodo de referencia respondieron a condiciones de estrés hídrico, como se deduce de los bajos valores del factor de humedad del modelo PUERTO. Estos resultados concuerdan con las manifestaciones del sector ganadero en los últimos años respecto a la grave disminución en la producción forrajera por sequía. Aunque a nivel científico se han estudiado estas relaciones en el área de trabajo (Bedía y Busqué, 2013), lamentablemente no se dispone hasta el momento de ningún sistema en la región para cuantificar adecuadamente en campo o por otros métodos alternativos al expuesto la productividad de los pastos. El uso de modelos estadísticos basados en teledetección, aun formando parte ya del sistema de valoración de sequía en pastos para el sistema de seguros español (Escribano *et al.*, 2014), no parece todavía capaz de predecir de forma fiable la producción de los pastos templados con dominancia de herbáceas perennes (Barrachina *et al.*, 2009).

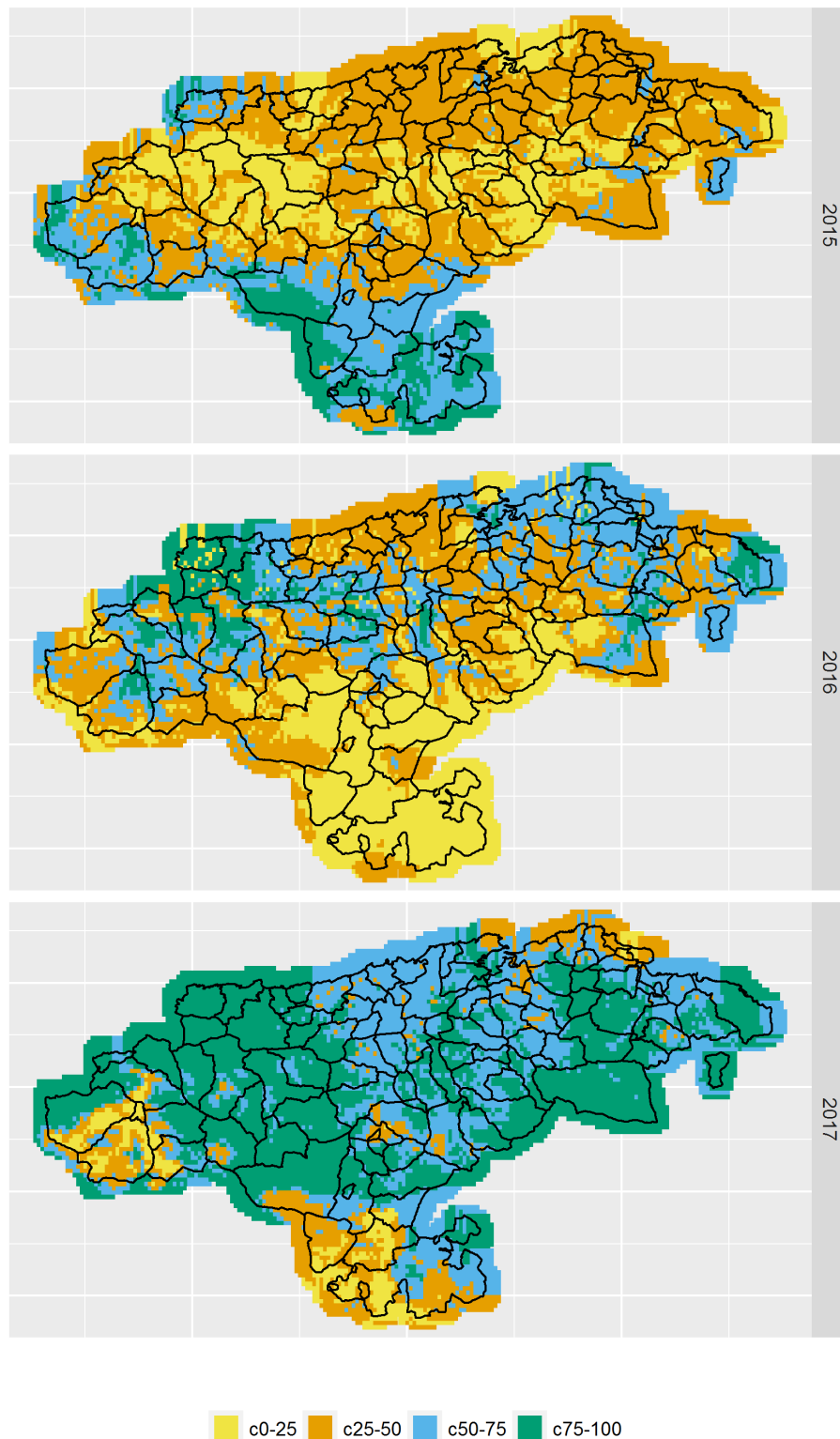


Figura 1. Valores predichos de crecimiento acumulado de pasto de enero a noviembre en celdas de 1km² de Cantabria, y expresados como cuartiles (0-25%; 25-50%; 50-75% y 75-100%) respecto al periodo de referencia 1981-2010. Cada mapa corresponde a uno de los tres últimos años.

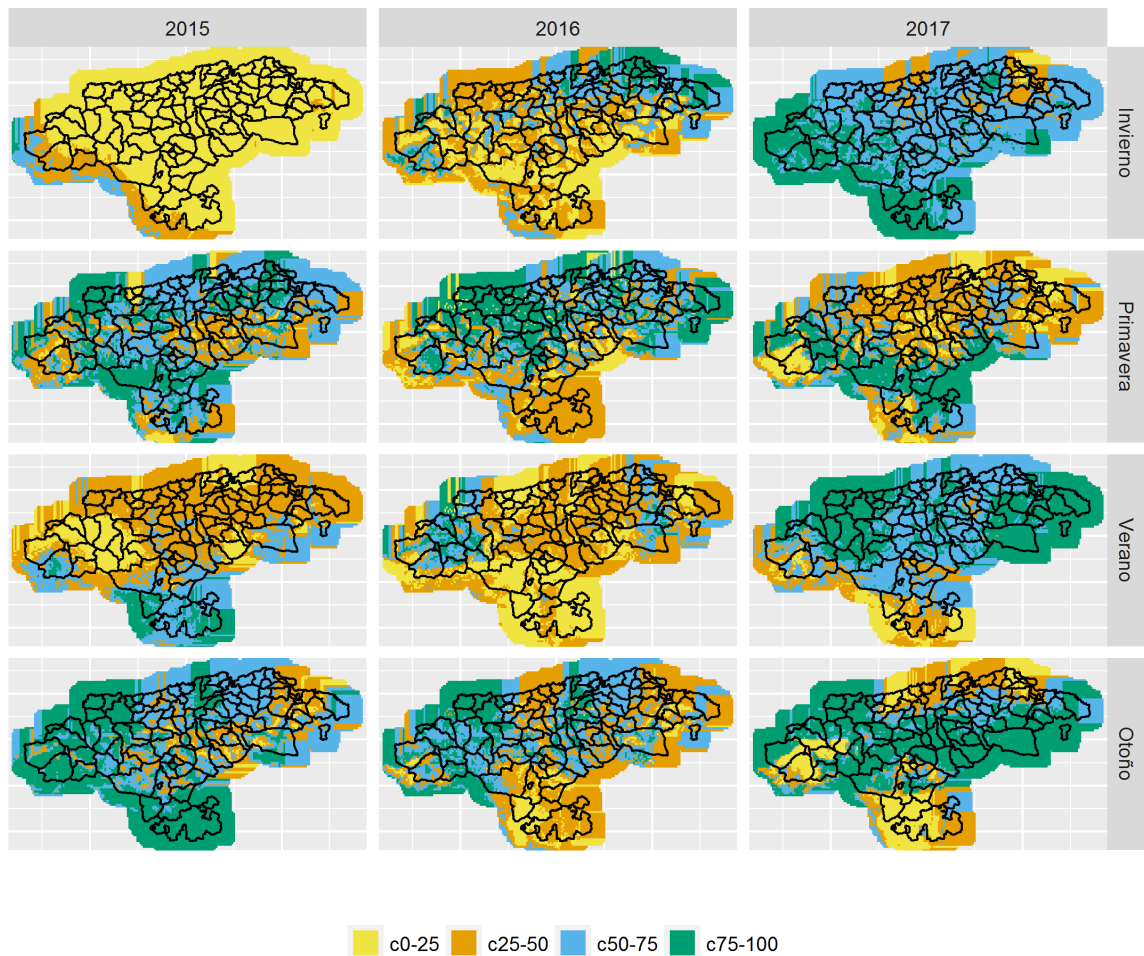


Figura 2. Valores predichos de crecimiento acumulado de pasto en cada estación del año (filas) para los tres últimos años (columnas), en celdas de 1km², para toda Cantabria, y expresados como cuartiles (0-25%; 25-50%; 50-75% y 75-100%) respecto al periodo de referencia 1981-2010.

Por otro lado, también es manifiesta la ausencia de una red de localidades donde medir con una metodología común la productividad de pastos en la mayoría de regiones y países de Europa (Elsaeser *et al.*, 2015). Esta red, además de su importancia de estimación directa y objetiva, podría también servir para mejorar el funcionamiento de modelos basados en teledetección y mecanísticos como PUERTO.

CONCLUSIONES

La integración de un modelo geoestadístico climático y el modelo mecanístico PUERTO para predecir producción forrajera diaria en áreas extensas y complejas como Cantabria a lo largo de muchos años ha permitido cuantificar dónde y cuándo tienen lugar producciones por debajo de lo normal causadas por la sequía. La integración de estas herramientas con otras como la teledetección y las redes de seguimiento en campo permitirían en el futuro mejorar las predicciones.

AGRADECIMIENTOS

A la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) por la aportación de los datos diarios de temperaturas y precipitaciones de sus estaciones meteorológicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrachina M., Cristóbal J., Tulla A. y Pons X. (2009). Análisis de la producción de biomasa de los prados y pastos de La Vall Fosca (Pirineo Axial – Nogueres). En: Montesinos S. y Fernández L. (eds) *Teledetección, agua y desarrollo sostenible*. XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección.
- Bedia J. y Busqué J. (2013). Productivity, grazing utilization, forage quality and primary production controls of species-rich alpine grasslands with *Nardus stricta* in northern Spain. *Grass and Forage Science* 68, 297-312.
- Busqué J. (2014). De la investigación a la práctica: herramientas para gestionar la ganadería de montaña y los pastos comunales de Cantabria dentro de la Política Agraria Común. *Pastos* 44(1), 6-42.
- Chang J., Viovy N., Vuichard N., Ciais P., Campioli M., Klumpp K., Martin R., Leip A. y Soussana J.F. (2015). Modeled changes in potential grassland productivity and in grass-fed ruminant livestock density in Europe over 1961-2010. *PLoS-One* 10(5): e0127554.
- Elsaeser M. , O'Donovan M., Peeters A., Hulin S. y Brandsma J. (2015). Benchmarking European grassland production at national and regional levels. *Informe del grupo focal de la Asociación Europea de Innovación sobre Pastos Permanentes*.
- Escribano J.A., Hernández C.G. y Tarquis A.M. (2014). Selección de índices de vegetación para la estimación de la producción herbácea en dehesas. *Pastos* 44(2), 6-18.
- Gutiérrez J.M., Herrera S., San-Martín D., Sordo C., Rodríguez J.J., Frochoso M., Ancell R., Fernández J., Cofiño A.S., Pons M.R. y Rodríguez M.A. (2010). *Escenarios regionales probabilísticos de cambio climático en Cantabria: termoplumiometría*. Gobierno de Cantabria – Universidad de Cantabria. 102 p. + mapas.
- R Core Team (2017). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Viena, Austria. <http://www.R-project.org/>.

RELATIVE EVALUATION OF FORAGE PRODUCTIVITY OF CANTABRIA THROUGH THE INTEGRATION OF HIGH RESOLUTION CLIMATIC AND PASTURE MODELS

Summary

Evaluation of regional forage production at high temporal and spatial resolutions is of high economic interest for pasture-based livestock farming systems. In this study we present some novel results of a modelling approach integrating a statistical model that interpolates temperature and precipitation observations at a 1 km grid, and a mechanistic simulation model of pasture dynamics, PUERTO, for the whole region of Cantabria (northern Spain). The comparisons of annual, seasonal and monthly predictions with those of a long reference period (1981-2010) allow for the objective evaluation of the areas and periods with anomalous forage productivities, as well as their potential driving factors (water stress, extreme temperatures). The interest of integrating this methodology with a permanent network of field measuring sites and with statistical models based on remote sensing is discussed.

Key-words: temperatures, rain, PUERTO simulation model, drought, remote-sensing.



SECCIÓN

SILVOPASCICULTURA Y GESTIÓN DE SISTEMAS PASTORALES

Sección de *Silvopascicultura y Gestión de sistemas pastorales.*
Ponencia.

BORREGUEROS, ARAGONESES PASTOREANDO POR EL OESTE AMERICANO.

C. Tarazona Grasa

Diputación General de Aragón.

Correspondencia: cartagra67@hotmail.com

Resumen

A mediados del pasado siglo XX, a partir de 1950, comenzó un éxodo migratorio que llevó al menos a unos 150 aragoneses aproximadamente, hasta tierras del lejano Oeste americano. Y lo hicieron para dedicarse al que quizás era el único trabajo que muchos de aquellos hombres sabían hacer: cuidar ovejas. En sus pueblos de origen, siendo todavía bien jóvenes, ya les habían encomendado el pastoreo de algún pequeño rebaño con el que aprendieron tan viejo como imprescindible oficio de nuestro medio rural. Este seguramente lo fueron compaginando con el de agricultor pues ambos constituían la base sobre la que basculaba la economía de infinidad de pueblos a lo largo y ancho de la geografía española. Ambas actividades se complementaban perfectamente y tal combinación se hizo en muchos casos más que necesaria pues por sí mismas, ninguna de estas dos actividades resultaba ser rentable.

Los años de la posguerra en España resultaron ser difíciles en cualquier rincón de una España que quedó seriamente tocada tras aquella contienda. La escasez de alimentos básicos, trabajos escasamente remunerados o falta de materiales y herramientas para la imprescindible reconstrucción, configuraron un paisaje donde el desánimo y las dificultades para todo el mundo resultaron ser, lamentablemente, más que habituales.

Ante aquella tesitura fue cuando a muchos pueblecitos de la comarca de La Jacetania (Huesca) llegó la noticia sobre la necesidad de mano de obra para trabajar como pastores en California (EE UU). Esta también llegó hasta pueblecitos de las Altas Cinco Villas (Zaragoza) así como a diferentes pueblos de la comarca del Jiloca (Teruel). La a priori buena noticia dejaba de serlo cuando todos los posibles interesados comprobaban que debían viajar nada menos que a otro continente. A pesar de la decepción inicial para muchos,

otros no dudaron en agarrarse a esa posibilidad pues estaba en juego tanto su propia supervivencia como también la de sus familias.

Casi al instante ya se enteraron de que trabajarían para algún ciudadano americano aunque de origen español y que el idioma no resultaría del todo limitante como pensaron inicialmente. Tan sólo se les exigía tener conocimientos pastoriles y esto, afortunadamente, era quizás lo único que estaban en condiciones de garantizar. Antes de tomar la decisión también preguntaron por la cuestión económica, factor más que importante siempre pero sobre todos durante aquellos años. El sueldo que se les prometió resultó ser en todos los casos más que atractivo, sobre todo si lo comparaban con los jornales que se pagaban en aquellos años de la posguerra en España.

Así fue como casi sin darse cuenta, muchos de estos aragoneses se vieron embarcados en la que seguramente resultaría ser, la aventura más intrépida de sus vidas. Debieron viajar hasta Elizondo, Valle de Baztán (Navarra) donde formalizaron toda una serie de trámites administrativos y burocráticos que, aun sin entender para qué servían, todos ellos cumplieron escrupulosamente. Cuando quisieron darse cuenta formaban ya parte de un nutrido grupo de jóvenes hombres, la mayoría de ellos navarros y vascos, a los cuales se les dieron unas claras instrucciones. Fueron llevados al tren y desde allí hasta el aeropuerto de Barajas en Madrid. Todos ellos seguramente con un nudo en la garganta por el temor a su nuevo trabajo, aunque también expectantes y preocupados pues muchos de ellos prácticamente nunca habían salido de su pueblo de origen.

Obviamente, ninguno de ellos había montado en avión y eso les provocó inseguridad y temor a partes iguales. La única experiencia de todos ellos era observar la estela que dejaban los aviones sobre los cielos pirenaicos y que ellos contemplaban con indiferencia mientras guardaban sus rebaños de ovejas. Una vez dentro del avión y durante el despegue, muchos de ellos se maldijeron a sí mismos por haber tomado aquella decisión pues el ruido de las turbinas conseguiría seguramente acabar de golpe con todas las ilusiones puestas en aquél viaje.

Una vez aterrizados en tierras californianas, en Los Ángeles principalmente, fueron repartidos en función de la ubicación del rancho del Patrón que les habían contratado. Todos ellos eran a su vez miembros de una asociación que englobaba a todos los rancheros del Oeste americano y que se denominó *Western Range Association* (WRA) cuya sede por esas fechas estaba en la población de Fresno (California). Todos los trámites que habían realizado en Elizondo antes de emprender el viaje, fueron canalizados por la WRA y entre ellos se incluía el preceptivo reconocimiento médico, un examen de conocimientos pastoriles y la firma del pertinente contrato de trabajo. Con todo esto en regla fue cuando el Consulado americano otorgó el preceptivo visado, imprescindible para entrar en el país americano. Así pues, bien puede decirse que en una época tan temprana como fueron los años 50 y 60 del pasado siglo XX, la WRA ya puso en práctica la contratación en origen que hoy en día tanto se echa en falta.

Prácticamente sin tiempo para bienvenidas, al día siguiente de su llegada todos ellos estaban ya en medio de la inmensidad del paisaje californiano al frente de un rebaño de un mínimo de dos mil cabezas. Fue a partir de entonces cuando comenzaron a experimentar en sus propias carnes determinadas cuestiones sobre las que nadie les había advertido ni contado nada. Tampoco ellos, llevados por la ilusión de los dólares que iban a cobrar mensualmente, repararon en toda una serie de cuestiones que acabaron manifestándose al mismo tiempo y casi de forma instantánea a cada uno de ellos.

Debieron pastorear en dos escenarios bien diferentes en función de la época del año. En la primavera lo hicieron alrededor de núcleos habitados pues con sus rebaños visitaban las enormes superficies de los numerosos ranchos de la zona. Allí aprovechaban, tras su recolección, los restos vegetales de cosechas que se extendían hasta los 60 u 80 acres. Este era el caso de ranchos completos en los que se habían recolectado aquellas bastas superficies donde habían crecido zanahorias, patatas, lechugas, pimientos, etc. Todos los restos eran aprovechados vorazmente por aquellos numerosos rebaños y eran días de pastoreo tranquilo y relajado. Una vez agotado aquél recurso eran llevados a zonas de pastos naturales en los inmensos paisajes del desierto de Mojave (California). Allí encontraron una especie, entre otras, muy apreciada por las ovejas la cual era familia de otra bien conocida por aquellos hombres que habían pastoreado en los ambientes monegrinos oscenses. Era una variedad del conocido localmente como sisallo (*Salsola vermiculada*) la cual también se daba en su variedad respectiva en California. Del resto de plantas autóctonas prácticamente no conocían ninguna, y por tanto, debieron aprender sobre la marcha si alguna de ellas al ser ingerida podía producir abortos, hinchamientos de panza o cualquier otro inconveniente. Afortunadamente para ellos, la presencia de especies problemáticas en este sentido fue más bien escasa según pude recabar de sus testimonios.

Aquí ya les tocó pasar largas jornadas totalmente solos en las que solamente veían, una vez a la semana, al *Campero*. Esta persona, contratada también por su patrón, tenía a su cargo diferentes pastores repartidos por el condado -equivalente a una comarca- a los cuales tenía que aprovisionar una vez a la semana de alimentos y víveres varios. Ninguno de ellos, cuando pensaron antes de marchar en los problemas que tendrían que afrontar, llegó a sospechar que la soledad acabaría conformándose en uno de sus principales enemigos en tierras californianas. Ese mismo aislamiento durante su primer contrato de tres años les impidió, entre otras cuestiones, aprender inglés. Esta soledad referida hacía totalmente innecesario tener que hablar con nadie y por tanto la necesidad de aprender el idioma autóctono.

Del mismo modo que no conocían las especies vegetales, tampoco tenían noción de las especies animales que poblaban aquellos escenarios, tanto desérticos como los montañosos que también recorrieron. Conocieron sobre la marcha la existencia de especies animales que podían poner en peligro ya no sólo la integridad física del rebaño, sino también la suya propia.

Así fue como aprendieron a identificar huellas o hasta sonidos y como descubrieron el sonido de advertencia de la abundante serpiente cascabel (*Crotalus scutulatus*), los aullidos del numeroso coyote (*Canis latrans*) o los gruñidos de los osos. Por falta de una, fueron hasta dos especies de osos con las que les tocó convivir, el oso negro (*Ursus americanus*) y el oso pardo americano o grizzly (*Ursus horribilis*). También compartieron escenario con el escurridizo puma (*Puma concolor*). Entre unas y otras fueron numerosísimas las bajas que tales especies produjeron en sus rebaños, bajas cuyo único responsable a todos los efectos no era otro más que el propio pastor.

Tampoco nadie les hizo reparar en otra cuestión casi tan importante como lo contenido en el anterior párrafo. Las especies de ovejas que conformaban aquellos rebaños eran al menos el doble de grandes que las de raza aragonesa, ojinegra o churra tensina de tierras aragonesas. Se trataba de ovejas que correspondían a especies como la rambouillet, suffolk o hampshire. Tal circunstancia tuvo unas connotaciones más que importantes para todos estos borregueros. Llegada la época de los partos, esta se complicaba sobre manera pues resultaban ser habituales los partos triples. Así pues, es fácil imaginar cuánto trabajo supondría la época de partos para un rebaño de unas dos mil hembras. Este se multiplicaba prácticamente por tres pues cada borreguero debía asegurarse que ninguna madre rechazara ninguno de sus tres corderos y que además todos ellos tetaran adecuadamente y con la frecuencia correcta. Cada uno de ellos pasó muchas noches enteras sin prácticamente dormir y malcomidos, ocupados únicamente en atender todos los partos del numeroso rebaño.

Una vez superado aquél agobiante periodo, el rebaño se dividía en varios más pequeños en función de las instrucciones del *Patrón*. A partir de ese momento los rebaños eran llevados a aquellos lugares donde este había arrendado nuevos pastos y comenzaba el periodo de cría de los corderos. Era este precisamente el que en verdad ponía a prueba las cualidades pastoriles de cada uno de aquellos borregueros. Esta quedaba demostrada al final del verano que generalmente era cuando los diferentes rebaños se juntaban nuevamente en el rancho. Era ese el momento de valorar dos cuestiones principalmente. Primero se trataba de ver cuál era el índice reproductor de cada uno de esos rebaños el cual se calculaba en función del número total de corderos que conformaba cada uno de ellos. Segundo y no menos importante que el anterior resultaba comprobar que borreguero había sido capaz de traer los corderos mejor alimentados, y por tanto, más gordos. Para despejar aquella duda eran los propios borregueros en liza quienes no dudaban en recurrir a pesar un número representativo de corderos de cada rebaño para comprobar tal extremo. Sin lugar a dudas, ambas variables eran más que suficientes para aclarar cuál o cuáles resultaban ser los mejores pastores de cada patrón. Aquella conclusión acababa influyendo a su vez de forma directa en la decisión que habría de tomar el mismo a la hora de renovar el contrato por otros tres años más al

borreguero en cuestión o bien hacer lo contrario y prescindir de sus servicios.

El periodo pastoril varió en cada caso. Unos borregueros apenas se adaptaron al cambio y ni tan siquiera concluyeron el primer contrato aunque fueron los menos. Otros repitieron una cifra variable de contratos que pudo variar desde los dos hasta los cinco o seis contratos trianuales. Unos antes y otros después, todos ellos acabaron obteniendo la anhelada tarjeta de residencia en EE UU, también conocida como *Green Card*. A partir de ese momento la inmensa mayoría abandonaron el oficio de borreguero y comenzaron a emplearse en otros trabajos. Si no lo hicieron antes fue porque las propias condiciones del contrato que tenían firmado así lo señalaban. A partir del momento del cambio pasaron de cobrar una media de 200 dólares al mes como borreguero a otros sueldos que como mínimo duplicaban y hasta triplicaban lo cobrado hasta entonces. Esta circunstancia es la mejor manera de comprobar que en aquellos años el oficio de pastor estaba muy mal considerado socialmente en el país norteamericano. Fue precisamente esa situación la que obligó a la WRA a contratar pastores fuera de sus fronteras y a traerlos de tierras navarras y vascas, lugar de procedencia a su vez de muchos de aquellos socios de la WRA.

A pesar de que pueda parecer a más de uno escaso el sueldo referido, basta hacer una comparación al respecto. Según testimonio de más de uno de aquellos borregueros aragoneses, ganaban más allá un mes cobrando 200 dólares que todo un año de trabajo en aquella España de posguerra. Debe tenerse en cuenta que a mediados de los años 60 del pasado siglo XX por un dólar se pagaban unas 70 pts. de media. Fue en esos otros empleos donde aquellos hombres en verdad comenzaron a hacer dinero en tierras americanas. Con el dinero ahorrado quienes regresaron finalmente consiguieron adquirir un piso en alguna ciudad grande como Pamplona, Huesca o Zaragoza pues para muchos de ellos este resultó ser su principal motivación al tomar la decisión de marchar a EE UU. Quienes se quedaron en aquel país siguieron ahorrando y trabajando hasta su jubilación. Varios de aquellos aragoneses consiguieron comprarse un rancho de unos 80 acres de media (32 ha) en los que cultivan alfalfa que recolectan y venden a las grandes explotaciones de vacuno de California. Algunos de esos ranchos que compraron estos aragoneses se ubican en otros estados del Oeste americano como Nevada y Washington.

En la actualidad casi todos ellos están jubilados y tienen arrendados dichos ranchos, aunque todavía hay varios de ellos que siguen dedicándose de lleno a la recolección de alfalfa. Otros en cambio hace ya unos años que fallecieron pues la edad avanzada o su estado de salud así lo hicieron posible. Sirva esta ponencia y el libro en el cual está basada, como mi sincero homenaje a todos estos hombres que, forzados por las circunstancias, un mal día debieron tomar la decisión de emigrar nada menos que a un país lejano y desconocido en unas condiciones nada favorables para ellos. Uno de ellos, Alfredo, fallecido este año en su pueblo de origen, Undués-Pintano (Altas Cinco Villas), concluía muchas veces nuestras conversaciones con una frase más

que elocuente: *“Cuando regresé me traje muchos dólares, ahora ya sólo me quedan dolores”*.

SOSTENIBILIDAD DE LOS SISTEMAS DE OVINO DE LECHE EN NAVARRA

J.M. Mangado, J.M. Lasarte, M. Ancín, P. Lazkanotegi, J.M. Intxaurrendieta y P. Eguinoa

INTIA Avda. Serapio Huici, 22. Edif. Peritos. 31610 Villava (Navarra). jmangado@intiasa.es

Resumen

En este trabajo se presenta un estudio de caso sobre 25 explotaciones de ovino de leche en Navarra. Utilizando el criterio de “gastos en alimentos comprados por oveja y año” se agrupan las explotaciones en sistemas de manejo extensivo, intensivo e intermedio. Se estima la sostenibilidad de las explotaciones de cada grupo utilizando la metodología NAIA y se comparan los grupos entre sí encontrando que las explotaciones extensivas son más sostenibles que las intensivas en las dimensiones económica y ambiental y son similares en la dimensión social.

Palabras clave: sistemas extensivos e intensivos, dimensión económica, social y ambiental

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente las explotaciones de ovino de leche en Navarra se localizaban en el área atlántica y utilizaban animales de la raza autóctona “latxa”. Su manejo estaba ligado a la base territorial de forma que los partos se agrupaban a la salida del invierno, el periodo de ordeño (3-4 meses) se realizaba sobre los pastos de “fondo de valle” y durante el verano-otoño (ovejas secas y cubrición) los animales utilizaban pastos montanos comunales. La leche se transformaba en la propia explotación (queso, cuajada) y satisfacía el autoconsumo y el comercio en circuito corto.

En las últimas décadas este modelo ha experimentado un cambio profundo, el incremento de la productividad individual de las razas locales, la introducción de razas foráneas más productivas, la facilidad del comercio de materias primas y productos elaborados y el incremento de la demanda de los productos transformados, ha provocado la deslocalización de la actividad, una reducción de la ligazón de las explotaciones a la base territorial y un incremento de su dependencia de inputs externos, sobre todo en alimentación. Esto hace a estas explotaciones más vulnerables y disminuye su resiliencia ante situaciones de mercado desfavorables.

Aunque no existe una definición oficial de ganadería extensiva, se puede caracterizar como extensivo el modelo tradicional, y su evolución en las últimas décadas como un tránsito hacia la intensificación. Recientemente la Fundación Entretantos y la Plataforma por la Ganadería Extensiva y el Pastoralismo proponen ligar el grado de intensificación de los sistemas ganaderos al nivel de insumos externos a las explotaciones con extremos netos pero con una amplia escala de grises en las situaciones intermedias (MAPAMA, 2017).

Por otra parte, la producción de leche de ovino genera actividad económica y empleo en el medio rural a la vez que conserva y gestiona el medio natural. La caracterización de explotaciones y sistemas mediante el empleo de indicadores económicos, sociales y ambientales permite disponer de una visión holística de su sostenibilidad y ayuda a las administraciones a adoptar políticas de discriminación positiva hacia las que presenten mejores expectativas (Batalla *et al.*, 2013).

En este trabajo se propone una caracterización de los sistemas de ovino de leche en Navarra y se analizan diferencias en su sostenibilidad económica, social y ambiental.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este trabajo se basa en el estudio de caso realizado en 2012 sobre 25 explotaciones de ovino de leche de Navarra integradas dentro de los Programas de Gestión Técnico Económica de explotaciones ganaderas que desarrolla INTIA desde 1986. En 2012 los gastos en alimentación comprada por oveja suponen el 81% de los gastos variables por lo que resulta razonable tomar este dato como referencia de insumos externos y por tanto como grado de intensificación de las explotaciones siguiendo el criterio de MAPAMA. En la figura 1 se presentan los gastos de alimentación comprada por oveja para cada una de las explotaciones estudiadas. Habitualmente se analizan los resultados estratificando la población por cuartiles (25% superior como resultados “cabeza”, 50% intermedio como “media” y 25% inferior como “cola”). En este caso, a la vista de la figura 1, parece razonable reducir de 6 a 4 las explotaciones de “cabeza” y caracterizarlas como “intensivas” (media de 123 €/oveja*año en alimentación comprada, variado entre 91 y 170 €), mantener en 6 las explotaciones de “cola” y caracterizarlas como “extensivas” (media de 38 €/oveja*año

en alimentación comprada, variado entre 25 y 44 €) quedando como grupo intermedio 15 explotaciones (media de 64 €/oveja*año en alimentación comprada, variado entre 50 y 75 €).

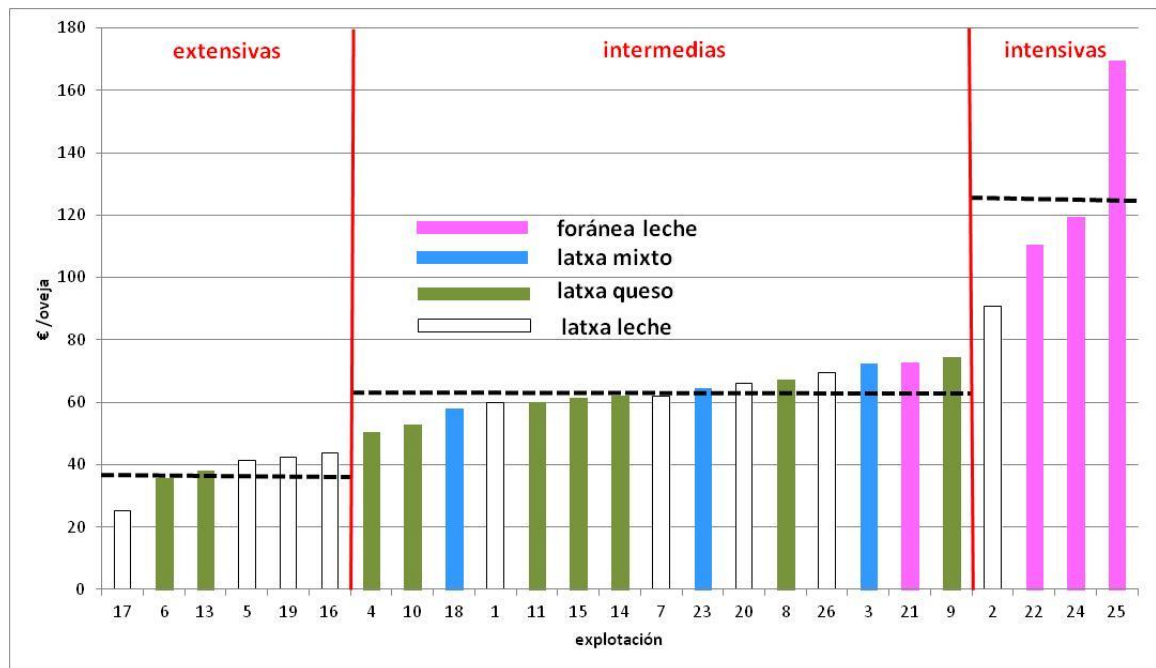


Figura 1.- Gastos en alimentación comprada por oveja. Navarra 2012

La estimación de la sostenibilidad de las explotaciones se ha hecho utilizando la metodología NAIA (Batalla, 2015). Este método se desarrolló dentro del Proyecto “Incidencia sobre la calidad de los productos y el medio ambiente de los diferentes sistemas de ganaderías con pequeños rumiantes de aptitud lechera” (RTA2010-00064-C04) y propone el cálculo de 133 indicadores y subindicadores integrados jerárquicamente en 3 dimensiones a través de 20 atributos (Tabla 1). La valoración de los indicadores puede ser cuantitativa (con variación continua) o cualitativa (con variación discreta), pero en todos los casos se puntúan entre 0 (peor situación) y 10 (mejor situación). Una vez normalizados los indicadores se integran, ponderados según opinión de expertos, en atributos, de forma que la suma de los valores de los indicadores ponderados que se agrupan en cada atributo oscila entre 0 (peor situación) y 10 (mejor situación). La valoración de cada dimensión es el valor promedio de los atributos que la integran y la valoración de la sostenibilidad global

resulta del promedio de las tres dimensiones analizadas. De esta forma se consigue que los rangos de variación de los atributos, las dimensiones y la sostenibilidad global oscile entre 0 y 10 y que cada una de las tres dimensiones tenga el mismo “peso” en la estimación de la sostenibilidad global de la explotación.

Tabla 1. Metodología NAIA. Dimensiones, atributos e indicadores incluidos en cada atributo (entre paréntesis)

DIMENSIÓN	ECONÓMICA	SOCIAL	AMBIENTAL
ATRIBUTOS	Rentabilidad (8)	Características de empleo (7)	Equilibrio ganado/superficie (5)
	Autonomía (6)	Generación de empleo (4)	Uso y gestión de la SAU (7)
	Diversificación y riesgo (6)	Calidad de vida (5)	Balance de nutrientes nivel suelo (8)
	Estructura de costes (4)	Calidad de trabajo (17)	Gestión de efluentes (4)
	Estabilidad (3)	Bienestar animal (9)	Elementos naturales y diversidad (7)
		Paisaje y sistemas tradicionales (8)	Energía (7)
		Calidad de producto y proximidad (9)	Emisiones (4)
		Género (5)	

En este trabajo se ha utilizado la herramienta informática NAIA 2.0, diseñada dentro del Proyecto RTA2010-00064, para la recogida y tratamiento de datos y que dispone de los motores para el cálculo de todos los indicadores, atributos y dimensiones y, en última instancia, para la valoración numérica de la sostenibilidad de las explotaciones. Incluye también una salida gráfica para presentar los resultados y facilitar su comprensión y análisis. Se calcularon para cada explotación todos los valores de indicadores, atributos, dimensiones y sostenibilidad global, se agruparon las explotaciones en extensivas (n=6),

intensivas (n=4) e intermedias (n=15) y se hizo sobre estos grupos una comparación de medias de los valores obtenidos utilizando el test de Duncan ($p < 0,05$) para identificar diferencias entre ellos. Se utilizó el programa PASW Statistics 18.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La clasificación de sistemas se ha realizado en base a la raza ganadera y al modo de comercialización de los productos, diferenciando explotaciones de ovejas de raza “latxa” que vende la leche a industria (latxa-leche), explotaciones de ovejas de raza “latxa” que transforma a queso en explotación (latxa-queso) y explotaciones de ovejas de razas foráneas que venden la leche a industria (foráneas) (Intxaurrendieta *et al.*, 2013). En la Figura 1 se observa que en la tipificación de “extensivo” predomina el sistema latxa-leche, en las “intermedias” predomina el sistema latxa-queso y en las “intensivas” predomina el sistema foráneas. Esto hace que ambas propuestas no sean coincidentes pero su concurrencia enriquece el análisis del sector de ovino de leche.

La sostenibilidad global obtenida para los sistemas extensivo e intermedio alcanza valores de 6,0 y 5,9 respectivamente y difieren significativamente del valor obtenido para el sistema intensivo (4,5). En la Tabla 2 se presentan los resultados globales de este análisis.

Dimensión económica

Encontramos que la sostenibilidad económica de las explotaciones extensivas resulta significativamente superior a la de las intensivas. Dentro de esta dimensión el atributo de “rentabilidad” también lo es y esto debido a que los indicadores de “renta de trabajo familiar por UTA familiar”, “renta de trabajo total por hora trabajada”, “margen bruto sin subvenciones sobre ventas”, “margen bruto sobre producto bruto” y “margen neto sobre producto bruto” de las explotaciones extensivas resultan significativamente superiores a los de las explotaciones intensivas. Además los indicadores de autonomía en alimentación, justificación económica de la actividad (margen neto de la explotación más salarios menos subvenciones desacopladas sobre UTA total), la menor dependencia de insumos volátiles y la estabilidad del margen bruto de las explotaciones extensivas resultan significativamente

superiores a la de las explotaciones intensivas, aunque los atributos en los que se integran estos indicadores no presentan estas diferencias.

Tabla 2. Ovino de leche. Ventajas estadísticamente significativas del sistema extensivo vs intensivo ($p < 0,05$ Duncan)

	DIMENSIÓN	ATRIBUTOS	INDICADORES		
+	sostenibilidad GLOBAL	+ sostenibilidad ECONÓMICA	+ renta de trabajo familiar/UTA familiar		
			+ rentabilidad	+ renta de trabajo total/hora + MB sin subvenciones/ventas + MB/PB + MN/PB	
			= autonomía	+ autonomía en alimentación + MN+salarios-subvenciones/UTA total	
				= costes	- dependencia de insumos volátiles
				= estabilidad	+ estabilidad de MB
				= generación de empleo	- litros para renta referencia
				+ bienestar animal	+ pastoreo con ganado reproductor
			= sostenibilidad SOCIAL	+ sistemas tradicionales	+ presencia de razas autóctonas
				+ calidad y acercamiento a consumidores	+ certificaciones de calidad + comercialización en circuitos cortos
				+ uso de la SAU	
			+ sostenibilidad AMBIENTAL	= balance de nutrientes	- surplus N/ha - surplus N/kg carne
				+ diversidad	+ % SAU con hábitats naturales + % UGM de razas autóctonas
				= consumo energético	- consumo MJ/MN

SAU=superficie agraria útil / UTA=unidad trabajo año / MB=margen bruto / PB=producto bruto / MN=margen neto /

UGM=unidad de ganado mayor / MJ=megajulio

Dimensión ambiental

Como ejemplo de salida gráfica de NAIA 2.0 en la Figura 2 se presenta la salida para la dimensión ambiental resaltando los atributos en los que se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas. La sostenibilidad ambiental de las explotaciones extensivas resulta significativamente superior a la de las intensivas debido a que los atributos de “uso de la SAU” y “diversidad” también lo son. En el primer caso

ninguno de los indicadores que integran este atributo presenta diferencias significativas entre explotaciones extensivas e intensivas pero su agrupación dentro de este atributo sí lo hace. En el caso del atributo de “diversidad” las diferencias entre explotaciones extensivas e intensivas provienen de que las primeras tienen un mayor porcentaje de su base territorial con presencia de hábitats naturales y que un porcentaje mayor de las cabezas de ganado que manejan son de razas autóctonas. Además los excesos (surplus) de nitrógeno por superficie y por kg de carne producido y el consumo energético sobre el margen neto de las explotaciones extensivas resultan significativamente inferiores a los de las explotaciones intensivas, aunque los atributos en el que se integran estos indicadores no presentan estas diferencias.

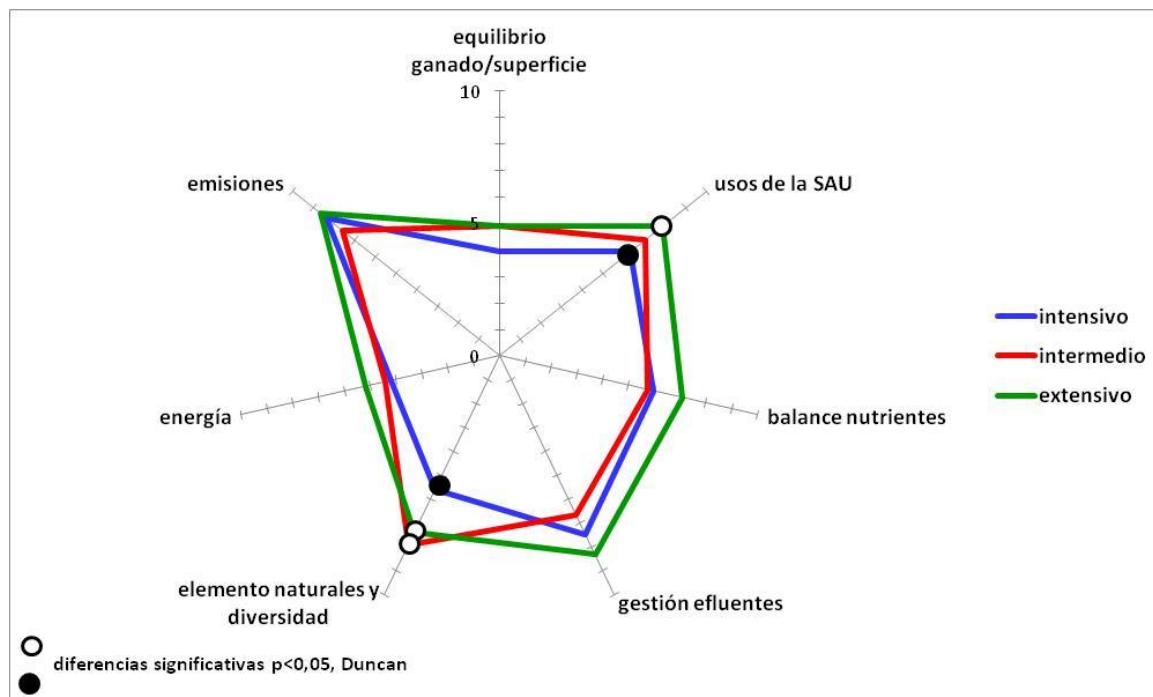


Figura 2.- Sostenibilidad en explotaciones de ovino de leche en Navarra. Valoración ambiental por sistemas

Dimensión social

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre la sostenibilidad social de las explotaciones extensivas e intensivas. Entre los atributos que integran esta dimensión sí se encuentran estas diferencias a favor de las explotaciones extensivas en “bienestar animal” porque realizan más pastoreo con el ganado reproductor, en “sistemas

tradicionales” por mayor presencia de razas autóctonas y en “calidad y acercamiento a los consumidores” por disponer de más certificaciones de calidad (DO, IGP) y por una mayor integración de sus productos en circuitos cortos de comercialización. Además las explotaciones extensivas precisan de forma significativa menos litros producidos por UTA familiar que las intensivas para poderla remunerar con la renta de referencia, aunque en el atributo (“generación de empleo”) en el que se integra este indicador no se encuentre esta diferencia.

Por otra parte se han detectado 14 indicadores que no son significativos en este estudio de caso por no presentar ninguna variabilidad en su valoración, pero que pueden ser pertinentes ya que esta metodología está diseñada para evaluar la sostenibilidad en situaciones socioeconómicas, ambientales y de manejo muy diferentes a las contempladas en este trabajo. Los indicadores sin variabilidad en este caso han sido “frecuencia de visitas al ganado”, “disponibilidad de apriscos”, “superficie cubierta >10 m²/UGM”, “zona libre en estabulación”, “camas/limpieza en aprisco”, “temperatura/protección en aprisco” y “acceso a comida/bebida en aprisco” en el atributo de bienestar animal de la dimensión social y “% SAU en regadío” y “% SAU con tratamientos fitosanitarios” en el atributo de usos de la SAU, “surplus P₂O₅ en carne” en el atributo de balance de nutrientes, “capacidad de fosas y estercoleros” y “recogida selectiva de otros residuos” en el atributo de efluentes, “otros elementos de alto valor natural” en el atributo de elementos naturales y diversidad y “fuentes de energía renovables” en el atributo de energía de la dimensión ambiental.

CONCLUSIONES

En las condiciones en las que se ha llevado a cabo este trabajo las explotaciones extensivas resultan más sostenibles que las intensivas porque tienen mayor renta de trabajo por UTA familiar, mayor renta de trabajo por hora trabajada, mayor margen bruto sin subvenciones sobre ventas, mayores ratios de márgenes bruto y neto sobre producto bruto, mayor autonomía en alimentación, mayor justificación económica del puesto de trabajo, menor dependencia de insumos volátiles, mayor estabilidad del margen bruto, menor necesidad de litros producidos para obtener la renta de referencia, hacen más

pastoreo con ganado reproductor, manejan animales de razas autóctonas, se acogen a certificaciones de calidad, comercializan en circuitos cortos, hacen mejor uso de la SAU, tienen menores surplus de nitrógeno por hectárea y kg de carne producida, tienen mayores porcentajes de SAU con hábitats naturales y de UGM de razas autóctonas y tienen un menor consumo energético sobre el margen neto de la explotación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca en el proyecto RTA2010-00064-C04 cofinanciado por INIA

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Batalla M.I., Del Hierro O., Intxaurrendieta J.M., Mangado J.M., Pinto M., Marijuan S., Mena Y., Gutierrez R., Hidalgo C., Palacios C., Mauleón J.R., Álvarez R., Rodríguez P., Revilla I., Pérez D., Soler M., Aguirre J., Delgado M., Fernández V., Nafarrate I. y Eguinoa P. (2013) Evaluación de la sostenibilidad de diferentes sistemas de ganaderías con pequeños rumiantes de aptitud lechera. Empleo de indicadores económicos, sociales y ambientales. *Actas del XXXVIII Congreso nacional y XIV internacional de la Sociedad española de Ovinotecnia y Caprinotecnia*, 451-457. Málaga –España-
- Batalla M.I. (2015) *Opportunities and challenges of sheep milk systems towards sustainability*. Tesis doctoral. Programa de Agrobiología. Universidad del País Vasco (UPV)
- Intxaurrendieta J.M., Eguinoa P., Mangado J.M. y Mauleón J.R. (2013) Indicadores de calidad en el análisis de sostenibilidad de sistemas ganaderos. Crisis y cambio: propuestas desde la sociología. *XI Congreso español de sociología*. GT28. Madrid –España-. <http://fes-sociologia.com/sociologia-de-la-alimentacion/congress-workgroups/28/>
- MAPAMA (2017) *Definición y caracterización de la extensividad en las explotaciones ganaderas de España*. Secretaría General Técnica. Centro de publicaciones. NIPO-013-17-199-2. Madrid –España-

SUSTAINABILITY OF THE MILK SHEEP SYSTEMS IN NAVARRA

Summary

In this study, a case study is presented on 25 dairy sheep farms in Navarra. Using the criterion of "the cost in purchased feed per sheep and year", farms are grouped into extensive, intensive and intermediate management systems. The sustainability of the farms in each group is estimated using NAIA methodology. As a result, extensive farms are more sustainable than those of intensive systems in the economic and environmental dimensions being similar in the social dimension.

Key words: extensive and intensive systems, economic, social and environmental dimension

ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y MANEJO DEL TERRITORIO EN LAS EXPLOTACIONES CON VACUNO LECHERO DE CANTABRIA

I. Vázquez¹, E. García¹ y A.I. García²

¹Centro de Investigación y Formación Agrarias (CIFA). Gobierno de Cantabria. Héroes 2 de mayo, 27, 39600 Muriedas, Cantabria. ibanvazquez@cifacantabria.org

²Departamento de Economía Aplicada. Escuela Politécnica Superior (Universidad de Santiago de Compostela). Calle Benigno Ledo s/n, 27002 Lugo.

Resumen

En este trabajo se analiza la estructura productiva, el manejo del territorio y el sistema de alimentación de las explotaciones con vacuno lechero en Cantabria. Para ello se ha utilizado información procedente de 86 encuestas a explotaciones con vacuno lechero en Cantabria, realizadas entre noviembre de 2016 y febrero de 2017.

Los resultados muestran una elevada concentración productiva en las explotaciones de mayor tamaño, que tienen un mayor grado de especialización, son más intensivas y su alimentación está basada en carro mezclador. Las más pequeñas presentan un mayor grado de diversificación hacia otras actividades, son más extensivas y su sistema de alimentación está basado en el pastoreo.

Palabras clave: encuesta, sistema de alimentación, intensificación, pastoreo.

INTRODUCCIÓN

Cantabria es una región eminentemente ganadera, especializada en la producción de leche de vaca, actividad que contribuye con la mitad del valor económico de la producción final agraria (Calcedo, 2013). Actualmente hay en Cantabria algo menos de 1 300 productores de vacuno de leche (8,7% del total de España), que convierten esta región en la tercera comunidad española en número, tan sólo por detrás de Galicia y Asturias (FEGA, 2018).

Durante las tres últimas décadas el sector del vacuno de leche español ha experimentado un intenso proceso de ajuste y transformación, debido a los cambios sufridos en las políticas agrarias, los mercados y las innovaciones tecnológicas (Arnalte, 2007; Sineiro *et al.* 2010). El resultado ha sido un fuerte descenso en el número de explotaciones y un incremento de la dimensión productiva de las que permanecen en

activo (Sineiro *et al.*, 2010; Vázquez, 2013). Se puede ver en otro trabajo presentado a estas jornadas (García, 2018) que la mayor intensidad del ajuste ha tenido lugar en Cantabria.

La reciente eliminación de las cuotas lecheras, en abril del año 2015 sitúa a los productores ante la oportunidad de incrementar la producción, pero con la amenaza asociada de una mayor volatilidad de los precios e inseguridad en la comercialización (Santiso y Sineiro, 2016). Dada la relevancia económica, social y territorial de las granjas lecheras en Cantabria se considera de vital importancia conocer la situación actual de las explotaciones lecheras cántabras, además de las principales estrategias de adaptación en el nuevo escenario post-cuotas.

El objetivo de este trabajo es caracterizar productivamente a las explotaciones con vacuno lechero de Cantabria, además de analizar su base territorial e identificar su sistema de alimentación.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material utilizado procede de 86 encuestas a titulares de explotaciones lecheras de Cantabria, con información relativa a la situación productiva, familiar y económica actual, su evolución reciente y perspectivas de futuro. Las encuestas han sido realizadas mediante entrevista personal directa, con una duración estimada de una hora, entre noviembre del año 2016 y febrero del año 2017.

Para que la muestra sea representativa de la población, se ha diseñado mediante un muestreo aleatorio estratificado con afijación de mínima varianza de Neyman, para cinco estratos de producción en la campaña 2015/2016, con un nivel de confianza del 95% y un error de muestreo del 5% (tabla 1).

La selección de las explotaciones a encuestar se ha realizado en dos etapas, mediante la función del programa SPSS de selección aleatoria de muestras sin reposición. Los resultados están elevados al conjunto de la población, mediante la utilización del módulo de muestras complejas del programa SPSS. La información se presenta mediante valores medios, para los cinco estratos productivos de la muestra; además se realizan análisis de

varianza (ANOVA) para determinar la existencia de diferencias significativas en función de la producción.

Tabla 1. Tamaño de la población y muestra por estratos de producción (t) en campaña 2015/2016.

Estrato 15_16 (t)	Población		Muestra		Factor Elevación
	Explotaciones	Explotaciones	Explotaciones	Fracción Muestreo (%)	
<100	364		8	2,2	45,5
100<250	482		17	3,5	28,4
250<500	325		19	5,8	17,1
500<1 000	164		15	9,1	10,9
>=1 000	57		27	47,4	2,1
Total	1 392		86	Media*	6,2

* para el total de explotaciones

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Cantabria existe una elevada concentración de la producción de leche entre las explotaciones de mayor tamaño, que ha venido condicionado por el proceso de ajuste estructural (Sineiro *et al.*, 2010; Vázquez *et al.*, 2013). Las que han tenido una producción superior a las 500 toneladas durante la primera campaña de eliminación de las cuotas (de abril de 2015 a marzo de 2016) son un 15,9% en número y concentran casi la mitad de la producción de leche (46,4%); en cambio, en el otro extremo, las de menor tamaño (<250 toneladas) que son mayoría (60,8%), tan sólo producen el 26,7% de la producción de leche (tabla 2).

Tabla 2. Distribución de las explotaciones y producción (en número y porcentaje sobre total).

Estrato 15_16 (t)	Explotaciones		Producción 15_16	
	Número	%	t	%
<100	364	26,2	30 371	6,9
100 <250	482	34,6	86 936	19,8
250 < 500	325	23,4	117 268	26,7
500 < 1 000	164	11,8	108 111	24,6
>= 1 000	57	4,1	96 564	22,0
Total	1 392	100	439 250	100

El tamaño ganadero medio de las explotaciones lecheras de Cantabria asciende a 46 vacas, de las que un 17% no se ordeñan (secas). La tasa de recría, definida como el porcentaje de novillas de edad superior a los 12 meses con respecto al total de vacas, es del 38%. La carga ganadera media se aproxima a las 2 vacas por hectárea de superficie agraria útil (SAU) (1,9) y la longevidad, expresada como el número medio de lactaciones que tienen las vacas de desvieje, es de 4,2 unidades. En Cantabria hay un 27% de explotaciones mixtas, que además tienen vacas de carne, y un 63% están en programas oficiales de control lechero (tabla 3).

Tabla 3. Características productivas del ganado (censo, estado, carga ganadera, longevidad, etc) en valores medios.

Estrato 15_16 (t)	Vacas Totales			Carga Vacas/ha SAU	Longevidad Lactaciones	% Explotaciones	
	Número	% Secas	% Nov >12 meses			V. carne	C. Lechero
<100	18,5 ^e	23,0 ^a	42,6	1,6 ^b	4,5 ^a	25,0	25,0
100 <250	36,9 ^d	19,1 ^{ab}	46,1	1,7 ^b	4,4 ^a	41,2	52,9
250 < 500	50,4 ^c	14,3 ^b	32,5	2,1 ^b	4,0 ^a	15,8	94,7
500 < 1 000	80,3 ^b	16,1 ^{ab}	32,4	2,3 ^{ab}	3,7 ^a	20,0	100
>= 1 000	177,7 ^a	13,4 ^b	38,4	3,0 ^a	3,0 ^b	0,0	100
Media***	46,1**GH	16,8**GH	38,2 ^{ns}	1,9** ^T	4,2**GH	26,8	62,9

ANOVA: NS (p >0,05), * (P<= 0,05), ** (P<=0,01). Subíndices con distinta letra indican grupos significativamente diferentes al nivel del 5% (p valor < 0,05) (Pruebas HSD-Tukey (T)/Games-Howell (GH)).

*** para el total de explotaciones

Existen diferencias estadísticamente significativas (p<0,01) en el número de vacas por explotación y en el porcentaje de vacas secas en función del estrato productivo; a mayor producción más elevado es el número de vacas de leche y más reducido es el porcentaje de vacas secas (178 vacas y 13,4% en las de más de 1 000t), lo que se asocia con un mejor manejo reproductivo. También se encuentran diferencias significativas (p<0,01) en la carga ganadera y en la longevidad; a mayor dimensión mayor es la carga ganadera y menor la longevidad (tres vacas por hectárea de SAU y tres lactaciones en las de más de 1 000t), lo que parece corresponderse con un mayor grado de intensificación productiva.

Las explotaciones de mayor tamaño (>500t), parecen tener un mayor grado de especialización hacia la producción de leche; todas las ganaderías están en control lechero

y ninguna tiene vacas de carne. Por su contra, las de menor dimensión (<250t) muestran un carácter más de tipo mixto, pues el porcentaje de explotaciones que tiene vacas de carne supera el 25%, y menos de la mitad de las explotaciones están en control lechero. Estas, además, poseen la tasa de recría más elevada (superior al 40%), que asociado a la mayor longevidad de sus vacas (cercana a 4,5 lactaciones) parece dar síntomas de ser una vía para diversificar los ingresos.

La SAU media de las explotaciones lecheras de Cantabria asciende a 29ha; esta se incrementa de manera significativa ($p < 0,01$) en función del estrato productivo, hasta alcanzar las 61ha en las de producción superior a las 1 000t. El tamaño medio de las parcelas es de 1,28ha y tres cuartas partes de las explotaciones tienen la mayor parte de las mismas a menos de un kilómetro (tabla 4).

El arrendamiento es el principal régimen de tenencia de la superficie, pues un 59% de la SAU es arrendada, con un importe medio anual de 263€ por hectárea. Los pastos son la principal forma de aprovechamiento de la superficie (91% de la SAU), a excepción de las explotaciones de mayor dimensión ($\geq 1\ 000t$), en donde el maíz forrajero que está presente en un 70% de las ganaderías equivale al 34% de la SAU.

En las explotaciones con producción comprendida entre 100 y 250 t y en las de mayor producción ($\geq 1\ 000t$), parece existir limitaciones en la base territorial; estas tienen porcentajes más elevados de SAU arrendada (del 64 y 70% respectivamente) y los costes más elevados del arrendamiento (289 y 337€ la hectárea respectivamente). En las primeras, existe además la limitación añadida de la excesiva fragmentación, pues las parcelas tienen un tamaño inferior a una hectárea.

El principal sistema de alimentación de las vacas en lactación es el pastoreo, presente en un 52% de las explotaciones lecheras de Cantabria, bien de manera exclusiva (31%) o combinada con la hierba fresca en pesebre (21%). El pastoreo se realiza de media durante 7,7 meses, con una duración media diaria de 10,6 horas; este se concentra en las explotaciones más pequeñas, con menos de 250t (tabla 5).

Tabla 4. Características productivas base territorial (SAU, tamaño parcelas, distribución, tenencia y aprovechamiento en valores medios.

Estrato 15_16 (t)	SAU				Arrendamiento		Aprovechamiento	
	Total (ha)	Tamaño ha/parc	% Expl. mayoría parcelas < 1km	% s. SAU	Coste (€/ha)	Pastos (%)	Maíz Forr. (% SAU)	Maíz Forr. (% Expl.)
<100	14,6 ^b	1,55	100	56,8	215	98,7 ^a	1,3 ^b	12,5
100 <250	26,5 ^b	0,98	64,7	63,8	289	98,2 ^a	1,8 ^b	11,8
250 < 500	36,2 ^b	1,47	78,9	50,1	249	90,1 ^a	4,8 ^b	26,3
500 < 1 000	40,6 ^{ab}	1,36	66,7	59,3	271	87,5 ^{ab}	11,6 ^b	40
>= 1 000	60,8 ^a	1,86	44,4	70,3	337	65,4 ^b	34 ^a	70,4
Total	28,6 ^{**T}	1,28 ^{ns}	76,7	58,6 ^{ns}	263 ^{ns}	91,3 ^{**GH}	7,0 ^{**GH}	21,1

ANOVA: NS ($p > 0,05$), * ($P \leq 0,05$), ** ($P \leq 0,01$). Subíndices con distinta letra indican grupos significativamente diferentes al nivel del 5% (p valor $< 0,05$) (Pruebas HSD-Tukey (T)/Games-Howell (GH)).

*** para el total de explotaciones

La alimentación en base a ración completa, suministrada con carro mezclador, está presente en un 27% de las explotaciones lecheras de Cantabria. Es un sistema de alimentación mayoritario en explotaciones de tamaño grande (80% de explotaciones entre 500 y 1 000t) y muy grande (96% de explotaciones $\geq 1 000$ t), que se caracteriza por un mayor consumo de concentrado (kilogramo por vaca y día).

Tabla 5. Sistema de alimentación de las vacas en lactación (pastoreo y carro mezclador).

Estrato 15_16 (t)	%Explotaciones	Pastoreo			Carro mezclador	
		Duración (meses)	Horas diarias	Concentrado (kg/vaca día)	%Expl.	Concentrado (kg/vaca día)
<100	87,5	8,6	11,1	6,9	0	
100 <250	52,9	6,6	9,7	7,9	11,8	9
250 < 500	42,1	7,6	11,1	8,5	42,1	12,4
500 < 1 000	6,7	9	9	6	80,0	11,7
>= 1 000	7,4	5,3	5,3	4	96,3	13,2
Media***	52,1	7,7 ^{ns}	10,6 ^{ns}	7,5 ^{ns}	27,3	11,7 ^{ns}

ANOVA: NS ($p > 0,05$), * ($P \leq 0,05$), ** ($P \leq 0,01$)

*** para el total de explotaciones

CONCLUSIONES

Las 86 encuestas realizadas a una muestra representativa de explotaciones lecheras de Cantabria han permitido caracterizar productivamente el sector del vacuno lechero de

Cantabria; además han aportado información sobre el manejo de su base territorial y los sistemas de alimentación más usuales. Destacamos lo siguiente:

- Existe una elevada concentración de la producción de leche en las explotaciones de mayor dimensión productiva, que son minoría. Estas últimas están especializadas hacia la producción de leche, son más intensivas, tienen un manejo del ganado más controlado y su alimentación está basada en carro mezclador.

- Las explotaciones de menor tamaño están menos especializadas, presentan un mayor grado de diversificación productiva hacia otras actividades, son más extensivas y basan su sistema de alimentación en el pastoreo.

- Por último, el arrendamiento es el principal régimen de tenencia de superficie, bajo un aprovechamiento mayoritario de los pastos, que es compartido por el maíz en las de mayor producción. En las explotaciones de mayor tamaño y las pequeñas parece observarse una cierta limitación de la base territorial, que se traduce en un mayor coste del arrendamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arnalte E. (2007) Economía política de ajuste estructural en la agricultura de los países desarrollados. *Políticas agrarias y ajuste estructural en la agricultura española*, 17-54.

Calcedo V. (2013) Cantabria en el sector lácteo español: un radical cambio estructura. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 234, 13-48.

FEGA (2018) Fondo Español de Garantía Agraria. Declaraciones obligatorias del sector vacuno de leche: noviembre de 2017. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente.

https://www.fega.es/sites/default/files/Informe_vacuno_noviembre.pdf Consultado: 22 de enero de 2018.

García E, Vázquez I, García A.I. (2018) Dinámica de las explotaciones con vacuno lechero en España durante las tres últimas décadas: el caso de la cornisa cantábrica. 57 Reunión científica de la SEEP.

Santiso J. y Sineiro F. (2016) La política láctea europea, en cuestión. Crisis de excedentes y problemas específicos en el sector lácteo español. *El sector lácteo español en la Encrucijada*, 57-91.

Sineiro F., Santiso J., Calcedo V. y Lorenzana R. (2010) *El sector lácteo: escenarios de evolución*. COVAP. I premio internacional ganadería COVAP. Pozoblanco, Córdoba. 50-53.

Vázquez I. (2013) *Situación actual, dinámica y estrategias de las explotaciones con bovino en el norte de España*. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.

AGRADECIMIENTOS

Al INIA por la financiación de un contrato predoctoral FPI-INIA, convocatoria 2015 (Sostenibilidad económica de las explotaciones de bovino en Cantabria) y a la Consejería de Medio Rural, Pesca y Alimentación por la financiación del proyecto regional “Seguimiento y mejora de la eficiencia productiva del vacuno de leche en Cantabria en el actual escenario post-cuotas”.

PRODUCTIVE STRUCTURE AND TERRITORIAL MANAGEMENT IN CANTABRIA`S DAIRY CATTLE FARMS

Summary

In this work productive structure, territorial management and feed system in Cantabria`s dairy cattle farms are analyzed. Thus, information related to 86 dairy cattle farm`s survey in Cantabria was utilized, made between November 2016 and February 2017.

The results shows a high productive concentration in bigger farms, with greater degree of specialization, are more intensives and its feed system is based on unifeeder. The smaller ones have a higher degree of diversification towards other activities, are more extensive and its feed system is bases on grazing.

Key words: survey, feed system, intensification, grazing.

TRASHUMANCIA Y PAISAJE EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE REDES (ASTURIAS): PASADO, PRESENTE Y EXPECTATIVAS DE FUTURO

J. A. González Díaz¹, B. González Díaz¹, R. Rosa García²

¹Departamento de Geografía e Historia, Universidad de Oviedo. Campus del Milán, C/ Teniente Alfonso Martínez s/n, 33001, Oviedo, Asturias, España.

²Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Ctra de Oviedo s/n, 33300, Villaviciosa, Asturias, España.

Correspondencia: rocior@serida.org

Resumen

Se estudió la evolución demográfica, la ganadería trashumante, el patrimonio cultural asociado, así como del paisaje en la Reserva de la Biosfera (RB) de Redes en Asturias. La población disminuyó un 67% (periodo 1900-2016) y está envejecida: el 70 % tiene más de 40 años, los jóvenes (0-14 años) no superan el 5 % y el grueso de mujeres está fuera de la edad reproductiva. Desaparecen los rebaños trashumantes de merino provenientes de otras regiones y los locales se especializan en ganado vacuno mientras los pequeños rumiantes pierden protagonismo. Paralelamente se derrumban infraestructuras clave para la actividad pastoril: el 74% de las majadas están inactivas, el 81% de las edificaciones auxiliares están en ruinas y los accesos a los pastos siguen siendo sobre todo a pie (69%). El paisaje se fragmenta y pierde diversidad. El número de manchas aumenta (+98,5%) y su tamaño medio disminuye (-49,7%). Decrecen el índice de diversidad de Shannon (-19%) y la equitatividad (-9%). El mantenimiento de actividades sostenibles así como la conservación de patrimonio ambiental y cultural (ejes de las RB) están seriamente comprometidos. La recuperación demográfica y la reactivación económica son retos clave para el futuro de la RB de Redes.

Palabras clave: ganadería, patrimonio cultural, pequeños rumiantes, población rural

INTRODUCCIÓN

Las Reservas de la Biosfera (RB) son territorios especialmente designados para armonizar conservación de la diversidad biológica y cultural con el desarrollo económico y social a través de la relación de las personas con la naturaleza. Según el Programa Hombre y Biosfera de la UNESCO las RBs deben cumplir tres funciones fundamentales: 1) Conservación de los paisajes, ecosistemas, especies y diversidad genética. 2) Desarrollo económico y humano sostenible. 3) Apoyo a proyectos de demostración, educación y capacitación medioambiental y de investigación y observación permanente a diferentes escalas espaciales. En muchos territorios las RBs pueden ser una gran oportunidad para la

supervivencia de territorios de gran valor ambiental y cultural a través del desarrollo endógeno de sus recursos (Bilbao González y Díez Casero, 2010). Sin embargo, el éxito en la consecución de los objetivos de las RBs es cuestionable y son cada vez más las voces que reclaman una revisión de la situación actual de estos espacios emblemáticos (Santos González y Redondo Vega, 2016; Cuong *et al.*, 2017).

España es el país con mayor número de RB (48) por superficie y siete de ellas están localizadas en Asturias. La RB de Redes es quizás una de menos conocidas a pesar del elevado valor, ambiental y cultural de su territorio. Redes fue declarado Parque Natural en 1996 con objeto de proteger sus valores naturales y paisajísticos y mejorar la calidad de vida de su población mediante la adopción de medidas de dinamización y desarrollo económico, dirigidas especialmente al mantenimiento de las formas de vida tradicionales. En 1999, se propone Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) para su incorporación en la Red Europea Natura 2000 y dos años más tarde (2001) es declarada RB.

A la RB de Redes se le atribuyen requisitos necesarios para cumplir las 3 funciones fundamentales de las RBs ya mencionadas. Con este trabajo pretendemos contribuir al tercer objetivo e incluimos en nuestros objetivos varios aspectos relacionados con los dos primeros. Evaluaremos los cambios de su población y su principal actividad económica tradicional: la ganadería. Describiremos los sistemas trashumantes que han operado en la zona y evaluaremos cómo han cambiado las infraestructuras pastoriles asociadas, entendiendo a éstas como una parte importante del patrimonio cultural vinculado a la RB de Redes. Finalmente analizaremos la evolución tanto del paisaje natural como cultural.

MATERIAL Y MÉTODOS

La RB de Redes ocupa 376 Km² en el sector de montaña centro-oriental de Asturias y abarca los términos municipales de Caso y Sobrescobio. El escarpado relieve varía en altitud desde los 350 m del río Nalón hasta 2.104 m en la cumbre del Pico Torres. Abarca las provincias fitogeográficas Cantabroatlántica (en zonas de menor altitud) y la Orocantábrica (de continentalidad más acusada incluye la mayor parte de la Reserva). Dominan los

bosques maduros seguidos de pastizales y formaciones de castaño que albergan numerosas especies de flora y fauna protegidas (SIAPA, 2005; Vázquez y Díaz, 2006).

Para analizar la evolución de la población se consideraron los censos de Población, Nomenclátor de Entidades de población y Padrón Municipal de Habitantes. La evolución de la cabaña ganadera determinó a través de los datos del Catastro del Marqués de la Ensenada para 1756, los archivos municipales y las campañas de saneamiento. La evolución de los sistemas trashumantes se estudió a través de las ordenanzas locales y otra documentación histórica disponible, en combinación con entrevistas a la población local de avanzada edad. La evolución del paisaje y los usos del suelo el periodo se ciñe a los años 1956 y 2009 por disponerse de Mapas de Cultivos y Aprovechamientos del Parque Natural de Redes así como fotografía aérea. La información cartográfica fue integrada en un sistema GIS y ortorectificada para luego calcular, mediante la extensión V-LATE, las métricas del paisaje para los diferentes periodos. Los índices de Shannon responden a las siguientes formulaciones:

Diversidad de Shannon: $H' = -\sum_{i=1}^m p_i \ln p_i$ siendo p_i es la fracción del área de muestreo ocupada por el uso i mientras que m es el número de clases en el área de muestreo. El índice de equitatividad de Shannon resulta de la división del índice de diversidad H' por el logaritmo neperiano del número de tipos de clases.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evolución de la población

Durante el periodo 1900-2016 la RB de Redes se ha despoblado progresivamente, perdiendo el 67% de sus habitantes, mientras la población asturiana en su conjunto aumentaba un 65%. El máximo demográfico se alcanza a principios de siglo (año 1920 en ambos concejos). El declive concurre con sucesivas etapas de emigración (Vaquero Iglesias y Fernández Pérez, 1984) que culminan en la desestructuración y desarticulación de la sociedad montañesa (Ortega Valcárcel, 1989). El éxodo rural desencadenado en los años 50 se ceba con la incapacidad de las pequeñas explotaciones ganaderas para adaptarse a la nueva demanda urbana de leche fresca (Fernández García, 2005; Ortega Valcárcel, 1989).

Así, entre 1950 y 1981 la población Redes desciende un 40 %. A partir de los años 90, la declaración del Parque Natural y luego de la RB contienen parcialmente la pérdida demográfica al socaire de las expectativas socioeconómicas que generan este tipo de declaraciones. Nuevos fenómenos demográficos como el “empadronamiento por conveniencia” (Lasanta Martínez, 2002) o el “empadronamiento por convicción” camuflan el desplome demográfico bajo una engañosa repoblación urbana de fin de semana y vacacional, a la par que demuestran la incapacidad de las nuevas actividades como el turismo para frenar el despoblamiento. En el año 2016, los 6,4 habitantes/km²-registrados en Redes corresponden a un desierto demográfico (áreas con menos de 10 habitantes/km² según Gómez Mendoza (2015), frente a los 100 habitantes/km² para el conjunto de Asturias. La estructura de la población impone un hándicap adicional al futuro económico y ambiental de Redes y dibuja una sociedad profundamente envejecida. El 70 % de la población actual tiene más de 40 años (73 % en Caso y 64% en Sobrescobio), los jóvenes (0 a 14 años) no superan el 5 % y el grueso de las mujeres se concentra fuera de su edad reproductiva. El índice de reemplazamiento, como indicador del relevo generacional en la actividad económica, es de 0,48 (el valor de referencia es de 1).

La evolución de la ganadería: los sistemas trashumantes y la cabaña ganadera

La ganadería ha sido la principal actividad económica tradicional entorno a la cual se organizaba el territorio. Se trataba de explotaciones extensivas, multiespecíficas y articuladas en régimen mancomunado. Como respuesta a las condiciones orográficas y climáticas desarrollaban sistemas ganaderos trashumantes que se pueden resumir en:

1) Sistemas trashumantes locales:

- De corto recorrido. En áreas de pasto comunal próximas a los pueblos (invernales). El pastor se desplaza diariamente durante otoño e invierno y el ganado permanece semi-establado. Aprovechan primero los prados de propiedad individual y posteriormente los dirigen diariamente a los pastos comunales. Vigente hasta los años 80.

- De medio recorrido. A las majadas equinocciales (primaliegas) y a las majadas altas o de verano en las zonas de los puertos. Los pastores permanecen en ellas desde la

primavera hasta la llegada de las nieves, de ahí la importante infraestructura pastoril asociada (más de un millar de cabañas en más de cien majadas). Vigente hasta los años 80.

- De largo recorrido: trashumancia inversa. En 1447 Juan II concede al concejo de Caso salvoconducto para aprovechar los pastos de la marina de Villaviciosa durante el invierno. Vigente hasta los años 50.

2) Sistemas trashumantes de merino fino. Hasta mediados del siglo XIX algunos puertos altos de Caso eran alquilados a rebaños trashumantes de merino fino). Ya no está vigente en siglo XX según confirman informantes locales y la documentación histórica analizada.

Evolución de la estructura de la cabaña ganadera

Hasta bien avanzado el ecuador del pasado XX la cabaña ganadera era multiespecífica y con destacada representación de ovino y caprino local (Tabla 1). Junto con esta trilogía ganadera básica, sabemos de la presencia del equino y el porcino, pero los censos ganaderos para estas otras especies son muy imprecisos e irregulares. Con el paso del tiempo se simplifica tanto la estructura de la cabaña (dominada por el vacuno de carne hoy en día) como el número de explotaciones (desaparecen el 80,5% de las mismas desde los años 50 y el 38% después de la declaración de la RB).

Tabla 1. Número de cabezas de ganado por especie y de explotaciones vigentes en diferentes periodos dentro de la Reserva de la Biosfera de Redes.

Año	Especie			N.º explotaciones
	Vacuno	Ovino	Caprino	
1756	14345	14690	5550	sd
1950	75835	2199	2095	1104
1986	5786	503*	510*	500
2001	6589	1134	794	347
2009	6860	701	363	239
2016	7147	439	499	215

Fuentes: Catastro Marques de la Ensenada (1756), Archivos municipales de Caso (1952) y Sobrescobio (1942), así como SADEI (año 2001 en adelante). * Datos proceden de la primera campaña de saneamiento general y obligatoria para Asturias publicados en año 1986 en la que sólo registran las madres para el ovino y caprino. sd: sin datos disponibles.

Evolución del patrimonio cultural asociado

El declive de la actividad ganadera concurre con el derrumbe de las infraestructuras vinculadas, así como el cese de actividades tradicionales y la pérdida del conocimiento asociado, todos ellos síntomas de pérdida de patrimonio cultural. Con respecto a las actividades trashumantes, el único informe sobre el estado de las majadas en la RB de Redes fue promovido por el Ayuntamiento de Caso (Tragsa, 2011). Refleja la presencia de 142 majadas que aglutinan 1049 cabañas en este concejo. El 74,4% están en ruina, el 14,9% se conservan en buen estado y el 10,4% han sido restauradas (en su mayor parte para uso vacacional). Otras infraestructuras esenciales para el desarrollo de la actividad trashumante en condiciones dignas, se encuentran también en un estado preocupante. Por ejemplo, el 81% de las edificaciones auxiliares (corral, corralada, corripo, cuadra y cuerria) están en ruina mientras el 17,1% están conservadas y tan sólo el 1,9% han sido restauradas. Los accesos a los pastos, clave para el mantenimiento de la actividad, sigue siendo mayoritariamente a pie (68,8%) y tan sólo el 31,2% dispone de acceso rodado y más de la mitad (57,3%) de esas vías tiene un ancho menor de 1 metro. Otro factor clave es la disponibilidad de puntos de agua para el ganado, de los cuales entorno al 36,3% están en mal estado. No sólo se pierden infraestructuras para el desarrollo de la actividad sino que no se les considera de forma general como elementos culturales de importancia. Así, en el último inventario del patrimonio cultural para Asturias (Dirección General de Patrimonio Cultural, 2018) figuran, para el concejo de Caso, 21 bienes, y para Sobrescobio el Grupo escolar San Ginés y 14 bienes; en ninguno de los dos casos se incluyen bienes asociados a la vida pastoril.

Evolución del paisaje en la RB de Redes

El paisaje la RB ha perdido elementos paisajísticos (se reduce un 22% el número de clases) asociados a la desaparición de usos y aprovechamientos durante la etapa 1956-2009 (Tabla 2). Además ha sufrido un proceso de fragmentación. Se incrementa el número de manchas (NP+99%) que son más pequeñas (TA/NP-50%), de forma más irregular (MSI+15%), tienen un borde menor (MPE-20%) y están más próximas entre sí (PI+860%). En el paisaje en su conjunto ha aumentado su borde total (TE+59%), ha disminuido su

diversidad (SHDI-19%) y las manchas se distribuyen en el espacio de forma más irregular (SHEI-9%).

Tabla 2. Valores de las principales métricas del paisaje de la RB de Redes en 1975 y 2009 y tasa de cambio entre los dos periodos calculados mediante el programa V-LATE.

MÉTRICAS		1975	2009	TASA CAMBIO
ÁREA	Nº Clases	9,0	7,0	-22,2
	Área Total (TA):	377283286,2	377274649,8	0,0
	N.º total manchas (NP):	699,0	1389,0	98,7
	Tamaño medio de mancha (MPS):	539747,2	271616,0	-49,7
BORDE	Borde Total (TE):	3134538,8	4975960,1	58,7
	Promedio borde por mancha (MPE):	4484,3	3582,4	-20,1
FORMA	Índice Medio de Forma (MSI):	1,8	2,1	15,1
DIVERSIDAD	Índice de diversidad de Shannon (SHDI):	1,7	1,4	-19,3
	Índice de equitatividad de Shannon (SHEI):	0,8	0,7	-8,8
PROXIMIDAD	Índice medio de Proximidad 50m (MPI):	142,7	1369,6	859,6

Unidad de TA, MPS, TE y MPE: metro (m).

CONCLUSIONES

La RB de Redes muestra síntomas de declive socioeconómico y ambiental para los periodos estudiados que comprometen su futuro. El desplome de la actividad ganadera y pérdida de patrimonio ambiental y cultural son similares a otras zonas marginales españolas y europeas situadas fuera de la red de RB. Entre los múltiples hándicap que se deben resolver se incluye la recuperación demográfica de la población local en número y calidad para poder desarrollar actividades sostenibles que mantengan paisaje y paisanaje en el espacio. La recuperación de la trashumancia como estrategia sostenible de aprovechamiento de los recursos naturales requiere un apoyo a la recuperación de infraestructuras como es el caso de las majadas y las vías de acceso a las mismas. El potencial de las actividades trashumantes para generar productos de valor añadido va paralelo a su potencial para aportar otros servicios ecosistémicos clave para el conjunto de la sociedad: la recuperación de biodiversidad, la lucha contra los incendios o el mantenimiento de un turismo rural basado en un paisaje en mosaico que se está derrumbando, entre otros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bilbao González R. y Díez Casero J. (2010) Las Reservas de la Biosfera de Castilla y León: una oportunidad frente a la despoblación. En: Onaindia Olalde, M. (ed.) *Servicios Ambientales en Reservas de la Biosfera Españolas*, pp. 147-167. Organismo Autónomo Parques Nacionales y Red Española de Reservas de la Biosfera, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Bilbao.
- Cuong C.V., Dart P. y Hockings M. (2017) Biosphere reserves: Attributes for success. *Journal of Environmental Management*, 188, 9-17.
- Dirección General de Patrimonio Cultural (2018) Elementos incluidos individualmente en el Inventario del Patrimonio Cultural de Asturias mediante resolución. Situación Febrero 2018. https://www.asturias.es/webasturias/GOBIERNO/TRANSPARENCIA/INFORMACION_INSTITUCIONAL/BIENES/IPCA.pdf
- Fernández García F. (2005) La quiebra del modelo histórico en la montaña cantábrica. En: Delgado Viñas D. (ed.) *La montaña cantábrica. Una montaña viva*, pp. 79-96. Parlamento de Cantabria, Universidad de Cantabria.
- Gómez Mendoza J. (2015) Un futuro para las zonas de montañas. *Revista de Libros*, <http://www.revistadelibros.com/discusion/un-futuro-para-las-zonas-de-montanas>
- Lasanta Martínez T. (2002) Los sistemas de gestión en el Pirineo central español durante el siglo XX: del aprovechamiento global de los recursos a la descoordinación espacial en los usos del suelo. *Ager*, 2, 173-195.
- Ortega Valcárcel J. (1989) La economía de montaña una economía de equilibrio. *Ería*, 19-20, 115-128.
- Santos González J. y Redondo Vega J.M. (2016) Gestión, protección y despoblación en las Reservas de la Biosfera de la Cordillera Cantábrica. *Pirineos*, 171, e025.
- SIAPA (2005) Sistema de Información Ambiental del Principado de Asturias. http://tematico.princast.es/mediambi/siapa/Contenidos/02_05_00_000.htm
- Tragsa (2011) Inventario de "Les Mayaes de Casu". Ayuntamiento de Caso.
- Vaquero Iglesias J.A. y Fernández Pérez A. (1984) Estructuras familiares y sistemas hereditarios en la sociedad rural tradicional asturiana: el concejo de Caso en el siglo XIX, (1775-1875). *Hispania*, 158, 517-548.
- Vázquez A. y Díaz T.E. (2006) *Parque Natural de Redes: Tierras de bosques y urogallos*. Oviedo, España: Ediciones Novel.

TRANSHUMANCE AND LANDSCAPE IN REDES BIOSPHERE RESERVE (ASTURIAS): PAST, PRESENT AND FUTURE EXPECTATIONS

Summary

We studied the evolution of the demography, transhumant livestock (and its associated infrastructures) as well as the landscape in the Redes Biosphere Reserve (BR) in Asturias. The population decreased by 67% (period 1990-2016) and aged: 70% are over 40 years old, young people (0-14 years) do not exceed 5% and the bulk of women are out of reproductive age. The transhumant merino flocks disappeared whereas the local herds focus on beef

cattle and small ruminants have lost relevance. Key infrastructures for the pastoral activity collapsed: 74% of the “majadas” are inactive and 81% of the auxiliary buildings are in ruins, and the accesses to pastures are still mostly on foot (69%). The landscape is more fragmented and its diversity decreased. The number of patches increased (+98.5%) and its average size decreased (-49.7%). The Shannon diversity index (-19%) and equitability (-9%) decreased. The maintenance of sustainable activities and the conservation of the environmental and cultural heritage (axes of the RB) are compromised. The demographic recovery and the economic reactivation are key for the future of Redes BR.

Key words: cultural heritage, livestock, rural population, small ruminants

RELACIÓN ENTRE LAS UNIDADES DE GANADO MAYOR EN LAS EXPLOTACIONES GANADERAS Y ALGUNAS CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS DE LAS PARCELAS PRIVADAS EN LA PRADERÍA DE SAN JUAN DE PLAN (HUESCA)

A.J. Aguirre de Juana¹, F. Fillat Estaqué², A. Borrueal Gárate² y D. Gómez García²

¹CPIFP Montearagón. Ctra. Sariñena km 4, 22071 Huesca (España). ²Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). Avda. Ntra. Sra. de la Victoria 16, 22700 Jaca (España).
Correspondencia: angeljavieraguirre65@gmail.com

Resumen

La sostenibilidad de las agro-ganaderías de montaña está limitada por la superficie disponible de prados y otros pastos, su dispersión altitudinal, su topografía y las posibilidades de irrigación. Para analizar la relación de dichos factores con el tamaño actual de los rebaños de las explotaciones en San Juan de Plan (Pirineo de Huesca) caracterizamos todas las explotaciones (n = 12) y encontramos una correlación con la superficie pastoral privada, con la orientación de los prados de siega y la irrigación, y una escasa correlación con el resto de factores topográficos. Tres explotaciones muestran un alto nivel de optimización de la superficie que poseen y el resto tienen potencial de aumentar discretamente sus rebaños.

Palabras clave: Valle de Gistaín, prados de siega, orientación, topografía.

INTRODUCCIÓN

La agroganadería de montaña ha sufrido profundas modificaciones en el siglo pasado debido a factores muy diversos, si bien los procesos de cambio de mayor intensidad respecto a los denominados “usos tradicionales” son relativamente recientes (Lasanta, 1989). Como en otros valles del Pirineo, en la pradería de San Juan de Plan se ha producido en las últimas cuatro décadas una marcada pérdida de explotaciones ganaderas, cuyo conjunto se ha reducido a la mitad de las existentes en la década de los 80. Sin embargo, aunque durante este periodo de tiempo el ganado ovino ha sufrido una reducción próxima al 50%, el bovino ha mantenido unas cifras muy similares en el Valle (Borrueal *et al.*, 2017).

La sostenibilidad de la ganadería extensiva en territorios de montaña está condicionada por el entorno socioeconómico, por características internas de la explotación (estructurales, económicas y sociológicas) (Bryden, 1994) y por factores locales y regionales específicos relacionados con la localización de la explotación, que determinan su potencial

productivo y su acceso a mercados (Manrique *et al.*, 1992 y 1999; Bernués y Olaizola, 2012). Entroncando con esos aspectos, la rentabilidad económica depende en buena parte del volumen de la explotación que el propietario es capaz de gestionar y de la capacidad de internalizar en su economía valor añadido de la producción cárnica (Borrueal *et al.*, 2017).

En cuanto al tamaño de los rebaños, parte de las limitaciones son impuestas por la superficie disponible para la siega y el pastoreo de cada propietario y por sus características físicas, permitiendo o constriñendo el riego, la mecanización de ciertas tareas, la ubicación de naves y otras infraestructuras y, por ende, la modernización de la gestión ganadera. Los valles pirenaicos más recónditos muestran características topográficas acentuadas (altitud, orientación, pendiente) que condicionan el espesor de suelo, la disponibilidad de agua a lo largo del periodo vegetativo y, en consecuencia, la producción vegetal (Fillat *et al.*, 2008). En los estudios realizados desde los años 80 en San Juan de Plan (Borrueal *et al.*, 2017), teníamos constancia, según la opinión de algunos ganaderos (encuestas inéditas), que el medio físico limitaba el número de cabezas de ganado vacuno (un promedio de 10 - 20 por unidad familiar en aquella estructura “tradicional”). Sin embargo, en los últimos años, algunos ganaderos jóvenes han aumentado notablemente dicho número (hasta 80) arrendando, en algunos casos, prados y otros pastos a sus anteriores propietarios.

En este trabajo analizamos las características topográficas de las parcelas privadas en las explotaciones ganaderas de San Juan de Plan y las comparamos para tratar de evaluar la posibilidad de incrementar el tamaño de los rebaños con las superficies de prados y pastos privados ahora disponibles, y así favorecer su viabilidad económica. En concreto, hemos estudiado el número y área de las parcelas de cada propietario, su altitud, topografía y la posibilidad de ser regada, para evaluar su relación con el número de vacas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El término municipal de San Juan de Plan (42° 35' 18"N y 0° 20' 44"E) con cerca de 5000 ha se sitúa en la comarca de Sobrarbe (Huesca), entre 1100 m y 3369 m de altitud. Un 9% de la superficie total es de propiedad privada y el resto pertenece a instituciones comunitarias (Comunidad vecinos San Juan de Plan, Montes de Utilidad Pública) (Centro de

Gestión Catastral, 1992). La heterogeneidad geológica, topográfica y climática del territorio donde se ubican los prados y otros pastos puede consultarse en Borrueal *et al.* (2017).

A comienzos de los años 80 estudiamos la pradería mediante teledetección y fotointerpretación del paisaje (Gómez *et al.*, 1984; Fillat, 2008), se realizaron inventarios de la vegetación en las distintas parcelas de la pradería (Gómez *et al.*, 1984) y un catálogo florístico (Montserrat, 1987). En 2014 entrevistamos a todos los propietarios actuales (encuestas, n = 12) para conocer distintos datos sobre sus explotaciones y sus objetivos a corto y medio plazo. Para la obtención de datos de las superficies de los distintos tipos de pastos y prados se han utilizado las capas 'shp' de Sigpac (Sigpac, 2017), combinándolas con los datos catastrales de 1862 (Cuesta 2001), 1992 (Centro de Gestión Catastral, 1992) y actuales (Sitar, 2016). Además, se han consultado los fondos de la *Fototeca Digital del IGN* (1945, 1957, 1977, 1986, 2014) (IGN, 2017) con el programa *Qgis* (Qgis, 2017) para detectar cambios inapreciables en nuestras panorámicas. La equivalencia en las Unidades de Ganado Mayor (UGM) sigue el Anexo I de la Orden de 13/2/2015 del Gobierno de Aragón (BOA núm. 55 del 20/3/2015).

Cada variable se ha analizado individualmente, verificando su normalidad, homoscedasticidad y resto de las asunciones necesarias para llevar a cabo un análisis paramétrico. Las relaciones entre la cantidad de ganado y las variables estructurales de las parcelas privadas, se ha llevado a cabo mediante el coeficiente de correlación de Pearson y regresión lineal (Montgomery, 2004).

RESULTADOS y DISCUSIÓN

Se observa que el promedio de UGM (vacas nodrizas, toros, novillas para reposición, ovino y caprino adulto reproductor, corderos y cabritos, y equino) en las explotaciones objeto de estudio es de $32,34 \pm 18,47$ UGM (rango: 6,40 - 61,23 UGM). Animales que, soslayando los pastos comunales, donde acuden durante los meses estivales y que no resultan limitantes, son alimentados fundamentalmente del forraje obtenido mediante la siega o el aprovechamiento a diente de 52 ± 22 parcelas por explotación, que abarcan un área media por propietario de $23,2 \pm 12,5$ ha.

El número de parcelas no está correlacionado significativamente con el ganado total de la explotación ($r = 0,346$; $p = 271$). Se observa una correlación positiva y significativa entre el ganado total de cada propietario y el área total de sus prados y pastos ($r = 0,716$; $p = 0,009$). No obstante, si se analiza más en profundidad mediante una regresión lineal ($UGM = 10,29 + 0,93 \times$ "superficie privada en ha"; $R^2_{aj} = 0,357$; $p = 0,024$), se puede deducir con ciertas reservas que (a) partiendo de una cantidad de casi 11 UGM (18 vacas nodrizas), cada incremento de una hectárea de terreno privado permitiría, sin tener en cuenta otros factores y condicionantes, aumentar en cerca de una UGM el rebaño, y (b) que el 60% de las explotaciones muestran una relación análoga de superficie y UGM. Aparecen fuera del rango el ganadero 2, que está en la transición hacia el abandono, el 11 (con ovino) que necesita trashumar, y el 3, el 10 y, sobre todo el 1, que optimizan superficie pastoral y tamaño de sus ganaderías (Figura 1).

La cantidad de ganado total (GT) también está correlacionada positiva y significativamente con la superficie media por explotación ($r = 0,594$; $p = 0,042$), con el rango del área de todas las parcelas de la explotación ($r = 0,667$; $p = 0,018$), y con la desviación estándar del área de las parcelas de la explotación ($r = 0,613$; $p = 0,034$).

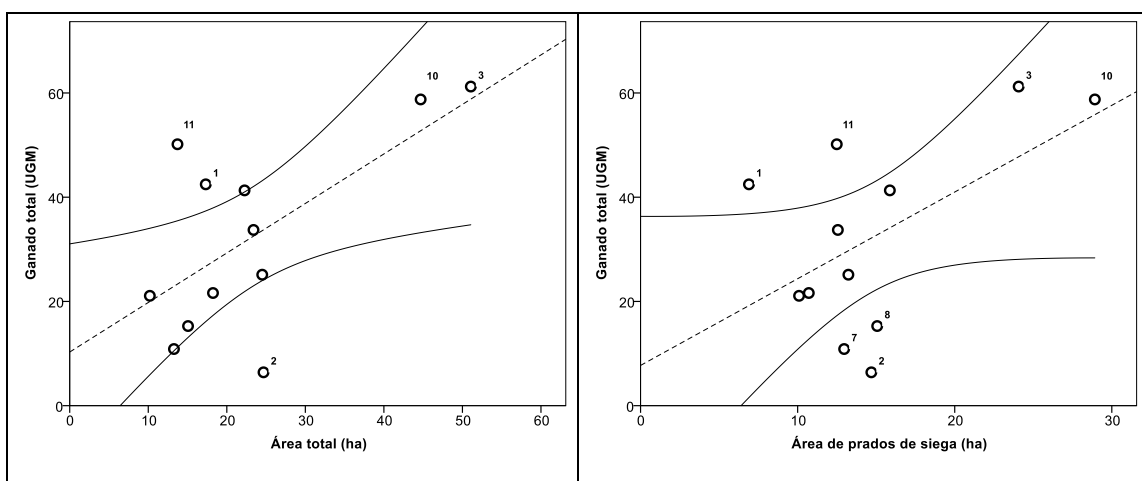


Figura 1: Regresión lineal del ganado total de las explotaciones de San Juan de Plan respecto del área total privada de las mismas (izq.); y regresión lineal de la superficie de prados de siega frente a la cantidad de ganado total (dcha.).

La suma del área de las parcelas privadas utilizadas como prados de siega alcanza las $14,79 \pm 6,06$ ha; la superficie promedio de los prados de siega es de $0,48 \pm 0,43$ ha, (rango 0,01-2,64 ha). El GT muestra cierta tendencia estadística en su relación con el área total de los prados de siega privados ($r = 0,546$; $p = 0,066$). Analizando mediante regresión lineal la relación entre el GT y la superficie de prados ($UGM = 7,72 + 1,66 \times$ “superficie prados de siega en ha”; $R^2_{aj} = 0,228$; $p = 0,066$), cada aumento de una hectárea de prado – cuya producción constituye el alimento invernal (Fillat *et al.*, 2008)- permite aumentar en 1,66 UGM el rebaño (casi 3 vacas nodrizas). De otra parte, los ganaderos antes mencionados muestran el mismo patrón, pero cabe resaltar al 7 y 8 que poseen entre 13 y 15 ha de prados y tienen entre 10 y 15 UGM (Figura 1).

El conjunto de las parcelas privadas aprovechadas a diente en las explotaciones asciende a $8,05 \pm 8,28$ ha; la superficie promedio de este tipo de parcelas por explotación es de $2,82 \pm 8,02$ ha (rango 0,11-27 ha). Se observa una correlación positiva y significativa entre el GT y la suma de las superficies privadas aprovechadas a diente ($r = 0,671$; $p = 0,024$); pero no se observa relación ni con la superficie media, ni con el rango superficial de éstos. Analizando mediante regresión lineal la relación entre el GT y la superficie total de pastos privados aprovechados a diente ($UGM = 21,78 + 1,50 \times$ “superficie pastos privados a diente en ha”; $R^2_{aj} = 0,390$; $p = 0,024$; Figura 2), y teniendo en cuenta que el forraje pastado durante los periodos primaverales y otoñales en estos pastos, complementa la alimentación anual del ganado, cada aumento en una hectárea de éstos permitiría incrementar el rebaño en 1,5 UGM (2,5 vacas nodrizas).

La suma de prados y pastos de regadío alcanza las $3,03 \pm 2,16$ ha (rango 0,49-7 ha). En general no se observa relación entre el GT y la superficie de regadío, ni con la superficie media de éstas por explotación, ni con el rango de sus superficies, mientras que sí se observa una correlación positiva y significativa con la desviación estándar de la superficie de las parcelas en regadío ($r = 0,632$; $p = 0,049$). No obstante, analizando con detalle las explotaciones, observamos que la número 2, en la transición hacia el abandono, acumula la mayor cantidad de superficie regable, en detrimento de las demás (Figura 2). De modo que, soslayando esta explotación, la correlación entre el GT y la suma de superficies en

regadío es positiva y con una tendencia estadística ($r = 0,604$; $p = 0,085$), la relación con la superficie media en cada explotación es similar ($r = 0,640$; $p = 0,064$), y la relación con el rango superficial de este tipo de parcelas es positiva y significativa ($r = 0,785$; $p = 0,012$). Es decir, que las explotaciones con más ganado riegan parcelas de muy diversa superficie. Analizando mediante regresión lineal la relación entre la cantidad de ganado y la superficie de prados de regadío ($UGM = 19,99 + 5,37 \times$ “superficie prados de regadío en ha”; $R^2_{aj} = 0,274$; $p = 0,085$), se observa que, el aumento en 1 ha de regadío, permitiría el aumento en 5,37 UGM (casi 9 vacas nodrizas), sobre una base inicial de 20 UGM (32 vacas nodrizas).

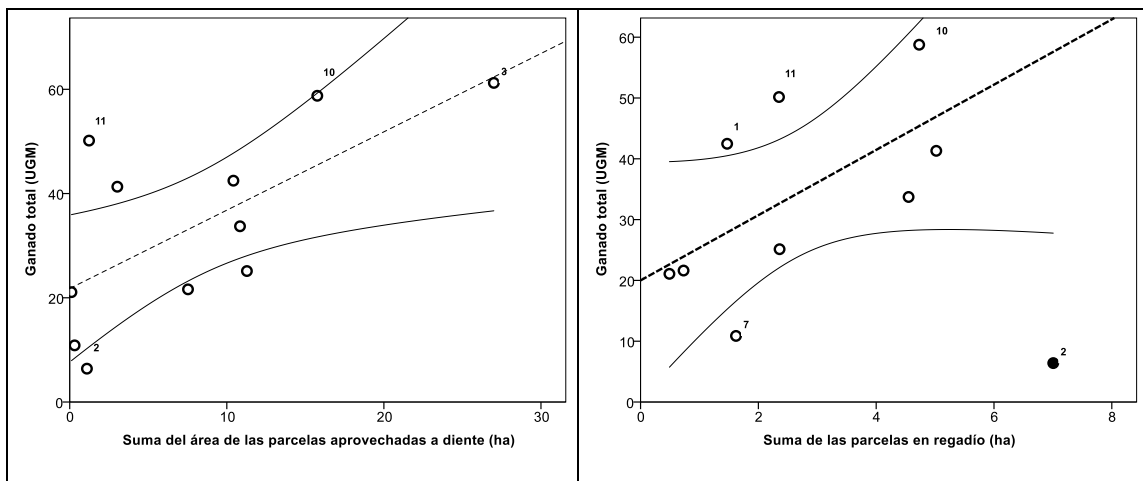


Figura 2: Regresión lineal del ganado total de las explotaciones de San Juan de Plan respecto de la suma de los pastos privados aprovechados a diente (izq.); regresión lineal entre el ganado total y la superficie privada en regadío (dcha.).

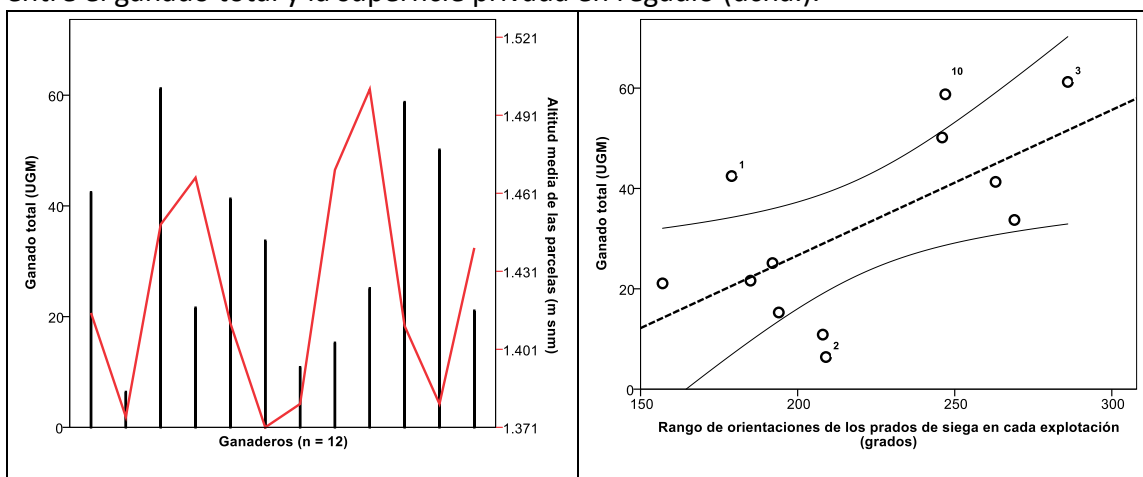


Figura 3: Representación gráfica del ganado total de las explotaciones (barras color negro) y la altitud media de sus parcelas privadas (línea color rojo) (izq.); y regresión lineal entre el ganado total y el rango de orientaciones de los prados de siega de cada explotación (dcha.).

La altitud media de las parcelas privadas es de $1415,4 \pm 199,2$ m snm, (rango altitudinal: 1062-1858 m snm y rango promedio de las parcelas privadas: $671,2 \pm 59,9$ m) (Figura 3). Cabría pensar que, los ganaderos con parcelas situadas en un mayor rango altitudinal, tendrían la ventaja de poder alargar el tiempo de aprovechamiento de sus parcelas. Sin embargo, no se observa relación entre el GT y la altitud media de las parcelas, ni con el rango altitudinal, ni con la desviación estándar de su altitud.

La pendiente media de las parcelas privadas es del $3,35 \pm 1,60\%$ (rango: 0,03-8,81%). La orientación media de las parcelas privadas es de $210,78 \pm 56,60$ grados (rango: 15-354 grados). El GT de las explotaciones muestra una correlación positiva con el rango de pendientes ($r = 0,562$; $p = 0,057$), y con el rango de sus orientaciones ($r = 0,502$; $p = 0,097$). Esto podría poner de manifiesto de una parte que, cuanto mayor es el rango de orientaciones, mayor variabilidad productiva tiene, lo que podría favorecer más GT; y de otra parte, una intensificación en la propiedad de parcelas con variada pendiente en función de la morfología topográfica sobre la que se sitúan. Lo que particularmente se pone en evidencia en el caso de los prados de siega, con los que se observa una correlación positiva y significativa entre el GT de la explotación con el rango de orientaciones de los prados de siega ($r = 0,645$; $p = 0,023$). Analizando mediante regresión lineal la relación entre el GT y el rango de orientaciones de los prados de siega (Figura 3; UGM = $-31,32 + 0,290 \times$ “rango de orientaciones de los prados de siega en grados”; $R^2_{aj} = 0,358$; $p = 0,023$), se observa que, sobre una base de 108 grados de rango, cada 10 grados de aumento, se podría incrementar el rebaño en 2,9 UGM (algo más de 4 vacas nodrizas).

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados, hay explotaciones que han maximizado la relación GT-área privada, mientras que sólo una muestra una equilibrada proporción entre el GT y superficie disponible. Tomando como referencia estas explotaciones, el resto de propietarios podrían aumentar su GT en virtud de la posibilidad de acceso a más superficies privadas. El número de parcelas de cada propietario, su tamaño y distribución espacial (altitud y orientación) aumentan la complejidad de su gestión con el uso de maquinaria y

movimientos del ganado, pero facilitan la organización temporal de las tareas dependientes de la fenología. Sin embargo, la similitud de esos parámetros en el conjunto de propiedades de estos ganaderos no facilita evaluar de forma concluyente sus ventajas e inconvenientes. En lo relativo a la topografía de las parcelas, la orientación parece más determinante que la altitud y la pendiente. Por último, la posibilidad de irrigación es relevante para aumentar la producción vegetal, aunque a veces ocasione pérdida de su calidad florística (Gómez *et al.*, 1984).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado en parte por el Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón (Proyecto: HB72021-2017).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernués A. y Olaizola A. (2012). La ganadería en los Pirineos: evolución, condicionantes y oportunidades. En: Lasagabaster I. (coor.) *Los Pirineos: geografía, turismo, agricultura, cooperación transfronteriza y derecho*, pp. 29-67. Universidad del País Vasco.
- Borrueal A., Fillat F., Aguirre A.J. y Gómez-García D. (2017). Principales cambios en la explotación ganadera y el paisaje en San Juan de Plan (Pirineos de Huesca) en los últimos 36 años. En: Bartolomé J. *et al.* (eds) *Renaturalización vs. Ruralización (Rewilding vs. Re-farming)*, pp: 147-154. Barcelona, España: 56ª Reunión científica de la SEEP.
- Bryden J.M. (1994). Interactions between farm households and the rural community: effects of non-agricultural elements in farm household decision making on farming systems. En: Dent J.B. y McGregor M.J. (eds) *Rural and farming systems analysis: European perspectives*, pp: 243-254. Wallingford, UK: CAB International.
- Centro de Gestión Catastral. (1992). *Relación de características por municipio y polígonos*. Huesca, España: Gerencia Territorial.
- Cuesta J.M. (2001) *La despoblación del Sobrarbe. ¿Crisis demográfica o regulación?* Zaragoza, España: CEDDAR.
- Fillat F., García-González R., Gómez-García D. y Reiné R. (eds). (2008). *Pastos del Pirineo*. Huesca, España: CSIC - Diputación Provincial de Huesca.
- Gómez-García D., Montserrat G. y Montserrat P. (1984). Phytosociologie et dynamique prairiales de quelques cultures pyrénéennes intégrées á leur paysage. *Documents d'Ecologie Pyrénéenne*, 3-4, 471-479.
- IGN. (2017). <http://www.ign.es/iberpix2/visor/>, acceso 9-Enero-2017.
- Lasanta T. (1989). *Evolución reciente de la agricultura de montaña: el Pirineo Aragonés*. Logroño, España: Geoforma Ediciones.

Manrique E., Olaizola A.M., Bernués A., Maza M.T. y Sáez A. (1999). Economic diversity of farming systems and possibilities for structural adjustment in mountain livestock farms. *Options Mediterraneennes*, B-27, 81-94.

Manrique E., Revilla R., Olaizola A. y Bernués A. (1992). Los sistemas de producción de vacuno de montaña y su dependencia del entorno. *Bovis*, 46, 9-42.

Montgomery D.C. (2004). *Diseño y Análisis de Experimentos*. Ed. Limusa & Wiley.

Qgis. (2017). <http://qgis.org/en/site/>. Acceso 9 enero 2017.

Sigpac. (2017). <http://sigpac.magrama.es/fega/visor/>. Acceso 12 enero 2017.

Sitar-Gobierno de Aragón (2016). <http://sitar.aragon.es/>. Acceso 29 diciembre 2016.

RELATIONSHIP BETWEEN LIVESTOCK UNITS IN LIVESTOCK FARMS AND SOME TOPOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF PRIVATE PLOTS IN THE SAN JUAN DE PLAN PRAIRIE (HUESCA)

Summary

The sustainability of the mountain livestock farms is limited by the available area of meadows and pastures, their altitudinal dispersion, their topography and the possibilities of irrigation. To analyze the relationship of these factors with the current size of the herds of San Juan de Plan (Pyrenees of Huesca) we characterized all the farms (n = 12) and found a correlation with the private pastoral surface, with the orientation of the plots and the irrigation and a poor correlation with the rest of topographical factors. Three farms show a high level of optimization of the surface they have and the rest have the potential to discretely increase their holdings.

Key words: Gistain valley, meadows, orientation, topography.

CRÍA DE CABALLOS AUTÓCTONOS EN PELIGRO DE EXTINCIÓN EN LAS MONTAÑAS CANTÁBRICAS: BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES Y DESAFÍOS ECONÓMICOS

L. Múgica Azpilicueta, M. V. Sarriés Martínez, R. M. Canals Tresserras

Dpto. Producción Agraria. UPNA. Campus Arrosadia s/n. 31006 Pamplona (España).
Correspondencia: leire.mugica@unavarra.es

Resumen

La reducción del pastoreo en las últimas décadas ha favorecido la matorralización de áreas de montaña del noroeste español, reduciendo los paisajes en mosaico y aumentando el riesgo de incendios. La introducción de ganado equino en régimen extensivo puede ser apropiado por su fisiología digestiva cecal, su resistencia y su adaptabilidad a ambientes de montaña para revertir las consecuencias negativas del nuevo escenario. Esta contribución describe la situación actual de los censos, la cría y la comercialización de la carne de equino y analiza los desafíos económicos del ganado caballar en la Cornisa Cantábrica, donde varias razas autóctonas en peligro de extinción pastan en áreas protegidas de alto valor ecológico. Los datos indican que en los últimos años se ha producido un aumento en los censos ligado a las medidas implementadas para la conservación de estas razas, coincidiendo con el aumento de la demanda de carne por la intensificación de la exportación. Estas razas deben ser valorizadas por su papel en la conservación de servicios ecosistémicos clave en áreas de montaña, donde se está produciendo una acumulación de biomasa combustible, y por la provisión de carne de alta calidad, que a su vez precisa de una marca de diferenciación.

Palabras clave: caballo autóctono, herbívoro cecal, matorralización, servicios ecosistémicos, producción de carne.

INTRODUCCIÓN

En el sur de Europa, el abandono de los usos tradicionales de la tierra, como el pastoreo extensivo, ha generado cambios en la evolución y composición florística de los ecosistemas pascícolas de montaña de alto valor ecológico, favoreciendo la matorralización y forestación de pastos en las últimas décadas (Poschold y WallisDeVries, 2002), y amenazando la prevalencia del paisaje en mosaico propio de esta zona. Este escenario de cambio ha suscitado la necesidad de promover la presencia de herbívoros que contribuyan a revertir estos efectos negativos, y el ganado equino puede ser un tipo de animal adecuado por su particular fisiología digestiva y su rusticidad. Los equinos son herbívoros cecales que presentan una rápida digestión microbiana de la fibra en el ciego, por lo que el paso del

alimento por el sistema digestivo es más rápido que en rumiantes. La menor eficiencia en la digestión conlleva una mayor capacidad de ingestión y una menor liberación de metano a la atmósfera (una tercera parte que los rumiantes), aspectos muy valorados en su función ambiental (Belaunzaran *et al.*, 2015; Múgica *et al.*, 2017). Su robustez, movilidad en terrenos escarpados y adaptabilidad a condiciones adversas permiten el pastoreo de amplias áreas durante gran parte del año.

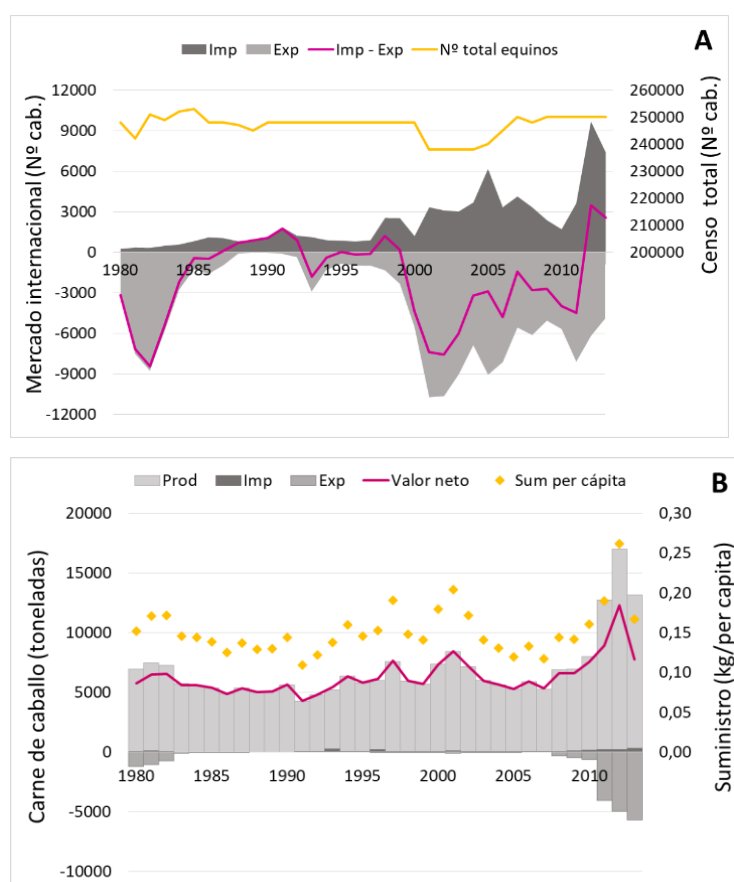


Figura 1. Número total de equinos y mercado internacional de animales vivos (A) y de carne de caballo (B) en España. Imp, importación; Exp, exportación; Prod, producción de carne; Sum per cápita (suministro de carne per cápita); Valor neto, consumo interno español calculado como suma de producción e importación menos la exportación de carne. (FAOSTAT, 2017).

En España, tras el gran descenso acontecido en décadas anteriores a los años 80, el censo total de ganado caballar se estabilizó y surgieron las primeras asociaciones de criadores de razas equinas autóctonas en peligro de extinción (REAPE). A partir del año

2000 se intensificó el comercio internacional, sobre todo la exportación de caballos, pero la situación cambió en 2010 creciendo la importación de animales vivos y las exportaciones de carne de caballo (Figura 1). Este cambio en el mercado se relaciona con el endurecimiento de la normativa comunitaria (*Reglamento (CE) nº 1/2005; Ley 32/2007*) sobre bienestar animal, que encareció el transporte de animales vivos, obligando a reconvertir el mercado e invertir en la producción y comercialización de la carne. La producción de carne de caballo en España es escasa (año 2014, 0,2 % del total de carne) y aunque la demanda interna tiende a un ligero aumento, su incremento está ligado a la intensificación de la exportación (año 2013, se exportó más del 40 % de la carne producida).

Este trabajo analiza la situación actual de las razas equinas autóctonas en peligro de extinción (REAPE) aptas para la producción de carne de las regiones de la Cornisa Cantábrica con el objetivo de definir los posibles retos económicos de estas razas en el contexto actual de cambio global.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una revisión de la información disponible sobre censos ganaderos y mercado de animales vivos y carne de equino en la Cornisa Cantábrica en las bases de datos públicas del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA, 2017) y de las comunidades autónomas del noroeste español. Además, las asociaciones de criadores de las REAPE (Figura 2) fueron encuestadas con el objetivo de conocer los censos, tipificar las explotaciones, determinar el manejo ganadero (régimen de pastoreo, manejo alimentario, sanitario y reproductivo) y definir los cauces de comercialización de sus productos.



Figura 2. Localización geográfica de las REAPE de aptitud cárnica en las regiones cantábricas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Censos y manejo ganadero de las REAPE de aptitud cárnica en la Cornisa Cantábrica

En la actualidad coexisten ocho REAPE¹ de aptitud cárnica en la Cornisa Cantábrica: Asturcón, Burguete, Caballo de Monte del País Vasco, Hispano-Bretón, Jaca Navarra, Losina, Monchina y Pura Raza Gallega. A pesar de que la principal población Hispano-Bretona se encuentra en la Cornisa Cantábrica es la raza más extendida por la geografía española, a diferencia del resto de razas, cuya presencia fuera de sus regiones de origen es escasa. Los censos y el número de explotaciones de estas razas han aumentado durante las últimas décadas, especialmente los de caballos de mayor envergadura, sin embargo, el tamaño medio de las explotaciones sigue siendo pequeño (Figura 3). Estas suponen hoy más del 12 % del censo total de equino en España, lo que pone de manifiesto la labor de las asociaciones de criadores y la efectividad de las ayudas destinadas al Fomento de Razas Autóctonas en Peligro de Extinción y de los programas de recuperación, conservación y selección.

La cría de estos animales se realiza en un régimen extensivo, con pastoreo durante todo el año en pastos de montaña, excepto periodos de condiciones meteorológicas extremas, cuando permanecen estabulados o en pastos de invierno. Muchas de las áreas de pastoreo están acogidas a figuras de protección nacional (Espacios Naturales Protegidos) o europea (Red Natura 2000). Las necesidades de manejo alimentario y sanitario son escasas. Las razas de mayor tamaño y fomento de la producción cárnica se suplementan en campo (Burguete, Jaca Navarra, Hispano-Bretón, Pura Raza Gallega) durante los meses de invierno a base de forraje. El manejo sanitario consiste en una o dos desparasitaciones al año en primavera y/u otoño.

Los potros destinados a la producción de carne se destetan a los 6 meses, aunque en razas como Burguete y Jaca Navarra puede alargarse hasta los 9 o 10 meses de edad. El cebo puede realizarse siguiendo un régimen semi-extensivo o intensivo. En el primer caso, los animales pastorean en campo durante un periodo variable tras el destete, en torno a 6

¹ Existen otras REAPE en la Cornisa Cantábrica (*Pottoka*, razas asnales) que cumplen la misma función ambiental, pero que incluso están más amenazadas porque suscitan menos interés económico por carecer de aptitud cárnica.

meses, y son estabulados y alimentados con piensos compuestos y forrajes en el periodo final (3-6 meses) antes de su venta como quincenos (15 meses) o a mayor edad. En potros de razas Burguete, Jaca Navarra e Hispano-Bretón es frecuente este cebo en régimen semi-extensivo por el propio ganadero o por ganaderos de la misma región. El engorde en régimen intensivo es menos habitual y se lleva a cabo en cebaderos industriales, que principalmente se localizan en Valencia, Navarra y Castilla y León, comenzando en el momento del destete para la mayoría de las razas, excepto para Burguete y Jaca Navarra, que puede comenzar más tardíamente, tras un periodo de pastoreo variable. Dado que los cebos más intensivos aceleran el ritmo de engorde y los costos de alimentación son mayores, las edades de sacrificio suelen ser más tempranas.

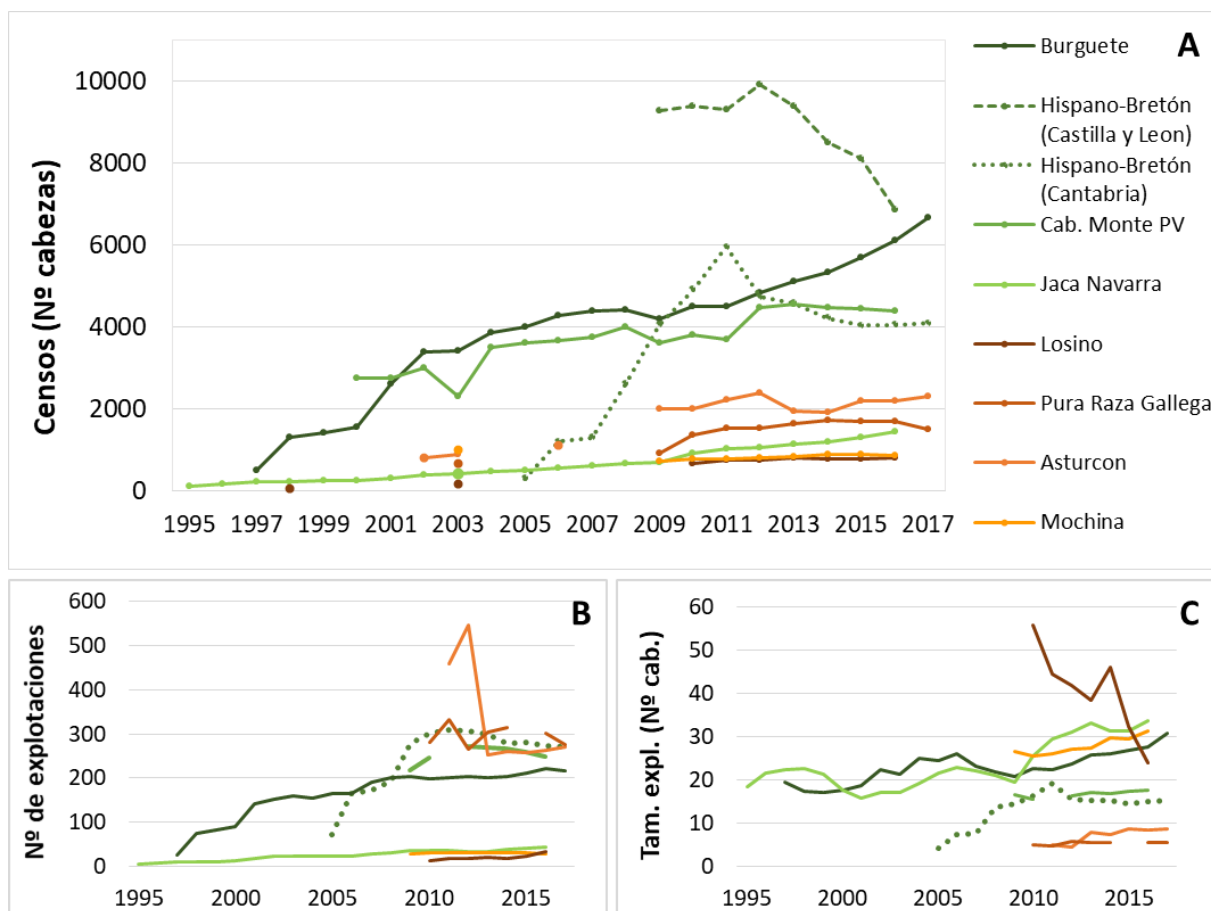


Figura 3. Censos (A), número de explotaciones (B) y tamaño medio de las explotaciones (C) de las REAPE de aptitud cárnica en la Cornisa Cantábrica. Colores verdes y naranjas para razas de mayor (> 400 kg peso vivo) y de menor (< 400 kg peso vivo) envergadura, respectivamente. Hispano-Bretón en Castilla y León, censos de las provincias del sector cantábrico (León, Palencia y Burgos). Diferentes series de años entre razas por la dificultad de conseguir datos anteriores a la creación de las asociaciones en algunos casos.

Producción y mercado de carne en la Cornisa Cantábrica

En función del sistema productivo empleado, los animales son sacrificados entre los 12 y los 20 meses de edad, con pesos a la canal que oscilan entre 70 y 350 kg dependiendo de la raza. Los principales mataderos se localizaban en el Levante hasta el año 2007, cuando se produce un aumento significativo de los sacrificios en la Cornisa Cantábrica (Figura 4), que parece relacionado con el cambio de la ley de bienestar animal para su transporte.

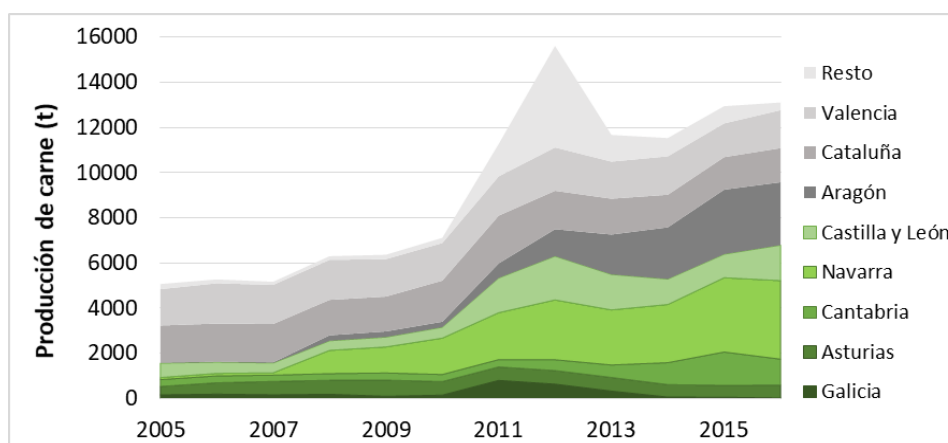


Figura 4. Producción de carne de caballo en la Cornisa Cantábrica (verde) en relación el resto de España (gris) durante la última década (2005-2016) (MAPAMA, 2017).

La carne de potro, en fresco o procesada, es directamente vendida al consumidor, en carnicerías especializadas y en grandes distribuidores en el mercado interno. Carne de potros de raza Burguete y Jaca Navarra se exporta envasada al vacío y refrigerada, principalmente a Italia. Sin embargo, se trata de una carne difícil de conservar por su alto contenido en hierro y su rápida oxidación, que merma sus propiedades organolépticas (Sarriés y Beriain, 2005; Lorenzo *et al.*, 2014), y encarece su transporte. Además, a pesar de ser una carne de calidad producida en hábitats de alto valor ecológico, carece de una marca de diferenciación. Únicamente una de las razas posee este identificativo, pero no se utiliza en el mercado, y dos de las razas estudiadas están en proceso de creación de la marca. Finalmente, tampoco existe una categorización de canales de equino que permita una clasificación según su calidad.

Perspectivas futuras y valorización de las razas

De este trabajo se deduce la necesidad de revalorizar las REAPE que contribuyen a la generación de servicios ecosistémicos clave para el medio rural y la sociedad en general: la

mera conservación de la raza como acervo genético, el impulso de la ganadería extensiva en zonas desfavorecidas (mantenimiento del sector primario), la conservación de pastos de alto valor ecológico (riqueza medioambiental), la restauración de pastos matorralizados y de paisajes en mosaico (reducción del riesgo de incendios), y la obtención de carne de alta calidad para la sociedad (una oportunidad de diversificación de negocios en el mundo rural).

Para cumplir con estos retos es necesario implementar diversas acciones tanto en los sistemas de cría del ganado como en la producción y comercialización de la carne. En cuanto a la explotación ganadera sería interesante impulsar nuevas explotaciones de equino autóctono y ampliar las existentes, modernizar y profesionalizar las explotaciones formando a los ganaderos en el uso de nuevas tecnologías para la gestión del pastoreo, trabajar en sistemas de cebo sostenibles (extensivos y semi-extensivos), y promover el pastoreo en áreas naturales con fines medioambientales. En relación a la carne, es necesario fomentar la investigación de los procesos de conservación para garantizar su calidad, diversificar los productos procesados y valorizarlos, y promover nuevos canales de comercialización, de forma que se puedan establecer precios de acuerdo a su calidad. La creación de marcas de diferenciación, ligadas tanto a la calidad del producto como a la sostenibilidad del proceso productivo, y de campañas de promoción del consumo de carne de equino favorecerían el desarrollo del sector productor, transformador y comercializador.

CONCLUSIONES

La conservación de las ocho REAPE de aptitud cárnica en la región Cantábrica y el incremento de sus censos está relacionado con la creación de las Asociaciones de Criadores y los programas de mejora. La carne producida se vende tanto fresca como procesada en el mercado nacional, y además productos de las razas Burguete y Jaca Navarra son exportados principalmente a Italia. Sin embargo, es necesario un impulso del sector tanto en el proceso de cría y producción de carne, fomentando estas razas y modernizando los sistemas de cría ligados al medio natural, como en el proceso de comercialización de la

carne, mediante la valorización y diferenciación del producto final acorde a su calidad organoléptica y las características del proceso productivo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las Asociaciones de Criadores de las REAPE su colaboración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Belaunzaran X., Bessa R.J.B., Lavínc P., Mantecón A.R., Kramer J.K.G. y Aldai N. (2015) Horse-meat for human consumption - Current research and future opportunities. *Meat Science*, 108, 74-81.

FAOSTAT (2017) Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database. Recuperado de: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>

Lorenzo J.M., Sarriés M.V., Tateo A., Polidori P., Franco D. y Lanza M. (2014) Carcass characteristics, meat quality and nutritional value of horsemeat: A review. *Meat Science*, 96, 1478-1488.

MAPAMA (2017) Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, Gobierno de España. Recuperado de: <http://www.mapama.gob.es/es/>

Música L., Canals R.M., San Emeterio L., Saéz J.L., Vergara I. y Echeverría L. (2017) Combined techniques with horse guided grazing to control gorse encroachment in highly valuable mountain habitats. *Grassland Science in Europe*, 22, 268-270.

Poschlod P. y WallisDeVries M.F. (2002) The historical and socioeconomic perspective of calcareous grasslands - Lessons from the distant and recent past. *Biological Conservation*, 104 (3), 361-376.

Sarriés V. y Beriain M.J. (2005) Carcass characteristics and meat quality of male and female foals. *Meat science*. 70, 141-152.

ENDANGERED NATIVE HORSES, ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC CHALLENGES IN NW SPAIN MOUNTAINS

Summary

In NW Spain, recent land use abandonment has triggered shrub encroachment in mountain areas, reducing the mosaic of landscapes, and increasing the risk of large wildfires. Equine livestock may be suitable to revert the negative effects of this scenario due to its particular digestive physiology and their adaptability to hard environmental conditions. This contribution analyses the state-of-the art of the eight native endangered equines (census, breeding systems, industry and current environmental and economic challenges) existing in NW Spain. Census in recent years have increased due to endangered breeds' conservation national regulations, and horse meat production is growing because of the export demand. But much work needs to be done in order to modernise farming systems while ensuring sustainability, and valorise the high-quality meat production that helps to support many valuable natural areas in this region.

Key words: autochthonous horses, non-ruminant herbivores, shrub-encroachment, ecosystem services, meat production.

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PASTOS HERBÁCEOS DE DEHESA A DIFERENTES ESCALAS MEDIANTE SENSORES REMOTOS

P.J. Gómez-Giráldez^{1,2}, C. Aguilar², A.B. Caño¹, A. García¹, M.P. González-Dugo¹

¹IFAPA. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Apdo. 3092 Córdoba

² Grupo de Dinámica Fluvial e Hidrología, Instituto de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía. Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba

Resumen

La gestión de ecosistemas complejos y extensos como la dehesa (aproximadamente 3 millones de ha en la Península Ibérica), requiere de instrumentos efectivos para ayudar en la toma de decisiones a diferentes escalas. Este trabajo se centra en el seguimiento de la producción de pastos mediante sensores remotos. Se ha aplicado una adaptación del modelo de producción de Monteith usando datos meteorológicos diarios espacialmente interpolados, e imágenes de satélite en dos escalas: 1) en toda la superficie de dehesa de Andalucía con datos de MODIS durante los años hidrológicos 2013/2014 y 2014/2015; 2) a escala de parcela para evaluar actuaciones de mejora del pasto realizadas por las acciones de conservación del proyecto LIFE-BioDehesa, utilizando datos SENTINEL-2 durante los años hidrológicos 2015-2016 y 2016-2017. Los resultados obtenidos con respecto a la estimación de la producción de pastos presentaron un error de alrededor del 10-13%, admisible para muchas aplicaciones, y demostraron que el modelo puede utilizarse para derivar indicadores sobre la efectividad de actuaciones de manejo.

Palabras clave: PPN, teledetección, dehesa, pastos

INTRODUCCIÓN

La producción primaria neta (PPN) se refiere a la producción neta de carbono orgánico por las plantas en un ecosistema. Las estimaciones de PPN pueden ser usadas de manera regular para el seguimiento de la productividad del ecosistema y está directamente relacionada con el vigor de la vegetación. La teledetección ofrece datos precisos sobre las cubiertas naturales y cultivos que difícilmente pueden obtenerse por otro medio, ya sea por las limitaciones en la periodicidad de toma de datos o por la extensión espacial requerida. Además, la cantidad de datos y sensores disponibles está en continuo aumento, ofreciendo información en gran medida libre y gratuita (por ejemplo, los programas *Copernicus* de la UE o *Landsat* de NASA).

Hoy en día, los modelos de estimación de PPN que integran sensores remotos son ampliamente utilizados para estimar los rendimientos de los cultivos. Los enfoques que usan una base física permiten que los datos remotos se combinen con la información meteorológica para proporcionar estimaciones de la biomasa aérea (Padilla *et al.*, 2012). Estos enfoques son en su mayoría modelos basados en la eficiencia en el uso de la luz (ϵ), derivados de los trabajos de Monteith (1972).

El objetivo de este trabajo ha sido evaluar la capacidad de la teledetección para apoyar el uso de la PPN como un indicador de seguimiento de pastos en áreas de dehesa a escala regional y local. En el primer caso, el objetivo es apoyar la toma de decisiones por parte de los responsables del diseño y aplicación de políticas agrarias o sistemas de seguros, en el segundo mejorar la información disponible a escala de parcela y finca para minimizar los costes de alimentación de los animales en sistemas extensivos de pastoreo, evitando la sobreexplotación y buscando asegurar la conservación del sistema.

MATERIAL Y MÉTODOS

Adaptación del modelo al ecosistema de dehesa

El área de estudio regional corresponde a la zona de dehesa de Andalucía (Figura 1).

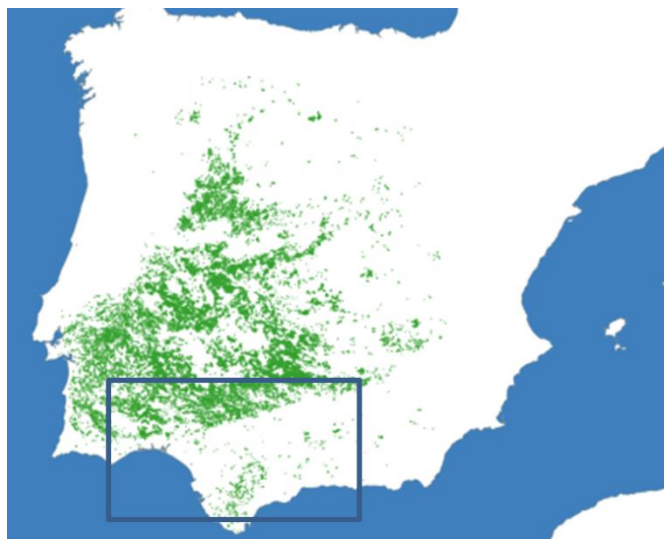


Figura 1. Área de estudio.

La estimación de la producción primaria neta se ha obtenido utilizando una adaptación del modelo de Monteith (1972) con la siguiente ecuación (1):

$$PPN = fPAR \cdot PAR \cdot \epsilon \quad (1)$$

donde:

- PPN (g / ha): la producción primaria neta,
- fPAR (adimensional): Fracción de la radiación fotosintéticamente activa absorbida

por la vegetación. Se calcula a partir de series del índice de vegetación NDVI diarias, basada en productos de reflectancia de los diferentes satélites usados para cada escala. Esta estimación utiliza una expresión experimental para pastos naturales de dehesa

Previamente, el valor mínimo anual de NDVI en cada píxel, que se asume correspondiente a la presencia de vegetación arbórea, se resta del valor diario de NDVI. Este mínimo se toma de los valores obtenidos durante el verano, cuando los pastos anuales están secos y la única actividad fotosintética corresponde al arbolado. La estabilidad de este valor durante el año se verificó con medidas de campo con un espectrorradiómetro en pasto y encina durante 2016, en el que se obtuvo un coeficiente de variación de 2,9% para encina frente a un 64% para pasto.

- PAR (MJ): la radiación fotosintéticamente activa. Se deriva de los datos totales de radiación solar (Rd), proporcionados por los mapas diarios interpolados a partir de los datos de las estaciones meteorológicas, con un factor de reducción de 0,48 por PAR como promedio (Szeicz, 1974).

- ϵ (g / MJ): eficiencia en el uso de luz. Se ha utilizado un valor máximo fijo obtenido empíricamente, para lo que se tomaron muestras de biomasa seca en campo (PPN) por el método de Haydock y Shaw (1975) y medidas de NDVI con espectrorradiómetro. El valor de ϵ_{max} óptimo derivado fue igual a 1,12 g/MJ. Este valor constante máximo se modifica en función de las variables climáticas que reducen la eficiencia de la planta, temperatura mínima del aire (T_{min}) y déficit de presión de vapor (DPV). Se tomaron valores umbrales superiores e inferiores para ambas variables (- 8 y 12.02 °C para T_{min} ; y 0.65 y 3.5 kPa para VPD) de estudios previos (Running *et al.*, 2000). Para esta modificación se emplearon los mapas distribuidos de estas variables.

Los valores diarios de las variables meteorológicas empleadas, Rd, T_{min} y DPV, se obtuvieron para el período de estudio (2013-2017). Se escogieron 28 estaciones

meteorológicas pertenecientes a la red de estaciones agroclimáticas de Andalucía (RIA), distribuidas a lo largo de la zona de estudio (Figura 1). Estas variables se interpolaron espacialmente de la siguiente forma: el IDW (inverso de la distancia) se aplicó directamente para DPV; para T_{\min} se utilizó IDW corregido a partir del modelo digital de elevaciones usando un gradiente de $-0,6^{\circ}\text{C}$ cada 100 metros de altitud (Herrero *et al.*, 2007; Aguilar *et al.*, 2014); en el caso de R_d , el efecto de las nubes y la atmósfera fue incluido por medio de un índice de claridad (Aguilar *et al.*, 2010).

Aplicación a escala regional

Para la aplicación del modelo a escala regional, en la zona de dehesa de Andalucía, se empleó el producto de reflectancia MOD09Q1 de MODIS, suministrado cada 8 días con una resolución espacial de 250 metros. Esta resolución espacial y temporal ofrece un buen compromiso entre el tiempo de procesado y el detalle requerido a esta escala de trabajo. El NDVI fue calculado usando las bandas 1 (rojo) y 2 (NIR). Un total de 85 imágenes sin nubosidad fueron procesadas para los años hidrológicos 2013/2014 y 2014/2015. Las imágenes de NDVI resultantes fueron interpoladas linealmente píxel a píxel entre fechas a fin de tener una imagen diaria. Para validar los resultados se tomaron muestras de biomasa en diversas fincas de la Red de Dehesa Demostrativas (RDD) del proyecto LIFE+bioDehesa (Figura 2) por el método de Haydock y Shaw (1975).

Aplicación a escala de parcela

El NDVI se calculó usando las bandas 4 (rojo) y 8A (NIR) de Sentinel-2A, que proporciona imágenes cada 10 días (5 días cuando se combina con Sentinel-2B, disponible a partir de Marzo de 2017) y con una resolución espacial de 10 metros. El modelo se aplicó para probar su capacidad como indicador para evaluar el resultado de un conjunto de actuaciones de mejora del pasto. Las mejoras estudiadas en este trabajo corresponden a dos acciones del proyecto LIFE + bioDehesa: 1) fertilización y posterior siembra; 2) solo fertilización antes de comenzar la temporada de crecimiento. Todas las actuaciones se llevaron a cabo durante el otoño de 2016.

Para analizar el efecto de las mejoras, se generó el PPN acumulado para los años hidrológicos 2015/2016 (sin actuaciones) y 2016/2017. Se seleccionaron 16 parcelas

ubicadas en 7 fincas: 5 parcelas de siembra, 4 de fertilización y 7 sin actuación (una para cada finca utilizada como zona de control). La comparación con áreas de control permite estudiar la variación entre áreas evitando el efecto de las condiciones climáticas del año.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 2 muestra el mapa de PPN de pasto acumulada para el año hidrológico 2013/2014 (Figura 2a) y 2014/2015 (Figura 2b).

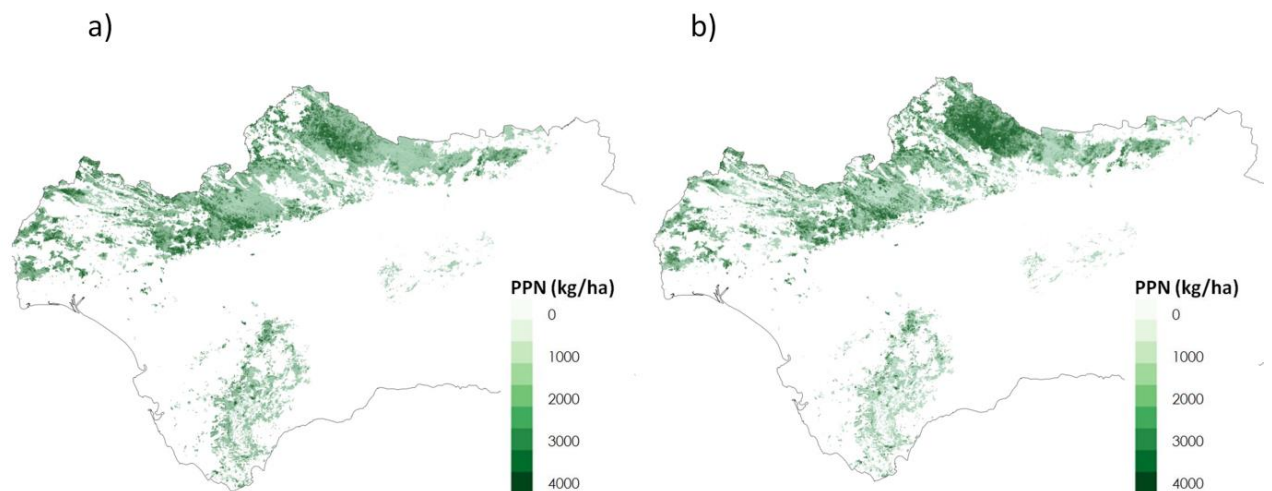


Figura 2. PPN acumulada de pasto en los años hidrológicos 2013/2014 (a) y 2014/2015 (b).

En la figura 3 se muestran las validaciones a escala regional y escala de parcela. El modelo para 2013/2014 (Figura 3a) presentó un error absoluto medio (MAE) de 252 kg / ha (12,9% de error). En el caso de 2014/2015 (Figura 3b) los resultados son ligeramente mejores con un MAE de 203 kg / ha (9,2% de error). Estos errores en la estimación de biomasa se consideran satisfactorios para aplicaciones agrícolas (Jamieson *et al.*, 1991; Bannayan y Hoogenboom, 2009; Dettori *et al.*, 2011), por lo que esta aproximación parece una buena alternativa para diversas aplicaciones relacionadas con la producción de pastos.

Los resultados obtenidos para el estudio de la efectividad de las actuaciones del proyecto, así como sus coeficientes de variación se presentan en la tabla 1. Se observa una alta heterogeneidad en el efecto de ambos tratamientos. En general, ambos mejoran la producción en la mayoría de las fincas, con incrementos de producción que oscilan, una vez descontado el efecto del año a través de la parcela control, entre el 4 y el 60%. Sin

embargo, en tres de las fincas la producción relativa empeora, lo que puede ser debido a factores relacionados con la ejecución de la mejora.

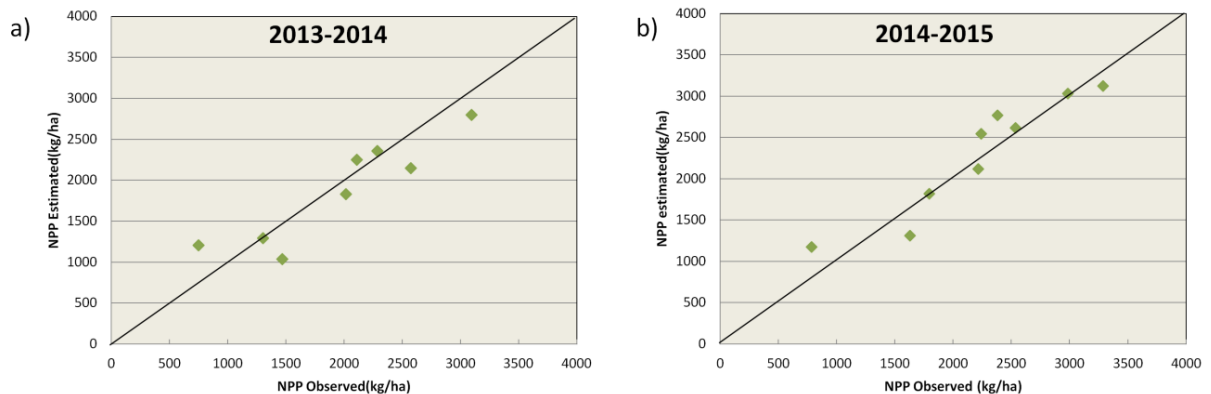


Figura 3. Validación del modelo: (a) 2013/2014, (b) 2014/2015

Tabla 1. Producción de pasto estimada (kg/ha) en las parcelas con mejora de pastos mediante siembra y/o abonado y las parcelas control seleccionadas en cada finca.

Finca	Siembra			Control			Abonado		
	2015-2016	2016-2017	CV(%)	2015-2016	2016-2017	CV(%)	2015-2016	2016-2017	CV(%)
AS07	1322,3	2857,5	73,5	2050,9	2279,7	10,6			
EN01	2337,4	3033,5	25,9	4055,4	3642,3	-10,7	2962,2	2477,9	-17,8
EN06	2307,4	3656,0	45,2	2658,8	3280,0	20,9	2043,0	4374,8	72,7
FA01	1325,2	1054,8	-22,7	808,5	2551,6	103,8			
FA11				530,4	770,8	37,0	1238,7	1946,7	44,5
JA01				1815,6	2801,0	42,7	1830,5	2940,0	46,5
UP24	3250,0	2445,9	-28,2	2689,5	2180,2	-20,9			

CONCLUSIONES

El modelo de Monteith, usado para la estimación de la producción de pasto en dehesa a partir de imágenes de resolución espacial media y datos meteorológicos, ha presentado un error admisible, en torno al 10-13%. Esta estimación se considera adecuada para la escala y objetivos de las potenciales aplicaciones en la gestión de los pastos.

Los resultados muestran que el modelo se puede aplicar para estimar las diferencias entre los tratamientos de mejora. En general, dichos tratamientos han aumentado la producción, con un mayor impacto de la siembra respecto a aquellas parcelas únicamente fertilizadas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado como parte del proyecto LIFE+bioDehesa (LIFE11/BIO/ES/000726). Los autores agradecen la colaboración de los propietarios de la red de dehesas demostrativas del proyecto y de los técnicos de las organizaciones agrarias participantes.

REFERENCIAS

- Aguilar C., Herrero J. y Polo M.J. (2010) Topographic effects on solar radiation distribution in mountainous watersheds and their influence on reference evapotranspiration estimates at watershed scale. *Hydrology and Earth System Sciences* 14, 2479–2494.
- Aguilar C., Herrero J., Millares A., Losada M. y Polo, M.J. (2014) Meteomap: Generation Of Meteorological Variables For Distributed Physically-Based Hydrological Modeling. *CUNY Academic Works*.
- Bannayan M. y Hoogenboom G. (2009). Using pattern recognition for estimating cultivar coefficients of a crop simulation model. *Field Crops Research* 111, 290-302.
- Dettori M., Cesaraccio C., Motroni A., Spano D. y Duce P. (2011) Using CERES-Wheat to simulate durum wheat production and phenology in Southern Sardinia, Italy. *Field Crops Research* 120, 179-188.
- Haydock K.P. y Shaw N.H. (1975) The comparative yield method for estimating the dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 15, 663-670.
- Herrero J., Aguilar C., Polo M.J. y Losada M. (2007) Mapping of meteorological variables for runoff generation forecast in distributed hydrological modeling. En: *Proceeding of Hydraulic Measurements and Experimental Methods (ASCE/IAHR)*. Lake Placid, NY, 606–611.
- Jamieson P.H., Porter J.R. y Wilson D.R. (1991) A test of the computer simulation model ARCWheat on wheat crops grown in New Zealand. *Field Crops Research* 27, 337-350.
- Monteith J.L. (1972) Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal of Applied Ecology* 9(7), 747-766.
- Padilla F.L.M., Maas S.J., González-Dugo M.P., Mansilla F., Rajan N., Gavilán P. y Domínguez J. (2012) Monitoring regional wheat yield in Southern Spain using the GRAMI Model and satellite imagery. *Field Crops Research* 130, 145-154.
- Running S.W., Thornton P.E., Nemani R. y Glassy J.M. (2000) Global terrestrial gross and net primary productivity from the Earth Observing System. *Methods in Ecosystem Science*. O. Sala, R. Jackson and H. Mooney. New York, Springer Verlag: 44-57.
- Szeicz G., 1974. Solar radiation for plant growth. *Journal of Applied Ecology* 11, 617-637.

ESTIMATION OF PASTURE PRODUCTION AT DIFFERENT SCALES THROUGH REMOTE SENSING IN DEHESA

Summary

The management of complex and extensive ecosystems such as the dehesa (approximately 3 million ha in the Iberian Peninsula) requires effective instruments to help in making decisions at different scales. This work focuses on the monitoring of pasture production using remote sensors. An adaptation of the Monteith production model has been applied using spatially interpolated daily meteorological data and satellite images in two scales: 1) at the entire dehesa area of Andalusia with MODIS data during the hydrological years 2013/2104 and 2014 / 2015; 2) at plot scale to evaluate pasture improvement actions carried out by the conservation actions of the LIFE-BioDehesa project, using SENTINEL-2 data during the hydrological years 2015-2016 and 2016-2017. The results obtained with respect to the estimation of pasture production showed an error of around 10-13%, admissible for many applications, and demonstrated that the model can be used to derive indicators on the effectiveness of management actions.

Keywords: Savanna, remote sensing, NPP, pasture

EFFECTO DE LOS UNGULADOS EN LA ACUMULACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y LA DENSIDAD APARENTE DEL SUELO

M. Ibáñez¹, A. Romero-Munar², C. Cardona⁴, J. Vadell², J. Bartolomé¹, E. Serrano³ and E. Baraza²

¹Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos. Facultad de Veterinaria. Universidad Autónoma de Barcelona. 08193 Bellaterra (España).

²Departamento de Biología. Universidad de las Islas Baleares (España).

³Wildlife Ecology & Health group, and Servicio de Ecopatología de Fauna Salvaje (SEFaS). Universitat Autònoma de Barcelona (España).

⁴Centre Forestal de les Illes Balears. Institut Balear de la Natura (IBANAT). Gremi Corredors, 10 (Pol. Son Rossinyol) 07009-Palma de Mallorca. Spain.

Correspondencia: elena.baraza@uib.es

Resumen

En la isla de Mallorca en la década de 1960, el turismo comenzó a desarrollarse intensamente y se produjo el cese de la gestión de cabras domésticas, que supuso un aumento de la población de cabras asilvestradas. Este aumento de distribución y densidad se presenta como una posible amenaza para los ecosistemas insulares mallorquines. Se han estudiado los efectos de estas poblaciones en varias especies de plantas endémicas, pero se desconoce su efecto en el suelo. El objetivo de este estudio es analizar el efecto de la presencia de poblaciones de cabra asilvestrada, en la acumulación de hojarasca, el contenido de carbono orgánico en suelo (SOC) y su densidad aparente, en cuatro zonas montañosas de Mallorca. Se han comparado estas variables en parcelas excluidas a los ungulados con parcelas pastoreadas adyacentes. Los resultados muestran que el contenido de materia orgánica en el suelo y la acumulación de hojarasca tienden a disminuir en las zonas pastoreadas, pero solo en algunas de ellas de manera estadísticamente significativa. La densidad aparente del suelo aumenta significativamente en cinco de las 11 exclusiones, mientras que en el resto no hay diferencias.

Palabras clave: cabra asilvestrada, exclusión, química del suelo, hojarasca, Mallorca.

INTRODUCCIÓN

La intensificación de las actividades humanas y los grandes cambios en el clima han alterado drásticamente la distribución, composición y densidad de los ungulados en el planeta. Un caso particular es la isla de Mallorca. Algunos autores consideran el aumento descontrolado de las poblaciones de cabra asilvestrada (*Capra hirtus*) un grave problema para los ecosistemas montañosos de Mallorca (Mayol *et al.*, 2017) y sus endemismos

(Cursach *et al.*, 2013a). Actualmente el Gobierno balear gestiona las zonas públicas, para evitar el daño de los ungulados sobre plantas endémicas y sobre la regeneración del bosque (Mayol *et al.*, 2017). Sin embargo, su impacto sobre el funcionamiento de los ecosistemas no está estudiado. El sobrepastoreo afecta al suelo de forma negativa compactándolo y erosionándolo (Prieto *et al.* 2011), y de forma positiva incorporando nutrientes. Estos cambios en el suelo pueden condicionar servicios ecosistémicos asociados, como la retención de carbono o la capacidad de retención del agua. El conocimiento sobre la relación entre la densidad de ungulados y las características fisicoquímicas del suelo ayudará a tomar decisiones estratégicas para la gestión, como determinar cargas ganaderas admisibles, así como anticiparnos a los problemas y atenuarlos en un contexto de cambio climático.

El objetivo del presente estudio es analizar el efecto de las cabras asilvestradas en las condiciones físico-químicas del suelo, mediante el análisis de densidad aparente, materia orgánica y hojarasca acumulada.

MATERIAL Y MÉTODOS

Zona de estudio

El estudio fue llevado a cabo en zonas montañosas de la isla de Mallorca (ver Figura 1), donde se concentran las poblaciones de cabra asilvestrada. Las zonas se denominan Binifaldó, Na Burguesa, Son Moragues y la Victoria. Binifaldó y Son Moragues son fincas públicas que se encuentran dentro de la Sierra de Tramontana, una importante Reserva Natural declarada Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 2011. En Binifaldó además de la cabra asilvestrada hay presencia de ovejas domésticas con una carga ganadera desconocida.

Diseño experimental

Los muestreos se llevaron a cabo entre los meses de octubre y noviembre del 2017. En cada una de las zonas de estudio se seleccionaron tres parcelas de 10 x10 m cercadas, en las cuales no ha habido actividad de ungulados durante al menos cinco años, excepto en la zona de Binifaldó, en la que solo hubo disponibilidad de 2 parcelas de exclusión.

Posteriormente se comparó con otras tres parcelas cercanas sin cercar donde sí había presencia de ungulados. Dentro de cada parcela se eligieron 3 puntos aleatorios donde se recogieron, con ayuda de un marco de 10 x 10 centímetros, muestras para el cálculo de acumulación de hojarasca, carbono orgánico y densidad aparente.

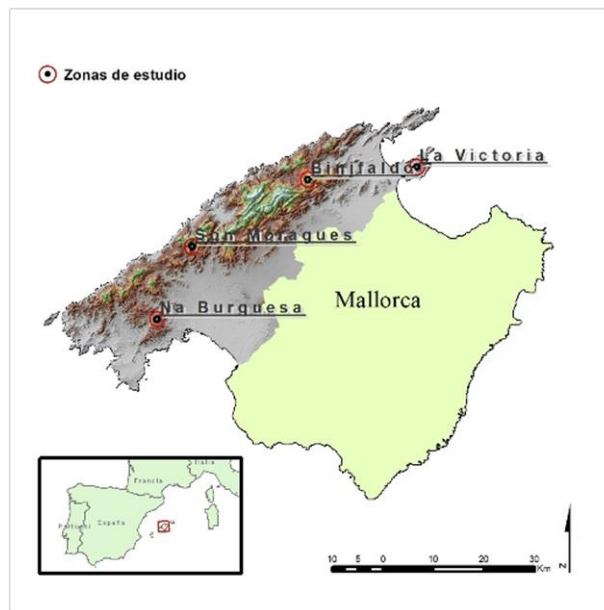


Figura 1. Mapa de localización de las cuatro zonas de estudio

Cada una de las zonas de estudio presenta diferentes características en cuanto a vegetación y presión herbívora. Para esta caracterización se realizaron transectos florísticos en ambas diagonales de cada parcela. Se empleó una varilla metálica que se clavaba en el suelo cada 20 cm y se anotaban las especies vegetales que contactaban con ella. Para valorar la presencia de ungulados, cada transecto obtuvo un valor de cero a tres, donde cero significa presencia nula, uno baja (1-4 grupos de heces), dos media (4-8 grupos de heces) y tres alta (más de 8 grupos de heces). Las características de las cuatro zonas se muestran en la Tabla 1.

Variables cuantificadas

Se recogió la cantidad de hojarasca acumulada en un marco cuadrado de 10 cm de lado. En laboratorio se introdujo en una estufa y se mantuvo durante 24 horas a 105°C, obteniendo el peso seco.

Tabla 1. Características de las zonas de estudio.

Zona	Hábitat	Altitud	Índice de presión herbívora	Cobertura de suelo
Binifaldó	Bosque mixto de <i>Pinus halepensis</i> y <i>Quercus ilex</i>	670	3	67,1
Na Burguesa	Bosque mediterráneo dominado por <i>Pinus halepensis</i> y <i>Quercus ilex</i>	440	1,7	8,28
Son Moragues	Bosque mediterráneo dominado por <i>Quercus ilex</i>	550	1,3	88,2
La Victoria	Matorral mediterráneo dominado por <i>Ampelodesmos mauritanica</i>	100	1	4,13

Para el cálculo de la densidad aparente del suelo tras nivelar el terreno, se extrajo con ayuda de una pala de jardinería un hoyo cúbico, de aproximadamente diez centímetros de lado por diez de profundidad. El volumen total de hoyo se calculó midiendo el agua que cabía en el mismo tras ser impermeabilizado con una bolsa plástica. La muestra de suelo extraído se secó en estufa a 105°C, para la eliminación de la humedad, y posteriormente se obtuvo el peso del suelo seco. El carácter rocoso de las muestras hizo necesario tamizar y medir los elementos gruesos, superiores a 2 mm. La densidad aparente del suelo resultó de dividir el peso de suelo sin elementos gruesos por el volumen total de la muestra recogida en campo tras restar el volumen de elementos gruesos.

Para la cuantificación de materia orgánica se utilizó la tierra fina pulverizada resultante de calcular la densidad aparente. Se siguió el método por vía húmeda de Walkley-Black (1934) basado en la determinación de carbono orgánico mediante volumetría oxidación-reducción. Según Porta (1982), la repetibilidad de este método es dudosa para suelos con un porcentaje de materia orgánica superior al 15%, por lo que para esos casos se siguió el método de calcinación o pérdida por ignición (loss on ignition, LOI) (Schulte y Hopkins, 1996).

Análisis estadístico

En todos los casos las variables cuantificadas presentaron heterogeneidad de varianzas por lo que se recurrió al test no paramétrico de Kruskal-Wallis para la comparación entre parcelas excluidas y no excluidas al pastoreo en cada una de las zonas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2 se observa una disminución en el contenido de materia orgánica del suelo en las zonas de La Victoria y Son Moragues. Resultados parecidos fueron encontrados por Kardol *et al* (2014) con diversos ungulados invasores en Nueva Zelanda. Wu *et al.* (2010) con ovejas y yaks en pastos alpinos de China, encontraron un aumento de materia orgánica en áreas de exclusión al pastoreo respecto a áreas pastadas.

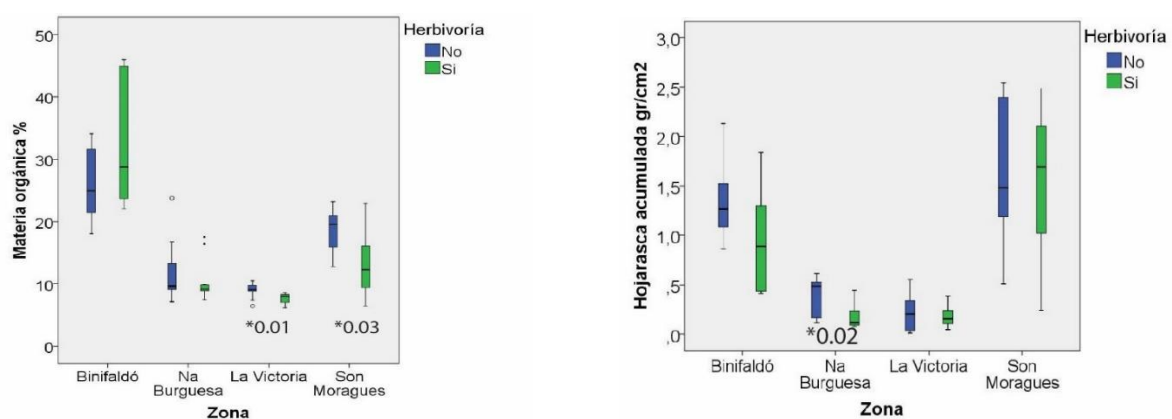


Figura 2. Diagrama de caja para cada tratamiento en las cuatro zonas de estudio del porcentaje de materia orgánica y acumulación de hojarasca. El asterisco muestra diferencias significativas entre los tratamientos dentro de la misma zona mediante el test Kruskal-Wallis.

La cantidad de hojarasca acumulada disminuye en las parcelas donde existe herbivoría, sin embargo, las diferencias sólo son significativas en el caso de Na Burguesa (Figura 2), lo que coincide con lo encontrado por Wu *et al.* (2010) en pastos alpinos en China con ovejas y yaks.

En trabajos como los de Prieto *et al.* (2011) en la estepa argentina y Yates *et al.* (2000) en hábitats boscosos de Australia, la densidad aparente es significativamente más alta en presencia de pastoreo de ganado ovino. Sin embargo, en el presente trabajo no se encuentran diferencias significativas entre tratamientos, observándose una alta dispersión de los valores observados. En cambio, si comparamos cada parcela cercada con su homóloga sin cercar, encontramos un aumento significativo de la densidad aparente en cinco de las 11 parcelas (Figura 3) comparadas cuando existe herbivoría.

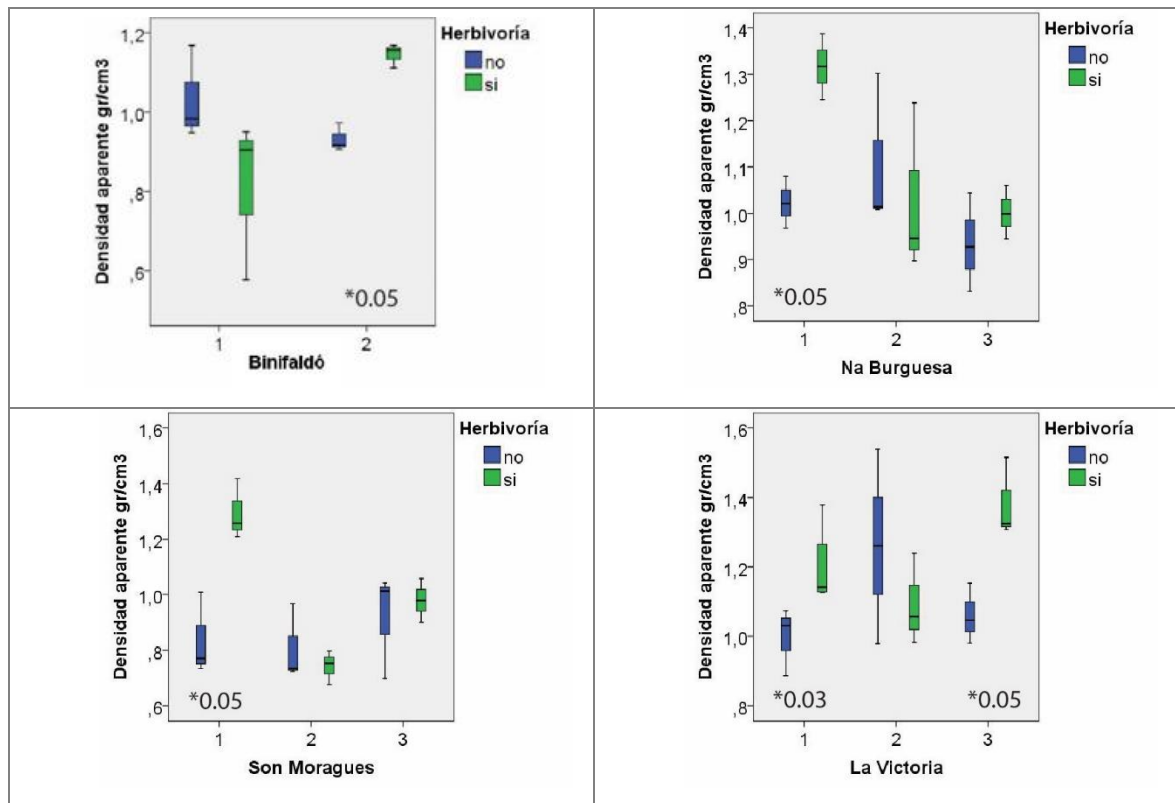


Figura 3. Diagrama de caja de la densidad aparente para cada zona. Cada uno de los diagramas muestra el valor de la variable para cada parcela agrupado por tratamiento. El asterisco muestra diferencias significativas entre los tratamientos dentro de la misma parcela, mediante la prueba de Kruskal-Wallis.

Los resultados muestran una tendencia a disminuir la cobertura de hojarasca acumulada con alta presencia de ungulados lo que a largo plazo podría ayudar a los procesos de erosión (Steffens et al., 2008). Algunos trabajos muestran que las zonas con alta presencia de ungulados presentan peores condiciones físicas del suelo, con mayor compactación y, por lo tanto, disminuyendo la capacidad de retención de agua (Pulido et al., 2016), aunque en este trabajo no se aprecia un patrón claro del tratamiento sobre la densidad aparente. Ello puede deberse a una topografía muy cambiante a pequeña escala. Por otro lado, la materia orgánica disminuye en las parcelas pastoreadas, lo que contribuye a una disminución en la función de sumidero de carbono. Sin embargo, en el caso de Binifaldó, con mayor carga ganadera, la materia orgánica aumentó fuera de las parcelas cercadas debido probablemente al aporte extraordinario de materia orgánica de origen animal, incrementado por la presencia de ganado ovino.

Un resumen de los valores medios de cada una de las variables medidas para cada zona y tratamiento es mostrado en la tabla 2.

Tabla 2. Valores medios de las variables medidas en cada zona.

Zona	% Materia orgánica		Hojarasca acumulada (gr/cm ²)		Densidad aparente (gr/cm ³)	
	Con herbivoría	Sin herbivoría	Con herbivoría	Sin herbivoría	Con herbivoría	Sin herbivoría
Binifaldó	32,34	25,83	0,96	1,36	0,98	0,98
Na Burguesa	10,74	11,96	0,19	0,38	1,11	1,02
Son Moragues	13,19	18,41	1,56	1,62	1,01	0,85
La Victoria	7,64	8,93	0,18	0,22	1,22	1,11

CONCLUSIONES

Diferentes zonas muestran diferencias significativas entre tratamientos en diferentes variables. Esto podría indicar que las características propias de las zonas son más decisivas que la presencia de ungulados a la hora de determinar su suelo. Sin embargo, la tendencia general fue una disminución de la hojarasca y de la materia orgánica y un aumento de la densidad aparente. Esto supondría pérdidas de capacidad de retención de agua y menor fijación de carbono orgánico en el suelo, lo que en ambos casos supondría una menor resiliencia frente al cambio climático. Sin embargo, la gran variabilidad entre parcelas hace pensar que es necesario un mayor número de muestras en cada zona y un aumento en el número de zonas a estudiar para poder determinar el papel de los ungulados en la determinación de estas características edáficas.

AGRADECIMIENTO

Al ministerio de Economía, Industria y Competitividad MINECO, que financia el Proyecto HERBINSU CGL2015-70449-R (2016-2019), el contrato en formación de personal investigador FPI de Miguel Ibáñez, y el contrato Ramon y Cajal (RYC-2016-2020) de Emanuel Serrano. También al apoyo a la investigación de la Obra Social La Caixa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cursach, J., Moragues, E., y Rita, J. (2013). Herbivory and plant competition effects on the population dynamics of *Naufraga balearica*, a threatened narrow endemic species of the Balearic Islands. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 147(2), 508-517.

- Mayol J., Alcover J., Domènech O., Moragues E. y Rita J. (2017) *La cabra, espècie invasora a les Balears*. España: Leonard Muntaner Editor.
- Porta J. (1982) *Técnicas y experimentos en edafología*. Editorial: Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Cataluña.
- Prieto, L. H., Bertiller, M. B., Carrera, A. L., & Olivera, N. L. (2011). Soil enzyme and microbial activities in a grazing ecosystem of Patagonian Monte, Argentina. *Geoderma*, 162(3-4), 281-287.
- Pulido, M., Schnabel, S., Lavado Contador, J. F., Lozano-Parra, J., & González, F. (2018). The impact of heavy grazing on soil quality and pasture production in rangelands of SW Spain. *Land Degradation & Development*, 29(2), 219-230.
- Kardol, P., Dickie, I. A., St John, M. G., Husheer, S. W., Bonner, K. I., Bellingham, P. J., & Wardle, D. A. (2014). Soil-mediated effects of invasive ungulates on native tree seedlings. *Journal of Ecology*, 102(3), 622-631.
- Raiesi, F., & Asadi, E. (2006). Soil microbial activity and litter turnover in native grazed and ungrazed rangelands in a semiarid ecosystem. *Biology and Fertility of Soils*, 43(1), 76-82.
- Schulte, E. E., & Hopkins, B. G. (1996). Estimation of soil organic matter by weight loss-on-ignition. *Soil organic matter: Analysis and interpretation*, (soilorganicmatt), 21-31.
- Steffens, M., Kölbl, A., Totsche, K. U., & Kögel-Knabner, I. (2008). Grazing effects on soil chemical and physical properties in a semiarid steppe of Inner Mongolia (PR China). *Geoderma*, 143(1-2), 63-72.
- Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1), 29-38.
- Wu, G. L., Liu, Z. H., Zhang, L., Chen, J. M., & Hu, T. M. (2010). Long-term fencing improved soil properties and soil organic carbon storage in an alpine swamp meadow of western China. *Plant and Soil*, 332(1-2), 331-337.
- Yates, C. J., Norton, D. A., & Hobbs, R. J. (2000). Grazing effects on plant cover, soil and microclimate in fragmented woodlands in south-western Australia: implications for restoration. *Austral Ecology*, 25(1), 36-47.

UNGULATES EFFECTS ON SOIL ORGANIC CARBON ACCUMULATION AND BULK DENSITY

Summary

The intensification of human activities and great changes in climate have drastically altered the distribution, composition and density of the great herbivores on the planet. In Majorca Island case, this alteration began in the 1960s, when tourism began to develop intensively and contributed to the cessation of the management of ungulates, whose populations increase uncontrollably at present, threatening to the fragile Majorcan island ecosystems. The negative effects of these populations on several species of endemic plants have been studied, but less is known about their effect on the soil. The objective of this study is to fill this gap by showing the effects of ungulates on the organic carbon content (SOC), litter accumulation and bulk density in four mountainous areas of Mallorca, comparing these variables in areas excluded from ungulates with browsed areas. We found an important

spatial variation in the characteristics of the soil since the area and the plot explain an important part of the variability found in the measured variables. Despite the localized effect of ungulates on the ground, this must be considered in management plans for goat populations, since the soil characteristics analyzed are closely linked to ecosystem services, such as carbon sink and water retention capacity.

Key words: feral goat, exclusion, soil chemistry, litter accumulation, Mallorca.

LOS CORTAFUEGOS COMO ATRAYENTE NATURAL PARA CABRAS ASILVESTRADAS EN LA PREVENCIÓN DE INCENDIOS

J.C. Pareja Loayza¹, J. Bartolomé Filella¹, E. Serrano², E. Baraza Ruiz³.

¹Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos. Facultad de Veterinaria. Universidad Autónoma de Barcelona. 08193 Bellaterra (España).

²Wildlife Ecology & Health group and Servicio de Ecopatología de Fauna Salvaje (SEFaS). Universidad Autónoma de Barcelona, 08193 Bellaterra (España.)

³Departamento de Biología. Universidad de las Islas Baleares. 07122 Palma, Illes Balears (España)

Correspondencia: javimev@gmail.com

Resumen

En este trabajo, evaluamos si los cortafuegos forestales son áreas atractivas de alimentación para las cabras asilvestradas (*Capra hircus*) en la sierra de Na Burguesa, Mallorca, España. La intensidad de ramoneo de la vegetación arbustiva, se evaluó mensualmente (julio-septiembre de 2017) en 32 transectos (16 en pinar y 16 en cortafuegos) de 20 x 1 m utilizando un índice de ramoneo entre 0 (no ramoneado) a 3 (intensamente ramoneado). La abundancia de cabras en la zona de estudio se estimó mediante el conteo de excrementos. Encontramos una mayor abundancia de heces en las áreas cortafuegos y un mayor índice de ramoneo en *Ampelodesmos mauritanica*, *Cistus albidus*, *Globularia alypum*, *Olea europaea* y *Phillyrea angustifolia*. Podemos concluir que las cabras usan preferentemente las áreas cortafuegos para su alimentación lo que puede contribuir al control de la biomasa vegetal y en consecuencia, en la prevención de incendios forestales.

Palabras clave: Pinar, Mallorca, ramoneo, *Ampelodesmos mauritanica* y *Olea europaea*.

INTRODUCCIÓN

En los bosques mediterráneos el efecto ramoneador de las cabras puede ser una técnica efectiva de control de los incendios. Estos ungulados pastan sobre la vegetación arbustiva y graminoide del sotobosque reduciendo la biomasa potencialmente inflamable (Lloret, 2004; Varela *et al.* 2008). Cuando se considera el efecto de animales salvajes o asilvestrados, el manejo del efecto ramoneador queda muy limitado. La apertura o mantenimiento de áreas cortafuego podría actuar como atrayente para estos animales debido un aumento de los rebrotes de la biomasa arbustiva y herbácea. Esta medida de gestión puede contribuir a la gestión forestal y el control de incendios. En la Isla de Mallorca la población de cabras asilvestradas requiere de algún plan de gestión, ya que su

incremento viene generando controversia en torno a su impacto (Vives y Baraza, 2010). El objetivo de este trabajo fue evaluar el posible papel de control de la biomasa vegetal de cortafuegos y pinares adyacentes por cabras asilvestradas como herramienta de prevención de incendios. Para ello se comparó la intensidad de uso y ramoneo de cabras asilvestradas en cortafuegos recientemente mantenidos respecto a pinares adyacentes.

MATERIAL Y METODOS

El estudio se realizó en la montaña Na Burguesa (39 ° 35 'N 2 ° 33' E, 503 m a.s.l.) en el municipio de Calviá, isla de Mallorca, España. El clima es típicamente mediterráneo con dos estaciones lluviosas (primavera y otoño) y con verano seco y cálido e invierno seco y suave. La vegetación se caracteriza por la presencia de pinares (*Pinus halepensis* Mill.) y matorral mediterráneo con predominancia de *Erica multiflora* L., *Pistacia lentiscus* L. y *Phillyrea angustifolia* L. Entre marzo y abril del 2017 se realizó en mantenimiento de una franja cortafuegos de aproximadamente 2 km x 50 m, donde se situó el área de estudio. En la zona se pudieron avistar pastoreando unas 50 cabras asilvestradas.

En junio 2017 se establecieron 32 transectos de 20x1 m repartidos equitativamente entre el cortafuego (16) y el pinar adyacente (16) de manera aleatoria. La intensidad de uso se determinó mediante el conteo de heces de cabra, previa limpieza inicial, en los transectos. La intensidad de ramoneo se estimó como el porcentaje de rebrote ramoneado de las principales especies vegetales. Se establecieron cuatro categorías: 0 = no ramoneado, 1 = ramoneo < 25%, 2 = ramoneo 50 a 75%, 3 = ramoneo > 75 %). Las medidas se tomaron mensualmente desde julio a setiembre 2017 (tres medidas). Las diferencias entre los tratamientos se analizaron mediante pruebas estadísticas de Kruskal-Wallis utilizando el software JMP.

RESULTADOS Y DISCUSION

Tal como muestra la figura 1, la cantidad de heces acumuladas fue significativamente mayor en el cortafuego que en el bosque adyacente en los tres meses de estudio, siendo la diferencia especialmente acusada en julio. Esto indicaría un mayor uso del cortafuego

por parte de las cabras, de modo similar al indicado por Dopazo y Robles (2009). Como era de esperar el ramoneo de la vegetación a lo largo del período de estudio fue también significativamente mayor en el cortafuego, con tendencia a incrementar a lo largo de los meses (figura 2), como también observaron Robles y Ruiz (2019) en Andalucía. Las plantas más ramoneadas fueron: *Ampelodesmos mauritanica*, *Cistus albidus*, *Globularia alypum*, *Olea europaea* y *Phillyrea angustifolia*. Estas especies, ya fueron detectadas como los componentes principales de la dieta de las cabras asilvestradas de Mallorca (Rivera et al., 2014). Además, todas fueron significativamente más ramoneadas en el cortafuego (figura 3). *Olea europaea* es la especie que muestra el mayor uso tanto en el cortafuego como en el pinar.

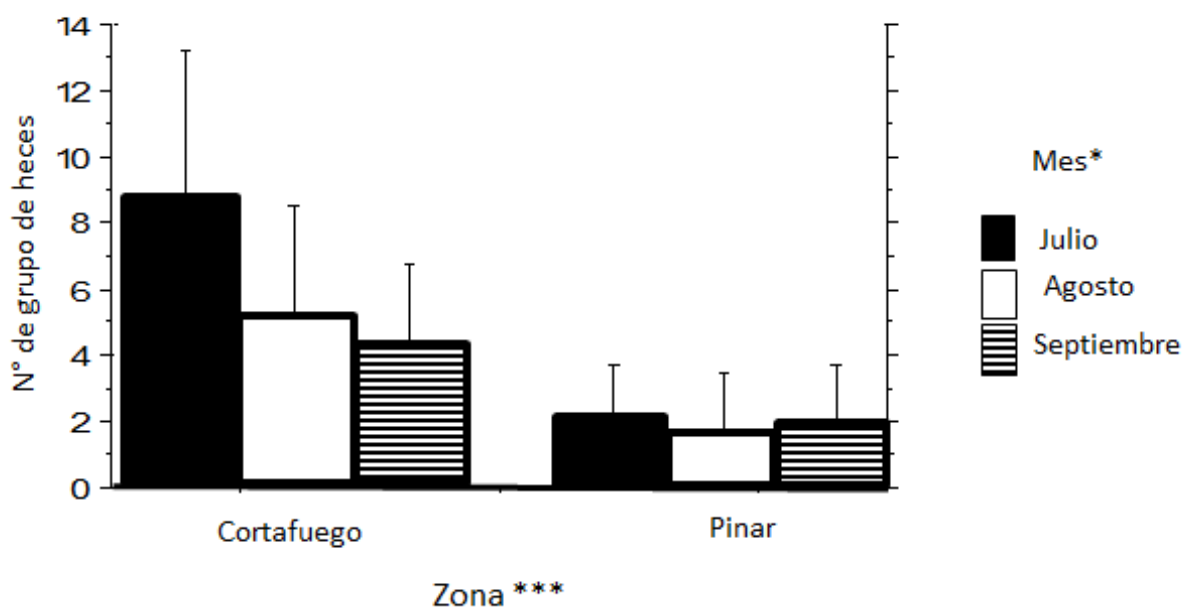


Figura 1 Cantidad de grupos de heces de cabras asilvestradas en el cortafuego y el pinar adyacente.

* p <0.05; **p <0.01; ***p <0.001

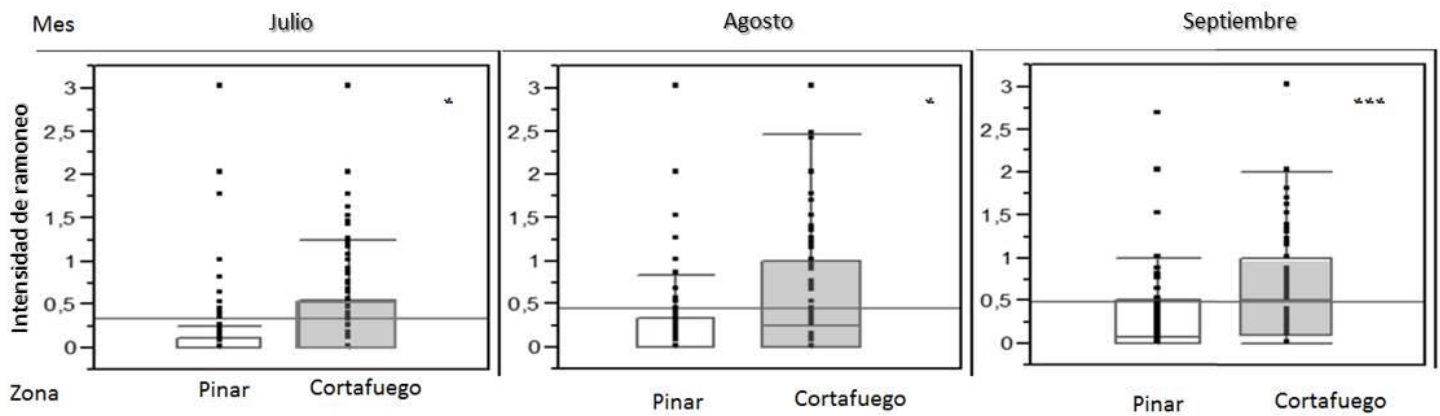


Figura 2 Comparación de la intensidad de ramoneo entre el cortafuego y pinar.

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

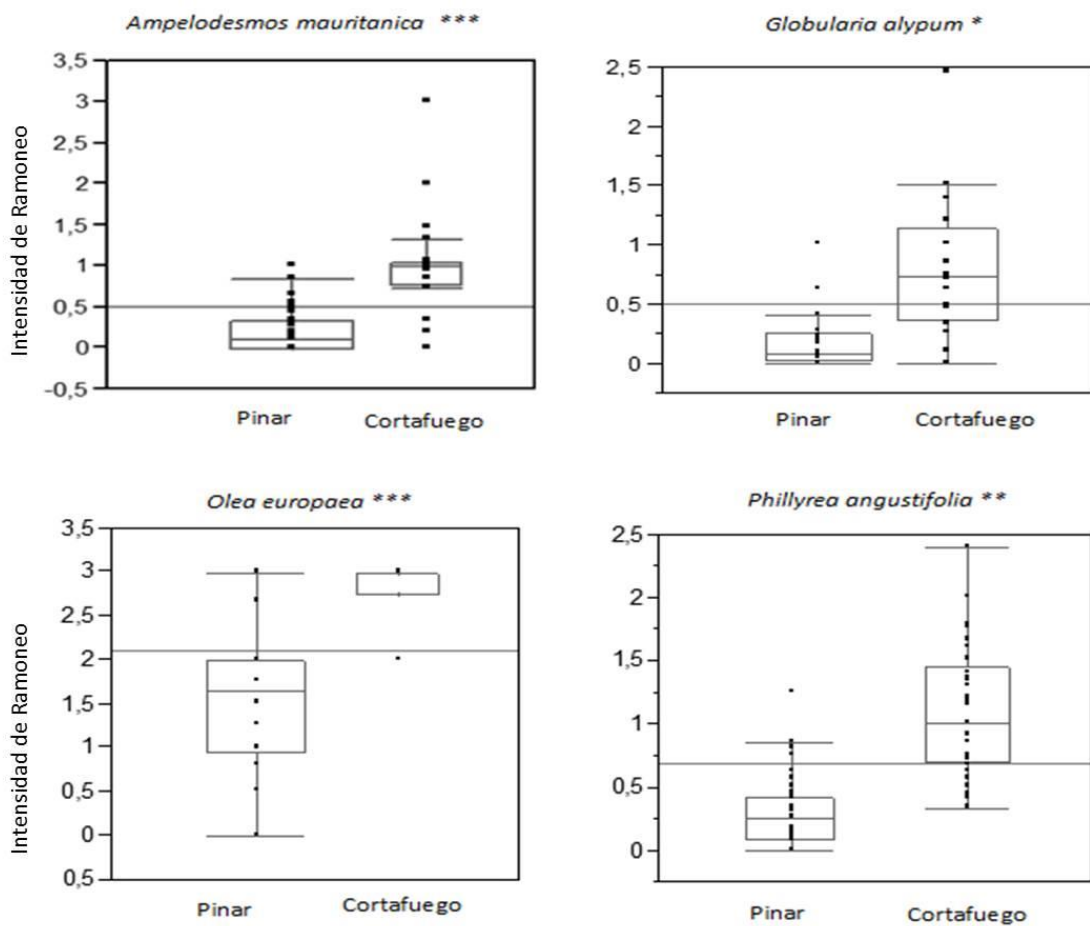


Figura 3 Rango de intensidad de ramoneo en pinar y cortafuego de las principales especies durante el periodo de estudio. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos se concluye que las zonas cortafuegos sirven como atrayente a una población de cabras asilvestradas. El efecto del ramoneo de las cabras afecta a las principales especies del sotobosque, contribuyendo de esta manera a reducir la biomasa vegetal acumulada. La distribución estratégica de áreas cortafuegos en zonas ocupadas por cabras asilvestradas puede contribuir a la gestión de estos animales y a la vez reducir el riesgo de incendios.

AGRADECIMIENTO

Al Proyecto HERBINSU CGL2015-70449-R Proyecto financiado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad MINECO- España 2016-2019. A Cienciactiva-iniciativa del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) del Perú, por financiar la beca doctoral a Javier Pareja. (Contrato N° 236- 15-FONDECYT). E. Serrano disfruta de un contrato Ramón y Cajal (RYC-2016-21120) concedido por el Ministerio Español de Economía y Competitividad (MINECO).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dopazo C., Robles B., Ruiz R. y San Miguel A. (2009) Efecto del pastoreo en el mantenimiento de cortafuegos en la Comunidad Valenciana, Sept 21-25. Ávila, España: 5º Congreso Forestal Español.
- Lloret F. (2004). Régimen de incendios y regeneración. In Valladares F (ed) Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, pp. 101-126
- Rivera L., Bartolomé J. y Baraza E. (2014). Ecología trófica de ungulados en condiciones de insularidad (tesis doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona, España.
- Robles B. y Ruiz J. (2009). Evaluación de las prácticas de pastoreo controlado en la Red de áreas Pasto-Cortafuegos de Andalucía: metodología y resultados de la campaña 2008. In Congresos Forestales.
- Varela E., Calatrava J., Ruiz-Mirazo J., Jiménez R. y González-Rebollar, J. L. (2008). El pastoreo en la prevención de incendios forestales: análisis comparado de costes evitados frente a medios mecánicos de desbroce de la vegetación. *Pequeños Rumiantes* (9-3):12-20
- Vives A. y Baraza E. (2010) La cabra doméstica asilvestrada (*Capra hircus*) en Mallorca ¿Una especie a erradicar? *Galemys*, 22, 193-205.

FIREBREAKS AS A NATURAL ATTRACTANT FOR FERAL GOATS IN FIRE PREVENTION

Summary

In this work, we evaluated whether forest firebreaks resulted attractive feeding areas for goats (*Capra hircus*) in the Sierra de Na Burguesa, Mallorca Island, Spain. To evaluate browsing intensity of shrub vegetation, 32 transects (16 in the pine forest and 16 in the firebreaks) of 20 x 1 m were covered monthly (July-September 2017). Browsing intensity was assessed by a browsing score ranging from 0 (not browsed) to 3 (intensely browsed), and goat abundance by pellet counts. According to our pellet counts, firebreak areas were more used than pine forests. On the other hand, *Phillyrea angustifolia*, *Globularia alypum*, *Ampelodesmos mauritanica*, *Cistus albidus* and *Olea europaea* were the most consumed species. In conclusion, the greater use of firebreaks by feral goats may contribute not only to biomass control but also to forest fire prevention in Mediterranean areas.

Keywords: Pine forest, Mallorca, browse, *Ampelodesmos mauritanica* and *Olea europaea*.

CAMBIOS FLORÍSTICOS DEL PASTO INDUCIDOS POR BOSTA DE GANADO VACUNO Y ESCARABAJOS COPROFAGOS EN PINARES (*P. pinea* L.) DEL P.N. DE DOÑANA

M. J. Leiva Morales, B. Ojeda Domínguez

Departamento de Biología Vegetal y Ecología, Universidad de Sevilla, Apdo. correos 1095, 41080 – Sevilla (España).

Correspondencia: leiva@us.es

Resumen

Se analiza el efecto de las bostas de ganado vacuno en la composición florística del sotobosque herbáceo en un pinar de *Pinus pinea* con pastoreo moderado en el Parque Natural de Doñana. El pinar se sitúa junto a una dehesa de alcornoque, mucho más utilizada por el vacuno, que esporádicamente transita hacia el pinar. Se seleccionó un conjunto de bostas en el pinar al final del verano y se analizó la evolución del pasto durante el ciclo vegetativo. Se registró una gran actividad de coleópteros coprófagos que al remover el suelo incorporaron el estiércol y eliminaron las plantas de las zonas afectadas. Algunas especies de planta características del pasto de la dehesa se asociaron positivamente a las bostas, y se comprobó la presencia de sus semillas en el estiércol por germinación en cámara. Por el contrario las especies asociadas a suelo sin bosta en el campo no aparecieron en el estiércol en los test de germinación en cámara. Se concluye que estos movimientos del ganado entre distintos hábitats pueden ejercer un proceso gradual de modificación del pasto en el pinar que, a su vez, se ve muy influido por la intervención de los coleópteros coprófagos.

Palabras clave: bioturbación, pasto anual, patrón espacial, transporte de semillas

INTRODUCCION

El libre pastoreo por rumiantes promueve el transporte de nutrientes y potencialmente de semillas asociadas a las bostas (Kuiters y Huiskes 2010), que puede representar un proceso continuo de modificación de estos hábitats (Hirata *et al.* 2009). En el SO español, cerca de la costa de Huelva, es frecuente, el mosaico de pinares de *Pinus pinea*, resultado de antiguas repoblaciones, y dehesas de *Quercus spp* (alcornoque o mezcla con encina) en las explotaciones ganaderas. En ambas formaciones el sotobosque es con frecuencia exclusivamente herbáceo (pasto anual) como resultado del uso pastoral tradicional y del desbroce del pinar, aunque la cobertura de copa (fracción de cubierta) del arbolado es mucho mayor en el pinar. El uso de la dehesa es casi

exclusivamente ganadero mientras que el pinar tiene un uso principal forestal pero también es aprovechado por ganado.

El objetivo del presente estudio es determinar los cambios potenciales del pasto del pinar inducidos por la afluencia del ganado vacuno, a través del estiércol y, potencialmente, las semillas que atraviesan el tracto digestivo. Entre los cambios que se analizan se incluyen aquellos asociados a la intervención de otros organismos como los escarabajos coprófagos.

MATERIAL Y METODOS.

El estudio se ha realizado en una explotación con las características antes descritas, en el Término Municipal de Villamanrique de la Condesa (Sevilla), en el Parque Natural de Doñana. El ganado, vacuno (raza “retinta”) y caprino (raza “payoya”), pasta sobre todo en la dehesa pero accede libremente a una parte del pinar para pastar ocasionalmente, sobre todo cuando escasea el pasto en la dehesa. En su conjunto, 350 ha son pastadas por vacuno (110 hembras adultas) y caprino (300 hembras adultas) en la explotación.

Se delimitaron dos zonas de unas 2 ha cada una, distantes entre sí unos 200 m, una en la dehesa y otra en el pinar. Ambas de topografía muy llana. El suelo del pinar es más seco y arenoso mientras que el de la dehesa tiene más materia orgánica (Leiva *et al.* 2009). Las diferencias de pastoreo de ambas zonas se confirmaron al comienzo del estudio (ver resultados) analizando la densidad de bosta en 50 parcelas de 1m², a intervalos regulares de 20 m, en cada zona.

En primer lugar se analiza si existen diferencias en composición del pasto entre dehesa y pinar, utilizando un conjunto de inventarios florísticos realizados previamente durante tres años (2009-2011) con el método de intercepción puntual (50 puntos tomados cada 10 cm en transectos de 5 m de largo, 24 transectos por zona). En segundo lugar se analiza el efecto de la presencia de bostas sobre el pasto en la zona de pinar. Para ello, al final del verano de 2011, se eligieron al azar y marcaron 10 bostas (30- 35 cm de diámetro aprox.) equidistantes al menos 25 m. Tres muestras alícuotas de cada bosta se extrajeron cuidadosamente (cores de 2 cm Ø y 4 cm de profundidad) para analizar su contenido en

semillas (en cámara de cultivo de la Universidad de Sevilla). Centrada en cada bosta se delimitó una parcela (110 x 110 cm) y se superpuso una cuadrícula del mismo tamaño de con 11 x 11 celdillas (100 cm² de luz cada celdilla) para el análisis espacial de cobertura del sustrato y composición florística. En cada parcela se registró periódicamente (en los meses de septiembre, noviembre, febrero y abril de 2011 y 2012, coincidiendo con el periodo vegetativo) la presencia de tres tipos de cobertura en las celdillas: bosta (inicialmente solo en las celdillas centrales), suelo sin estiércol ni perturbación (en las celdillas más alejadas de la bosta) y suelo perturbado (muy próximo a la bosta). La bioturbación del suelo se debe a la actividad de escarabajos coprófagos (*Scarabaeoidea*) que acuden al estiércol (Nichols *et al.* 2008). Su muestreo se hizo siguiendo el método estándar de trampas pitfall, cebadas con estiércol de vacuno, (p. ej. Agoglitta *et al.* 2012). Las trampas se colocaron durante dos días en la periferia de cada parcela, repitiéndose el muestreo a la vez que el de coberturas. En el último muestreo se registró también la cobertura de la vegetación por celdilla (escala subjetiva con valores de 1 a 4) y la composición florística.

Análisis de datos

Para comparar la similitud florística del pasto entre la dehesa y el pinar, se aplicó un análisis de Cluster jerarquizado a la matriz inventarios x especies, utilizando el método de agrupación de Ward mediante distancias Euclideas (PC-ORD, v7).

La evolución temporal de la cobertura de las bostas en cada parcela se analizó mediante el software de estadística espacial SADIE, calculándose un índice de agregación(Ia) indicativo del grado de permanencia o desaparición de la bosta inicial.

Para determinar si las especies herbáceas detectadas en las parcelas en primavera se asociaban significativamente a bosta o a suelo inalterado (sin estiércol ni bioturbación) se aplicaron Tablas de Contingencia. Para ello se discriminaron dos tipos de celdilla en cada parcela: I) aquellas con suelo inalterado en todo el periodo vegetativo (normalmente fueron las alejadas de la bosta al menos 20 cm) y II) aquellas que presentaron estiércol al menos al principio del ciclo anual. Las celdillas con alta bioturbación por coleópteros se descartaron de los análisis ya que quedaron prácticamente desprovistas de plantas durante todo el ciclo. Las celdillas de cada tipo de cobertura se agruparon en el conjunto de parcelas

para construir las tablas de contingencia por cada especie (es decir, frecuencia de celdillas de cada sustrato donde la especie está presente y donde está ausente). Como los valores esperados fueron bajos (< 5) se aplicó el test exacto de Fisher para testar la hipótesis de independencia (Everitt 1977).

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de clasificación de los inventarios (Figura 1) muestra claras diferencias en la composición florística de la dehesa y el pinar, con dos grupos de inventarios bien diferenciados, uno de cada hábitat, que recogen gran cantidad (48 y 53% en dehesa y pinar respectivamente) de la información remanente.

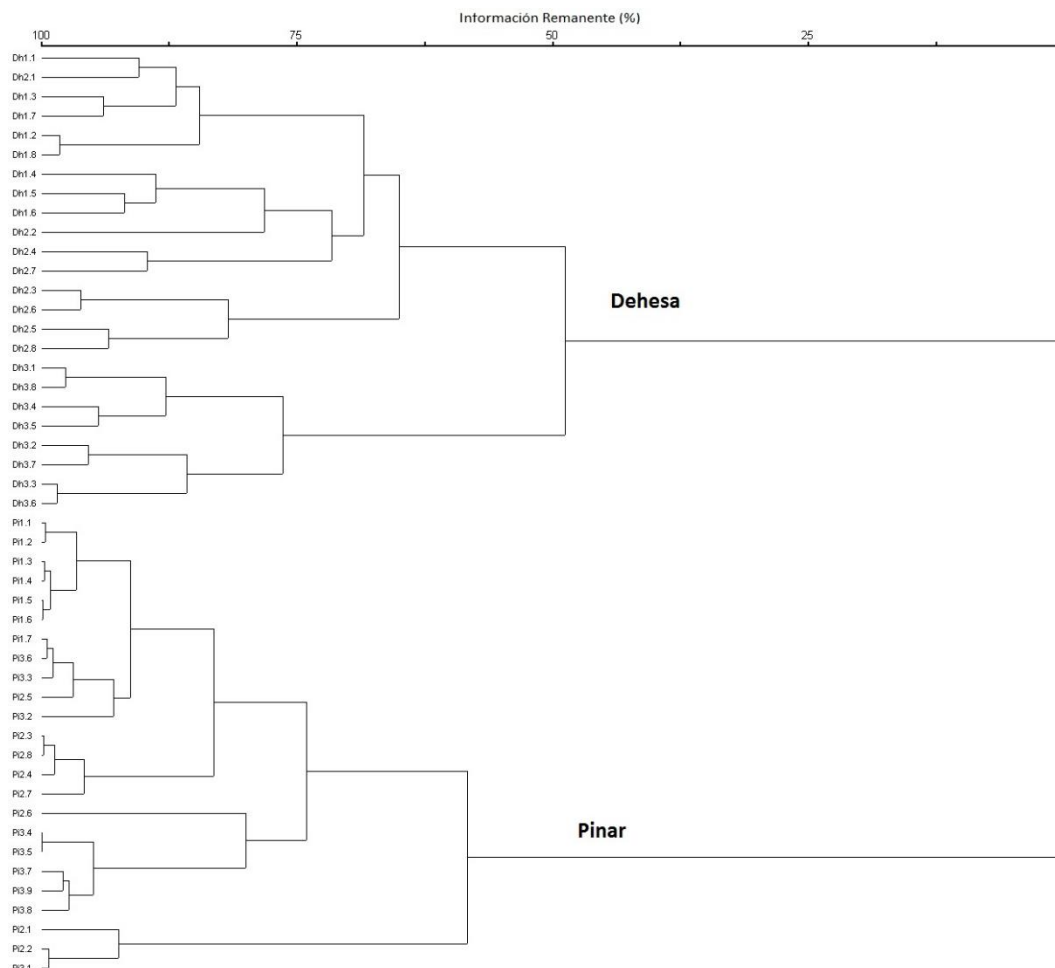


Figura 1. Resultado del análisis de clasificación de Ward de un conjunto de inventarios florísticos correspondiente a las zonas de dehesa (Dh) y de Pinar (Pi). El primer dígito del nombre corresponde al año de muestreo (1,2,3 = 2009,2010,2011) y el segundo al número de réplica (1 a 7).

La densidad de bostas al final del verano fue un orden de magnitud menor en el pinar que en la dehesa (media±desviación estándar: $0,3\pm 0,13$ y $1,1\pm 0,15$ bostas/m² en pinar y dehesa respectivamente) corroborando una menor estancia del vacuno en el pinar.

A lo largo del ciclo anual la cantidad de celdillas cubiertas por bosta en cada parcela fue disminuyendo (Figura 2), al igual que fue bajando el índice de agregación (Figura 3), indicando la desaparición del estiércol en superficie y su incorporación al suelo. Por el contrario, el número de celdillas con bioturbación aumentó en el mismo periodo, debido, en buena medida, a la actividad de los coprófagos (especialmente los escarabajos tuneladores) que, al excavar y enterrar el estiércol, también cubren de arena las celdillas circundantes. La abundancia de coprófagos varió entre 7 y 36 individuos por trampa durante el periodo vegetativo, aunque sin una tendencia clara de aumento o reducción temporal. Las especies más comúnmente encontradas en el conjunto de parcelas fueron: *Bubas bubalus*, *Ceratophyus huffmannseggii*, *Copris hispanus*, *Pimelia baetica*, *Scarabeus cicatricosus*, *Scarabaeus sacer*, *Scarites eurytus* y *Tiphæus momus*.

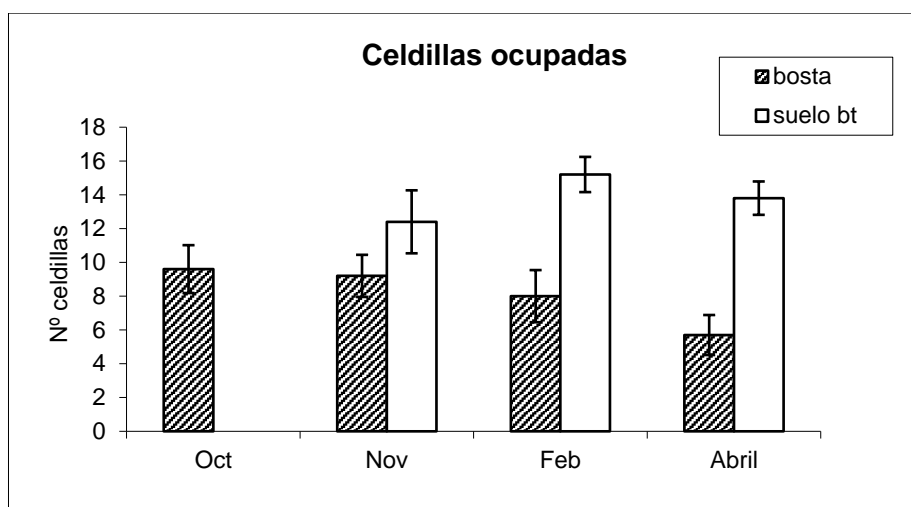


Figura 2. Cantidad de celdillas ocupadas (valor medio por parcela ± se, N=10) por bosta y por suelo con bioturbación por escarabajos (suelo bt) durante el año 2011-12

Al final del ciclo vegetativo la cobertura de la vegetación presentó una distribución inversa a la de bioturbación (Figura 4), con máximos a 20-30 cm del centro de la parcela, en forma de anillo alrededor de la bosta original que presentaba máxima bioturbación en este momento. La formación de estos anillos de abundante hierba alrededor de las bostas

se asocia a la liberación de nutrientes (Gillet *et al.* 2010). En cuanto a la composición florística, se encontraron 34 especies herbáceas en el conjunto de las parcelas (Tabla 1). De ellas, 7 se asociaron significativamente ($P < 0,05$) a bosta (es decir, fueron significativamente más frecuentes en este sustrato que en suelo intacto: tabla de contingencia y test exacto de Fisher), 10 a suelo intacto (sin estiércol ni bioturbación) y 17 no se asociaron a ningún tipo de sustrato (es decir, que aparecieron indistintamente en uno u otro). *Erodium moschatum* seguido por *Geranium molle* fueron las especies que mostraron un patrón más repetido de asociación a bosta (5 y 3 parcelas del total). Estas especies también son muy abundantes en la zona de dehesa. Todas las especies asociadas positivamente a bosta en las parcelas en campo germinaron también en las muestras de estiércol en cámara de cultivo (Tabla 1), lo que sugiere que existe una dispersión efectiva de especies (transporte y establecimiento) de la dehesa al pinar por el ganado vacuno. Por el contrario, casi ninguna de las especies positivamente asociadas a suelo intacto germinó en las muestras de bosta puestas en cámara de cultivo. Respecto a las especies no asociadas significativamente a ninguno de los sustratos la germinación en cámara de cultivo fue intermedia (algo menos de la mitad).

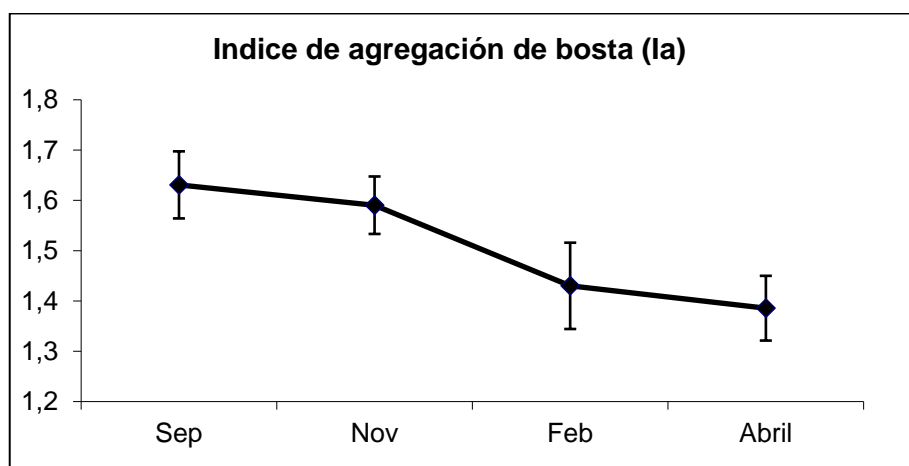


Figura 3. Índice de agregación espacial de las celdillas cubiertas por bosta (valor medio por parcela \pm ES, N =10) calculado mediante el software de análisis espacial SADIE.

Tabla 1. Plantas asociadas significativamente a un tipo de cobertura (bosta, suelo sin estiércol ni bioturbación, b.t.) y no asociadas. Se indica también el número de parcelas (sobre N=10) en que se encontró cada especie y su frecuencia de aparición por tipo de cobertura en el total de celdillas del conjunto (Bosta: N=52; Suelo sin bioturbación -b.t.- : N=244). ** Plantas que germinaron en las muestras de estiércol en cámara de cultivo.

Especies	Nº de parcelas		Aparición en celdillas de cada tipo %		Test exacto de Fisher
	Bosta	Suelo sin b.t.	Bosta	Suelo sin b.t.	P
Asociadas a bosta					
<i>Anagallis arvensis</i> **	2	0	4.5	-	0.003
<i>Bromus hordeaceus</i> **	2	1	8.5	0.4	0.004
<i>Erodium moschatum</i> **	5	0	15.4	-	<0.001
<i>Geranium molle</i> **	3	0	9.6	-	<0.001
<i>Malva parviflora</i> **	1	0	4.0	-	0.030
<i>Plantago lagopus</i> **	2	1	6.0	1.2	0.035
<i>Veronica polita</i> **	1	0	2.0	-	0.030
Asociadas a suelo sin b.t.					
<i>Anthoxanthum ovatum</i>	2	8	3.8	11.5	0.038
<i>Centaurea melitensis</i>	0	7	-	10.7	0.012
<i>Crocus serotinus</i>	4	10	9.6	27.9	0.004
<i>Erodium aethiopicum</i>	3	9	13.5	34.4	0.003
<i>Filago pyramidata</i>	0	5	-	9.8	0.018
<i>Ophoglossum lusitanicum</i>	2	7	7.7	20.5	0.030
<i>Tuberaria macrosepala</i>	0	7	-	23.4	< 0.001
<i>Plantago bellardii</i>	2	9	3.8	15.9	0.025
<i>Vulpia fontquerana</i>	6	9	11.5	26.2	0.030
<i>Vulpia membranacea</i> **	7	10	32.7	48.0	0.047
No asociadas					
<i>Andryala arenaria</i>	0	4	-	3.7	ns
<i>Asterolinon linum-stellatum</i>	0	1	-	2.5	ns
<i>Avena longiglumis</i>	4	5	13.5	9.43	ns
<i>Brasica barrelieri</i>	0	4	-	4.5	ns
<i>Brachypodium distachyom</i> **	6	10	25	27.5	ns
<i>Crepis capillaris</i> **	2	9	7.7	9.8	ns
<i>Evax pygmaea</i>	0	3	-	2.5	ns
<i>Juncus bufonious</i> **	1	1	1.9	1.6	ns
<i>Linnun bienne</i>	0	2	-	4.1	ns
<i>Malcomia locera</i>	0	1	-	1.6	ns
<i>Ornithopus satibus</i>	2	5	3.8	8.2	ns
<i>Plantago coronopus</i> **	3	8	11.5	20.5	ns
<i>Ranunculus arvensis</i>	0	2	-	2.9	ns
<i>Reseda lutea</i> **	1	2	1.9	5.7	ns
<i>Thapsia villosa</i>	0	1	-	1.6	ns
<i>Tolpis barbata</i> **	1	5	3.8	7.4	ns
<i>Trifolium campestre</i> **	1	1	1.9	0.4	ns

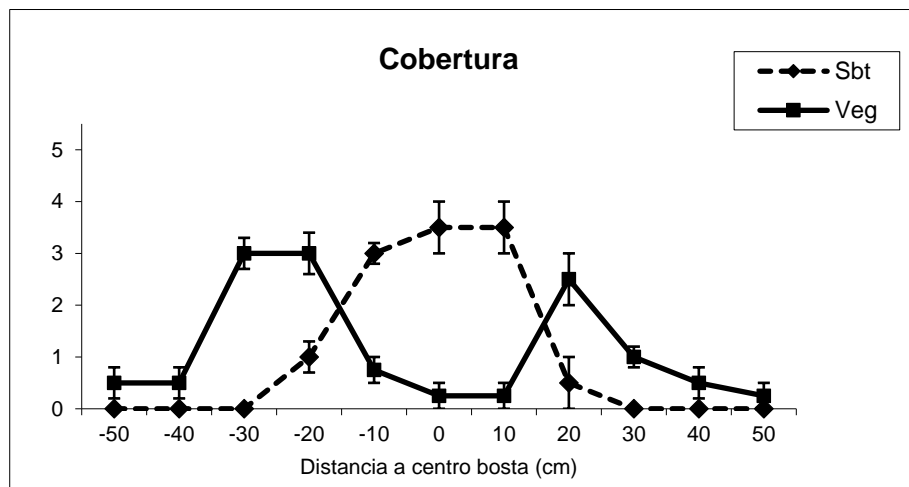


Figura 4. Valores de cobertura de Vegetación y bioturbación (escala de 1 a 4) al final del ciclo vegetativo en una de las parcelas tomada como modelo. Se presenta el valor medio y las barras de error de las celdillas equidistantes al centro de la parcela. La bosta que se disponía originalmente en el centro de la parcela había desaparecido en este momento.

CONCLUSIONES

El ganado vacuno parece actuar como dispersor efectivo de especies entre la dehesa y el pinar en la zona estudiada. Algunas de las especies abundantes en la dehesa se establecen en el pinar en las bostas, aunque ambos hábitats mantienen diferencias florísticas notables. En esta dinámica parece fundamental la intervención de los coleópteros coprófagos que incorporan al suelo estiércol y semillas pero también lo remueven y eliminan la vegetación a corto plazo. El papel de estos coleópteros como dispersores secundarios de semillas (que pueden perdurar hasta el ciclo anual siguiente) podría ser muy importante a más larga escala temporal.

AGRADECIMIENTOS

El estudio ha sido financiado por el Gobierno Autonómico de Andalucía (Consejería de Innovación, 2012/00001065). Agradecemos especialmente a Dehesa de Gato S.L. por las facilidades en el uso de instalaciones e infraestructura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agoglitta R., Moreno C.E., Zunino M., Bonsignori G. y Dellacasa M. (2012) Cumulative annual dung beetle diversity in Mediterranean seasonal environments. *Ecological Research*, 27(2), 387–395.

- Everitt B.S. (1992) *The analysis of contingency Tables*. London, UK: Chapman & Hall.
- Gillet F., Kohler F., Vandenberghe C. y Buttler A. (2010) Effect of dung deposition on small-scale patch structure and seasonal vegetation dynamics in mountain pastures. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 135(2010), 34-45
- Hirata M., Hasegawa N., Nomura M., Ito H., Nogami K., y Sonoda T. (2009) Deposition and decomposition of cattle dung in forest grazing in southern Kyushu, Japan. *Ecological Research*, 24 (1), 119-125
- Kuiters A.T. y Huiskes H.P.J. (2010) Potential of endozoochorous seed dispersal by sheep in calcareous grasslands: correlations with seed traits. *Applied Vegetation Science*, 13(2), 163–172.
- Leiva M.J., Ayesa R. y Mancilla-Leyton J.M. (2009) Efecto del pastoreo de caprino y vacuno en pastos oligotrofos del espacio Natural de Doñana. En: Reine R. *et al.* (eds) *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp. 141-147. Huesca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- Nichols E., Spectora S., Louzadab J., Larsenc T., Amezcuitad S. y Favilad M.E. (2008) Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141(6), 1461 –1474.

FLORISTIC CHANGES INDUCED BY COW DUNG AND COPROPHAGOUS BEETLES IN PINE FOREST UNDERSTOREY GRASSLANDS IN DOÑANA N.P.

Summary

We examined the effect of dung pads on grassland in the understory of a Pine (*Pinus pinea*) forest in Doñana Natural Park. The pine forest grassland is moderately used by cattle and is adjacent to a Mediterranean dehesa which is more intensively used by the livestock. A set of dung pads were selected in the Pine forest at the end of the summer and the annual evolution of the surrounding grassland was analyzed. There was high activity of coprophagous beetles which incorporated the manure to the soil and produced bioturbation that destroyed the plants in many cells. In addition, plant species characteristics from dehesa were significantly associated to the dung pads in the pine forest and they were also found in manure samples in the germination chamber. In opposition, the species that were associated to cells not dung influenced in the field were not present in the manure in the germination chamber too. We conclude that livestock movements among different habitats led to a gradual process of changes in the grassland of the Pine forest understory although it is highly influenced by coprophagous beetle activity.

Key words: bioturbation, germination in chamber, annual grassland, spatial pattern.

MORFOLOGÍA DE LA REGENERACIÓN EN DEHESAS CON DISTINTO TIPO DE GESTIÓN

A. López-Sánchez^{1,2}, R. Perea^{1,3}, R. Dirzo³, S. Roig^{1,2}.

¹Departamento de Sistemas y Recursos Naturales. Universidad Politécnica de Madrid. 28040 Madrid (España).

²ECOGESFOR. Universidad Politécnica de Madrid. 28040 Madrid (España).

³Department of Biology. Stanford University. 94305 California (EE.UU).

Correspondencia: aida.lopez@upm.es

Resumen

Los sistemas agrosilvopastorales (p.e. las dehesas) proporcionan importantes servicios ecosistémicos. Sin embargo, se han llevado a cabo algunas prácticas de gestión inadecuadas tales como el sobrepastoreo que han afectado a la morfología de las plantas jóvenes. En este estudio se evalúan las alteraciones en algunas medidas morfológicas de la regeneración (pies de diámetro normal < 7,5 cm) existente en dehesas con modelos representativos de gestión en régimen extensivo: con ganado ovino, con ganado bovino y con ungulados silvestres (fundamentalmente ciervos). La morfología de la regeneración en las dehesas pastoreadas por bovino fue considerablemente alterada, encontrando una reducción del coeficiente de esbeltez de un 50% comparado con la regeneración en dehesas pastoreadas por ovino. Por otro lado, en la dehesa de ungulados silvestres con cargas moderadas (< 0,11 UGM ha⁻¹) se encontraron plántulas con formas aún menos modificadas. En los tres tipos de gestión la presencia arbustiva ayudó a incrementar la altura y el coeficiente de esbeltez de la regeneración. Sin embargo, la regeneración carente de protección arbustiva desarrolló formas achaparradas con diámetros desproporcionalmente elevados con respecto a su altura. Por tanto, es necesario aplicar técnicas apropiadas de gestión enfocadas al correcto desarrollo y crecimiento de la regeneración para asegurar su transición a etapas adultas reproductoras y la conservación global de estos ecosistemas (p. ej. mediante la reducción de cargas ganaderas, el fomento del pastoreo con ovino o el mantenimiento de cierta cobertura de matorral).

Palabras clave: Alturas, diámetros, coeficiente de esbeltez, matorral, cargas ganaderas.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas agrosilvopastorales, como las dehesas, proporcionan importantes servicios ecosistémicos y altos niveles de biodiversidad (Eichhorn *et al.*, 2006; Jose, 2009). Sin embargo, estos sistemas han experimentado importantes impactos antropogénicos (especialmente desde 1950s; López-Sánchez *et al.*, 2017) tales como el sobrepastoreo y el cambio de uso del suelo, amenazando la persistencia del sistema a largo plazo (Plieninger, 2006). Una de sus importantes consecuencias ha sido la ausencia de regeneración debido

a malas prácticas de gestión como, por ejemplo, el incremento de cargas ganaderas o la sustitución del ganado ovino por el bovino (Tyler *et al.*, 2006; López-Sánchez *et al.*, 2016). Además, las escasas plántulas de regenerado que no son destruidas, crecen y se desarrollan con limitaciones, reduciendo su posibilidad de pasar del estado juvenil al adulto reproductivo, y por tanto, retrasando la incorporación de árboles bien desarrollados a la masa forestal (Garbarino y Bergmeier, 2014). El objetivo de este trabajo fue analizar la morfología (altura, diámetro basal y coeficiente de esbeltez) de la regeneración (plántulas y matas) de encina (*Quercus ilex* subsp. *ballota* Lam.) en dehesas con similares condiciones ecológicas bajo tres modelos representativos de gestión en régimen extensivo: con ganado ovino, con ganado bovino y con ungulados silvestres (fundamentalmente ciervos –*Cervus elaphus*–). Por último, se evaluó el efecto del microhábitat donde está localizada la regeneración.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en tres fincas de dehesa localizadas en el municipio de Torralba de Oropesa, provincia de Toledo (39-40°N, 5°W; 300-400 m s.n.m) cubriendo un área de estudio de 108 km² con relieve suave y densidad baja de arbolado (42,15 ± 11,44 pies ha⁻¹). La encina era la especie dominante acompañada de algunos alcornoques (*Quercus suber* L.). El área de estudio se encuentra en una zona climática continental mediterránea pluvioceánica, con una temperatura media de 15,1°C y una precipitación media de 571 mm (n= 30 años; estación climática 3427C “Oropesa – Dehesón del Encinar”). Los suelos presentan texturas franco-arenosas, pH ácido (5-5,5) y con bajo contenido en materia orgánica (<1%). El estrato arbustivo varía de una finca a otra en cobertura (0,2%, 0,6%, 38,0% en bovino, ovino y ungulados silvestres, respectivamente) predominando especies esclerófilas perennifolias (p.e. *Cistus ladanifer* L., *Lavandula stoechas* Lam., *Cistus salviifolius* L., *Genista hirsuta* Vahl, *Rosmarinus officinalis* L.; Perea *et al.*, 2015). La vegetación herbácea de las zonas se corresponde, fundamentalmente, con pastos de anuales subnitrófilos (posíos, *Stellarietea mediae* Rivas-Martínez *et al.*, 2001) y pastos de anuales terofíticos (*Tuberarietea guttatae*; Rivas-Martínez *et al.*, 2001). Las fincas han

mantenido el mismo tipo de gestión durante 30 años. Una de las fincas está pastoreada por bovino (raza avileña negra-ibérica) con una carga ganadera aproximada de 0,33 UGM ha⁻¹, otra de las fincas por ovino (raza talaverana) con una carga ganadera aproximada de 0,25 UGM ha⁻¹ y la tercera finca por ungulados silvestres principalmente ciervo con una carga ganadera 0,11 UGM ha⁻¹.

Se seleccionaron tres zonas independientes (de 5 ha cada una) en cada una de las fincas. Para cada zona se establecieron 18 transectos de 4 m x 35 m separados a una distancia de 40 m entre ellos (n=162). En los transectos se contabilizaron todas las plántulas y matas de encina de altura menor a 1,30 m y se midieron diversas medidas morfológicas (altura, diámetro basal y coeficientes de esbeltez - como resultado de dividir la altura entre el diámetro basal). Asimismo, se registró el microhábitat donde se encontraba cada una de las plántulas (bajo matorral, bajo arbolado, bajo ambas cubiertas o en abierto). En las matas se midió la altura y diámetro basal sobre el rebrote más grande; además se midió los diámetros cruzados (el más largo y su perpendicular) de la cobertura de mata. Asimismo, se anotó la presencia o ausencia de herbivoría (ramoneo) observados en cada una de plantas.

Para el análisis estadístico se utilizaron modelos lineales generalizados mixtos (GLMMs, Zuur *et al.*, 2009) para todas las variables respuesta: la altura, el diámetro basal, el coeficiente de esbeltez de las plántulas y el coeficiente de esbeltez de las matas. Cada una de ellas fue ajustada a una distribución de errores del tipo Gamma con un valor λ de 0.70, 0 (función vínculo logarítmica), 0.34 y 0.33, respectivamente. Para calcular los valores de λ se utilizaron las transformaciones Box-Cox (Box y Cox, 1964). La estructura de los efectos aleatorios estaba constituida por el transecto anidado en zona que a su vez estaba anidada en tipo de gestión. Los modelos incluyeron el tipo de gestión, el microhábitat y la presencia-ausencia de herbivoría como estructura de efectos fijos. Para la selección de modelos se utilizó el enfoque “model averaging” (Burnham y Anderson, 2002). Para el tratamiento de datos, análisis y presentación de resultados se ha utilizado el programa R la versión 3.1.1 (R Development Core Team, 2014) junto a los módulos “lme4” (Bates *et al.*, 2013) y “MuMIn” (Barton, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectos del tipo de gestión

La altura media, el diámetro basal medio (>1cm) y el coeficiente de esbeltez de las plántulas variaron según el tipo de manejo y microhábitat en el que se encontraban (Tabla 1). Las plántulas localizadas en zonas pastoreadas por ovino mostraron alturas un 30% y un 40% mayores (45 cm; Fig. 1a) que las localizadas en zonas pastoreadas por bovino y ungulados silvestres, respectivamente. También se encontraron mayores coeficientes de esbeltez en zonas de ovino (valor medio de 30; Fig. 1a) que en las zonas pastoreadas por ungulados silvestres (valor medio de 20; Fig. 1a); y que en las zonas de pastoreo bovino (valor medio de 13; Fig.1a). Los bajos coeficientes de esbeltez nos están mostrando importantes consecuencias a nivel de la masa, ya que las plántulas van a necesitar mucho más tiempo en alcanzar la altura umbral (1,5-2 m) de fuera de peligro que evita que puedan ser destruidas totalmente y por tanto reduce las probabilidades de supervivencia (Pérez-Fernández y Gómez-Gutiérrez, 1995; Zamora *et al.*, 2001). Además, el consumo continuado de las yemas apicales provoca múltiples rebrotes laterales que facilitan el crecimiento en horizontal con respecto a la altura retrasando, así, el desarrollo de las plantas. Además, el crecimiento horizontal desproporcionado aumenta las posibilidades de que las plántulas puedan ser repetidamente dañadas tanto por ramoneo como por pisoteo (Aarssen, 1995).

En este estudio, en las zonas pastoreadas por bovino se encontraron diámetros basales mayores (media de 3,8 cm; Fig. 1a) que en las pastoreadas por ungulados silvestres (2,5 cm; Fig. 1a), que a su vez fueron mayores que en zonas de pastoreo ovino (2 cm; Fig.1a). La proporción de matas fue mayor en las zonas pastoreadas con ganado (bovino $71,0\% \pm 40,1$ y ovino $68,3\% \pm 30,7$) y éstas tuvieron menores coeficiente de esbeltez que las matas de zonas pastoreadas con ungulados silvestres. La probabilidad de presencia de herbivoría fue mayor en plantas con mayores alturas y coeficientes de esbeltez, o también aquellas con mayores diámetros (Tabla 1). En este sentido, es posible que las plantas demasiado pequeñas sean directamente destruidas o ingeridas, y por tanto no se reflejan en el muestreo. Nuestro estudio revela que la gestión de bovino con las cargas señaladas

limitan fuertemente el crecimiento de la regeneración tal y como se ha visto en otros estudios (Carmona *et al.*, 2013; Garbarino y Bergmeier, 2014; López-Sánchez *et al.*, 2014).

Tabla 1. Resumen de los modelos lineales generalizados mixtos ajustados para cada una de las variables respuesta.

Variable respuesta		Intercepto (Bovino) (Ausencia) (Árbol)	Gestión		Herbivoría	Microhábitat		
			Ovino	Ungulados silvestres	Presencia	Arbustos	Árbol-arbusto	Abierto
Altura (cm)	Coef	6,009	5,088	1,423	6,428	2,626	0,053	-0,539
	SE	0,889	1,021	0,935	0,517	1,003	0,490	0,548
	z	6,758	4,983	1,522	12,423	2,619	0,109	0,985
	P	<0,001	<0,001	0,128	<0,001	0,009	0,913	0,325
Diámetro (cm)	Coef	0,989	-0,528	-0,289	0,271	-0,662	-0,719	0,038
	SE	0,230	0,132	0,139	0,127	0,216	0,259	0,103
	z	4,304	4,000	2,076	2,124	3,065	2,779	0,363
	P	<0,001	<0,001	0,038	0,034	0,002	0,005	0,716
Coef. de esbeltez	Coef	2,029	0,917	0,417	0,445	0,529	0,052	-0,053
	SE	0,085	0,095	0,091	0,053	0,114	0,073	0,068
	z	23,732	9,604	4,571	8,349	4,634	0,706	0,777
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,480	0,437
Coef. de esbeltez matas	Coef	2,185	0,026	0,104	0,044	0,069	-0,030	0,002
	SE	0,069	0,039	0,040	0,031	0,053	0,051	0,029
	z	31,732	0,659	2,585	1,390	1,299	0,596	0,072
	P	<0,001	0,509	0,010	0,165	0,194	0,551	0,943

Coef: coeficiente estimado por el modelo; SE: error estándar.

Efectos del microhábitat

Las plantas situadas únicamente bajo la protección arbustiva mostraron mayores alturas medias (37 cm; Fig. 1b) y mayores coeficientes de esbeltez (30; Fig. 1b) que el resto de microhábitats (árbol, árbol-arbusto, zona abierta) donde se encontraron una altura media de 18 cm y un coeficiente de esbeltez medio de 20 (Fig. 1b). En ambientes áridos, como el Mediterráneo, la protección arbustiva no solo protege a las plántulas del alcance de los herbívoros (Perea y Gil, 2014), sino que también reduce fuertemente la evapotranspiración (Gómez-Aparicio *et al.*, 2004) favoreciendo el desarrollo de las yemas apicales y, por tanto, de las alturas (Pulido y Díaz, 2005). Las plantas bajo la protección del árbol-arbusto también están protegidas contra la herbivoría y la desecación; sin embargo existe una competición por la luz mayor que hace que no exista el mismo efecto que se da con las plantas bajo la protección sólo de los arbustos. Por otro lado, en áreas sin cobertura

leñosa y bajo la copa de los árboles los diámetros fueron mayores (2,8 cm; Fig. 1b) que bajo la protección arbustiva localizada (1,5 cm; Fig. 1b).

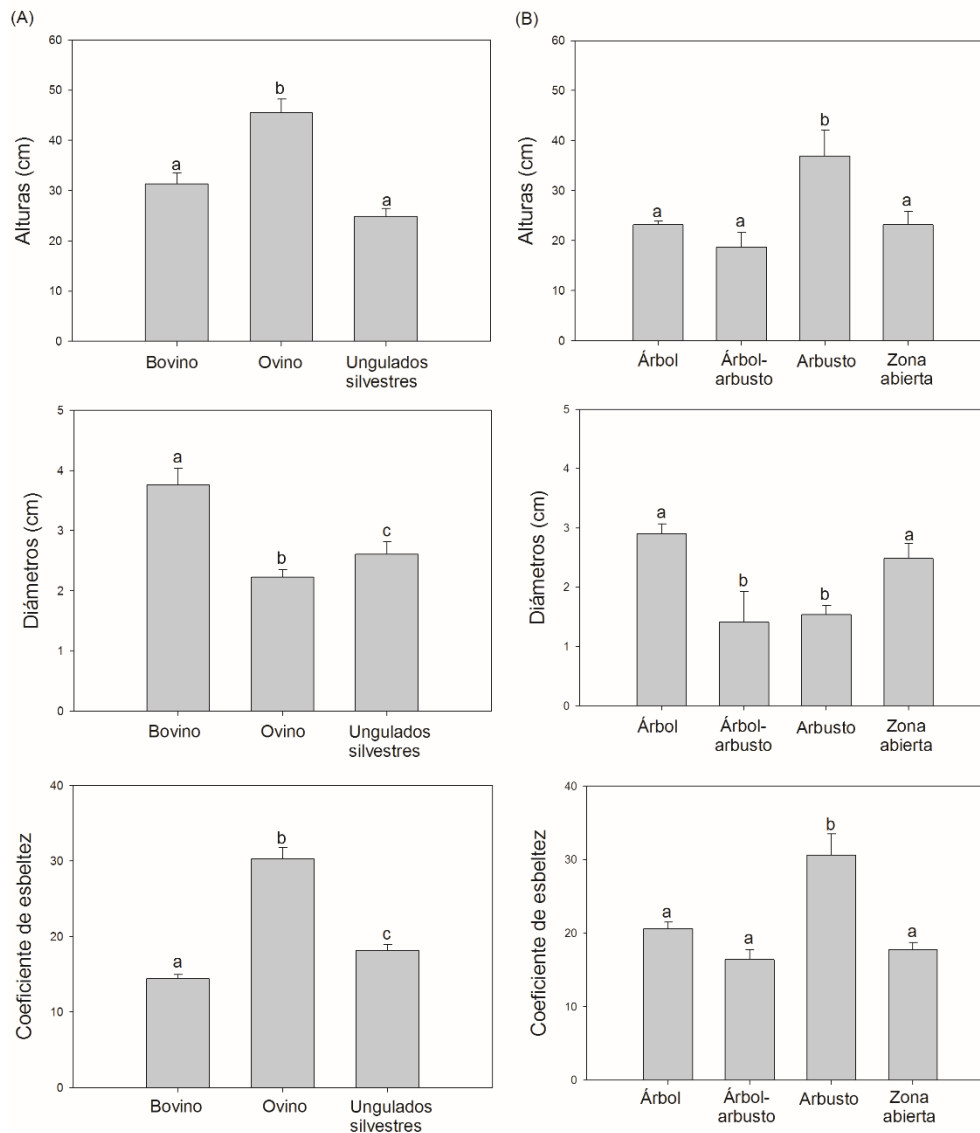


Figura 1. Alturas, diámetros basales y coeficientes de esbeltez en función del (A) tipo de gestión y (B) microhábitat. Las líneas de error muestran el 95% intervalo de confianza. Distintas letras sobre las barras significan que hay diferencias significativas ($P < 0,05$).

CONCLUSIONES

Este estudio subraya los efectos y consecuencias que puede tener un manejo ganadero inadecuado y prolongado sobre la vegetación, y en particular sobre la regeneración arbórea de encina. No solo es importante evaluar la abundancia de regeneración sino también los efectos de la gestión sobre la morfología de las plantas

sometidas durante mucho tiempo al mismo tipo de gestión ya que determinará la calidad de la regeneración, la proporción de árboles reproductivos en el futuro y el tiempo transcurrido hasta incorporar árboles reproductivos bien desarrollados. Por ello, es necesario aplicar técnicas apropiadas de gestión enfocadas al correcto desarrollo y crecimiento de los pies de regenerado que, además, aseguren la conservación de estos ecosistemas. Estas medidas incluyen la reducción de las cargas ganaderas (especialmente la carga bovina), el fomento de la ganadería ovina, el mantenimiento de cierta cobertura arbustiva o favorecer cierto grado de matorralización.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio ha sido realizado gracias a una beca-contrato de Formación del Profesorado Universitario (FPU) del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte otorgada a A. López-Sánchez.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aarssen L.W. (1995) Hypotheses for the evolution of apical dominance in plants: implications for the interpretation of overcompensation. *Oikos*, 74, 149-156.
- Barton K. (2013) MuMIn: Multi-model inference. R package version 1.9.5. URL: <http://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>
- Bates D., Maechler M., Bolker B. y Walker S. (2013) lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.0-4. URL: <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>
- Box G.E. y Cox D.R. (1964) An analysis of transformations. *J Royal Stat Soc Series B (Methodological)* 26, 211-252.
- Burnham K.P. y Anderson D.R. (2002) *Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach*. New York, EE.UU: Springer Verlag.
- Carmona C.P., Azcárate F.M., Oteros-Rozas E., González J.A. y Peco B. (2013) Assessing the effects of seasonal grazing on holm oak regeneration: Implications for the conservation of Mediterranean dehesas. *Biological Conservation*, 159, 240-247.
- Eichhorn M., Paris P., Herzog F., Incoll L., Liagre F., Mantzanas K., Mayus M., Moreno G., Papanastasis V. y Pilbeam D. (2006) Silvoarable systems in Europe—past, present and future prospects. *Agroforestry Systems*, 67, 29-50.
- Garbarino M. y Bergmeier E. (2014) 7 plant and vegetation diversity in european wood-pastures. En: Hartel T. y Plieninger T (ed) *European Wood-pastures in Transition: A Socio-ecological Approach*, pp. 113-131. New York, EE.UU: Routledge.
- Gómez-Aparicio L., Zamora R., Gómez J.M., Hódar J.A., Castro J. y Baraza E. (2004) Applying plant facilitation to forest restoration: a meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants. *Ecological Applications*, 14, 1128-1138.

- Jose S (2009) Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems*, 76, 1-10.
- López-Sánchez A., Dirzo R. y Roig S. (2017) Changes in livestock footprint and tree layer coverage in Mediterranean dehesas: A six-decade study based on remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*. doi: [10.1080/01431161.2017.1365391](https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1365391)
- López-Sánchez A., Perea R., Dirzo R. y Roig S (2016) Livestock vs. wild ungulate management in the conservation of Mediterranean dehesas: Implications for oak regeneration. *Forest Ecology and Management*, 362, 99-106.
- López-Sánchez A., Schroeder J., Roig S., Sobral M. y Dirzo R. (2014). Effects of Cattle Management on Oak Regeneration in northern Californian Mediterranean oak woodlands. *PLoS one*9, e105472.
- Pérez-Fernández M. y Gomez-Gutiérrez J. (1995) Evolution of the tree cover (*Quercus pyrenaica* Willd and *Quercus ilex* subspecies *ballota* (Desf. Samp) in a dehesa over the last 100 years. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 12, 259-266.
- Perea R., Gil L. (2014) Shrubs facilitating seedling performance in ungulate-dominated systems: Biotic versus abiotic mechanisms of plant facilitation. *European Journal of Forest Research*, 133, 525-534.
- Perea R., López-Sánchez A., Roig S. (2015). The use of shrub cover to preserve Mediterranean oak dehesas: A comparison between sheep, cattle and wild ungulate management. *Applied Vegetation Science*, 19(2), 244-253.
- Plieninger T. (2006) Habitat loss, fragmentation, and alteration - Quantifying the impact of land-use changes on a Spanish dehesa landscape by use of aerial photography and GIS. *Landscape Ecology*, 21, 91-105.
- Pulido F.J. y Díaz M. (2005) Regeneration of a Mediterranean oak: a whole-cycle approach. *Ecoscience* 12, 92-102.
- Rivas-Martínez S., Fernández-González F., Loidi J., Lousa M. y Penas A. (2001) Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. *Itinera Geobotanica*, 14, 5-341.
- Tyler C.M., Kuhn B. y Davis F.W. (2006) Demography and recruitment limitations of three oak species in California. *The Quarterly Review of Biology*, 81,127-152.
- Zamora R., Gómez J.M., Hódar J.A., Castro J. y García D. (2001) Effect of browsing by ungulates on sapling growth of Scots pine in a Mediterranean environment: consequences for forest regeneration. *Forest Ecology and Management*, 144, 33-42.
- Zuur A.F., Ieno E.N., Walker N.J., Saveliev A.A. y Smith G.M. (2009) Mixed effects modelling for nested data. En: Zuur A.F., Ieno E.N., Walker N.J., Saveliev A.A. y Smith G.M. (ed) *Mixed effects models and extensions in ecology with R*, pp. 101-142. New York, EE.UU: Springer.

OAK YOUNG PLANT MORPHOLOGY IN DEHESAS UNDER DIFFERENT MANAGEMENT

Summary

Silvo-pastoral systems (e.g., “dehesas”) provide important ecosystem services. However, unsuitable rangeland management practices such as livestock intensification may strongly affect plant morphology in young oaks. Here we examine changes in plant morphology of

young oak plants (dbh<7,5 cm) in Mediterranean dehesas under three representative management regimes: traditional management of extensive sheep grazing; commercially-driven management with extensive cattle grazing, and grazing by native red deer (*Cervus elaphus*). Plant architecture was considerably altered in cattle-grazed “dehesas”, with a 50% reduction in plant height:diameter ratios, compared to sheep-grazed dehesas where plants with higher height:diameter ratios predominated. In areas with deer at moderate stocking rates (<0,11 LU ha⁻¹), young oak plants showed more natural shapes. For all management regimes, the presence of shrubs helped plants increase their mean height. Plants without shrub protection showed stunted architecture with well-developed basal diameters but short stature. Appropriate conservation practices should include: cattle stocking rate reduction, traditional sheep grazing promotion and nurse shrub preservation.

Keywords: heights, diameters, shrublands, stocking rate, density index.

POTENCIAL PASCÍCOLA DE LAS CUBIERTAS NATURALES EN CULTIVOS DE ALMENDRO DE LOS ALTIPLANOS GRANADINO Y ALMERIENSE

M.E. Ramos Font¹, V.de Leijster², J.L. González Rebollar¹, A.B. Robles Cruz¹

¹Servicio de Evaluación, Restauración y Protección de Agrosistemas Mediterráneos
Estación Experimental del Zaidín. C/ Profesor Albareda, 118008 Granada (España).

²Group Energy and Resources, Copernicus Institute of Sustainable Development, Utrecht University,
Heidelberglaan 2, 3584 CS Utrecht (Países Bajos)

Correspondencia: eugenia.ramos@eez.csic.es

Resumen

La expansión de los cultivos leñosos en detrimento de los cultivos herbáceos de secano en el sudeste ibérico está ocasionando problemas de disponibilidad de pastos y de pérdida de biodiversidad. La reducción de la frecuencia de laboreo unido al pastoreo en los cultivos leñosos podría suponer una solución a estos problemas. En este trabajo se evalúa la producción, composición y estructura florísticas, valor pastoral y capacidad sustentadora de las cubiertas herbáceas naturales de 6 fincas de almendro ecológico repartidas por los altiplanos granadino y almeriense. La producción de MS de las herbáceas (290-1350 kg ha⁻¹), el recubrimiento total (34,8-70,6%) y el recubrimiento vegetal (35,8-80%) fueron muy bajos para todas las fincas debido a la escasez de precipitaciones del año de estudio. El valor pastoral, la capacidad sustentadora (rango: 0,69-1,3 ovejas ha⁻¹), la riqueza específica y la cobertura de leguminosas fueron mayores en las fincas con manejo ganadero (actual o histórico). Por tanto, el ganado, ovino principalmente, podría ser un gran aliado en los cultivos de almendro por su capacidad para mejorar la composición específica de las cubiertas, además, como herramienta para el control de cubiertas herbáceas.

Palabras clave: ambientes semiáridos, biomasa, composición florística, cultivos leñosos ecológicos, valor pastoral.

INTRODUCCIÓN

Los altiplanos esteparios del sudeste ibérico han sido, tradicionalmente, zonas cerealistas y ganaderas aunque en las últimas décadas han ido cambiando su vocación hacia cultivos leñosos: almendro y olivo. En la provincia de Granada y Almería, en la actualidad existen alrededor de 120.000 ha de almendros, la mayoría de las cuales eran cereal hace tan sólo unas décadas. Dicha expansión está suponiendo un problema, por un lado, para los ganaderos ya que cada vez disponen de menos superficie pastable y, por otro lado, para la biodiversidad ligada a los ambientes cerealistas y esteparios. A pesar de que en tiempos pasados el pastoreo en estos cultivos era una práctica habitual durante los

meses de invierno y primavera, en la actualidad, este tipo de aprovechamiento es cada vez más escaso debido al abuso del laboreo y de los herbicidas, que impiden el establecimiento de la cubierta vegetal e, incluso, a las propias limitaciones de las normativas europeas y nacionales en materia de ganadería y uso múltiple de una misma superficie. Contrariamente, la política de “greening” de la PAC potencia la protección del suelo mediante el uso de cubiertas vegetales debido a que existen numerosas evidencias que demuestran sus beneficios frente al laboreo continuo: control de erosión, incremento de la materia orgánica del suelo, mejor infiltración del agua, fomento de la actividad microbiana del suelo incremento de la biodiversidad, etc. (ver referencias en Ramos *et al.*, 2009). Sin embargo, en ambientes semiáridos, estas cubiertas pueden reducir las cosechas debido a la competencia por agua y nutrientes. En este sentido, el ganado puede ser un gran aliado puesto que, además de reducir dicha competencia, contribuye al incremento y reciclaje de nutrientes, y, también, a mejorar las cubiertas gracias a su capacidad de dispersión de semillas (Pakeman y Small, 2009). En este contexto una transformación del monocultivo de almendro a un sistema polivalente, “adehesado”, con aprovechamiento de pastos por ganado ovino, podría ser una alternativa sostenible para los agricultores y ganaderos de esta zona (Ramos Font *et al.*, 2010).

Nuestro estudio se engloba dentro de la iniciativa Alvelal (www.alvelal.net) como apoyo a uno de sus objetivos: lograr un cambio en el modelo de producción del almendro en los altiplanos granadinos y almeriense hacia un sistema agrosilvopastoral que fue denominado por Blánquez (2010, comunicación personal) como “almendrehesa” cuyos elementos principales eran el almendro, los pastos herbáceas y el ganado ovino segureño, pero que en la actualidad también incluye las plantas aromáticas intercaladas en el cultivo y las colmenas. El presente trabajo pretende contribuir a poner en valor los pastos herbáceos (cubiertas naturales) de los cultivos de almendro, mediante: 1) caracterización de su estructura y composición florística y 2) estimación de su valor pastoral y capacidad sustentadora.

MATERIAL Y MÉTODOS

Caracterización de las fincas

El estudio fue realizado en 6 parcelas de almendro en distintas fincas ecológicas de los altiplanos granadino y almeriense (Tabla 1).

Tabla 1. Características principales de las fincas de estudio. PP: precipitación en mm correspondiente al año del ensayo (septiembre 2015-mayo 2016). MO: materia orgánica oxidable (%), N: nitrógeno total (%), P: fósforo asimilable (ppm), K: potasio asimilable (ppm), CIC: capacidad de intercambio catiónico (meq/ 100 g).

	Ferreira 1	Ferreira 2	Hernán Valle	Huéscar	Taberno 1	Taberno 2
UTM	30N 496992 4117685	30N 496261 4116575	30N 492019 4138055	30 N 536044 4192512	30 N 579236 4151331	30 N 579194 4151249
Altitud (msnm)	1134	1152	1057	1119	1003	1000
PP	186,4	186,4	152	286,2	116,6	116,6
Manejo	Laboreo continuo	Barbecho de cereal+ pastoreo ovino hasta 2013	No laboreo durante 7 años+ pastoreo ovino muy ocasional	Cubiertas naturales+ Pastoreo ovino continuo	No laboreo durante 2 años+ pastoreo con cabra	No laboreo durante 4 años+ pastoreo con cabra
Suelo	Franco arenoso	Arenoso franco	Franco arcillo arenoso	Franco arcillo arenoso	Franco arenoso	Franco
MO	0,38	0,55	1,21	1,85	1,12	0,87
N	0,040	0,044	0,082	0,114	0,079	0,061
P	7,0	6,7	17,7	18	12,7	7
K	59,7	61,7	124	232,7	68	62,3
pH	6,8	6,8	7,6	7,7	7,3	7,0
CIC	5,55	4,35	14,2	17,1	17,7	17,8

Metodología de muestreo y parámetros evaluados

El trabajo de campo consistió en el estudio de:

a) Producción de pastos, mediante el corte de 6 cuadrados de 0.25 m² en cada finca. Cada muestra fue secada en estufa a 60° C y, posteriormente, pesada. El valor promedio de las 6 muestras para cada parcela fue extrapolado al dato por hectárea.

b) Composición florística y cobertura vegetal, mediante el “método modificado del Point-Quadrat” (Daget y Poissonet, 1971). En nuestro caso, en cada finca, se colocaron 6

transectos de 10 m, con observaciones cada 10 cm, realizadas con una aguja de 2 mm de sección. En cada transecto se anotaron las especies que contactaban.

A partir de estos datos se calcularon los siguientes parámetros estructurales y florísticos:

- Recubrimiento total (%): suma de la cobertura de todas las especies censadas.
- Recubrimiento vegetal (%): suelo cubierto por vegetación.
- Contribución específica (%): suelo cubierto por la especie *i*.
- Contribución por familias (%): suelo cubierto por especies pertenecientes a la familia *i*.
- Riqueza: número de especies presentes.
- Diversidad florística: índice de Shannon (H') calculado como:

$$H' = \sum_{i=1}^{i=n} p_i \ln p_i$$

Adicionalmente, a cada especie se le asignó un índice de calidad (I_s) del 1 al 5, en función del conocimiento de los autores como expertos, y se calculó el valor pastoral (VP) a partir de la siguiente fórmula, donde CE es contribución específica (Daget y Poissonet, 1972):

$$VP = 0.2 \cdot \sum CE_i \cdot I_s$$

La capacidad sustentadora (CS, ovejas ha⁻¹) se estimó según la siguiente ecuación (Passera *et al.*, 1983):

$$CS = \frac{VP}{16}$$

Análisis estadísticos

Las fincas fueron comparadas entre sí mediante un análisis de la varianza y test *post hoc* de Tukey para cada uno de los parámetros estructurales descritos y para la contribución por familias de aquellas más abundantes (*Asteraceae*, *Brassicaceae*, *Fabaceae*, *Poaceae* y *Plantaginaceae*). Para aquellos parámetros que no cumplieran los requisitos de normalidad y homocedasticidad, evaluados respectivamente mediante el test de Shapiro-Wilk y el test

de Levene, se realizó el test de Kruskal-Wallis y las diferencias se detectaron mediante comparación por pares. El software utilizado para el análisis fue SPSS v23.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados mostraron diferencias significativas entre fincas para todos los parámetros evaluados (Tabla 2). La escasez de precipitaciones (alrededor del 50% de la media histórica) en todas las localidades, pero especialmente en Taberno y Hernán Valle (ver Tabla 1), dieron como resultado valores bajos de recubrimiento total, recubrimiento vegetal y biomasa, que fueron notablemente inferiores a los registrados en estudios previos realizados en los altiplanos granadinos (Ramos Font *et al.*, 2010; Ruiz Mirazo y Robles, 2012). Huéscar y Ferreira 2 obtuvieron los valores más altos para dichos parámetros, probablemente, debido a las precipitaciones más elevadas, y sobretodo en la primera que, además, presentaba una mayor fertilidad edáfica (ver Tabla 1). Las diferencias entre Ferreira 1 y Ferreira 2 para los parámetros estructurales y la producción podrían atribuirse al manejo histórico de cada finca: mientras la primera finca es una plantación de 15 años manejada con 3-4 pases de labor al año, la segunda es una plantación joven de almendros (3 años) implantada sobre un terreno que históricamente fue destinado a una rotación de cereal-barbecho con pastoreo. El laboreo intensivo (Ferreira 1) parece haber tenido un efecto negativo sobre los parámetros mencionados, probablemente debido a su efecto empobrecedor sobre el banco de semillas (Dorado *et al.*, 1999), aspecto que se refleja también en una menor riqueza florística. Huéscar y, en segundo lugar, Taberno 1 mostraron las cifras más elevadas de valor pastoral y capacidad sustentadora, principalmente, debido a la composición florística, con especies de mejor calidad (son abundantes las leguminosas, Figura 1) y al mayor recubrimiento vegetal en la primera finca (Tabla 2); mientras que Hernán Valle tuvo los valores más bajos como consecuencia de la dominancia de especies de baja calidad (ej. *Bromus* spp. y *Aegilops* spp.) y su menor cobertura vegetal (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros estructurales y florísticos de las cubiertas en cultivos de almendros en 6 fincas de los altiplanos esteparios granadino y almeriense. RT: recubrimiento total (%), RV: recubrimiento vegetal (%), Biomasa (kg ha⁻¹), VP: valor pastoral, CC: capacidad sustentadora (nº de ovejas ha⁻¹ año⁻¹), Riqueza (nº de especies), Diversidad (índice Shannon, H'). Los valores de cada familia corresponden a la contribución de cada una de ellas (%).

	Ferreira 1	Ferreira 2	Hernán V.	Huéscar	Taberno 1	Taberno 2	F-valor	g.l.	p-valor
RT	34,8±6 ^c	57,2±4,9 ^{ab}	44±2,5 ^{bc}	70,6±3 ^a	33,7±2,6 ^c	35±5,9 ^c	10,405	5	<0,001
RV	36,5±6,6 ^c	66±6,8 ^{ab}	47,8±3,4 ^{bc}	80±3,4 ^a	34,8±2,9 ^c	35,8±6,1 ^c	12,241	5	<0,001
Biomasa	566±50 ^b	1351±120 ^a	290±38 ^c	747±84 ^{ab}	435±26 ^c	458±43 ^{bc}	27,048*	5	<0,001
VP	10,7±2,5 ^{bc}	11,8±1,68 ^{bc}	5,9±1,02 ^c	20,8±2,76 ^a	14,5±1,49 ^{ab}	11,0±1,52 ^{bc}	6,497	5	<0,001
CS	0,7±0,16 ^{bc}	0,74±0,1 ^{bc}	0,37±0,06 ^c	1,3±0,17 ^a	0,91±0,09 ^{ab}	0,69±0,1 ^{bc}	6,497	5	<0,001
Riqueza	6,5±0,85 ^b	8,67±0,71 ^{ab}	5,83±1,08 ^b	9±1,26 ^{ab}	11,67±1,17 ^a	9,83±1,25 ^{ab}	4,195	5	<0,001
Diversidad	1,7±0,12 ^b	1,69±0,08 ^b	1,79±0,22 ^b	1,37±0,11 ^b	3,7±0,33 ^a	3,86±0,32 ^a	25,057*	5	<0,001
<i>Asteraceae</i>	0	2,8±1,7 ^{bc}	0,2±0,2 ^c	1±0,3 ^{bc}	9,3±3,1 ^a	7,5±2,2 ^{ab}	20,811*	5	0,001
<i>Brassicaceae</i>	9,83±0,75 ^a	9,33±5,45 ^{ab}	0,83±0,48 ^b	0,4±0,24 ^b	0,5±0,34 ^b	2±0,52 ^{ab}	17,466*	5	0,004
<i>Fabaceae</i>	1,17±0,6 ^c	4,5±2,06 ^c	1,67±0,84 ^c	27,2±4,96 ^a	13,17±1,4 ^{ab}	6,17±2,07 ^{bc}	23,584*	5	<0,001
<i>Papaveraceae</i>	1±0,8 ^{ab}	1,3±0,5 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	15,466*	5	0,009
<i>Plantaginaceae</i>	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	5±2,05 ^a	4,83±1,4 ^a	28,821*	5	<0,001
<i>Poaceae</i>	23,2±5,8 ^{bc}	45,2±4,1 ^{ab}	45,2±3,7 ^{ab}	51±5,4 ^a	4,3±0,8 ^c	14,5±7,1 ^c	23,891*	5	<0,001

Nota: Las letras diferentes indican diferencias significativas entre fincas. Los asteriscos indican U-valor (test de Kruskal-Wallis) en lugar de F-valor.

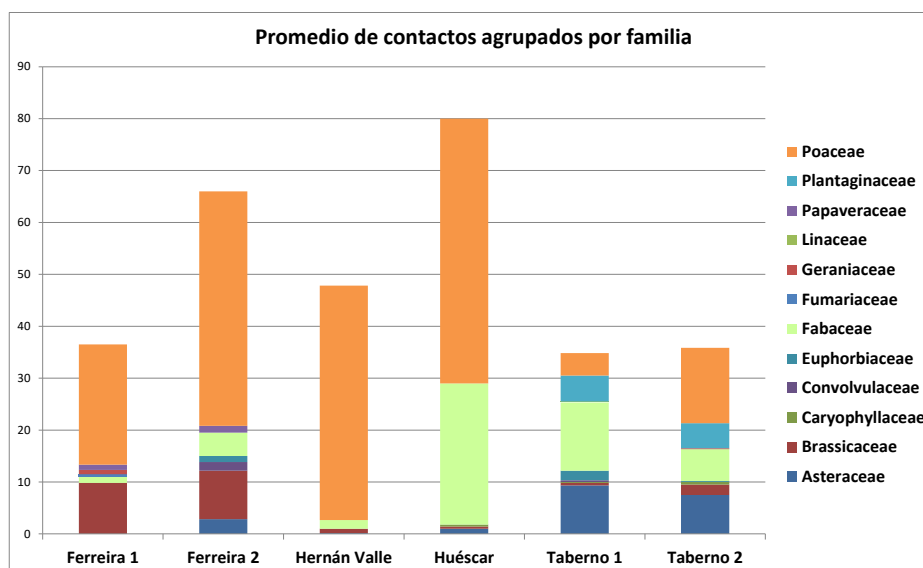


Figura 1. Promedio de contactos agrupados por familia para de las cubiertas en cultivos de almendros en 6 fincas de los altiplanos esteparios granadino y almeriense.

Respecto a la riqueza florística, los valores más elevados fueron registrados para Taberno 1 (12 especies), seguido de Taberno 2 (10 especies), Huéscar (10 especies) y Ferreira 2 (9 especies) (Tabla 2). Todas estas fincas tenían en común una historia presente o pasada ligada al pastoreo. Sin embargo, la diversidad fue significativamente más elevada para Taberno 1 y 2 (3,7 y 3,86) que para el resto de fincas (menor a 1,8; Tabla 2), y también si los comparamos con otras zonas de los altiplanos granadinos con precipitaciones más elevadas o iguales a las de este estudio (Ruiz Mirazo y Robles, 2012; Ramos Font *et al.*, 2010). En cuanto a las familias, son dominantes las *Poaceae*, *Fabaceae* y *Asteraceae* (Tabla 2, Fig. 1). Además, en Ferreira (1 y 2) destaca la familia *Brassicaceae*, frecuente en las comunidades arvenses.

Tabla 3. Composición específica (especies con al menos 1,5% de cobertura) de las cubiertas en cultivos de almendros en 6 fincas de los altiplanos esteparios granadino y almeriense.

	Ferreira 1	Ferreira 2	Hernán V.	Huéscar	Taberno 1	Taberno 2
<i>Aegilops spp.</i>	0	0	15,17	2,80	0	0
<i>Alyssum minutum</i>	7,0	0	0	0,40	0	0
<i>Astragalus sesameus</i>	0	0	0	2,20	0	0
<i>Avena sp.</i>	0	4,33	1,83	0	0,17	0,17
<i>Bromus spp.</i>	1,5	24,5	24,47	44,6	0,83	0,67
<i>Brassica nigra</i>	1,50	0	0	0	0	0
<i>Convolvulus arvensis</i>	0	1,67	0	0	0	0
<i>Hedypnois cretica</i>	0	0	0	0	4,17	2,33
<i>Hippocrepis ciliata</i>	0	0	0	0	6,0	0
<i>Hirschfeldia incana</i>	0,67	9,33	0	0	0	0,33
<i>Hordeum murinum</i>	0,17	1,33	0	2,60	0,83	0,5
<i>Lolium rigidum</i>	21,3	2,83	2,50	0,40	0,67	0,17
<i>Medicago littoralis</i>	0	0	0	0	5,17	4,17
<i>Medicago minima</i>	0	0	0	22,8	0,50	0,33
<i>Plantago afra</i>	0	0	0	0	0,17	1,50
<i>Plantago albicans</i>	0	0	0	0	4,83	3,33
<i>Reichardia tingitana</i>	0	0	0	0	3,33	3,50
<i>Schismus barbatus</i>	0,17	12,17	0	0	0,33	0,67
<i>Sonchus oleraceus</i>	0	2,5	0	0	0	0
<i>Stipa capensis</i>	0	0	0	0	1,17	11,5
<i>Trigonella polyceratia</i>	0,67	2,83	0,167	2,0	0	0,17
<i>Vicia lutea</i>	0,33	1,67	0	0	0	0
<i>Vicia peregrina</i>	0	0	1,50	0	0	0

Con diferencias significativas, las *Fabaceae* (*M. minima*, *A. sesameus* y *T. polyceratia*) fueron más abundantes en Huéscar, las *Poaceae* en Huéscar (*Bromus spp.* y *Aegilops spp.*), Hernán Valle (*Bromus spp.* y *Aegilops spp.*), y Ferreira 2 (*Bromus spp.* y *S. barbatus*), las *Asteraceae* (*R. tingitana* y *Hedypnois cretica*) en Taberno, las *Brassicaceae* en Ferreira (*A.*

minutum, *B. nigra* y *H. incana*), y las *Plantaginaceae* (*P. albicans* y *P. afra*) en Taberno (Tabla 2 y 3, Fig. 1). La mayor abundancia de leguminosas en Huéscar (Fig. 1 y Tabla 3), puede deberse a que ésta es una finca con mayor historia de pastoreo. En este sentido, Noy-Meir y Kaplan (2002) encuentran mayor número de leguminosas en zonas pastoreadas en relación a las no pastoreadas y destacan las leguminosas rastreras como se observa en Huéscar (*M. minima*) y Taberno (*M. littoralis*), con pastoreo de ovejas o cabras (Tabla 3).

CONCLUSIONES

A la luz de nuestros resultados, y concidiendo con trabajos previos de los autores, podemos concluir que el potencial de las cubiertas de almendro es elevado si bien es cierto que se ve limitado fundamentalmente por las precipitaciones, pero también por otros factores entre los que se encuentra el manejo y la historia previa de las parcelas. Las escasas precipitaciones, en general, y en algunas fincas en particular, dieron lugar a producciones muy escasas y, por tanto, a valores de capacidad sustentadora bajos.

El manejo del suelo de la finca, aparentemente, determinó en buena medida la composición específica de las cubiertas, siendo las leguminosas (especialmente las rastreras, mejor adaptadas al herbivorismo) más abundantes y la riqueza más elevada en aquellas fincas con una tradición histórica y/o presente de pastoreo.

En conclusión, el ganado, ovino principalmente, podría ser un gran aliado en los cultivos de almendro; sin embargo, se requieren estudios a largo plazo que evalúen el agrosistema en su conjunto y permitan conocer los efectos de la integración del ganado no sólo sobre las cubiertas (manejo y composición florística) sino también sobre el suelo (fertilización, calidad y humedad), la entomofauna auxiliar y, por supuesto, sobre la producción y estado nutricional del árbol.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Fundación Commonland dentro del Contrato de Asesoría entre “Commonland” y la Estación Experimental del Zaidín (CSIC). Nuestro agradecimiento al personal de la finca Los Morales (Diputación de Granada), a la asociación Alvelal y a los agricultores propietarios (Miguel Ángel Gómez, Francisco y Álvaro Martínez Raya y Antonio Juan García Carrillo)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Daget P. y Poissonet J. (1972) Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des pâturages. *Fourrages*, 49,31-39.
- Daget P. y Poissonet J. (1971) Une méthode d'analyse phytologique des prairies. *Annales agronomiques*, 22, 5-41.
- Dorado J., Del Monte J.P. y López-Fando C. (1999). Weed seedbank response to crop rotation and tillage in semiarid agroecosystems. *Weed Science*, 47, 67-73.
- Noy-Meir I., y Kaplan D. (2002). Species richness of annual legumes in relation to grazing in Mediterranean vegetation in northern Israel. *Israel Journal of Plant Sciences*, 50(1), 95-109.
- Pakeman R.J. y Small J.L. (2009). Potential and realised contribution of endozoochory to seedling establishment. *Basic and Applied Ecology*, 10, 656–661.
- Passera C.B., Dalmasso A.D. y Borsetto O. (1983). Método de "Point Quadrat Modificado". En: Candia R. y Braun R. (eds) *Taller sobre arbustos forrajeros de zonas áridas y semiáridas*, pp. 71-79. Mendoza, Argentina: Subcomité Asesor del Árido Argentino, Amawald S.A.
- Ramos M.E., Benítez E., García P.A. y Robles A.B. (2009). Cover crops under different managements vs. Frequent tillage in almond orchards in semiarid conditions: Effects on soil quality. *Applied Soil Ecology*, 44, 6-14.
- Ramos Font M.E., Robles Cruz A.B. y González Rebollar J.L. (2010). Efectos del manejo del suelo en la producción y composición botánica de los pastos de una "dehesa de almendros" en el sudeste ibérico. *Pastos*, 40, 157-173.
- 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.

PASTORAL POTENTIAL OF NATURAL VEGETATION IN ALMOND CROPS AT THE HIGH PLATEAU OF GRANADA AND ALMERÍA (SE SPAIN)

Summary

The expansion of woody crops at the expenses of rainfed herbaceous crops in the Iberian southeast is causing problems of pasture availability and loss of biodiversity. Reducing the frequency of tillage and grazing in woody crops could be a relief to these problems. In this work, yield, floristic composition and structure, pastoral value and carrying capacity of the natural herbaceous covers of 6 organic almond farms spread over the high plateau of Granada and Almeria are evaluated. Yields (290-1350 kg ha⁻¹), total cover (34.8-70.6%) and vegetal cover (35.8-80%) were very low for all the farms due to the scarcity of rainfall of the year of study. Pastoral value, carrying capacity (0.69-1.3 sheep ha⁻¹), the species richness and legumes cover were greater in farms with livestock management (current or historical). Therefore, sheep, mainly, could be a great ally in almond crops for its ability to improve the specific composition of the covers, as well as as, a mean of covers control and improvement of soil fertility.

Key words: pastoral value, floristic composition, biomass, organic woody crops, semiarid environments.

LA INNOVACIÓN COMO MOTOR DE CONSERVACIÓN DE LOS SISTEMAS GANADEROS EXTENSIVOS DE LA VERA (CÁCERES, ESPAÑA)

P.M. Herrera Calvo¹, J. Majadas Andray¹, G. Beaufoy², R. Carrasco³

¹Fundación Entretantos. C/Arzobispo José Delicado 1. 47014 Valladolid (España).

²EFNCP. European Forum on Nature Conservation and Pastoralism.

³QueRed. Red de Queserías de Campo y Artesanas.

Correspondencia: gestion@entretantos.org

Resumen

El proyecto HNV-Link está orientado a estimular la innovación aplicada a la viabilidad y mejora de los Sistemas Agrarios de Alto Valor Natural. En España, este planteamiento se desarrolla sobre la ganadería extensiva de la comarca de La Vera (Cáceres). Las diferentes acciones propuestas incluyen el desarrollo de un proceso participado con los principales agentes involucrados, una investigación social sobre la percepción del sector y la construcción colectiva de escenarios. Este proceso se complementa con un trabajo técnico de recopilación, análisis y diseño de propuestas transformadoras y un contacto permanente con las administraciones para favorecer un marco global de apoyo a la innovación y mejora. El conjunto de este trabajo ha permitido formular una completa batería de aportaciones de carácter social e institucional, reglamentario y político, de productos y mercados y de técnicas y gestión, que pueden contribuir a mejorar la rentabilidad y supervivencia de los sistemas ganaderos de alto valor natural en la comarca.

Palabras clave: HNV, sistemas de alto valor natural, pastoreo, participación, política agraria

INTRODUCCIÓN

Las siglas HNV corresponden a Sistemas Agrarios de Alto Valor Natural (High Natural Value), según terminología de Baldock (1993), y se refieren a aquellos modelos de producción agrícola y ganadera que contribuyen a mantener elevados niveles de biodiversidad y servicios ambientales en sus territorios. El objetivo global del proyecto consiste en promover la aplicación de modelos de innovación en estos sistemas agrarios. La presencia española en el HNV-Link se apoya en el trabajo conjunto de la Fundación Entretantos y el Foro Europeo para la Conservación de la Naturaleza y el Pastoralismo (EFNCP), junto con la Red de Queserías de Campo y Artesanas (QueRed) y, territorialmente, en el área de aprendizaje nº 5, La Vera extremeña. Aquí, el proyecto se ha renombrado

como “Pastando La Vera”, para hacerse más asequible a sus verdaderos protagonistas: los pastores y pastoras de caprino y vacuno que mantienen ganaderías extensivas en la zona.

MATERIAL Y MÉTODOS

“Pastando La Vera” se ha propuesto buscar soluciones innovadoras a los problemas que afectan esta actividad, actualmente en una situación muy delicada. Esta innovación puede ser aplicada en niveles muy diferentes y por distintos agentes. Una de las claves del proyecto es poner en contacto entre sí a todos estos agentes para que, en un marco colaborativo, puedan plantear y aplicar soluciones basadas en el acuerdo y la cooperación. En 2017 se ha ido avanzando en el trabajo colaborativo para iniciar la aplicación de medidas concretas a finales de este mismo año. El trabajo se concentra en cinco objetivos específicos que buscan sentar las bases de un proceso autogestionado e impulsado por sus propios destinatarios:

1. Promover un grupo motor, formado por ganaderos y otros agentes (veterinarios, transformadores, etc).
2. Formalizar ámbitos de debate participativos que promuevan su aplicación.
3. Crear una red de trabajo local inclusiva y participativa, centrando esfuerzos en su organización, así como en la capacitación de los ganaderos y ganaderas participantes.
4. Alcanzar un nivel regional de trabajo en red, ya que es en este nivel donde se mantienen la mayor parte de las competencias en agricultura y ganadería.
5. Desarrollar un trabajo de difusión y colaboración con las administraciones competentes, tanto en el ámbito regional como el local.

La principal herramienta utilizada para desarrollar estos objetivos consiste en un proceso de participación, buscando la implicación social en la toma de decisiones, (Oakley ,1991). Además, se ha realizado de forma paralela, un trabajo de investigación científica y social buscando los recursos intelectuales y la información necesaria para avanzar en los objetivos. La parte social de la investigación ha utilizado una metodología cualitativa basada en las percepciones subjetivas de los propios afectados y en la formulación de propuestas de mejora, planteadas y desarrolladas por ellos a través del

equipo facilitador. En una fase posterior, las percepciones subjetivas se han ido combinando con la información científica procesada, apuntando a situaciones que compartan una realidad objetiva abarcable con una percepción de gravedad por parte de los participantes. Las herramientas de investigación social utilizadas incluyen reuniones, entrevistas personales y grupales y cuestionarios además de la celebración de dos talleres (taller de productos y taller de paisaje) y un seminario de innovación. Las líneas de trabajo desarrolladas han sido:

- a) Análisis de percepción social, recogido en un informe independiente que busca tomar el pulso a las percepciones de las personas afectadas por la realidad actual.
- b) Definición de escenarios de futuro de carácter complementario: incluidos el escenario que impulsan las tendencias actuales (“Business as usual” o BAU en terminología del proyecto) y por el “escenario deseado” o escenario HNV, que plantean los participantes.
- c) Identificación de barreras y dificultades que están impidiendo el correcto desarrollo del pastoreo y la ganadería extensiva en La Vera.
- d) Localización e identificación de innovaciones dentro y fuera del área, tratando de desentrañar las claves que pueden contribuir a avanzar hacia ese escenario de futuro.
- e) Desarrollo de propuestas de innovación y mejora, viables y adaptadas a la realidad local.

La organización de resultados, de forma coordinada con el resto de participantes en el proyecto HNV-Link, se apoya en cuatro grandes ámbitos: 1) social e institucional, 2) reglamentario y político, 3) de productos y mercados y 4) técnico y de gestión, que se usan para todas las líneas de trabajo. Estos cuatro ámbitos permiten mantener la estructura organizativa y la coherencia, facilitando el enlace entre las distintas fases y la línea argumental del trabajo. Este planteamiento se completa con una intensa actividad de contacto y colaboración con la administración local y regional, que ha incluido reuniones con la Consejera de Medio Ambiente y Rural, Políticas Agrarias y Territorio, así como con varios directores generales y jefes de servicio con responsabilidad en los problemas abordados por el HNV-Link. Estas colaboraciones son determinantes para el proyecto, puesto que las innovaciones clave demandan mejoras sustanciales en el marco normativo e institucional.

Los resultados de este trabajo se publican en la página web del proyecto (<http://hvnlink.entretantos.org/>) y se concretan en tres productos específicos:

a) Un diagnóstico de la situación o análisis de partida, que se despliega en un informe independiente llamado “Baseline Assessment”_(HNV-Link/Pastando La Vera, 2016).

b) Un informe sobre la innovación como motor de conservación de los sistemas ganaderos extensivos de La Vera (HNV-Link/Pastando La Vera, 2017).

c) Una compilación de las estrategias de innovación que aplican los ganaderos locales. Además de evaluar su impacto real, se busca específicamente localizar conocimientos y aplicaciones que puedan ser útiles en otras áreas de aprendizaje, clasificándolos en función de su relevancia tanto a nivel nacional como internacional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las ideas recogidas a lo largo del proceso incluyen diferentes propuestas de innovación que los ganaderos ya aplican en su entorno y que contribuyen a hacer frente a su situación actual, entre ellas las adaptaciones en el uso del territorio, las mejoras en la programación espacio-temporal del pastoreo, los acuerdos con propietarios y administraciones, las estrategias de venta de proximidad, las asociaciones y cooperativas (tanto de cara a la transformación y comercialización como al aprovisionamiento), las instituciones tradicionales, la movilidad y las trashumancias, el apoyo mutuo, y muchas otras pequeñas innovaciones, muy adaptadas al territorio y al contexto social, que permiten a estas explotaciones mantenerse y progresar en un ambiente hostil.

La percepción social. El análisis de percepción social trata de describir la realidad tal y como la perciben las personas implicadas. El resultado se presenta en la Tabla 1, que contrapone las conclusiones extraídas con frases textuales de los participantes.

Tabla 1. Síntesis de los principales resultados del análisis de la percepción social combinados con frases textuales procedentes de las entrevistas.

PRODUCTOS Y MERCADOS	
No se valoran los productos derivados de la ganadería extensiva... ni siquiera en el territorio.	<i>"...un cabrito ahora no vale nada. A mí me sale más a cuenta dárselo a los perros que criar para vender"...</i>
SISTEMAS DE GESTIÓN Y MANEJO GANADERO	
Una opinión generalizada sobre el paisaje: existe una clara relación causal entre la excesiva matorralización de los montes y la sierra (sucios, dicen todos), los incendios, y el abandono de la actividad ganadera de caprino en extensivo.	<i>"...en donde hubo el incendio sí que estaba muy sucio. Se nota que faltan cabras"...</i>
La caza: la niña mimada de la administración y, para los cabreros, una amenaza: la actividad cinegética puede ser una de las causas de incendios forestales y, además, genera algunos conflictos con el sector ganadero.	<i>"... No sé por qué en los cotos no quieren cabras. Vacas sí pero a los cabreros nos echan"...</i>
El paisaje tiene cada vez menos calidad debido a la pérdida de usos tradicionales.	<i>"...el paisaje está peor. Las fincas se están perdiendo, se llenan de zarzas y no hay pastos. En cambio con ganado estaría limpia pero así... pasto de fuego. Y los caminos, ni quedan"...</i>
MARCO SOCIAL	
Ser cabrero: un oficio con una media de edad muy elevada, muy individualista y, socialmente poco valorado. Cada vez menos cabreros y menos uso del monte y la sierra": una tendencia que aparece hace más de 30 años y que aún continúa.	<i>"...tú para qué vienes a la escuela si vas a ir a cuidar cabras con tu padre"...</i> <i>"...en Losar antes podía haber, hace 30 años, más de 25.000 cabras y al menos 20 cabreros sólo en la sierra. Ahora en la sierra sólo queda uno"...</i>
POLÍTICA Y REGULACIÓN	
El pastoreo y la ganadería son necesarias para la conservación del paisaje... aunque en el colectivo ganadero hay desconfianza, rechazo y, además, no saben que es un HNV ni qué es la Red Natura 2000.	<i>"...Lo de conservar me parece bien pero yo creo que se están cargando el paisaje los que dicen que hay que conservarlo. No se entiende que a los cabreros sólo nos den palos por todas partes..."</i>
Las políticas de sanidad animal y de gestión ganadera en relación a la tuberculosis: el gran (enorme) problema.	<i>"... eso sí no te matan una chiva por tuberculosis que ha costado casi 200 euros ponerla en edad y te pagan 30. Y si te matan como a éste 150... te hunden"...</i>
En relación a la ganadería, el papel que juegan las administraciones, todas, es percibido de manera negativa... por casi todos.	<i>"... como el ayuntamiento no me daba permiso de obras, perdí una subvención que me habían concedido para la nave de cabras de 42.000 euros"...</i>
Se perciben unas políticas, en relación a la ganadería, que "no sirven" para apoyar o mejorar el sector extensivo.	<i>"... si no dejan que se pague PAC en zonas de pastoreo de cabras que son monte no se podrá seguir con el pastoreo: las cabras comen hojas de árbol y bellota y zarza y escoba"....</i>
No hay queserías artesanales en la Vera y, probablemente; la causa sea unas normas higiénico sanitarias inabordables para el pequeño ganadero.	<i>"...sí que me metería a hacer una quesería, pero me da miedo por los problemas de sanidad para hacerlo, y ahora con la tuberculosis que te metas en una inversión y luego vengan los veterinarios y te maten todas las cabras"....</i>

El escenario deseado. Llamado escenario “HNV”, muestra un espacio rural activo y atractivo tanto para sus habitantes como para el turismo. Se trata de un espacio productivo, en el que se desarrollan labores que aprovechan de forma sostenible los recursos del medio natural.

Las cumbres acogen pastos y puertos de montaña utilizados por un ganado doméstico variado, las laderas muestran un mosaico de parcelas agrarias (cultivos de frutales, olivos y castaños), alternando con pastos y prados de siega y manchas de robledal en diferentes estadios de desarrollo. El conjunto de pastos y parcelas forestales conforma un sistema silvopastoral capaz de mantener una elevada biodiversidad y nivel de servicios ambientales.

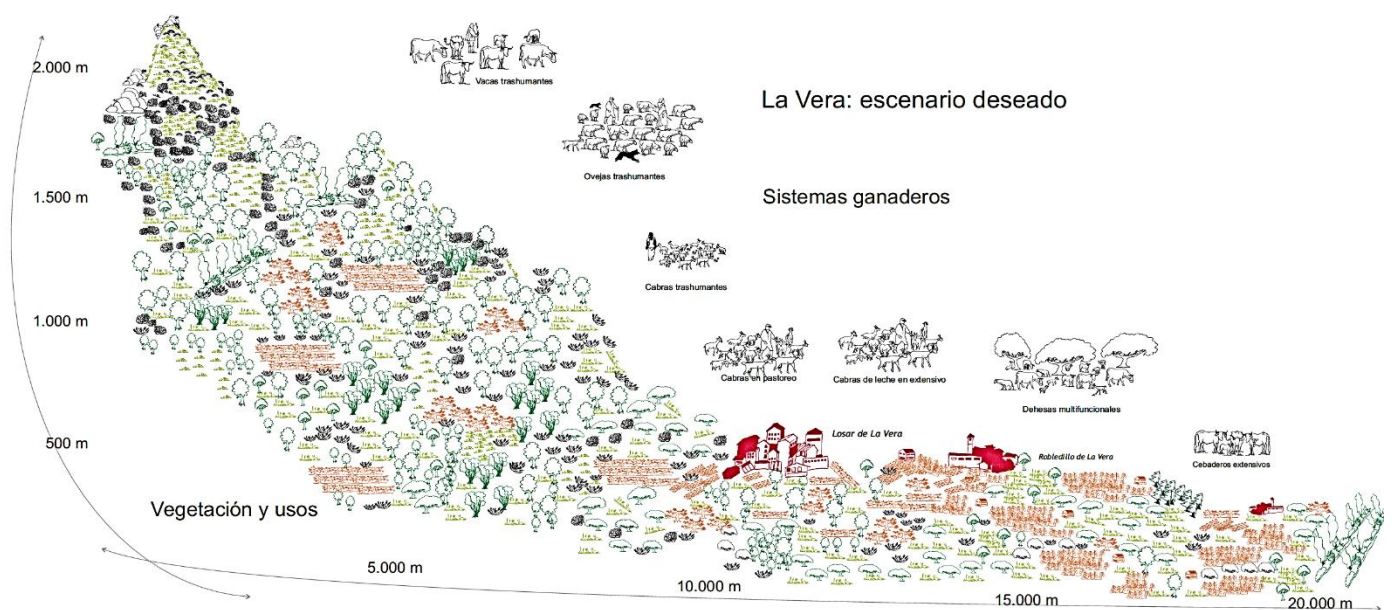


Figura 1. Imagen del escenario HNV-Link resultado del proceso de participación.

El entorno de los pueblos y las partes más bajas mantienen también un mosaico, con parcelas mayores, en el que se conservan dehesas y prados de siega, explotados de forma sostenible y muy relacionados con la ganadería extensiva. Los productos locales, elaborados por los propios productores y por emprendedores que comparten los objetivos anteriores, son reconocidos y valorados, distribuyéndose con facilidad en mercados locales activos.

Las barreras detectadas. El siguiente paso consiste en listar, por ámbitos, aquellas barreras que dificultan avanzar hacia una situación más favorable. En el ámbito social, estas barreras incluyen la falta de una cultura asociativa que defienda los intereses del sector, también el escasísimo relevo generacional, unas condiciones de trabajo muy duras y una gran incertidumbre ante el futuro. La viabilidad de los negocios ganaderos está en entredicho, lo que desalienta las inversiones y promueve una visión muy pesimista del sector. Además, el nivel cultural y la formación son bajos y en general, se perciben una serie de carencias importantes: falta de apoyo institucional, desprecio de la ganadería frente a otras actividades como la caza, indefensión y falta de interlocución clara con la administración.

En el ámbito político y reglamentario, las barreras más importantes incluyen el enorme impacto moral y económico del programa de erradicación de la TB, junto con la sobrecarga burocrática y el desequilibrio en las ayudas que se ofrecen al sector desde la PAC y los PDR en España. La gestión administrativa de los saneamientos está generando un sentimiento de desamparo que está afectando enormemente tanto a los cabreros, que se ven abocados a la desaparición, como a los ganaderos de bovino que acusan pérdidas económicas y de capacidad de movimiento, con consecuencias directas en los sistemas HNV. La aplicación de la PAC y el PDR castiga duramente a la ganadería de montaña en Extremadura, con ayudas escasas y mal dirigidas cuyo resultado es una situación económica más difícil que sus homólogos en otros países europeos. También los pastos leñosos sufren este castigo a través del sistema de admisibilidad, que afecta a los pagos directos y a las ayudas del PDR.

En el ámbito productivo y de mercado, destaca la actitud poco facilitadora de los técnicos de la administración encargados de dar de alta infraestructuras clave para la producción extensiva (queserías, salas de despiece, etc.), aplicando de forma restrictiva y poco flexible la normativa. Además del laberinto burocrático, la desconexión con el precio de venta, la falta de mercados locales estables y la ausencia de una formación y asesoramiento adecuado disuaden el emprendimiento en este ámbito.

Finalmente, las barreras técnicas y de gestión incluyen aspectos como la presión que sufren los ganaderos para industrializar su producción y garantizar suministros

homogéneos, ajenos a la variabilidad de las condiciones naturales y que desaprovechan sus características diferenciadoras. A esta barrera se suma la carga de trabajo de la ganadería extensiva (superior al coste de los insumos), la falta de personal cualificado, la ausencia de estrategias viables de producción, las malas condiciones en los pastos, las carencias en la gestión de los hábitats Natura 2000 y la deficiente planificación de algunos terrenos públicos.

Las propuestas de innovación

En cuanto a las propuestas sociales e institucionales destaca la simplificación y reducción de la carga burocrática. También el establecimiento de nuevas relaciones de colaboración entre las administraciones y los agentes activos, creando grupos mixtos para promover estrategias conjuntas, por ejemplo, un grupo de seguimiento entre ganaderos y gobierno regional para pactar mejoras en los planes de saneamiento en explotaciones, o acciones territoriales, como la prevención de incendios con pastoreo. Otra serie de propuestas van dirigidas a mejorar el tejido social, la voz, la representación y la influencia de los productores, apoyando el asociacionismo, el trabajo en red, la colaboración y la búsqueda de sinergias. Además, se plantean medidas formativas y de apoyo a la renovación y nueva implantación agraria. Finalmente, una potente batería de medidas busca un nuevo escenario para la sanidad animal que sea más racional y más favorable al pastoreo.

En el campo de políticas y regulaciones, se aboga por la simplificación y racionalización de todo el marco legal (sanitario, ayudas, requisitos...), además se plantean mejoras dirigidas a optimizar el papel de la PAC, entre ellas, en la admisibilidad de los pastos leñosos y las infraestructuras ganaderas, el incremento de las ayudas directas al pastoreo, la convergencia entre el Pilar 1 y el 2, la puesta en marcha de medidas agroambientales específicas de apoyo a la ganadería extensiva o la trashumancia, etc. También se busca una nueva estrategia de prevención de incendios forestales, apoyada en varias experiencias clave en nuestro país.

Las propuestas de productos y mercados se basan en el apoyo a nuevos proyectos y el desarrollo de mercados locales. La primera línea incluye formación, asesoramiento y trabajo con administraciones locales, mientras que los mercados requieren campañas de

difusión, trabajo en red con establecimientos turísticos y comercio local, desarrollo de productos de alta calidad, apoyo a experiencias piloto o colaboraciones público-privadas, entre otras.

Finalmente, las medidas que se plantean en el ámbito técnico, incluyen potenciar el enfoque local y comarcal en el ámbito ganadero, la puesta en marcha de mejoras y proyectos piloto tanto en pastos como en infraestructuras, el desarrollo de servicios ambientales, la implantación de planes de ordenación que contribuyan tanto a la sostenibilidad de las explotaciones como al efecto positivo del sistema HNV y la multifuncionalidad de los sistemas silvopastorales.

CONCLUSIONES

El proceso de participación y el trabajo técnico abordado desde el proyecto HNV-Link / “Pastando La Vera”, ha permitido formular una completa batería de innovaciones de carácter social e institucional, reglamentario y político, de productos y mercados y técnicas y de gestión, que pueden contribuir a mejorar la rentabilidad y supervivencia de los sistemas ganaderos de alto valor natural en la comarca de La Vera.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto HNV-Link está financiado por el programa H2020

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baldock D., Beaufoy G., Bennett G., Clark J., (1993) “Nature conservation and new directions in the EC Common Agricultural Policy”, Institute for European Environmental Policy (IEEP), London.

HNV-Link/Pastando La Vera (2016)/Herrera P., Majadas, J., Beaufoy G., Carrasco R. Baseline Assessment. L.A. Nº5. La Vera (Spain). HNV-Link.

<http://www.hnvlink.eu/download/SpainBaselineAssessment.pdf>

HNV-Link/Pastando La Vera (2017)/Herrera P., Majadas, J., Beaufoy G., Carrasco R. La innovación como motor de conservación de los sistemas ganaderos extensivos de La Vera. HNV-Link.

<http://hnvlink.eu/download/SpainReportInnovationSeminar.pdf>

Oakley, P. (1991) *Projects with People. The practice of participation in rural development*. International Labour Office. London. UK.

INNOVATION AS CONSERVATION DRIVER IN HNV SYSTEMS IN LA VERA (SPAIN)

Summary

HNV-Link is a European H2020 project aimed at promoting innovation applied to the improvement of High Value Natural Farming Systems. The Spanish partnership of HNV-Link is focused on extensive livestock farming in the region of La Vera (Cáceres, Spain). The different actions programmed by HNV-Link seek to compile, design and implement innovative solutions. The basis of this work is a participatory process involving the main local stakeholders. This process includes a social research about farmers' perception of reality, the collective construction of future scenario and a collaborative work on innovative solutions. Participation is complemented with a technical work of compilation, analysis and design of innovation along with a strategy of lobbying with regional and local government bodies, supporting a framework of innovation and improvement of extensive farming. This work has allowed formulating a complete set of innovations classified in four main groups: 1) social and institutional, 2) rules and policies, 3) products and markets and 4) technical and management. These innovations should contribute to improve the profitability and survival of HNV systems in La Vera while upscaling and sharing innovation with other European areas involved in HNV-Link.

Key words: HNV system, pastoralism, participation, agricultural policy

ANÁLISIS MULTI-ACTOR DE LA SOSTENIBILIDAD Y VIABILIDAD DEL SECTOR OVINO DE CARNE EN ARAGÓN

T. Rodríguez-Ortega¹³, D. Martín-Collado¹³, I. Casasús¹³, A. Olaizola²³ y A. Bernués¹³

¹ Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA).

² Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural, Universidad de Zaragoza.

³ Instituto Agroalimentario de Aragón – IA2 (CITA-Universidad de Zaragoza).

Correspondencia: trodriguez@cita-aragon.es

Resumen

Los sistemas de explotación de ovino de carne, muy relevantes en entornos mediterráneos como Aragón, han experimentado una fuerte reducción en las últimas décadas. El objetivo de este trabajo fue analizar la sostenibilidad de los sistemas aragoneses de ovino de carne, realizando un diagnóstico de su situación mediante un análisis DAFO y definiendo los aspectos clave de su viabilidad a medio plazo. Para ello, se desarrolló un taller participativo con actores pertenecientes a diversos grupos de interés relacionados con la actividad ovina. El análisis DAFO subrayó un incremento en la variedad de factores internos (12 fortalezas y 16 debilidades) y externos (14 oportunidades y 23 amenazas) que afectan a las explotaciones de ovino de carne de Aragón. Se identificaron 11 aspectos clave de viabilidad, entre los que destacaron la formación y asesoría técnica de los ganaderos, la mejora de la comercialización del producto y el desarrollo de políticas dotadas y estables. La importancia relativa de estos aspectos dependió del perfil de los actores, según estén más ligados a la producción (ganaderos, veterinarios, industria agroalimentaria) o desarrollen actividades más transversales (política del desarrollo rural y transferencia agroalimentaria, gestión y conservación del medio natural, investigación agraria).

Palabras clave: sistemas de explotación, extensividad, taller participativo, análisis DAFO.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas ovinos y caprinos basados en el pastoreo y mixtos con cultivos son fundamentales en la región mediterránea desde un punto de vista económico, ambiental y social. Sin embargo, han experimentado una fuerte reducción en la mayoría de la Europa mediterránea, tanto en número de explotaciones como de animales, aunque con un incremento generalizado del tamaño del rebaño (Bernués *et al.*, 2011). En España, el censo ovino ha disminuido un 36% entre 2000 (24,9 millones) y 2016 (15,9 millones). Pese a ello, en Aragón sigue siendo un sector muy relevante que representa el 10,9% del censo nacional (mayoritariamente de carne) (IAEST, 2016). Este contexto precisa analizar la problemática

del sector en la región para anticipar su viabilidad futura, considerando que los sistemas ovinos son muy heterogéneos. En términos biogeográficos, conviven sistemas de montaña, de valle semi-árido (secano o regadío) y trashumantes. Además, hay sistemas especializados en la producción de carne y otros mixtos, con producción de carne y de cultivos (para el ganado y/o la venta). En general, son extensivos o semi-extensivos en cuanto al manejo del rebaño de madres, aprovechando pastos buena parte del año, pero intensivos en la cría de corderos (cebados con piensos) tras el destete. El objetivo de este trabajo fue doble: i) hacer un diagnóstico de la situación actual de los sistemas de explotación de ovino de carne en Aragón; y ii) definir los aspectos clave de su viabilidad a medio plazo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un taller participativo multi-actor sobre la sostenibilidad y viabilidad de los sistemas de explotación de ovino de carne en Aragón, en el que participaron 15 actores pertenecientes a diversos grupos relacionados con la actividad ovina (3 ganaderos, 2 técnicos veterinarios, 2 representantes de la industria agroalimentaria, 2 cargos de la administración de desarrollo rural y transferencia agroalimentaria, 2 gestores de espacios naturales protegidos (ENP), 2 investigadores en ciencias agrarias, 2 técnicos de ONGs de conservación de la naturaleza). El taller fue dirigido por 2 moderadores y 3 facilitadores y tuvo una duración aproximada de 4,5 horas. En esta comunicación se presentan dos de las cuatro partes del taller: i) la situación actual del sector a través de un análisis de Debilidades (D), Amenazas (A), Fortalezas (F) y Oportunidades (O): (DAFO); y ii) los aspectos clave de viabilidad (ACV) del sector a medio plazo (10-15 años).

El análisis DAFO partió de información disponible en la bibliografía y derivada de otros talleres similares (Casasús *et al.*, 2009; Ripoll-Bosch *et al.*, 2012; Olaizola *et al.*, 2014), la cual fue analizada, discutida y completada por los participantes. Se consideró el sistema de explotación como la frontera entre los factores internos (Debilidades y Fortalezas que pueden ser manejadas por los ganaderos) y los externos (Amenazas y Oportunidades fuera del control de los ganaderos). Los factores identificados se agruparon en diferentes áreas

(estructurales, técnicos, ambientales, económicos, etc.) que facilitaron su interpretación y discusión, y se señalaron los factores de nueva aparición. El análisis de los ACV siguió cuatro fases: a) reflexión individual y anotación de los 5 ACV más importantes; b) puesta en común de dichos ACV en grupos (3 grupos con 5 participantes de perfiles diferentes, acompañados de un facilitador), y discusión y elección de los 5 ACV principales por grupo; c) listado de los diferentes ACV surgidos en los grupos; y d) votación individual de los ACV finales, para lo cual cada participante identificó los tres que consideró más importantes. Después, los ACV se trasladaron a una valoración global según los perfiles de los actores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diagnóstico de la situación de los sistemas ovinos de carne en Aragón

Las Tablas 1a y 1b recogen los resultados del análisis DAFO. Se identificaron 12 fortalezas, 16 debilidades, 14 oportunidades y 23 amenazas, si bien algunos factores internos y externos son interdependientes y difícilmente separables. La frontera entre las áreas también es muchas veces difusa, estando algunos factores relacionados con varias de ellas. Por otro lado, hay factores que pueden ser considerados positivos o negativos dependiendo de condicionantes externos, por lo que requieren de matices explicativos.

A lo largo del taller, los actores destacaron la heterogeneidad de explotaciones como reflejo de las múltiples adaptaciones a los condicionantes internos y externos. Entre los factores sociales, consideraron que los sistemas analizados poseen un fuerte arraigo y conocimiento locales (F1) y son actividad motora del desarrollo socio-económico del medio rural, lo que repercute en la fijación de población (F2); pero sus ganaderos adolecen de una baja autoestima y una sensación de falta de reconocimiento social (A1) que merma su calidad de vida (D1), alimentada por la marginalización de las zonas rurales (A2), la falta de servicios generales y las diferencias con el estilo de vida urbano (A3). A nivel sectorial, se pierde censo de animales y de explotaciones (D2) y se tiende hacia la intensificación (D3). Esto, unido a la carencia de una visión estratégica común en el sector (D4) y a la falta de cohesión y organización entre ganaderos (D5), da lugar a un escaso poder de presión política y económica (D6), apreciable, p. ej., en la constante incertidumbre ante las

reformas de la PAC (A4). Pese a la creciente sensibilidad gubernamental sobre los problemas del ovino en la regional (O1), la percepción de ganaderos y veterinarios es de falta de apoyo y voluntad política para atajar la crisis del sector (A5) en comparación con otros sectores agropecuarios.

En cuanto a la estructura de las explotaciones, se señalaron importantes limitantes en los factores de producción (D7). Por un lado, faltan incentivos para acometer inversiones (A6). Por otro, aunque emplean razas adaptadas (F3) que aprovechan recursos no utilizados por otras actividades (F4), y cuyo uso es potencialmente ampliable (O2), la actividad está fuertemente condicionada por otros usos del suelo (A7), conflictos con especies silvestres (A8) y dificultades de acceso a pastos públicos (A9). Por último, ni las crisis en otros sectores (O3) ni la incorporación de gente joven y formada (O4) suplen la escasez de mano de obra (A10). Se reconoce un margen de mejora de factores técnicos (F5) al existir nuevos equipos de formación (O5) y tecnologías (O6) que podrían paliar la complejidad de estos sistemas (D8), la falta de formación e información del ganadero (D9), su baja adopción de tecnologías (D10), los crecientes trámites administrativos (A11) y la falta de servicios agrarios (A12).

Los factores ambientales interactúan con los económicos. Por ejemplo, la auto-suficiencia aporta rentabilidad cuando se disponen de recursos suficientes (F6); pero la dependencia del clima (D11), duro y variable en el Mediterráneo (A13) y acentuado por el cambio climático (A14), condicionan la rentabilidad. También pueden hacerlo la volatilidad de los precios de los insumos (A15) y el estancamiento y la estacionalidad del precio y la venta de la carne (A16), que además reduce su rentabilidad para los carniceros (A17). Estos y la baja producción (D12) influyen en los ingresos de los ganaderos (D13) y en su dependencia de subvenciones (D14). La diversificación económica aporta rentabilidad (F7) al adaptarse mejor a los cambios ambientales y/o de mercado (F8) o aprovechar las demandas de agro-turismo (O7). La reducción del consumo de cordero se relaciona con cambios en los estilos de vida (A18) y con la falta de formación en la sociedad sobre alimentación (A19); aunque se señala positivamente el consumo regional (O8) y las importaciones de nuevos países (O9).

Tabla 1a. Análisis DAFO de los sistemas de ovino de carne en Aragón (factores internos)

Fortalezas	Debilidades
<p><u>Sociales:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sistemas con fuertes raíces territoriales y culturales que atesoran sabiduría y conocimiento 2. Fuente de desarrollo socio-económico y de fijación poblacional en el medio rural <p><u>Estructurales:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Las razas autóctonas locales, utilizadas en la mayoría de las explotaciones, están adaptadas al territorio 4. Aprovechan recursos no utilizables por otras actividades (incluidos subproductos de agricultura) <p><u>Técnicos:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 5. *Margen de mejora técnica y de manejo (p. ej., D9, D10 y D12 han mejorado) <p><u>Ambientales/Económicos:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 6. *Auto-suficiencia y rentabilidad cuando se adaptan al territorio y disponen de suficientes recursos. La dependencia aumenta con la intensificación y a veces con el tipo y tamaño de la explotación 7. La diversificación económica aporta rentabilidad 8. Adaptabilidad a cambios ambientales y/o de mercado <p><u>Sistema de producción:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 9. Provee múltiples externalidades positivas o servicios de los ecosistemas (e.g. prevención del fuego, paisajes culturales, conservación de biodiversidad, sumidero de carbono, etc.) 10. Cierra el ciclo de vida del producto, e.g. reutilizando los residuos (acercamiento a la economía circular) 11. Produce alimentos de calidad diferenciada, ligada al territorio 12. *El manejo extensivo aporta bienestar animal (ligado al pastoreo) y poco uso de antibióticos, posicionándose mejor que otras carnes a nuevas políticas y demandas de consumo 	<p><u>Sociales:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Baja autoestima; sensación de poca calidad de vida <p><u>Sectoriales:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Descenso del censo ovino y de las explotaciones y consecuente pérdida de peso del sector 3. *Tendencia a la intensificación 4. *Falta de visión estratégica común del sector 5. Falta de cohesión y organización entre ganaderos 6. Poco poder de presión política y económica regional <p><u>Estructurales:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 7. Factores de producción limitantes: capital, tierra y trabajo <p><u>Técnicos:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 8. Complejidad de manejo y toma de decisiones óptimas 9. Falta de formación e información técnica adaptada al sistema de producción 10. Bajo conocimiento, gestión y adopción de tecnologías e innovaciones <p><u>Ambientales:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 11. *Dependencia de la variabilidad climática <p><u>Económicos:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 12. Baja producción: índices de productividad (fertilidad) bajos, crecimiento lento y ciclo del producto largo 13. Bajos ingresos/rentas. Bajo precio del cordero 14. Dependencia de subvenciones europeas (PAC) <p><u>Sistema de producción:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 15. *El cordero se engorda estabulado y con piensos, no diferenciándose de productos de sistemas intensivos. 16. *En la carne de cordero se detectan residuos en matadero (relacionado con el ciclo corto y el engorde en la explotación)

Tabla 1b. Análisis DAFO de los sistemas de ovino de carne en Aragón (factores externos)

Oportunidades	Amenazas
<p><u>Sectoriales/Políticos:</u></p> <p>1. Creciente sensibilidad de estamentos gubernamentales locales, regionales y nacionales debido a la crisis en el sector</p> <p><u>Estructurales:</u></p> <p>2. Existen recursos alimentarios de pastoreo desaprovechados</p> <p>3. Crisis en otros sectores de actividad económica</p> <p>4. *Incorporación de gente joven, y a veces formada, al campo</p> <p><u>Técnicos:</u></p> <p>5. Existencia de equipos especializados de formación técnica</p> <p>6. *Desarrollo de nuevas tecnologías, muchas de acceso fácil y libre</p> <p><u>Económicos/consumo:</u></p> <p>7. Demanda de agro-turismo en zonas rurales</p> <p><u>Aspectos de consumo:</u></p> <p>8. *El consumo regional de cordero (Aragón) es considerablemente más alto que el nacional</p> <p>9. Nuevos países importadores con alta demanda de productos de cordero (e.g. Países del Magreb, China, etc.)</p> <p><u>De consumo/Legislativos/Políticos:</u></p> <p>10. Creciente reconocimiento social y concienciación por consumir productos del territorio de calidad diferenciada.</p> <p>11. *Crecientes demandas sociales y legislativas como el bienestar animal, carnes sin antibióticos, etc.</p> <p>12. *Implementación de buenas prácticas para reducir antibióticos</p> <p>13. *Nueva legislación que facilita la venta directa</p> <p>14. Nuevas orientaciones de la PAC hacia el desarrollo rural y la producción de bienes y servicios fuera de mercado</p>	<p><u>Sociales:</u></p> <p>1. Poco reconocimiento social de la actividad</p> <p>2. Marginalización de las zonas rurales, especialmente de las menos favorecidas</p> <p>3. *Falta de servicios generales que dan lugar a agravios comparativos entre el estilo de vida urbano y el rural</p> <p><u>Sectoriales/Políticos:</u></p> <p>4. Incertidumbre sobre el futuro de las reformas de la PAC</p> <p>5. *Falta de voluntad y apoyo político regional y europeo al sector</p> <p><u>Estructurales:</u></p> <p>6. Pocos incentivos gubernamentales para acometer las inversiones necesarias</p> <p>7. Incremento de la presión del uso del suelo por otras actividades</p> <p>8. *Conflictos con especies silvestres (e.g. preocupación por la llegada de lobos)</p> <p>9. *Dificultad de acceso a pastos: pastos públicos caros</p> <p>10. *Escasez y coste de mano de obra especializada</p> <p><u>Técnicos:</u></p> <p>11. *El papeleo de los trámites administrativos cada vez es mayor</p> <p>12. *Falta de servicios específicos para la ganadería (extensión agraria, asesoría técnica).</p> <p><u>Ambientales:</u></p> <p>13. Condiciones climáticas duras y variables que afectan la disponibilidad de pastos y agua</p> <p>14. *Cambio climático que acentúa las condiciones climáticas; sequías</p> <p><u>Económicos:</u></p> <p>15. Volatilidad de los precios de mercado de insumos (piensos).</p> <p>16. Estancamiento y estacionalidad del precio y la venta de la carne de cordero</p> <p>17. *Carne poco rentable para los carniceros, que prefieren vender otras especies</p> <p><u>De consumo:</u></p> <p>18. Reducción del consumo de carne de cordero en las últimas décadas (por cambios de hábitos alimentarios, de cocina, etc.)</p> <p>19. *Falta formación de la sociedad sobre alimentación, cocina y dieta</p> <p><u>Legislativos/Políticos:</u></p> <p>20. Centralización de servicios (disminución de mataderos comarcales) y ventas (dificultad de ventas locales)</p> <p>21. Altos estándares higiénicos y sanitarios que dificultan las industrias artesanas</p> <p>22. Liberalización (limitado nº de compradores) y globalización (importaciones) del mercado</p> <p>23. *Las actuales ayudas no reconocen (ni con dinero ni con otras facilidades) al ganadero los servicios ambientales que derivan de su labor de pastoreo</p>

Nota: La numeración sólo identifica a los factores. *Factores nuevos respecto a estudios previos.

Finalmente, surgieron preocupaciones que interrelacionaron factores productivos, de consumo, legislativos y políticos. Si bien los sistemas extensivos proveen múltiples externalidades positivas, se acercan a la economía circular y aportan atributos de calidad diferenciada y ligada al territorio (F9-12), la cría de corderos no se diferencia del cebo convencional de las producciones intensivas (D15). La creciente concienciación y demanda social por la calidad diferenciada (O10-11) podrían reconducir las ayudas, que actualmente no reconocen completamente al ganadero los servicios derivados del pastoreo (A23), hacia nuevas orientaciones de desarrollo rural y producción de servicios ambientales (O14). La nueva legislación que facilita la venta directa (O13) puede compensar la centralización de servicios y ventas (A20) y los altos estándares higiénico-sanitarios (A21), pero deberá formar a los ganaderos (O12) en relación a los residuos de antibióticos en la carne de cordero (D16).

El diagnóstico de los sistemas ovinos de carne en Aragón muestra la permanencia de factores que condicionan su sostenibilidad, según se describió en trabajos previos. Por otro lado, aparecen algunos nuevos como: mayores fortalezas técnicas; debilidades sectoriales, ambientales y del sistema de producción; nuevas oportunidades, sobre todo relacionadas con aspectos de consumo; así como amenazas en todas las áreas.

Aspectos clave para la viabilidad (ACV) del sector ovino de carne a medio plazo

Tras reflexionar sobre la situación del sector, los participantes identificaron y valoraron individualmente y en grupo, en dos rondas sucesivas, los principales ACV (Tabla 2). Los diferentes perfiles de actores mostraron preocupaciones comunes por varios ACV, sobre todo por la formación y asesoría técnica del ganadero, seguida de la mejora de la comercialización del producto y el desarrollo de políticas dotadas y estables. Pero también se observaron preocupaciones complementarias entre perfiles que dan una visión más global de la realidad, aunque no es posible extrapolar los resultados. Por un lado, los ganaderos consideran calve reorientar la política hacia el pago por servicios ambientales, quedando relegadas antiguas preocupaciones como la búsqueda de raciones alimenticias económicas y fáciles de distribuir (Sierra, 2002); los veterinarios demandan mayor integración del sector y la industria agroalimentaria una integración de toda la cadena de

valor. Por otro lado, los técnicos de ONGs, de la administración, investigadores y gestores de ENP mostraron, lógicamente, una visión más transversal incluyendo también ACV relacionados con la mejora de servicios en las zonas rurales, la modernización de las explotaciones, la adecuación de los sistemas de producción a las demandas sociales, el reconocimiento social del ganadero y aspectos ligados a la falta de relevo generacional. La falta de relevo generacional y sus consecuencias sobre la continuidad de las explotaciones no han recibido tanta importancia como en trabajos previos del equipo.

Tabla 2. Aspectos clave para la viabilidad del sector ovino de carne en Aragón a medio plazo diferenciados por perfiles de actores (n=15)

ACV finales	Actores															Votos		
	Ganaderos			Técnicos			Industria			ONGs			Investigación		Admón.		ENP	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
Formación y asesoría técnica del ganadero	x	x	x	x			x	x	x		x	x	x	x	x	12		
Mejora de la comercialización (transparencia del producto, nuevos cortes, promoción, formación del consumidor y distribuidor)	x	x				x	x	x	x			x				x	8	
Desarrollo de políticas dotadas y estables	x		x	x	x	x				x				x		7		
Integración del sector (cohesión/asociacionismo entre ganaderos)				x	x					x	x		x			5		
PAC (pagar por resultados -servicios-)		x	x						x							x	4	
Mejora de los servicios generales en zonas rurales y específicos para la ganadería										x	x					x	3	
Modernización de las explotaciones (tecnologías y dimensión)													x			x	2	
Adecuar el sistema de producción a las demandas sociales								x									1	
Relevo generacional													x				1	
Mejora del reconocimiento social														x			1	
Integración de toda la cadena de valor																	x	1

CONCLUSIONES

El análisis de la situación actual de los sistemas de ovino de carne de Aragón reflejó los múltiples factores que les afectan, con frecuentes interacciones y conflictos entre sí. En general, destaca la permanencia de antiguos factores y la aparición de otros como fortalezas técnicas; debilidades sectoriales, ambientales y del sistema de producción; oportunidades de consumo; así como amenazas en todas las áreas. Los aspectos clave de viabilidad que más resaltan son la mejora de la formación y asesoría técnica de los

ganaderos, la mejora de la comercialización del producto y el desarrollo de políticas dotadas y estables; si bien se observan diferencias en su importancia relativa dependiendo del perfil de los agentes.

AGRADECIMIENTOS

Financiado por European Union's Horizon 2020 Research & Innovation Programme, contrato nº 696231 [SusAn].

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernués A., Ruiz R., Olaizola A., Villalba D. y Casasús I. (2011) Sustainability of pasture-based livestock farming systems in the European Mediterranean context: Synergies and trade-offs. *Livestock Science*, 139, 44-57.
- Casasús I., Chevrollier M., Riedel J.L., Van Der Zijpp A. y Bernués A. (2009) ¿Cómo condiciona la disponibilidad de recursos y el entorno socio-económico al ovino de carne? *Mundo Ganadero*, 216, 48-55.
- IAEST (2016) *Censos de efectivos de ganado ovino*. Instituto Aragonés de Estadística.
- Olaizola A.M., Barrantes O., Manrique E., Reiné R., Ferrer C., Broca A., Mora J.L., Usón A., Riaguas L., Oliván A., Fantova E., Nicholas P.K. (2014) Identificación de las principales características de los sistemas mixtos agro-ganaderos y posibles estrategias de innovación en el Valle Medio del Ebro. En Busqué J. *et al.* (eds.) *Pastos y PAC 2014-2020*, pp. 507-514. Potes, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- Ripoll-Bosch R., Díez-Unquera B., Ruiz R., Villalba D., Molina E., Joy M., Olaizola A., Bernués A. (2012) An integrated sustainability assessment of mediterranean sheep farms with different degrees of intensification. *Agricultural Systems*, 105, 46-56.
- Sierra I. (2002) *Evolución y cambios socioeconómicos del sector ovino-caprino en España durante la última década*. Madrid, España: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

MULTI-ACTOR ANALYSIS OF THE SUSTAINABILITY AND VIABILITY OF THE MEAT-SHEEP SECTOR IN ARAGÓN

Summary

Meat-sheep farming systems are very relevant in the Mediterranean basin, but have strongly decreased in the last decades. Our aim was to analyze the sustainability of these systems in Aragón, using a SWOT analysis, and define the key aspects of their viability in the medium term. We organized a multi-actor workshop with 15 stakeholders from several interest groups related to sheep production. The SWOT analysis showed the variety of factors that need to be faced by sheep systems. The key aspects of viability prioritized were the need for training and advisory services, the improvements in marketing, and the design of stable and well-funded policies. Their relative importance varied according to the profile of the stakeholders (those closely connected to production vs. those with wider interests).

Key words: farming systems, extensivity, participatory workshop, SWOT analysis.

ENSAYO PRELIMINAR EN MEJORA DE PASTOS DE SECANO EN UNA ZONA MARGINAL DE LA ISLA DE TENERIFE

P. Méndez¹, A. Sicilia¹, S. Álvarez¹, A. Reyes¹, F. Cubas³, L. A. Bermejo²

¹Instituto Canario de Investigaciones Agrarias, Apartado 60, 38200 La Laguna, Tenerife, pmendez@icia.es.

²Universidad de La Laguna (ULL), Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Tenerife, lasensio@ull.es.³Agencia Extensión Agraria La Orotava, Tenerife.

Resumen

Ensayo preliminar en el contexto de un proyecto de desarrollo rural que se viene ejecutando desde hace dos años, al objeto de responder a los problemas locales, adaptándose a la capacidad de los ganaderos para incorporar los resultados. El objetivo es estudiar el efecto de tratamientos sencillos sobre la productividad, la calidad y la preferencia para caprino de pastos de secano situados en un área marginal de Tenerife. Este ensayo se ha llevado a cabo sobre bancales de cultivos abandonados, donde los tratamientos han consistido en la combinación del mínimo-laboreo (ML) y el no-laboreo (NL) con siembra (S) y no-siembra (NS) de una mezcla de semillas constituida por una especie silvestre local (la tедера: *Bituminaria bituminosa*) junto con ray-grass inglés (*Lolium perenne*). Se estima la abundancia relativa por medio de transectos, la biomasa y el valor nutritivo por cortes aleatorios y la preferencia del ganado mediante la determinación de animales presentes en cada parcela en determinados tiempos. Los resultados indican mayor efecto del factor bancal que de los tratamientos en las variables estudiadas. Las preferencias del ganado tampoco parecen estar relacionadas con el valor nutritivo del pasto. Las productividades fueron mayores en los tratamientos NL y la siembra no tuvo repercusión ni en la producción ni en la calidad del pasto. Se recomienda enriquecer el pasto con leguminosas, utilizando dosis de siembra elevadas, que las haga competentes frente a las gramíneas existentes que, en general, son de bajo valor nutritivo.

Palabras clave: pastoreo, área marginal, baldío, *Bituminaria bituminosa*.

INTRODUCCIÓN

Según los indicadores económicos el archipiélago canario no puede ser considerada una región ganadera, sin embargo, estamos ante un subsector estratégico dentro del sector agrario regional del que viven muchas familias, bien como única actividad o, más frecuentemente, como complemento de otras. Por otra parte, la ganadería en Canarias y el territorio que la sustenta es un hecho complejo, con problemáticas particulares y diferentes entre zonas incluso dentro de una misma isla, tales como la fragmentación de buena parte del territorio (hectáreas medias pequeñas / parcela o explotación) unido a que

más de un 40% del mismo está protegido (Mata et al., 2014). Por ello cuando se aborda su estudio y se proponen actuaciones, éstas son probablemente de poca aplicación fuera de estos ámbitos, y por tanto sus objetivos son difícilmente financiables en proyectos de convocatorias competitivas. Una manera de comenzar a abordar estos problemas concretos es través de financiación local, como es el caso que se plantea en este trabajo de un año de duración (Proyecto I+D Agrario Estratégico para Canarias CAIA2017-0002-00-00). Son muchos los conocimientos locales en temas de flora y vegetación, producción de forraje y alimentación en base a especies autóctonas, producción primaria y pastoreo y su relación con la conservación de la biodiversidad, pero hasta el momento no ha sido abordado el tema de la mejora de pastos en los secanos de las islas para aprovechamiento directo. Los experimentos de campo enfrentan retos principalmente relacionados con las dificultades para el control de los factores que afectan a las variables estudiadas, sin embargo, se plantean como herramientas útiles para el estudio en condiciones reales, facilitando, entre otras cosas la incorporación de las técnicas y tecnologías a las explotaciones. Este ensayo preliminar busca responder a problemas locales, que tienen que ver con la realidad del sector. Al mismo tiempo pretende ser un punto de partida del Plan Forrajero de Canarias (PFORCA), propuesto por la Consejería de Agricultura. Las características naturales de las islas no son propicias para el desarrollo de los pastos, además el 41% de su territorio son Espacios Naturales Protegidos y existen numerosos conflictos con el pastoreo (Bermejo *et al.*, 2012). Sin embargo, hay un gran potencial en las muchas hectáreas de tierras agrícolas que en la actualidad no se cultivan y que en parte se podrían dedicar a este uso (Méndez *et al.*, 2013). Una de estas situaciones particulares se encuentra en el Valle de la Orotava, en la vertiente norte de la isla de Tenerife, donde la elevada conflictividad del pastoreo de caprino con otros usos, especialmente el urbano, tiene como consecuencia que además del problema de la obtención del alimento exista una visión negativa de la población hacia esta actividad contribuyendo a su marginalización. De esta situación surge el encargo del Cabildo de Tenerife, al Departamento de Economía y Sociología Agraria de la ULL, para un proyecto de ordenación de la actividad. En este trabajo se pone de manifiesto la escasez de territorio, la fragmentación, la elevada carga

ganadera, el intenso movimiento de ganado entre áreas y la baja capacidad sustentadora, lo que paradójicamente va unido a la constatación de que el pastoreo es un elemento esencial para esas 27 explotaciones de caprino semiextensivo que hay en este valle (Bermejo, 2017). Se decide iniciar un ensayo de mejora del pasto de las zonas agrícolas en desuso, teniendo en cuenta que los resultados pudieran ser incorporados por los ganaderos con el criterio básico de un bajo esfuerzo (coste), con actuaciones fácilmente asumibles por las explotaciones, permitiendo también la recuperación de zonas más degradadas y contribuyendo a la disminución de los desplazamientos entre zonas de pastoreo. El objetivo de este trabajo, por tanto, fue estudiar el efecto de los tratamientos sobre la productividad y calidad del pasto, así como sobre la preferencia del ganado caprino.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se establece en zona de erial a pasto (baldío) en una finca propiedad del Cabildo de Tenerife en el término municipal de Los Realejos a 1077 *m.s.m.*, con una Pluviometría media de 700 mm, aunque 2017 fue especialmente seco (300 mm) lo que influyó negativamente en el establecimiento del ensayo. La finca se encuentra en el piso bioclimático mesomediterráneo sub-húmedo, la mayor parte de la vegetación se corresponde con un mosaico de herbazales oligotróficos y pastizales mesófilos, salpicados de elementos arbóreos del fayal-brezal que, parcialmente, también se aprovecha como pasto. Previamente a las siembras experimentales se visitó el terreno para la elección de la zona más idónea y representativa y se tomaron muestras de suelo para análisis químico (pH, materia orgánica, CIC, CE, Ca, Mg, Na, K, N) y textura (USDA). El ensayo combina el mínimo-laboreo (ML) y el no-laboreo (NL) con la siembra (S) y no-siembra (NS) de una mezcla de semillas de teder local (*Bituminaria bituminosa* var. *bituminosa*), dada la amplia experiencia y conocimiento que se tiene de esta especie (Álvarez *et al.*, 2007; Real *et al.*, 2009; Méndez *et al.*, 2011; Pazos-Navarro *et al.*, 2013), con una especie comercial de fácil adquisición y adecuada para la zona. Se optó por el ray-grass inglés (*Lolium perenne*), realizándose la siembra en enero-2017 a dosis de 15 kg ha⁻¹ de cada especie. Es muy

frecuente en Canarias que las zonas agrícolas se distribuyan en bancales, de forma que de las cuatro réplicas de 200 m² que se eligieron, dos de ellas se encuentran en el mismo bancal y las otras dos en diferentes bancales cada una (800 m² en total). En cada parcela se establecieron cuatro subparcelas de 50 m² donde se aplicaron cuatro tratamientos: NL+S; ML+S; ML+NS; NL+NS(Control). El laboreo consistió en el pase de un motocultor de manera superficial sobre los primeros 20 cm del suelo, previamente desbrozado. En mayo se inventariaron las especies presentes en una parcela por tratamiento y a finales de junio se llevaron a cabo los transectos en cada una de las 16 parcelas, según el método del *point-quadrat*, para la estimación de las estructuras de vegetación en cuanto a abundancia relativa (Daget y Poissonet, 1971). Los parámetros anotados en los transectos fueron presencia, número de contactos de cada una de las especies y tipo de sustrato (mantillo, suelo y piedra/roca). Para determinar las abundancias relativas debidas a los tratamientos, se realizó un análisis de varianza multivariante por permutaciones basado en distancia euclídea, con los tratamientos (NL+S; ML+S; ML+NS; NL+NS) como factor fijo y los bancales (B) como factor aleatorio (Anderson *et al.*, 2008). Para disminuir el peso excesivo de algunas especies, los análisis se realizaron sobre la raíz cuadrada de la abundancia de especies (Anderson *et al.*, 2008). El análisis de componentes principales (PCA) permitió visualizar la agrupación de las muestras en función de la abundancia de especies. La medición de biomasa para el cálculo de la productividad se calculó mediante dos cortes aleatorios de 0,5 m² en cada parcela, tomados fuera de la línea del transecto para no distorsionar la toma de datos futuras. Esas mismas muestras se utilizaron para los análisis del valor nutritivo por parámetros químicos, determinándose materia seca, materia orgánica, proteína cruda (AOAC, 1984) y las fibras FAD y FND (Van Soest *et al.*, 1991). También se procedió a separar y pesar el material vegetal de las muestras en tres grupos: gramíneas, leguminosas y otras familias, para calcular la contribución de cada una de ellas en el peso total. Los datos de productividad se valoraron por análisis de varianza y los de análisis químicos se usaron sólo como datos descriptivos.

En octubre 2017 se introdujo el ganado para estimar la preferencia en los distintos tratamientos, lo que se llevó a cabo contando el número de animales que había en cada

una de las subparcelas de cada réplica en un tiempo determinado. Se realizaron tres registros al día durante cinco días. Las diferencias en la preferencia de los animales se estudiaron mediante análisis de varianza por permutaciones basado en distancia euclídea, con los tratamientos como factor fijo y bancales y posición del pastor como factores aleatorios (Anderson *et al.*, 2008). La productividad, porcentaje de materia seca y valores de las muestras en la componente 1 y 2 del PCA de especies vegetales, se incluyeron como covariables. Se analizó el efecto de estos factores sobre el número promedio de animales en cada réplica (media) y la variabilidad de su presencia en el tiempo (desviación estándar). Se tiene previsto continuar el seguimiento del ensayo en primavera como parte del PFORCA de Tenerife.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis del suelo muestran pocas diferencias entre bancales (B: B1, B2 y B3): textura franco arenosa, pH ligeramente ácido (6,2-6,7), elevados contenidos en materia orgánica (5,4-7,8%), baja conductividad eléctrica, y contenidos en nutrientes que se corresponden con una fase avanzada de abandono de la actividad agrícola, con contenido relativamente bajos en P (10,0-19,5 ppm), indicando un suelo adecuado para la actividad de microorganismos beneficiosos como micorrizas y rizobios. Se enumeran, ordenadas de mayor a menor presencia, las especies inventariadas inicialmente en las parcelas experimentales, seguidas de un número indicando en cuántos de los cuatro tratamientos aparecen (0-4), más la letra T si se anotó su presencia en algún transecto:

Ornithopus compressus (4+T); *Lysimachia arvensis* (4+T); *Erica arborea* (4+T); *Sonchus oleraceus* (4+T); *Bromus diandrus* (3+T); *Cladanthus mixtus* (3+T); *Daphne gnidium* (3+T); *Ornithopus pinnatus* (3+T); *Pteridium aquilinum* (3+T); *Echium plantagineum* (3+T); *Rumex acetosella* (3+T); *Vicia angustifolia* (3+T); *Brachypodium sylvaticum* (2+T); *Bituminaria bituminosa* var. *bituminosa* (2+T); *Galium aparine* (2+T); *Galium scabrum* (2+T); *Hordeum murinum* ssp. *leporinum* (2+T); *Hypericum grandifolium* (2+T); *Marrubium vulgare* (2+T); *Torilis arvensis* (2+T); *Vicia hirsuta* (2+T); *Vicia disperma* (2+T); *Trifolium campestre* (2+T); *Hypochoeris glabra* (2+T); *Carex* sp. (2+T); *Agrostis castellana* (1+T); *Arrhenaterum elatius* ssp. *bulbosum* (1+T); *Asphodelus ramosus* ssp. *distalis* (1+T); *Briza maxima* (1+T); *Cerastium arvense* (1+T); *Galium parisiense* (1+T); *Galium spurium* (1+T); *Holcus lanatus* (1+T);

Lathyrus sp. (1+T); *Lolium* sp. (1+T); *Rubus ulmifolius* (1+T); *Tuberaria guttata* (1+T); *Vicia lutea* (1+T); *Vulpia myuros* (1+T); *Briza minor* (0+T); *Crepis capillaris* (0+T); *Salpichroa origanifolia* (0+T); *Trifolium arvense* (0+T); *Trifolium striatum* (0+T); *Trifolium suffocatum* (0+T); *Urtica morifolia* (0+T); *Vicia villosa* (0+T); *Geranium dissectum* (0+T); *Trifolium repens* (3); *Plantago lagopus* (2); *Trifolium dubium* (2); *Chamaecytisus proliferus* (1); *Cyperus* sp. (1); *Fumaria officinalis* (1); *Lotus angustissimus* (1); *Malus domestica* (1); *Raphanus raphanistrum* (1); *Teline canariensis* (1).

De las 58 especies sólo 10 son gramíneas, 18 son leguminosas y el resto pertenece a otras familias, sin embargo, la contribución media de las gramíneas en el peso fresco de las muestras tomadas en cada parcela, donde se realizaron los transectos, fue del 55%, frente al de las leguminosas que fue inapreciable (peso fresco < 1 g en balanza analítica de 0,01g de precisión), pudiendo considerarse el resto del porcentaje al aportado por otras especies. La tедера que aparece proviene de la siembra, ya que no se encuentra de manera espontánea en la zona, pero a pesar de que está presente en todos los bloques donde se sembró, se considera que la dosis de siembra fue insuficiente para competir adecuadamente con el resto de las especies, especialmente con las gramíneas. No obstante, dado que la tедера tiene un alto porcentaje de semillas duras, es probable que en el próximo año se incremente su presencia. La producción media total de biomasa fue de $1741,84 \pm 106,89$ kg MS ha⁻¹, el tratamiento NL+S resultó ser el más productivo ($1879,90 \pm 168,28$ kg MS ha⁻¹) mientras que el ML+NS fue el de menor rendimiento ($1603,79 \pm 123,31$ kg MS ha⁻¹). En los resultados del análisis de varianza para la biomasa aparece ML como único factor determinante (Pseudo-F= 791,8; p level=0,021; R²= 0,83), siendo significativamente menor la biomasa media en las zonas ML ($1603,8 \pm 498,9$ kg MS ha⁻¹) que en las NL ($1914,8 \pm 635,4$ kg MS ha⁻¹), sin embargo, no hubo efecto de S (Pseudo-F= 2,85; p level=0,348; R²= 0,83). La escasa pluviometría de ese año, probablemente, fue el principal motivo de la menor biomasa producida en los tratamientos ML, donde la vegetación había sido parcialmente eliminada con el desbroce y mínimo laboreo. Tanto en el análisis de la vegetación como en el de preferencias de los animales se observa una mayor variabilidad entre B (Fig. 1) (Pseudo-F=5,10; p level= 0,004 para las estructuras de vegetación y Pseudo-F = 10,38; p level = 0,040 para el promedio de presencia del ganado) que, entre tratamientos, que no afectaron a las estructuras de vegetación. La situación del

pastor no tuvo efectos significativos sobre la preferencia de los animales. La parcela donde más tiempo estuvo pastoreando el ganado fue B2, lo que aparentemente no se relaciona con los porcentajes de proteína (B1: 6.9 ± 1.5 ; B2: 6.3 ± 0.4 ; B3: 7.5 ± 1.8) y fibra (%) (B1: 41.5 ± 3.9 FAD y 59.04 ± 8.5 FND; B2: 44.1 ± 2.2 FAD y 69.9 ± 2.1 FND; B3: 39.1 ± 1.7 FAD y 59.4 ± 5.2 FND). En el análisis de la vegetación se aprecia una estructura en B2 compuesta por *Brachypodium sylvaticum* y *Pteridium aquilinum*, que va disminuyendo hasta encontrarnos con predominancia de *Cynosurus echinatus* y *Rumex acetosella* en B1, el menos preferido. Desde la perspectiva de la vegetación las mayores diferencias se producen entre B1 y B2. El laboreo es uno de los factores que más podría alterar la estructura de la vegetación en las parcelas, sin embargo, no es significativo (Pseudo-F = 2,59; p level = 0,062) lo cual puede estar relacionado con el hecho de que cada parcela tiende a recuperar las estructuras de vegetación previas al laboreo, tal y como se observa en el análisis de componentes principales (Figura 1).

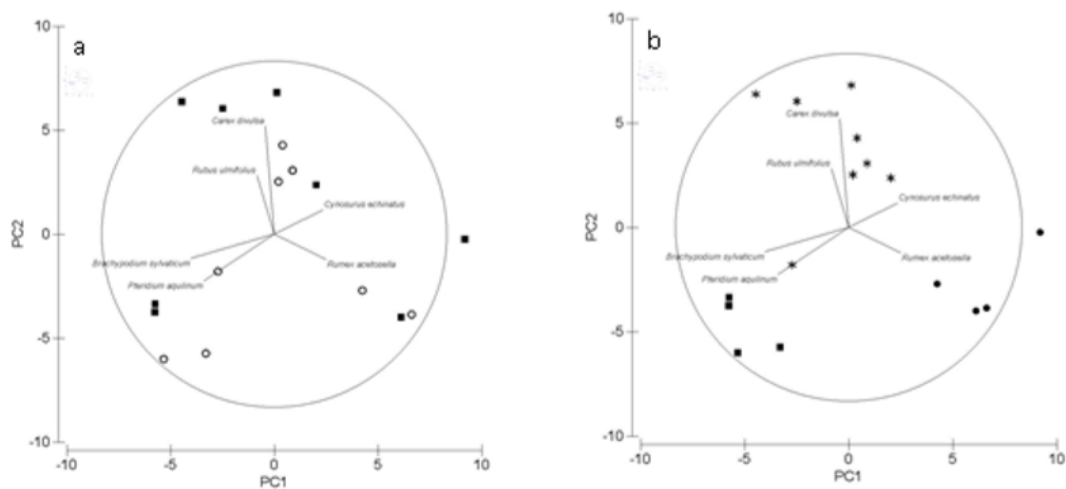


Figura 1. Resultado del análisis de componentes principales (PCA) basado en presencia de especies vegetales. Varianza total explicada: 49,1%. PCA1: 25,7%. PCA2: 23,4%. Organizado por: a) Laboreo ■: NL. ○: ML y b) bancales (factor significativo en el análisis PERMANOVA). x: B 3. ●: B 1. ■: B 2.

CONCLUSIONES

El efecto aleatorio del bancal tuvo mayor repercusión, en la estructura de la vegetación y en la preferencia del ganado, que los tratamientos aplicados. Se requieren dosis de siembra superiores además de un seguimiento a más largo plazo para la mejora

productiva y la calidad del pasto, siendo muy importante enriquecerlo en leguminosas que, en este momento, suponen una contribución prácticamente nula en la biomasa producida; sin embargo, parece existir una preferencia por determinadas estructuras de vegetación, en este caso dominadas por la gramínea *Brachypodium sylvaticum*. La situación del pastor no tuvo efecto significativo en la elección del bancal por parte del rebaño. Con este trabajo se han sentado las bases para el desarrollo futuro de la mejora de pastos de secano para pastoreo en Canarias, que no había sido abordado hasta ahora.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez S., Fresno M., Darmanin N., Briggs, H., Méndez P. y Castro N. (2007) Native forages assessment for the improvement of milk production in goats. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 6(1), 94-98.
- Anderson M., Gorley R., Clarke K. (2008) Permanova+ for primer: Guide to software and statistical methods. Primer-E Ltd., Plymouth, UK.
- Bermejo L., De Nascimento L., Mata J., Fernández-Lugo S., Camacho A. y Arévalo J.R. (2012) Responses of plant functional groups in grazed and abandoned areas of a Natural Protected area. *Basic and Applied Ecology*, 13, 312-318.
- Bermejo L. (2017) Aumento de Capacidad de Carga de áreas pastoreadas. Propuesta final de ordenación de las rutas de ganado del valle de La Orotava. Proyecto de ordenación de la actividad ganadera en el Valle de La Orotava. Área de Economía, Sociología y Política Agraria. Universidad de La Laguna.
- Mata, J., de Nascimento, L., Fernández-Lugo, S., Arévalo, J. R., Viera, J. J., Camacho, Á, et al. (2014). The inefficient planning of goat grazing: Causes and consequences. the palmera breed case (canary islands). *Small Ruminant Research*, 121(1), 125-130.
- Méndez P., Bermejo L., Morales E. y Álvarez S. (2011) Effect of goat grazing on tederá pasture (*Bituminaria bituminosa*). *Advances in Animal Biosciences*, 2: 375.
- Méndez P., de Nascimento, L. y Reyes, A. (2013) Los pastos naturales de Canarias. *Vieraea*, 41, 141-160.
- Pazos-Navarro M., Dabauza M., Correal E., Walker D., del Río J.A., Ortuño A., Méndez P., Santos A., Ríos S., Martínez-Francés V. y Real D. (2013) Legumes for grazing and health: the case of *Bituminaria bituminosa*. En: Satou H. y Nakamura R. (eds). *Legumes: Types, Nutritional Composition and Health Benefits*. Nova Publishers.
- Real D., Correal E., Méndez P., Santos A., Ríos S., Sternberg M., Dini-Papanastasis O., Pecetti L. y Tava A. (2009) *Bituminaria bituminosa* C.H. Stirton. Grassland Species Profile, CIAT/FAO. www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/GBASE/new_species/tedera/bitbit.htm

PRELIMINARY TRIAL IN IMPROVEMENT OF DRY PASTURES IN A MARGINAL AREA OF THE ISLAND OF TENERIFE

Summary

Preliminary essay in the context of a rural development project, that has been running for two years, in order to respond to local problems, adapting to the ability of the goat herders to incorporate the results. The objective is to study the effect of simple treatments on the productivity and quality of rainfed pastures located in a marginal area of Tenerife. This trial was carried out on terraces of abandoned crops, where the treatments consisted in the combination of the minimum-tillage (ML) and the no-tillage (NL) with sowing (S) and not-sowing (NS) of a mixture of seeds constituted by a local wild species (the tедера: *Bituminaria bituminosa*) together with english ray-grass (*Lolium perenne*). Relative abundance is estimated through transects; the biomass and nutritional value by random cuts and livestock preference by determining animals present in each plot at certain times. The results indicate a greater effect of the terraces factor than of the treatments in the variables studied. The preference of the goat herd seems not to be related to the nutritional value of the grass. Productivities were higher in the no-tillage treatments and the sowing had no impact on the production or quality of the grass. It is recommended to enrich the pasture with legumes, using high sowing doses, which make them competent against the existing grasses that, in general, are of low nutritional value.

Key words: grazing, marginal area, abandoned farmland, *Bituminaria bituminosa*

**ACTUACIONES DE MEJORA EN LA RED DE DEHESAS DEL PROYECTO LIFE bioDehesa.
PROSPECCIÓN DEL EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOSFÓRICA EN LA COMPOSICIÓN Y
CALIDAD DE LOS PASTOS**

P. Fernández Rebollo¹, M. Losada García¹, MT. Hidalgo Fernández¹, JR. Leal Murillo¹, J. Fernández Habas¹, R. Villar Montero², A. García Moreno³, B. Caño Vergara³, PJ. Gómez Giráldez³, MP. González Dugo³

¹ Dpto. Ingeniería Forestal, ETSIAM, Universidad de Córdoba. pfernandez@uco.es

² Dpto. de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal, Universidad de Córdoba. ³ Área de Producción Agraria. IFAPA. Centro Alameda del Obispo, Córdoba. Junta de Andalucía

Resumen

Se analizó el efecto de la fertilización fosfórica llevada a cabo en distintas fincas de la Red de Dehesas Demostrativas del proyecto LIFE+ bioDehesa sobre la calidad y composición de los pastos. La fertilización fosfórica de los pastos se realizó en cuatro fincas, aplicándose en dos superfosfato de cal y en otras dos fosfato natural blando (fincas ecológicas). En todas las fincas los pastos fertilizados presentaron mayor concentración de proteína bruta y digestibilidad. En algunas, se produjo además un aumento de la concentración de cenizas y una disminución de la fibra neutro detergente. La fertilización aumentó la fitomasa relativa de las leguminosas en todas las fincas, lo que se relacionó con valores altos de proteína bruta, especialmente cuando la fertilización se realizó con fosfato natural blando.

Palabras clave: Proteína bruta, cenizas, digestibilidad, FND, FAD

INTRODUCCION

La dinámica sufrida por la dehesa en los últimos años, con el abandono de ciertas prácticas culturales y la intensificación de otras, unido a factores como la pérdida de arbolado causada por enfermedades o el cambio climático, ha generado una preocupación sobre el impacto que puede tener en el propio sistema. A esto hay que sumar la intranquilidad que ocasiona la constatación de la baja rentabilidad de algunas de sus producciones ganaderas. En los últimos años se han producido distintos hitos en el reconocimiento social de las dehesas, que en Andalucía se ha concretado en la aprobación de la Ley 7/2010 para la dehesa. Vinculado a esta ley, en el año 2012 se aprueba el proyecto LIFE+ «Ecosistemas de dehesa: desarrollo de políticas y herramientas para la gestión y

conservación de la biodiversidad» (LIFE+ bioDehesa), cuyo principal objetivo era promover la gestión integrada y sostenible de las dehesas para mejorar su biodiversidad a través de la divulgación de los resultados de diferentes tipos de actuaciones. Entre éstas se encontraban algunas encaminadas a la conservación, diversificación y mejora de los pastizales, como era la fertilización fosfórica de los pastos, que fue ejecutada en 13 de las 40 fincas que componen la Red de Dehesas Demostrativas (RDD). La fertilización fosfórica de los pastos mediterráneos sobre suelos ácidos ha sido profusamente estudiada en el pasado y se han demostrado científicamente sus efectos positivos en la producción y calidad de los pastos, vinculados siempre a la meteorología, y el papel que tiene en el fomento de las leguminosas. Además, es una técnica aceptada e incorporada en el acervo cultural de los ganaderos, propietarios y técnicos vinculados a la dehesa. El objetivo de este trabajo fue prospectar el resultado de esta actuación sobre la calidad y composición del pasto en una muestra de las fincas de la RDD.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en cuatro dehesas situadas en Andalucía, dos en Huelva y otras dos en Córdoba. La Tabla 1 resume las características del medio natural y los principales aprovechamientos de estas fincas. Una parcela de cada finca, de superficie variable, fue fertilizada con fósforo en otoño de 2017, dejándose como control una parcela colindante de características similares. La fertilización se realizó con superfosfato de cal al 18% en las fincas de Huelva, a razón de 150 kg/ha (27 kg UF/ha), mientras que en las fincas de Córdoba se utilizó 225 kg/ha de fosfato natural blando (56 kg UF/ha). Las parcelas fueron pastoreadas en invierno. Durante la primavera de 2017 se tomaron en cada parcela nueve muestras de pastos mediante el corte a ras de suelo de la vegetación contenida en cuadrantes de 0,16 m² situados aleatoriamente. En total se recogieron 72 muestras de pastos, 36 de las parcelas fertilizadas y 36 de las parcelas control. La fecha de muestreo queda recogida en la Tabla 2.

En tres muestras de cada parcela se determinó la composición mediante separación manual e identificación de las especies presentes. La composición se expresó como

porcentaje de peso seco, tras secado en estufa a 60 °C y pesaje. Las muestras restantes se secaron de forma similar y se molieron con un molinillo de refrigeración provisto de un tamiz de 1 mm de luz. De cada muestra de pasto se obtuvo un espectro NIR (espectrofotómetro LabSpec 5000 ASD) en el intervalo de longitud de onda 350–2500 nm promediando 50 escaneos. Las muestras se presentaron al equipo en cápsula cilíndrica. A partir del espectro se predijeron las siguientes variables: cenizas, proteína bruta (PB), fibra neutro-detergente (FND), fibra ácido-detergente (FAD) y digestibilidad enzimática de la materia orgánica (DE). Los valores bromatológicos del pasto de la parcela fertilizada y control se compararon en cada finca mediante ANOVA y la composición mediante la prueba U de Mann Whitney (agrupando las especies en grupos funcionales: leguminosas, gramíneas y otras). Finalmente, se analizó la relación entre los valores bromatológicos y la composición del pasto mediante el coeficiente de correlación de Spearman.

Tabla 1. Localización, características generales y aprovechamiento ganadero de las fincas del proyecto LIFE+ bioDehesa objeto de estudio

Finca Nº	Código	Municipio y provincia	Ubicación ¹	P media ² (mm)	P ³ (mm)	Suelo	Uso ganadero (UGM) ⁴	CG ⁵
1	EN_01	Zalamea la Real, Huelva	37º 41' 07" N 06º 42' 48" O	856,1	559,6	Cambisoles eutricos, rankers	Bovino (82,6) Porcino (74,0)	0,49
2	EN_06	Campofrío, Huelva	37º 47' 07" N 06º 31' 57" O	856,1	624,2	Cambisoles eutricos, luvisoles	Porcino (45,0) Caprino (78,8)	0,31
3	FA_05	Pozoblanco, Córdoba	38º 22' 52" N 04º 45' 31" O	553,0	433,6	Cambisoles eutricos, luvisoles	Bovino (10) Ovino (21,5) Porcino (8,8)	0,64
4	JA_01	Hinojosa del Duque, Córdoba	38º 29' 40" N 05º 06' 55" O	492,0	333,0	Cambisoles eutricos, luvisoles	Bovino (33) Ovino (39,6) Caprino (9)	0,39

¹ Centro aproximado de la explotación. ² Medias de los últimos 30 años. ³ Del 01/10/2016 al 30/09/2017 ⁴ Unidades de Ganado Mayor de la finca. ⁵ Carga ganadera total (UGM/ha).

Tabla 2. Fechas de fertilización y muestreo de los pastos en las fincas del proyecto LIFE+ bioDehesa objeto de estudio

	Finca1	Finca 2	Finca 3	Finca 4
Fecha de fertilización	01/10/16	01/12/16	19/11/16	04/10/16
Fecha de muestreo	08/05/17	08/05/17	28/04/17	04/04/17

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La fertilización fosfórica tuvo un efecto significativo en algunas variables bromatológicas de los pastos (Figura 1). Así, la concentración de FND fue más baja en los pastos fertilizados de tres fincas, manteniendo valores similares en una de ellas. Por el contrario, la concentración de FAD sólo disminuyó significativamente con la fertilización en una de las fincas. Comparando con el control, la disminución media de la FND llegó a ser del 13% mientras que la FAD se redujo en casi un 5%. La concentración de cenizas en el pasto aumentó significativamente con la fertilización salvo en una de las fincas y en todas se observó un aumento en la concentración de PB. El aumento medio fue de un 37% para la ceniza y un 50% para PB. La digestibilidad del pasto se acrecentó en dos de las fincas, llegando a ser un 13% superior a la del pasto control en la misma fecha (Figura 2). Diversos trabajos han puesto de manifiesto un aumento de PB con la fertilización fosfórica de los pastos de dehesa. Así, Santamaría *et al.* (2010), García-Latorre *et al.* (2015), o Morales-Rodrigo *et al.* (2015), constatan aumentos del 11,6%, 6,0% y 4,5%, respectivamente tras el aporte de superfosfato. Por otra parte, nuestros valores medios de reducción de FND y FAD son algo más bajos a los registrado por Santamaría *et al.* (2010) (23,2% para el primer parámetro y 10,4% para el segundo). Los resultados indican que el tipo de fertilizante utilizado no ha modificado sustancialmente la respuesta. Esto coincide con los resultados de otros trabajos en los que se comparan estos dos tipos de fertilizantes (Vélez *et al.* 2003; Maldonado *et al.* 2004). No obstante, López Carrasco y Robledo (2008) en dehesas toledanas obtuvieron mejores resultados globales con superfosfato, aunque dependientes de la climatología. Asimismo, el incremento medio de la digestibilidad del pasto con la fertilización fosfórica registrado en este trabajo supera al obtenido por García-Latorre *et al.* (2015) y Morales-Rodrigo *et al.* (2015).

La Tabla 3 recoge las especies encontradas en las muestras analizadas. En total se encontraron 55 especies herbáceas (el 27% corresponden a gramíneas y el 29% a leguminosas), fluctuando entre 7 especies encontradas en los pastos fertilizados de la finca 4 a 21 especies en los pastos, también fertilizados, de la finca 2. La fertilización aumentó la abundancia relativa de las leguminosas ($Z=-1,68$ $p<0.1$), incrementado su contribución a la

fitomasa total de un 13% en las parcelas control a un 36% en las fertilizadas (Figura 3). La contribución de las gramíneas a la fitomasa del pasto se mantuvo (44% vs 41% en pastos control y fertilizados respectivamente) y disminuyó la del resto de los grupos en un 20% (43% vs 23%).

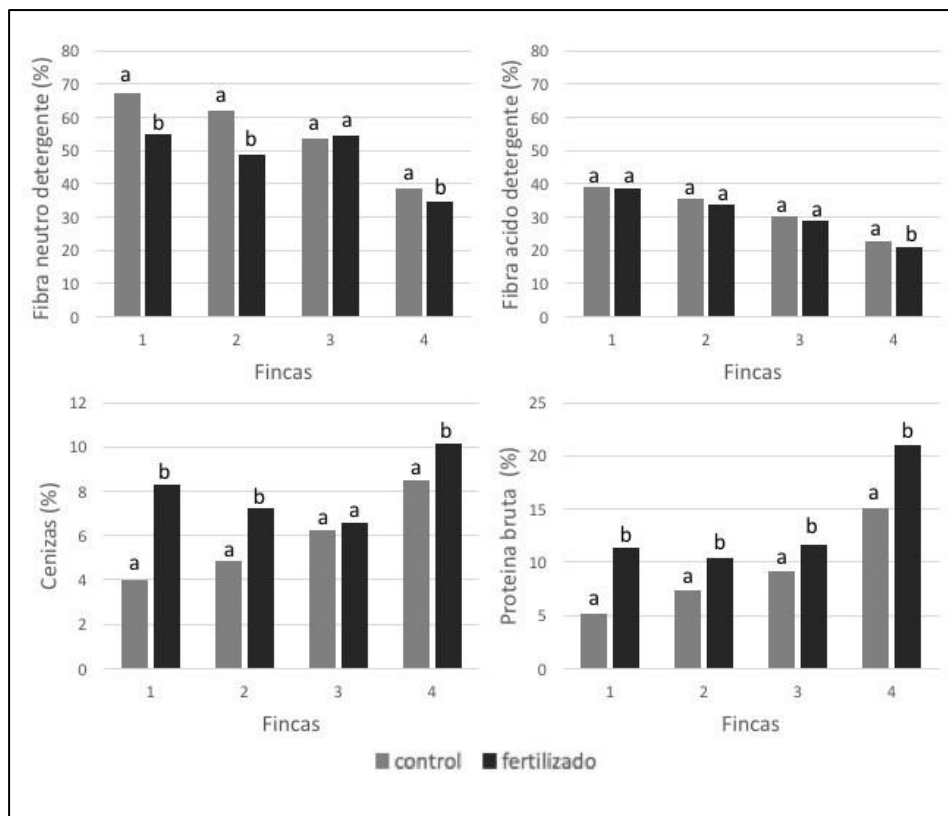


Figura 1. Concentración de fibra neutro detergente, fibra ácido detergente, cenizas y proteína bruta en pastos naturales y fertilizados de cuatro dehesas. Letras distintas en cada finca indican diferencias significativas en el ANOVA $p < 0.05$.

Tal y como apuntan Santamaría *et al.* (2010), García-Latorre *et al.* (2015), y Morales-Rodrigo *et al.* (2015), el aumento de las leguminosas podría explicar el incremento de PB en los pastos fertilizados con fósforo. La relación encontrada entre estas dos variables en nuestro trabajo fue débil ($p < 0,1$) cuando se analizaron conjuntamente todos los datos, pero fuerte al considerar sólo las fincas fertilizadas con fosfato natural (Tabla 4). En este caso, la abundancia de leguminosas estuvo además relacionada positivamente con la concentración de cenizas y con la digestibilidad, y negativamente con la concentración de las fibras. Asimismo, el aumento de gramíneas se relacionó negativamente con la PB,

cenizas y digestibilidad y positivamente con la FND y FAD. No obstante, la fuerte variación que experimenta la composición específica de los pastos de dehesas en distancias cortas, la fecha diferente de los muestreos y el reducido número de muestras puede estar afectando a las relaciones y su significación.

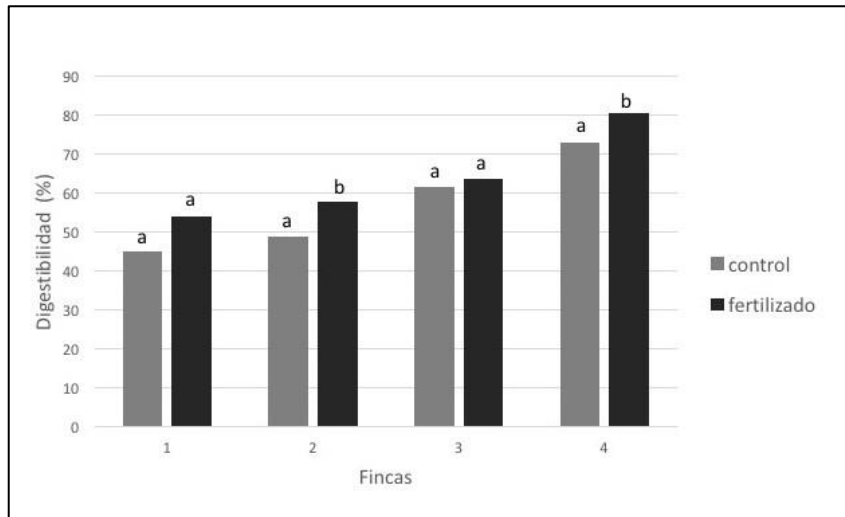


Figura 2. Digestibilidad enzimática de la materia orgánica en pastos naturales y fertilizados de cuatro dehesas. Letras distintas en cada finca indican diferencias significativas en el ANOVA $p < 0.05$.

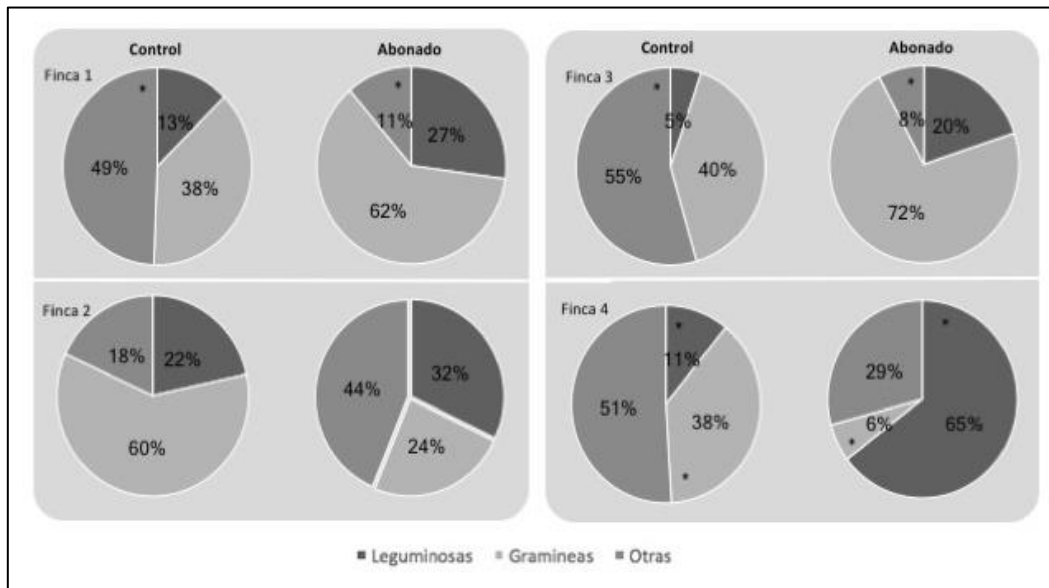


Figura 3. Contribución de leguminosas, gramíneas y otras familias a la fitomasa de pastos naturales y fertilizados de cuatro dehesas (expresada en % de masa). Un asterisco sobre un grupo indica diferencias significativas entre tratamientos en cada finca según el test U de Mann Whitney $p < 0,05$.

Tabla 3. Especies encontradas en las muestras de pastos de las parcelas control y fertilizadas (el número 1 indica presencia de esa especie).

	Control				Fertilizado					Control				Fertilizado				
	Finca	1	2	3	4	1	2	3		4	Finca	1	2	3	4	1	2	3
GRAMINEAS									LEGUMINOSAS									
<i>Aegilops neglecta</i>						1				<i>Astragalus hamosus</i>					1			1
<i>Avena barbata</i>	1	1						1		<i>A. cymbicarpos</i>	1							
<i>Brachypodium distachyon</i>	1	1								<i>Biserrula pelecinus</i>				1				1
<i>Bromus hordeaceus</i>		1			1	1	1			<i>Medicago polymorpha</i>	1	1			1	1		
<i>Bromus madritensis</i>	1	1					1			<i>Ornithopus compressus</i>	1	1			1	1		
<i>Bromus sp.</i>					1					<i>Scorpiurus vermiculatus</i>	1							
<i>Hordeum murinum</i>	1		1	1	1	1	1			<i>Trifolium arvense</i>	1							
<i>Lamarckia aurea</i>			1		1					<i>T. angustifolium</i>	1							
<i>Lolium rigidum</i>		1								<i>T. campestre</i>					1			
<i>Lolium sp.</i>								1	1	<i>T. cherleri</i>	1	1			1			
<i>Poa infirma</i>				1						<i>T. resupinatum</i>				1				1
<i>Taeniatherum caput-medusae</i>		1								<i>Trifolium sp.</i>								1
<i>Trisetaria panicea</i>			1		1	1				<i>T. striatum</i>	1							
<i>Vulpia geniculata</i>	1	1	1							<i>T. strictum</i>					1			
<i>Vulpia sp.</i>					1	1	1			<i>T. subterraneum</i>								1
										<i>T. tomentosum</i>	1							
OTRAS																		
<i>Biscutella baetica</i>						1				<i>Geranium molle</i>	1							
<i>Capsella rubella</i>				1						<i>Hypochaeris glabra</i>	1	1	1					
<i>Cerastium glomeratum</i>				1	1	1				<i>Linum bienne</i>	1							
<i>Chamaemelum fuscatum</i>				1	1					<i>Picris sp.</i>								1
<i>Chamaemelum mixtum</i>					1					<i>Plantago coronopus</i>								1
<i>Coleostephus myconis</i>					1					<i>Plantago sp.</i>	1	1	1	1	1			
<i>Crepis capillaris</i>					1					<i>Rumex angiocarpus</i>					1			
<i>Diplotaxis catholica</i>				1						<i>R. bucephalophorus</i>					1			
<i>Echium plantagineum</i>	1	1			1					<i>Rumex sp.</i>	1							
<i>Erodium moschatum</i>		1	1	1	1	1	1			<i>Silene gallica</i>	1	1			1			
<i>Galium sp.</i>						1				<i>Spergula arvensis</i>					1			
<i>Geranium dissectum</i>	1									<i>Stellaria media</i>				1	1	1	1	

Tabla 4. Coeficientes de correlación de Spearman entre las variables bromatológicas y la composición del pasto (expresada en % de masa) para el conjunto de los datos y para aquellos procedentes de fincas fertilizadas con superfosfato de cal o con fosfato natural blando. En negrita se destacan los coeficientes significativos $p < 0,05$ y con un asterisco aquellos con significación $p < 0,1$. L: leguminosas, G: gramíneas, O: otras sp.

	Todas las fincas			Fincas con superfosfato de cal			Fincas con fosfato natural blando		
	L(%)	G(%)	O(%)	L(%)	G(%)	O(%)	L(%)	G(%)	O(%)
FND	-0,33	0,41	-0,09	-0,16	0,01	0,30	-0,61	0,63	-0,20
FAD	-0,18	0,35	-0,09	-0,17	0,25	0,09	-0,57	0,56	-0,04
cenizas	0,21	-0,21	-0,19	-0,06	0,30	-0,51	0,53	-0,48	-0,10
PB	0,28*	-0,28*	-0,17	0,14	0,11	-0,48	0,57	-0,51	-0,16
DE	0,22	-0,33	0,01	0,25	-0,05	-0,30	0,54	-0,51	-0,07

CONCLUSIONES

La fertilización fosfórica aumentó la concentración de proteína bruta, de cenizas y la digestibilidad de los pastos. Además, la fitomasa de las leguminosas se vio favorecida con esta actuación. No obstante, estas conclusiones se derivan de observaciones realizadas en un solo año, siendo conveniente ampliar el periodo de estudio.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el proyecto LIFE bioDehesa (LIFE+11/BIO/ES/000726).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- García-Latorre C., Rodrigo S., Santamaría O., Poblaciones MJ., García-White T., Viguera FJ. y Olea L. (2015) Influencia de la calidad del terreno en la respuesta al fósforo de los pastos en La Serena (Extremadura). *Pastos y forrajes del siglo XXI*. LIV Reunión Científica de la SEEP, Palma de Mallorca, pp. 97–104.
- López-Carrasco C., y Robledo JC. (2008) Efecto de la aplicación de dos fertilizantes fosfóricos sobre la producción y composición de pastos herbáceos en “La Campana de Oropesa”, Toledo. *Pastos, clave en la gestión de los territorios: integrando disciplinas*. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, pp. 295–301.
- Maldonado A., Olea L., Viguera J. y Poblaciones MJ. (2004) Efecto de la aplicación de diferentes fuentes de fertilización fosfórica sobre suelos de pizarra en dehesas y pastizales del S.O. de España. *Pastos y ganadería extensiva*. XLIV Reunión Científica de la SEEP, Salamanca, pp. 10–14.
- Morales-Rodrigo S., Santamaría Becerril O., Poblaciones Suárez-Bárcena MJ., García-White T. y Olea L. (2015) Influencia de la calidad del terreno en la respuesta de los pastos a la aplicación de fósforo. *Pastos* 45 (2): 6–14.

Santamaría O., Poblaciones MJ., Olea L., Rodrigo S., Viguera FJ. y García-White T. (2010) Influencia de nuevos fertilizantes sobre la producción de biomasa y parámetros de calidad en pastos de dehesa del SO de España. *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*. XLVIII Reunión Científica de la SEEP, Huesca, pp. 581–587.

Vélez J., Olea L., Ferrera EM., Dores J., Nobre R., Coletto L., López Bellido R. y Viguera J. (2003) Mejora de pastos en zonas semiaridas mediterráneas del Alentejo (Portugal). *Pastos, desarrollo y conservación*. XLIII Reunión Científica de la SEEP, Granada, pp. 111–115.

IMPROVEMENT ACTIONS IN DEHESA NETWORK OF BIODEHESA LIFE PROJECT.

PROSPECTING THE EFFECT OF PHOSPHORIC FERTILIZATION ON PASTURE COMPOSITION AND QUALITY

Summary

The effect of the phosphoric fertilization on the quality and composition of pastures was assessed in different farms of the dehesas network (bio-dehesa Life+project). Fertilization was carried out with superphosphate and with natural phosphate (organic farms). Fertilized pastures showed a higher concentration of CP and digestibility. Additionally, an increase in ash concentration and a decrease in NDF was observed. Fertilization increased the relative abundance of legumes in all the farms, which was related to high values of CP, especially in farms fertilized natural phosphate.

Key words: Crude protein, ash, digestibility, NDF, ADF

**EFFECTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE ENSILADO DE MAÍZ Y/O PASTOREO
EN LA SOSTENIBILIDAD DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE
EN PEQUEÑA ESCALA EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE MÉXICO**

F. Prospero-Bernal^{1*}, C.G. Martínez-García¹, F. López-González¹, R. Olea-Pérez² y C.M. Arriaga-Jordán¹

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Universidad Autónoma del Estado de México, 50000 Estado de México, México.

²Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Autónoma de México 04510 CDMX, México.

*Correspondencia: fer_104_7@hotmail.com.

Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar el impacto de la implementación de estrategias de alimentación (pastoreo continuo (PC) y ensilado de maíz (EM)) sobre el nivel de sostenibilidad de los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) del altiplano central de México. Se empleó la metodología IDEA (*Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles*) para evaluar la sostenibilidad en fincas agropecuarias, bajo un enfoque de investigación participativa rural, durante el periodo enero a diciembre de 2015 en 24 fincas, (siete implementaron EM+PC conjuntamente, seis EM, seis PC y cinco unidades continuaron con el manejo convencional (MC- Corte y acarreo de forraje de praderas cultivadas y uso de maíz en grano y rastrojo de maíz). Las fincas que implementaron EM+PC obtienen puntajes mayores en los indicadores biodiversidad de cultivos anuales y perenes (A1), zonas de regulación ecológicas (A8), uso de fertilizantes (A12), formación escolar (B12) y autonomía financiera (C3), encontrando diferencias significativas ($P < 0,05$) respecto a los grupos MC y EM. Se concluye que conforme se implementan innovaciones a las estrategias de alimentación en las fincas, incrementa el nivel de sostenibilidad, aumentando el puntaje en los indicadores, además, existen diferencias numéricas (no significativas) en el puntaje obtenido en el grupo AM+PC en la mayoría de los indicadores.

Palabras Clave: Innovación, Investigación participativa, Desarrollo rural, Estrategias de alimentación.

INTRODUCCIÓN

El altiplano central mexicano está caracterizado por dos épocas climatológicas ampliamente marcadas, lluvias y secas, en ésta última el alimento para el ganado es deficiente; este hecho, aunado a la falta de estrategias de conservación y uso eficiente de los forrajes que se producen en la zona, hace que los productores de leche en esta región dependan en gran medida de insumos externos, principalmente concentrados comerciales

(Alfonso-Ávila *et al.*, 2012; Martínez-García *et al.*, 2015), lo que resulta en una baja eficiencia económica que se identificó en evaluaciones de la sostenibilidad de los SPLPE en el Altiplano Mexicano realizadas por Fadul-Pacheco *et al.* (2013) y Prospero-Bernal *et al.* (2013) durante las épocas de lluvia y secas respectivamente. Alfonso-Ávila *et al.* (2012) y Martínez-García *et al.* (2015) reportan una alta dependencia de insumos externos y una baja eficiencia en los procesos de producción en las estrategias de alimentación en SPLPPS. Se sugiere el PC y EM como estrategias que reducen los costos de alimentación e incrementan el uso de los recursos locales (Arriaga-Jordán *et al.*, 2002; Pincay-Figueroa *et al.*, 2016).

La implementación de estrategias de alimentación que permitan disminuir los costos de producción en los sistemas de producción de leche resultan esenciales para la resiliencia de estas fincas, frente a un mercado con alza de precios en los insumos (Cortez-Arriola *et al.*, 2016). Los costos de alimentación en los SPLPE representan entre el 70 y 90 % de los costos totales de producción (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007), resultando ser un punto de intervención, incorporando estrategias que permitan la reducción en los costos de alimentación con la finalidad de incrementar la eficiencia económica y por ende el nivel de sostenibilidad de los sistemas de producción.

El objetivo de este trabajo fue identificar el impacto de la implementación de PC y EM en las estrategias de alimentación sobre los indicadores de sostenibilidad en SPLPE en el Altiplano Mexicano.

METODOLOGÍA

Este trabajo se realizó en el Altiplano Mexicano, entre las coordenadas 20° 05' 58" N y 99° 49' 37" O, altura de 2440 msnm, clima templado sub-húmedo, precipitación media anual de 800 mm, temperatura media anual de 13.2°C.

Las fincas evaluadas implementaron el PC y EM en las estrategias de alimentación entre los años 2011 y 2014, se comparan respecto a los fincas de MC.

La evaluación de la sostenibilidad se realizó con la metodología IDEA V3 (*Indicadores de Sostenibilidad de Fincas Agropecuarias- Indicateurs de durabilité des exploitations*

agricoles) (Vilain *et al.*, 2008), bajo la premisa; todo desarrollo sostenible debe ser ecológicamente sano, socialmente justo y económicamente viable, se agrupa en 17 objetivos conformados por 42 indicadores (18 escala agroecológica, 18 escala socioterritorial y 6 escala económica), las escalas agroecológica, socioterritorial y económica integran diez componentes como se muestra en las tablas 2, 3 y 4 respectivamente. Se realiza la ponderación de resultados dando a cada escala un máximo de 100 puntos (Fadul-Pacheco *et al.*, 2013).

La recolección de la información se realizó mediante encuestas semiestructuradas mensuales (de enero a diciembre de 2015), que integran información económica, ambiental y social (Vilain *et al.*, 2008) en 24 unidades de producción, integradas de la siguiente manera; siete implementaron EM+PC, seis EM, seis PC y cinco unidades continuaron con el manejo convencional (MC- Corte y acarreo de forraje de praderas cultivadas y uso de maíz en grano y rastrojo de maíz).

El análisis estadístico de los indicadores de sostenibilidad se realizó con el programa SPSS v24 (Fiel, 2013) para identificar diferencias entre los distintos grupos (MC, EM, PC y EM+PC). Se realizó la prueba de normalidad con el test de Shapiro-Wills (24 fincas), los datos no presentaron una distribución normal, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para identificar diferencias ($P < 0,05$) entre indicadores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se muestran las características de los grupos, donde resalta la superficie mayor de las fincas del grupo EM+PC respecto a los otros grupos; de acuerdo con Jouzi *et al.* (2017) las fincas de mayor tamaño tienen la posibilidad de mejorar la gestión y producción de forrajes. En rendimiento de leche, los resultados son similares a los 14 l/vaca/d⁻¹ reportados por Espinoza-Ortega *et al.* (2007), Val-Arriola *et al.* (2006) en sistemas similares reporta 16 l/vaca/d⁻¹. El contenido de grasa y proteína en leche están en los rangos recomendados por la Norma Oficial Mexicana.

Tabla 1. Características medias de las unidades de producción por grupo.

Características	Grupos			
	MC	EM	PC	EM+PC
Número de fincas	5	6	6	7
Tamaño medio por finca (ha)	4,3	7,9	5,8	9,9
Total ha de pradera por finca	1,4	1,6	1,8	2,3
Vacas en ordeña por finca	15	8	6	9
Vacas secas por finca	3	1	1	2
Precio por litro	5,22	5,30	5,13	5,01
Litros por vaca por día	14,3	14,2	14,7	14,6
Mano de obra familiar	2	2	2	2
Grasa (g/kg de leche)	34,7	33,1	34,1	34,2
Proteína (g/kg de leche)	32,7	32,0	32,1	32,4

Se identificaron diferencias estadísticas ($P < 0,05$) en de cultivos anuales y perenes (A1), zonas de regulación ecológica (A8) y uso de fertilizantes (A12) (tabla 2), el grupo EM+PC es el que mayor puntaje obtiene, respecto a los grupos MC y EM. Moretti *et al.* (2016) indica que el uso adecuado de los recursos forrajeros permite aumentar el nivel de sostenibilidad, el grupo EM+PC obtuvo 16% de mayor puntaje en la escala agroecológica respecto al grupo MC. Se identificaron diferencias numéricas en el manejo de rotación de cultivos (A5) por la integración de manejo de cultivos en los grupos que incorporaron PC, lo que disminuye el uso de fertilizantes usando dosis recomendadas por el Instituto Nacional de Ecología (1991), además la rotación de cultivos permite mejorar la calidad de suelos (Jouzi *et al.*, 2017). Los grupos que integran PC disminuyeron el uso de fertilizantes (Tabla 2).

Se identificaron fortalezas en el uso de los purines para la fertilización de praderas, áreas de regulación ecológica, presencia de cuerpos de agua y uso de agua de lluvia en todas las fincas y un bajo uso de pesticidas y productos veterinarias.

En la escala socioterritorial se identifican diferencias en el nivel de escolaridad de los propietarios e integrantes de las fincas, el grupo EM+PC tienen el mayor puntaje, esto permite una mayor iniciativa en la innovación de procesos productivos, Según Martínez-García *et al.* (2016) el nivel de escolaridad resulta ser un elemento clave en la toma de decisiones para incorporar innovaciones en los SPLPE.

Tabla 2. Puntaje medio obtenido en la escala agroecológica por indicador entre los grupos; **MC** Manejo Convencional, **EM** Ensilado de Maíz, **PC** Pastoreo Continuo, **EM+PC** Ensilado de Maíz y Pastoreo Continuo, Valor de P y H (Kruskal-Wallis test). **P ≤ 0,05; ***P ≤ 0,01; ^{abc} Diferencias entre grupos (Comparación entre todos los pares).

Componentes	ID	Indicadores	Grupos				Valor de H	Valor de P
			MC	EM	PC	EM-PC		
			Media	Media	Media	Media		
		Número de fincas	5	6	6	7		
Diversidad local	A1	Biodiversidad de cultivos anuales o temporales	9 ^b	10 ^b	10 ^b	13 ^a	15,173	0,002***
	A2	Biodiversidad de cultivos perennes	6	6	6	6	0,000	1,000
	A3	Biodiversidad animal	14	14	14	14	0,000	1,000
	A4	Valoración y conservación del patrimonio	0	0	0	0	0,000	1,000
Manejo de	A5	Rotación de cultivos	3	3	4	5	1,411	0,703
	A6	Área de praderas	6	6	6	6	0,000	1,000
	A7	Manejo de residuos orgánicos	5	5	5	5	0,000	1,000
	A8	Zonas de regulación ecológica	3 ^b	3 ^b	4 ^{ab}	4 ^a	8,229	0,042**
	A9	Contribución al mejoramiento ambiental	0	0	0	0	0,000	1,000
	A10	Valorización del Espacio	1	2	2	3	3,845	0,279
Prácticas de manejo	A11	Uso de superficies forrajeras	2	1	2	2	2,142	0,543
	A12	Fertilización	1 ^a	0 ^a	4 ^b	4 ^b	9,943	0,019**
	A13	Manejo de estiércol	3	3	3	3	0,000	1,000
	A14	Pesticidas	7	8	7	7	2,850	0,415
	A15	Productos veterinarios	3	3	3	3	0,000	1,000
	A16	Protección del recurso suelo	3	3	3	3	1,640	0,650
	A17	Manejo del recurso hídrico	3	2	3	2	2,385	0,496
	A18	Dependencia de energía	0	0	0	0	0,000	1,000

Existieron diferencias en la intensidad de trabajo (B15), donde la implementación de EM aumenta la independencia forrajera, según Gerssen-Gondelach *et al.* (2015) aumentar la producción de forrajes permite tener una mejor gestión en la toma de decisiones, dado que son los insumos que mayores costos representa en los SPLPE (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007), permite incrementar el nivel de sostenibilidad de acuerdo con Fadul-Pacheco *et al.* (2013), Prospero-Bernal *et al.* (2013) y Vilain *et al.* (2008). En B15, los grupos PC y EM+PC disminuyeron el 75 y 50% respectivamente (tabla 3) la intensidad de trabajo referente al grupo MC, lo que representa un tiempo que puede ser invertido en otras actividades dentro o fuera de la finca que tiendan a mejorar la calidad de vida del productor y su familia (Vilain *et al.*, 2008).

Tabla 3. Puntaje medio obtenido en la escala socioterritorial por indicador entre los grupos; **MC** Manejo Convencional, **EM** Ensilado de Maíz, **PC** Pastoreo Continuo, **EM+PC** Ensilado de Maíz y Pastoreo Continuo, Valor de P y H (Kruskal-Wallis test). **P ≤ 0,05; ^{ab} Diferencias entre grupos (Comparación entre todos los pares).

Componentes	ID	Indicadores	Grupos				Valor de H	Valor de P
			MC	EM	PC	EM-PC		
		Número de fincas	5	6	6	7		
Calidad del	B1	Calidad de leche producida	10	10	10	10	0,000	1,000
	B2	Valoración del patrimonio y paisaje	0	0	0	0	0,000	1,000
	B3	Manejo de Residuos no orgánicos	4	3	3	4	1,751	0,626
	B4	Acceso al predio	5	5	5	5	0,000	1,000
Empleos y servicios	B5	Vinculación comunitaria	4	4	4	5	3,181	0,364
	B6	Comercio local	4	4	4	4	3,181	0,364
	B7	Autonomía y valorización de los recursos locales	7	7	7	7	0,000	1,000
	B8	Servicios y pluri-actividades	0	0	0	0	0,000	1,000
	B9	Generación de empleo	6	6	6	6	0,000	1,000
	B10	Trabajo Colectivo	4	4	4	5	5,616	0,132
	B11	Sustentabilidad probable de la finca	2	2	2	3	2,142	0,543
Ética y desarrollo	B12	Dependencia de Alimentos Comerciales	1	4	1	3	5,684	0,128
	B13	Bienestar Animal	1	1	1	2	3,470	0,325
	B14	Formación - Grado de escolaridad	3 ^b	4 ^b	4 ^{ab}	6 ^a	10,735	0,013**
	B15	Intensidad de Trabajo	0	2	4	3	5,448	0,142
	B16	Calidad de vida	4	4	4	4	3,923	0,270
	B17	Aislamiento	3	3	3	3	0,000	1,000
	B18	Calidad de Instalaciones	4	4	4	4	0,000	1,000

Los grupos tuvieron características similares en la escala socioterritorial, consideran que tienen una buena calidad de vida y valoran las relaciones entre ellos, además de que existe un gran ánimo en la continuidad de las fincas.

La escala económica es la que menores puntajes obtuvo, resultando ser el factor limitante, y por ende quien determino el nivel de sostenibilidad de cada grupo (Vilain *et al.*, 2008), existieron diferencias significativas (P<0,05) en autonomía financiera (C3), el grupo EM+PC es el que mayor puntaje obtuvo respecto a los otros grupos. Ceschin y Gaziulusoy (2016) reportan que las fincas que incorporan innovaciones en los procesos de producción tienden a tener una mayor resiliencia, lo que les da a la oportunidad de tener un mejor desempeño económico y no estar expuestas a variaciones ambientales, de mercado y sociales (Jongeneel y Slangen, 2013), esto se reflejó en un puntaje de 22 y 55% mayor para los grupos PC y EM+PC respectivamente sobre el grupo MC en viabilidad económica (C1) (Tabla 4), Cortez-Arriola *et al.* (2016) indica que fincas muy una mayor viabilidad económica

son menos vulnerables, y que esto es más importante que los precios recibido por la venta de productos de la finca. Se observaron diferencias numéricas en eficiencia económica (C6), los grupos que incorporaron PC obtienen un puntaje 36% mayor respecto al grupo de MC (Tabla 4), según Martínez-García *et al.* (2015) es por el uso adecuado de forrajes, además de requerir realizar más de este tipo de estudios. Las fincas tienen baja tasa de especialización económica (C2), Ceschin y Gaziulusoy (2016) indican que la especialización es vital para la continuidad en el mercado.

Tabla 4. Puntaje medio obtenido en la escala económica por indicador entre los grupos; **MC** Manejo Convencional, **EM** Ensilado de Maíz, **PC** Pastoreo Continuo, **EM+PC** Ensilado de Maíz y Pastoreo Continuo, Valor de P y H (Kruskal-Wallis test). **P ≤ 0,05; ^{ab} Diferencias entre grupos (Comparación entre todos los pares).

Componentes	ID	Indicadores	Grupos				Valor de H	Valor de P
			MC	EM	PC	EM-PC		
		Número de fincas	5	6	6	7		
Viabilidad	C1	Viabilidad Económica	9	9	11	14	1.139	0.706
	C2	Tasa de especialización económica	0	0	0	1	3.181	0.364
Independencia	C3	Autonomía Financiera	1 ^b	4 ^{ab}	3 ^{ab}	7 ^a	8.466	0.037**
	C4	Sensibilidad a los auxilios del gobierno	9	9	10	10	4.199	0.241
Transmisibilidad	C5	Transmisibilidad	16	14	14	9	3.243	0.356
Eficiencia	C6	Eficiencia de los procesos productivos	11	13	15	15	3.722	0.293

CONCLUSIONES

La implementación de EM y PC en las estrategias de alimentación de los SPLPE son una herramienta de valor para aumentar los puntajes en el nivel de sostenibilidad, dado que se permite una mejor gestión de los recursos forrajes por una menor dependencia de insumos externos, logrando una mayor eficiencia económica en los procesos de producción y una autonomía financiera, logrando el mayor puntaje en los indicadores el grupo EM+PC.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su gratitud a los 24 productores que participaron en esta evaluación. Al Consejo Mexicano de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por financiar el proyecto 129449 CB-2009 y financiar con una beca nacional para estudios de posgrado a Fernando Prospero Bernal.

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.
- Ceschin F. y Gaziulusoy I. (2016) Evolution of design for sustainability: From product design to design for system innovations and transitions. *Design Studies*, 49, 118–163.
- Conroy C. (2005) *Participatory livestock research: a guide*. Warwickshire, UK: ITDG-Publishing.
- Cortez-Arriola J., Groot C.J.J., Walter A.H. Rossing A.H.W., Scholberg M.S.J., Améndola-Massiotti R.D. y Tiftonnell P. (2016) Alternative options for sustainable intensification of smallholder dairy farms in North-West Michoacán, Mexico. *Agricultural Systems*, 144, 22–32.
- 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-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.
- Field A., (2009) *Discovering statistics using SPSS*. London, UK: SAGE Publications.
- Gerssen-Gondelach S., Wicke B. y Faaij A. (2015) Assessment of driving factors for yield and productivity developments in crop and cattle production as key to increasing sustainable biomass potentials. *Food and Energy Biosecurity*, 4, 36–75.
- Instituto Nacional de Ecología. (1991) Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Químicas (CICOPLAFEST). México. <http://www2.ine.gob.mx/sistemas/plaguicidas/index.html> (acceso Noviembre 10 de 2016).
- Jongennel R. y Slangen L. (2013) Sustainability and resilience of the dairy sector in a changing world: a farm economic and EU perspective. En: *Sustainable dairy production*. Pp. 55-86. Ede, Netherlands: Wiley-Blackwell.
- Jouzi Z., Azadi H., Taheri F., Zarafshani K., Gebrehiwot K., Van Passel S. y Lebailly P. (2017) Organic farming and small-scale farmers: Main opportunities and challenges. *Ecological Economics*, 132, 144–154.
- Martínez-García C.G., Dorward P. y Rehman T. (2016) Factors influencing adoption of crop and forage related and animal husbandry technologies by small-scale dairy farmers in central Mexico. *Experimental Agriculture*, 52, 87-109.
- 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.
- Moretti M., De Boni A., Roma R., Fracchiolla M. y Van Passel S. (2016) Integrated assessment of agro-ecological systems: The case study of the Balta Murgia, National Park in Italy. *Agricultural Systems*, 144, 144–155.

Pincay-Figueroa, P.F., López-González, F., Velarde-Guillén, J., Heredia-Nava, D., Martínez-Castañeda F.E., Vicente F., Martínez-Fernández A. y Arriaga-Jordán C.M. (2016). Cut-and-carry vs grazing of cultivated pastures in small-scale dairy systems in the central highlands of Mexico. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 110, 349–363.

Prospero-Bernal F., Albarrán-Portillo B., Espinoza-Ortega A. y Arriaga-Jordán C. M. (2013) Assessment Sustainability during Dry Season in Small-Scale Dairy Production Systems from Central Mexico. En: Márquez P. (eds). *Los pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades*, pp. 561–568. Badajoz, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos

Val-Arreola D., Kebreab E. y France J. (2006) Modelling Small-Scale Dairy Farms in Central Mexico Using Multi-Criteria Programming. *Journal of Dairy Science*, 89, 1662–1672.

Vilain L., Boisset K., Girardin P., Guillaumin A., Mouchet C., Viaux P. y Zahm F. (2008) *La méthode IDEA: indicateurs de durabilité des exploitations agricoles: guide d'utilisation*. Dijon, Francia: Educagri éditions.

EFFECT OF MAIZE SILAGE AND/OR GRAZING ON THE SUSTAINABILITY OF SMALL-SCALE DAIRY SYSTEMS IN THE CENTRAL HIGHLANDS OF MEXICO

Summary

The objective was to evaluate the effect of implementing continuous grazing (PC) and maize silage (EM) in the feeding strategies on the sustainability of small-scale dairy systems (SDSS) in the central highlands of Mexico. The IDEA methodology was applied to assess the sustainability of farms within a participatory rural research, during January – December 2015 in 24 farms. Seven farms implemented both EM+PC, six farms EM, six farms PC, and five farms continued with conventional management (MC– Cut and carry herbage of cultivated pastures and use of maize grain and maize straw. Farms that implemented CM+PC obtained higher scores for the indicators of Biodiversity in annual and perennial crops (A1), Areas of ecological regulation (A8), Use of fertilisers (A12), Schooling (B12), and Financial autonomy (C3), with significant differences (P0,05) in relation to the MC and EM groups. It is concluded that as feeding innovations are implemented in farms increasing; the sustainability level, the indicators score, the EM+PC group are numerical differences in the score obtained in most of the indicators.

Key words: Innovation, Participatory research, Rural development, Feeding strategies.

LA OVINOCULTURA EN XALATLACO: TRASHUMANCIA LOCAL EN EL CENTRO MÉXICO

L. Brunett-Pérez, A. Sainz-Ramírez, F. López-González*, M. Rosas-Dávila, C.M. Arriaga-Jordán

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Campus El Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas, C.P. 50090, Toluca, Estado de México, México

*Correspondencia: flopezg@uaemex.mx

Resumen

La producción ovina en Xalatlaco se realiza bajo un sistema de producción silvopastoril extensivo, con un uso comunal del recurso tierra y apropiación de espacios fuera de su territorio. El objetivo del trabajo fue conocer el desarrollo histórico del proceso productivo, la identificación de los mecanismos de acceso a los recursos y la reconstrucción de la organización social que se establece en torno al proceso de producción de ovinos en la zona, así como el seguimiento de las respuestas ambientales que se han presentado en la región. La información se obtuvo a través de entrevistas semiestructuradas, que luego fue contrastada con recorridos de campo. Una vez depurada la información se conformó la dinámica de las relaciones socio-ambientales. Los procesos de deterioro ambiental y social que ha sufrido la región están relacionados con factores de distinta índole.

Palabras clave: Montaña, pastoreo, ovinos.

INTRODUCCIÓN

La ovinocultura en México se desarrolla bajo una gran variedad de condiciones y características productivas definidas por aspectos sociales, económicos, climáticos, de la tenencia de tierra y hasta de los propios animales. El inventario nacional es de más de casi ocho millones y medio de ovejas, distribuidos en 53,000 unidades de producción (SIAP, 2016). Las principales razas encontradas son Suffolk, Hampshire, Rambouillet, Dorset, Kathadin, Dorper y Pelibuey, así como sus cruza.

La mayor producción y consumo de carne de ovino en México se concentra en la zona centro del país, con el 50 y 80% respectivamente. Dentro de esta zona centro se encuentra el municipio de Xalatlaco, estado de México, el cual se caracteriza por ser una comunidad de origen indígena, quienes practican el sistema de producción silvopastoril extensivo (trashumante) que ocupa una región boscosa propiedad de la comunidad y una zona plana dedicada a la actividad agrícola la cual se encuentra fuera de su territorio.

El objetivo del trabajo fue conocer el carácter interactuante del medio ambiente y la sociedad en el proceso productivo de la ganadería ovina con característica de trashumancia que se practica en el municipio de Xalatlaco, estado de México.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se centró en obtener información sobre el desarrollo histórico del proceso productivo de la ovinocultura, la identificación de los mecanismos de acceso a los recursos por parte de los actores sociales y la reconstrucción de la organización social que se establece en torno al proceso de producción de ovinos en Xalatlaco, así como, el seguimiento de las respuestas ambientales que se han presentado en la región. La información de desarrollo histórico de la producción ovina en México, así como las características del sistema. La información se obtuvo a través de visitas de campo, entrevistas con pastores, comisariados ejidales y técnicos de campo, así como de documentos históricos de los municipios, censos agropecuarios, entre otros.

El proceso de investigación se llevó a cabo por medio de entrevistas semiestructuradas (Mc Cracken, 1991). Las preguntas eje que se manejaron fueron las siguientes: ¿Qué respuestas ambientales se han presentado en el entorno geográfico?, ¿Cuáles han sido las respuestas ambientales que han modificado el proceso productivo?, ¿Cómo son las relaciones con los otros grupos de campesinos?, ¿Cuál es el pasado, presente y futuro de esta actividad ganadera? Y ¿Cuáles son los programas oficiales en que participan? La información recolectada con la entrevista semiestructurada, fue posteriormente contrastada y depurada con recorridos de campo y confrontada con información escrita, tales como reportes técnicos de instituciones de gobierno, artículos y capítulos publicados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo histórico

En el año de 1917, una vez terminada la Revolución Mexicana, los pastizales y tierras agrícolas se encontraban descansadas. La condición comunal de la tenencia de la tierra y la

recuperación económica de algunas familias propiciaron la presencia de pequeños rebaños de ovinos, sin ser la actividad prioritaria de la población. Las condiciones de explotación de esta especie y las características de producción de la economía campesina en que se desarrolló la población propiciaron una relación sociedad-ambiente de escaso impacto.

En la década de los cincuenta se transformó de manera sustancial el paisaje por la desaparición de un cuerpo de agua que desestabilizó la organización económica y productiva de la zona. Este fenómeno fue resultado de la industrialización del país. La zona donde se encontraba la laguna pasó a formar un área cenagosa modificando las estrategias de vida de los habitantes, además de transformar las condiciones ambientales de la región. Este cambio, se manifestó en una reorganización de las actividades económicas y de los recursos en favor de la ovinocultura, ya que presentaba bajos costos de producción, mínimo esfuerzo y poca inversión en infraestructura.

La demanda de ganado para el abasto, en la década de los sesenta, propició un uso irracional de los recursos del bosque. En términos sociales se produjo una acelerada descomposición social, asociada a la salida de mano de obra y de productos del campo al mercado de la ciudad de México. Esto trajo como consecuencia un cambio en la participación y sentido de la tierra dentro de la economía de los habitantes.

Ante la pérdida de oportunidades de una mejor vida, los habitantes de la región que habían emigrado, regresan y retoman las prácticas productivas agropecuarias, fortalecidos sus sistemas sociales de defensa y recuperación de sus espacios, generándose un esquema de relaciones sociales basadas en un principio en actividades de mutua colaboración y de solidaridad. Dando como resultado un cambio sustancial en el proceso productivo.

Características del sistema de producción

Cabe diferenciar el sistema de producción realizado en las condiciones de la parte alta de Xalatlaco, del realizado en la parte baja del valle, también conocida como "la planada".

Con respecto al primero, el sistema es manejado con pastores y perros. Se calcula que un pastor puede controlar a 200 cabezas. Los hatos fluctúan entre un mínimo de 100 y un máximo de hasta 500 animales, con resguardo nocturno en corrales rústicos y móviles.

La movilidad está en función de la calidad y cantidad de insumos (pastos y subproductos agrícolas) existentes en 8 o 16 km a la redonda de su "rancho", forma en que se le denomina a una choza de 2x2 construida de láminas de cartón en donde pernocta y deja sus pertenencias el pastor.

El trabajo del pastor consiste en llevar al rebaño por los lugares en donde existan buenos pastos. El horario en términos generales va de 10:00 am a 19:00 pm. La comida del pastor, las cobijas, los materiales para la construcción del corral, y los perros son aportados por el dueño. El dueño sube cada tres o cuatro días para llevar sal para los borregos y acordar nuevos sitios de pastoreo. Se caminan en promedio 7 km diarios.

Con relación al pago, es común que se ajusten las cuentas de acuerdo a la contabilidad de los borregos existentes, si existen faltantes van con cargo al pastor con un precio especial. Entre los pastores se difunde quien es mejor patrón, porque les lleva la comida a tiempo, abundante y les condona un determinado número de animales.

El pastor debe tener conocimientos empíricos de las plantas forrajeras y la identificación de las zonas en donde existe "cuatezón" (planta mortal para el ganado), así como de los parajes del bosque. El pastoreo se realiza por etapas, en agosto en los llanos, en junio y julio en las ocotaleras (árboles de ocote cuyo nombre científico es: *Pinus montezumae*) y de agosto a septiembre en las oyameleras (árboles de oyamel cuyo nombre científico es: *Abies religiosa*).

Al igual que en todo proceso productivo existe una división del trabajo. Así, existe una actividad diferenciada, denominada "colero", que consiste en ir recogiendo a los corderos recién nacidos o los que se cansaron. La realizan una o dos personas, o bien hijos del pastor, que son contratadas a base de arreglos consistentes en un par de borregos o pago de la jornada. Esta contratación extra es sólo durante el período de partos, de diciembre a enero.

Con respecto al proceso llevado a cabo en la "La Planada", parte baja del valle, éste se produce una vez que se produce el recorrido de la zona alta a las áreas agrícolas y zona adyacentes a poblaciones, así como la permanencia en lugares anegados, correspondiendo

todos estos espacios a la parte baja del valle de Toluca. En especial participan los municipios de Santiago Tianguistenco, Almoloya del Río, Santa Cruz Atizapán y Texcalyacac.

De Lucas (1992) identificó la movilidad de los rebaños en dos tipos, los cuales varían en la permanencia (tiempo) y los territorios a utilizar. Una modalidad consiste en que "Entre enero y febrero emigran a las tierras bajas, que comprenden zonas agrícolas alrededor de la laguna que se va desecando, y su permanencia es hasta fines de mayo-junio, debido al inicio de las labores de la tierra e inundaciones". La otra modalidad, conocida como de dos territorios, consiste en que sólo se mueven de la laguna al pueblo y viceversa (Martínez y de Lucas, 1994). Como se puede apreciar, ambas opciones recurren a la planada para obtener forraje.

El procedimiento para acceder a los esquilmos y a los pastos naturales, es por medio de pagos a los poseedores de los terrenos, por lo que los ovinocultores tienen que hacer una petición a las autoridades ejidales y comunales, quiénes determinan el tiempo a permanecer y la cuota por cabeza.

Con respecto a la forma de pago de los ovinocultores al dueño de la parcela, algunas veces el terreno para rastrojeo es otorgado a manera de trueque a cambio de trabajo por parte de los pastores, ya que éstos ayudan a recoger la planta de maíz seca para que esta sea molida. Estableciéndose una relación de ayuda mutua. El rastrojeo se puede extender hasta los meses de abril y mayo.

Otra relación de los ovinocultores con el campesino que cultiva maíz y zanahoria se da cuando la planta aún está sin segar y los ovinocultores obtienen el permiso del dueño para pastorear, el costo puede oscilar entre € 21,58 y € 43.17/ha, según las condiciones del rastrojo en el terreno. Por otra parte, si los terrenos fueron sembrados con papa, el costo por rastrojear los desperdicios de este cultivo es de € 4.32 a € 8.63/ha.

A continuación, se describe el recorrido y cambios de alimentación de los ovinos a lo largo del año:

-Enero a marzo: Se pastorea en terrenos postcosecha de maíz, pertenecientes a los municipios de Santiago Tianguistenco, Texcalyacac, Almoloya del río, Santa Cruz Atizapán. En estos ejidos y zonas comunales se paga una cuota por cabeza.

-Abril y mayo: Se pastorea en tierras cenagosas, que formaron parte de la laguna de Lerma, y se encuentra otorgada a diferentes ejidos, aunque los ovinocultores prefieren los terrenos del ejido de San Pedro Tlaltizapán, municipio de Santiago Tianguistenco por su mayor rapidez de recuperación de los pastos y que es más apetecido por el ganado.

-Junio: Se inicia el regreso a los montes de Xalatlaco y específicamente se dirigen a los llanos y posteriormente a los ocotales. En estos lugares no se cobra por ser de la comunidad.

-Septiembre a diciembre: los ovinos permanecen entre los oyameles de los bosques de Xalatlaco.

La respuesta de algunos ganaderos a la negativa de ocupar terrenos o bien al aumento de las tarifas ha sido el desplazamiento hacia otros municipios más lejanos como Lerma, Metepec, Toluca o Xonacatlán por mencionar algunos. Este desplazamiento se realiza en vehículos, generalmente en camionetas de 3_{1/2} toneladas en las cuales se transporta en partes el rebaño.

La presencia de organismos de investigación y de fomento que han dedicado esfuerzos y recursos para estudiar las condiciones técnicas en que se desarrolla la ovinocultura en la región, carecen de análisis de índole social y ambiental; las políticas agrícolas se encaminan hacia la productividad de acuerdo al potencial ecológico, pero desconocen, el amplio sistema de relaciones humanas y naturales que se desarrollan en los sistemas de producción campesinos.

Al conjuntar los elementos de análisis se hace evidente que las condiciones sociales y ambientales ya no son idóneas para el desarrollo de la ovinocultura, aunque sigue representando una alternativa económica para un cierto sector de la sociedad de Xalatlaco. Se puede establecer que la actividad está sufriendo una retracción ocasionada por la reducción de espacios y la disminución de la base forrajera, de ahí los desplazamientos a otras áreas, que obedecen a relaciones sociales diferentes a las que se venían desarrollando. De igual manera el tradicional sistema de movimientos a través de pastoreo para llegar a la parte baja está siendo substituido por fletes en vehículos, ya que las distancias ahora son mayores.

Con relación a la dinámica de los principales problemas ambientales, ésta se presenta con cambios climáticos e hidrológicos significativos que se manifiestan con modificaciones en el medio físico y biológico (Comisión Coordinadora para la Recuperación de la Cuenca del Río Lerma, (2003).

Las respuestas ambientales son consecuencia de: la desecación sistemática de los cuerpos de agua de la parte baja, la pérdida continua de áreas forestales, la práctica de quemas de pastos no controladas, la dispersión progresiva de contaminantes del suelo y agua provocada por el crecimiento industrial y de la mancha urbana, así como el uso irracional de los recursos naturales. Todo esto trae como consecuencia la presencia de plantas indeseables en el bosque y la reducción de la capacidad regenerativa de los pastos naturales, lo que evidentemente trae consigo cambios en la actividad productiva de la ovinocultura, situación que a su vez transforma la organización social.

Bajo estas consideraciones se puede afirmar que el proceso productivo de la ovinocultura ha sufrido cambios en las condiciones en que se desarrolla, los cuales están fuera de los criterios técnicos o de las oportunidades de mercado.

CONCLUSIONES

La existencia de la ovinocultura depende más de las estrategias de adecuación de los ganaderos para afrontar las respuestas ambientales y los ajustes en las normas sociales para el control y protección de los recursos productivos que del apoyo en tecnología, fomento e impulsos financieros y organizativos que les pueda ofrecer el Estado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Comisión Coordinadora para la Recuperación Ecológica de la Cuenca del Río Lerma, gobierno del Estado de México. (2003). Atlas Ecológico de la Cuenca Alta del Río Lerma. Tomo VI. Industrial, México, Toluca, GEM.

De Lucas. J. (1992). Características y Modelo de Estudio en los Sistemas Ovinos Trashumantes en Xalatlaco, México. en: Simposium sobre Sistemas de Producción Animal. (FMVZ-UAEM) Septiembre.

Martínez P. y de Lucas J. (1994). Los sistemas trashumantes de producción ovina en Xalatlaco Estado de México. Enfermedades no parasitarias, ponencia presentada en 1^{er}. Congreso Internacional y 2^o. nacional de investigación en sistemas de producción agropecuarios. octubre 1994.

Mc Cracken, J. (1991). Diagnóstico Rural Rápido: Un manual. documento.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera), con información de las Delegaciones de la SAGARPA (2017) Población ganadera en México: Ovino (<https://www.gob.mx/siap/poblacion-ganadera/> Consultado 02 enero 2018).

SHEEP FARMING IN XALATLACO: TRANSHUMANCE LOCAL IN THE CENTER MEXICO

Summary

Sheep production in Xalatlaco is carried out under an extensive silvopastoril production system, with communal use of the land resource and appropriation of spaces outside its territory. The objective of the work was to know the historical development of the productive process, the identification of the mechanisms of access to resources and the reconstruction of the social organization that is established around the production process of sheep in the area, as well as the follow-up of the environmental responses that have been presented in the region. The information was obtained through semi-structured interviews, which was later supported with field trips. Once the information was refined, the dynamics of socio-environmental relationships were shaped. The processes of environmental and social deterioration suffered by the region are related to different factors

Key words: Mountain, grazing, sheep.

PREFERENCIA DEL VENADO COLA BLANCA EN CAUTIVERIO POR LOS PRINCIPALES ARBOLES FORRAJEROS DEL TRÓPICO SECO CENTROAMERICANO

K. López Benavides¹, L.R. Rocha Molina², E. Serrano³, J. Bartolomé Filella⁴

¹ Estación Experimental para el Estudio del Trópico Seco "El Limón". Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.

² Facultad de Ciencias e Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.

³ Wildlife Ecology & Health group, and Servicio de Ecopatología de Fauna Salvaje (SEFaS). Universitat Autònoma de Barcelona, España.

⁴ Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos. Universitat Autònoma de Barcelona, España.

kenny.lb@hotmail.com

Resumen

Se evaluó las preferencias alimenticias del venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus* Zimmermann.) por cinco especies de árboles forrajeros comunes en el trópico seco centroamericano, cuatro autóctonas: carbón (*Acacia pennatula* (Schtdl & Cham.) Benth.), guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.), madero negro (*Gliricidia sepium* Jacq.) y guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum* Jacq.) y una exótica: el marango (*Moringa oleifera* Lam.). Para determinar las preferencias del venado sobre las especies nativas se realizó un test de cafetería donde se ofertó igual cantidad de forraje de cada especie a un grupo de nueve venados en cautiverio. Posteriormente, se añadió la especie exótica con la finalidad de valorar su influencia sobre las preferencias por las especies autóctonas. Valoramos el consumo (variable respuesta) de cada especie forrajera (tratamiento) en un diseño experimental de bloques de medidas repetidas. La experiencia se repitió dos veces, una en la época seca y otra en la lluviosa. Los resultados mostraron que los venados prefirieron consumir *M. oleifera* y que su incorporación modificó significativamente la preferencia de *A. pennatula* indistintamente de la época del año. Se concluye que tanto las especies autóctonas como la exótica deberían ser consideradas en el diseño de sistemas silvopastorales donde puedan coexistir también los venados.

Palabras clave: *Acacia pennatula*, *Guazuma ulmifolia*, *Gliricidia sepium*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Moringa oleifera*.

INTRODUCCIÓN

En las regiones neotropicales, las sabanas se aprovechan principalmente para la alimentación de ganado vacuno y priorizan el uso de gramíneas naturales en detrimento de las especies leñosas. Este manejo conlleva limitaciones de cantidad y calidad de alimento en la época seca, la cual puede extenderse durante periodos de hasta 6 meses (Pérez *et al*, 2010). En Nicaragua, estas limitaciones no solo afectan a la ganadería sino

también a las diezmadras poblaciones de venado cola blanca, el único gran herbívoro autóctono en estas regiones. No obstante, estas zonas poseen una gran diversidad de especies arbóreas y arbustivas forrajeras (Durr, 1992) útiles para mejorar áreas de pastoreo con baja cobertura o como banco de alimento suplementario para amortiguar la época seca (Alvarado, 2013). Algunas de estas especies leñosas tienen un alto valor nutritivo y toleran el ramoneo, incluso en la época seca.

Además, estos árboles favorecen también la supervivencia de las poblaciones de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) que habitan en un territorio donde no cuentan con medidas de protección y donde probablemente tienen que competir con el ganado por los recursos alimenticios. Sin embargo, poco se sabe sobre las preferencias del venado por las distintas especies de árboles forrajeros. Tampoco se conoce el efecto que pueda tener en estas preferencias la presencia de especies arbóreas exóticas de crecimiento rápido. Considerando que estas incógnitas pueden ser relevantes para la conservación de la especie en Centro América, el objetivo de este trabajo fue determinar las preferencias del venado de cola blanca y el efecto de la introducción de una especie exótica mediante un test de selección múltiple también llamado test de cafetería.

MATERIAL Y METODOS

El estudio se realizó, en la Estación Experimental para el Estudio del Trópico Seco “El Limón”, adscrita a la UNAN – Managua / FAREM – Estelí, Nicaragua (13°05'31" N, 86°21'14" O), a 890 m.s.n.m. La temperatura media anual es de 22,3°C (16 - 33°C) y la precipitación media anual es de 804 mm, concentrada en la época lluviosa (mayo-octubre). El suelo es de textura franca con abundantes rocas blandas, tiene un pH de 5,9, contenido de MO de 5,42 %, nitrógeno 0,27 ppm, fósforo 62,3 ppm y potasio 0,675 meq/100g.

Los árboles forrajeros evaluados fueron: carbón (*Acacia pennatula*), nativo de América Central y se distribuye desde el sureste de México a Nicaragua y Ecuador. El guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), nativo de América, de regiones tropicales y templadas cálidas. El madero negro (*Gliricidia sepium*), nativo de América Central y se distribuye desde México hasta Panamá. Estas tres especies pertenecen a la familia

Fabaceae. El guácimo (*Guazuma ulmifolia*), es un árbol de la familia Malvaceae, nativo de América tropical y se distribuye desde México y el Caribe hasta Argentina. Finalmente, el marango (*Moringa oleifera*), es un árbol de la familia Moringaceae, se distribuye del norte de África hasta la India, cultivada ampliamente en los trópicos y en expansión en el trópico seco centroamericano. Todos ellos, exceptuando el marango, son árboles que crecen en áreas de pastos donde el ganado actúa como agente dispersor de semillas.

En la experiencia se utilizó un test de cafetería, donde los animales pueden escoger libremente entre varios recursos (Humbría *et al*, 2008), con un diseño experimental de bloques con medidas repetidas, donde cada 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 utilizó un grupo de nueve venados (8 hembras y 1 macho) en cautiverio, integrado por individuos de diferentes edades (adultos y juveniles) y estado fisiológico. El ensayo se realizó durante 7 días consecutivos, en la época seca (febrero y diciembre) y húmeda (julio y agosto) del 2016, con dos réplicas para cada época. En la primera réplica por época, el ensayo experimental se realizó con las cuatro especies leñosas forrajeras nativas: carbón, guácimo, guanacaste y madero negro. Mientras que en la segunda réplica por época se añadió a la oferta una quinta especie forrajera exótica, el marango.

Durante el periodo experimental, cada mañana se ofertaron 200 gramos/animal de forraje fresco de cada especie (hojas y tallos menores o iguales a 0,5 cm de diámetro) de manera simultánea en cada comedero, durante 15 minutos. Cada día, la disposición del recurso alimenticio se realizó de forma aleatoria, de tal manera que ocupara todas las posiciones posibles para bloquear el hábito reflejo de cada animal a la posición, la distancia del alimento y el primer encuentro con éste. Los animales estaban confinados en un área delimitada con malla ciclón, de 1, 072 m² (48,3 m de longitud por 22,2 m de ancho) y de 3 m de altura, aproximadamente. El área tiene un techado de 32 m² en la que se encuentran 3 pilas: 2 para abrevadero con capacidad de 0,071 m³ y 1 para disponer el pienso. Después del test de cafetería, se les suministraba concentrado y agua *ad libitum*. El concentrado en

forma de pellets era utilizado para la alimentación de ganado equino con contenido de 91,74% de MS, 14% de PB, 25% de FND, 9,82% de FAD, 2,41% de LAD y 9% de minerales.

Los datos se analizaron en un modelo lineal mixto generalizado con una función de error Poisson alterado por ceros con inclusión de sobre-dispersión, donde el número de bocados (consumo) de cada especie fue la variable respuesta. La época (factor fijo), la especie forrajera (factor fijo), el venado (factor aleatorio) y el día (factor aleatorio) fueron las variables explicativas. Se utilizó el programa MCMCglmm (Hadfield, 2010) de la plataforma de análisis R (R Core Team, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Nuestro experimento demostró que, independientemente de la estación del año, el árbol autóctono *A. pennatula* (9 ± 1) fue el menos consumido por el venado de cola blanca ($p < 0,05$; Figura 1). El exótico *M. oleifera* (17 ± 2) fue el preferido, seguido de *E. cyclocarpum* (16 ± 2), *G. sepium* (15 ± 2) y *G. ulmifolia* (13 ± 2) y no se observaron diferencias significativas entre ellas. Se puede observar que no hubo rechazos, siendo todas las especies consumidas en mayor o menor grado. Esto concuerda con los resultados de Plata *et al.* (2009) sobre la mayor preferencia del venado por especies arbóreas.

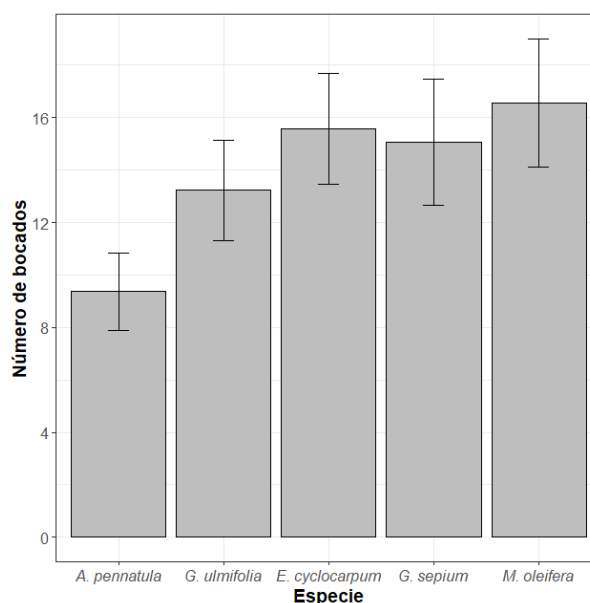


Figura 1. Comparación del consumo de cinco especies leñosas forrajeras ($p < 0,05$), cuatro autóctonas y una exótica (*M. oleifera*).

Se observa una tendencia al mayor consumo de *M. oleifera* en relación a las especies nativas (Figura 1). Esto puede deberse al elevado contenido de PB (26,74%), ya que el venado suele seleccionar las especies con alto contenido proteico (Pérez *et al.*, 2010). Además, esta especie forrajera contiene en sus hojas bajas concentraciones de sustancias antinutricionales (Olson y Fahey, 2011).

Se muestra que la introducción de *M. oleifera* como un recurso exótico en la dieta alimenticia del venado, modificó significativamente la preferencia de *A. pennatula* indistintamente de la época del año. Este resultado contrasta con lo encontrado por López *et al.* (2016), quienes reportaron que en la época húmeda el ganado bovino mostró mayor preferencia por *A. pennatula* y *G. ulmifolia* (Figura 1). Estas mismas preferencias se obtuvieron en pruebas de cafetería realizadas con ovejas de pelo de raza Pelibuey, para ambas especies animales y tanto en época seca como en la húmeda *M. oleifera* no modificó las preferencias alimenticias López *et al.* (2017). Lo cual indica, que probablemente no habrá competencia por el recurso alimenticio entre el venado cola blanca y en ganado bovino y ovino en sistemas silvopastoriles, favoreciendo la coexistencia de rebaños mixtos y herbívoros silvestres.

Se encontró un efecto significativo ($p < 0,05$) entre la época del año y la especie. En la selección de los recursos alimenticios nativos ofertados (Figura 2), indicando que el número de bocados para las especies nativas está en función de la época (intervalo de confianza al 95%, el valor de efecto fijo está comprendido entre - 2,184 y - 0,067, $p = 0,046$). Se muestra, que las especies más preferidas en ambas épocas fueron: *G. ulmifolia* (húmeda 20 ± 5 y seca 25 ± 6) y *G. sepium* (húmeda 20 ± 2 y seca 21 ± 4) y no se observaron diferencias significativas entre ellas ($p > 0,05$). Las menos aceptadas fueron: *E. cyclocarpum* (húmeda 13 ± 4 y seca 4 ± 1) y *A. pennatula* (húmeda 6 ± 2 y seca 7 ± 2), no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$). Sin embargo, entre las especies más preferidas y las menos preferidas, se encontró un efecto significativo ($p < 0,05$). Este resultado coincide con lo reportado por Granados *et al.* (2014), encontrando que algunas de las familias botánicas más frecuentes en la dieta del venado cola blanca son la Fabaceae y Malvaceae. Este comportamiento o patrón de selección nos puede sugerir que se trate de especie forrajeras

de importancia para su consumo, probablemente por la disponibilidad y calidad nutritiva. Estas especies se deben considerar para su conservación y establecimiento en la gestión de sistemas silvopastoriles con la finalidad de preservar principalmente la biodiversidad autóctona de los ecosistemas centroamericanos.

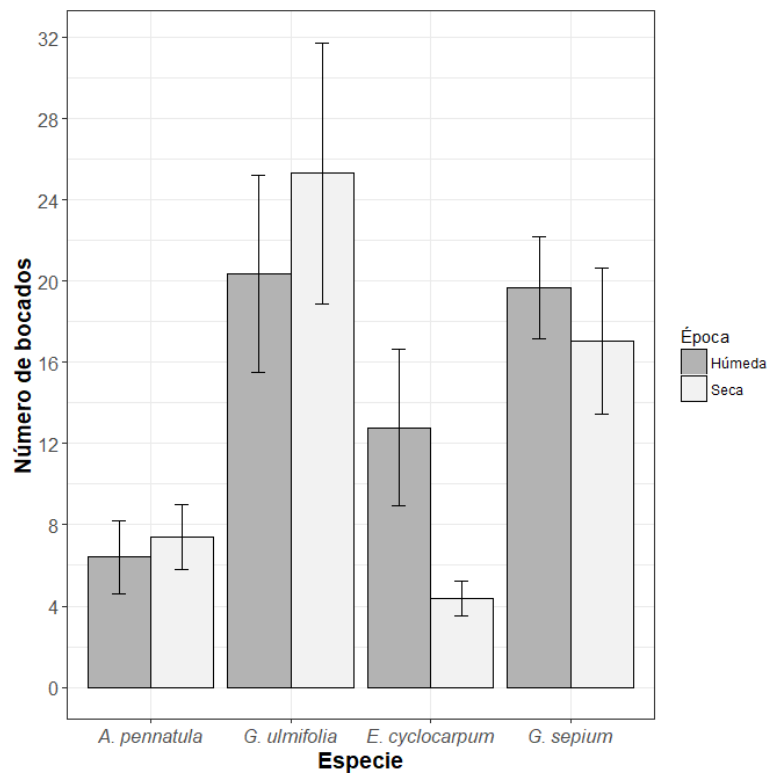


Figura 2. Comparación del consumo de cuatro especies leñosas forrajeras autóctonas.

CONCLUSIONES

Se encontró que todas las especies forrajeras fueron consumidas por el venado, observándose una tendencia al mayor consumo de *M. oleifera* en relación a las especies autóctonas. La introducción de *M. oleifera* en la dieta alimenticia modificó significativamente la preferencia de *A. pennatula*. La época del año influyó significativamente para la aceptación de las especies nativas, siendo las más preferidas en ambas épocas *G. ulmifolia* y *G. sepium*. Lo anterior sugiere que, además de las especies autóctonas, *M. oleifera* debería ser considerada en el diseño de sistemas silvopastorales de América Central.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias al financiamiento de un Contrato de Beca del Fondo para Proyectos de Investigación (FPI), de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua / UNAN-Managua. Nuestro agradecimiento en el trabajo de campo y en la recolección de datos a Joel Exequiel Cardoza Aguilar, Faustino Antonio Peralta Jarquín, Alberto García Caballero, Bruno Barragán Portillo y Daniel Querol Carranza. También agradecer el apoyo de la Fundación Autónoma Solidaria de la Universitat Autònoma de Barcelona (FAS-UAB). E. Serrano disfruta de un contrato Ramón y Cajal (RYC-2016-21120) concedido por el Ministerio Español de Economía y Competitividad (MINECO).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alvarado M.S. (2013) Perfil nutricional de arbustivas del matorral espinoso tamaulipeco consumidas por el venado cola blanca. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias con especialidad en Manejo de Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, México.
- Durr P. (1992) *Manual de árboles forrajeros de Nicaragua*. MAG/COSUDE.
- Granados D., Tarango L., Olmos G., Palacio J., Clemente F., Mendoza G. (2014) Dieta y disponibilidad de forraje del venado cola blanca *Odocoileus virginianus thomasi* (Artiodactyla: Cervidae) en un campo experimental de Campeche, México. *Revista de Biología Tropical*, 62 (2) 699-710 [en línea], 62 (Junio-): [Fecha de consulta: 6 de enero de 2018] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44931383024>> ISSN 0034-7744.
- Hadfield, J. (2010) MCMC Methods for Multi-Response Generalized Linear Mixed Models: The MCMCglmm R Package. *Journal of Statistical Software*, 33(2), 1-22.
- Humbría J., García D.E., Domínguez C., Baldizán A., Medina M. G. y Clavero T. (2008) Preferencia de árboles forrajeros por cabras en la zona baja de los Andes venezolanos. *Revista Científica*, 18, 549-555.
- López-Benavides K., Rocha L.R., Serrano E., Espunya MC., Bartolomé J. (2016) Preferencia del ganado bovino por los principales árboles forrajeras en el trópico seco centroamericano. En: Báez *et al.* (eds). *Innovación Sostenible en Pastos: hacia una Agricultura de Respuesta al Cambio Climático*, pp. 399-404. Lugo, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- López-Benavides K., Rocha L.R., Baraza E., Serrano E., Bartolomé J. (2017) Preferencia de la oveja de pelo pelibuey por las principales especies arbóreas forrajeras del trópico seco centroamericano. En: Bartolomé *et al.* (eds). *Renaturalización vs. Ruralización*, pp. 337-341. Barcelona, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- Olson M.E. y Fahey J.W. (2011) *Moringa oleifera*: a multipurpose tree for the dry tropics. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 1071-1082.

Plata F.X., Ebergeny S., Resendiz J.L., Villarreal O., Bárcena R., Viccon J.A., Mendoza G.D. (2009) Palatabilidad y composición química de alimentos consumidos en cautiverio por el venado cola blanca de Yucatán (*Odocoileus virginianus yucatanensis*). *Archivos de Medicina Veterinaria*, 41, 123-129 [en línea] [Fecha de consulta: 5 de enero de 2018] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=173013746005>> ISSN 0301-732X.

Pérez A., Sánchez T., Armengol N y Reyes F. (2010) Características y potencialidades de Moringa oleifera, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes*, 33(4), 1-16.

R Core Team. (2018) R: *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Austria, Vienna. URL <https://www.R-project.org/>.

FEEDING SELECTION OF CAPTIVE WHITE TAILED DEER ON SELECTED TREE SPECIES FROM THE CENTRAL AMERICAN DRY FORESTS

Summary

In this work, we evaluated the feeding preferences of a captive herd of nine white tailed deer (*Odocoileus virginianus* Zimmermann.) for five commonly used trees to feed livestock in the dry tropics of Central America, namely: (*Acacia pennatula*), the (*Guazuma ulmifolia*), the (*Gliricidia sepium*), the (*Enterolobium cyclocarpum*) and the exotic (*Moringa oleifera*). In a first step, we conducted a multiple-choice test (cafeteria test) to evaluate the feeding preferences for the native trees. In a second trial, however, we included the exotic tree in the diet in order to evaluate its influence on their feeding behaviours. Our experimental was a block with a repeated measurements design. Our trial was repeated twice in both dry and wet seasons. In both periods of the year white tailed deer feed preferentially on the exotic *M. oleifera*, followed by the native species *E. cyclocarpum*, *G. sepium*, *G. ulmifolia* and *A. pennatula* in decreasing order of importance. Our results confirm that these exotic and native trees may be used to improve habitats for White tailed deer in the dry tropics of Central America.

Key words: *Acacia pennatula*, *Guazuma ulmifolia*, *Gliricidia sepium*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Moringa oleifera*.



SECCIÓN

PRODUCCIÓN VEGETAL

Sección de *Producción Vegetal*. Ponencia.

LA ESPARCETA, UN CULTIVO ANTIGUO PERO MUY VIVO.

J. Aibar Lete

Sociedad Española de Malherbología. Universidad de Zaragoza.

Correspondencia: jaibar@posta.unizar.es

Resumen

La esparceta es un cultivo forrajero muy adaptado a las zonas frías del Sistema Ibérico, siendo importante la superficie dedicada al mismo en Aragón y especialmente en la provincia de Teruel. En este trabajo se va a realizar énfasis en tres aspectos relacionados con el medio en el que este cultivo está más arraigado. Así se valorará por un lado el grado de aceptación de la implantación por parte del Gobierno de Aragón de la medida Agroambiental “1.2. Cultivo de esparceta para el mantenimiento de la fauna esteparia”, por otro se estimará el impacto de esta medida sobre una serie de parcelas en las que se controló el vuelo de diferentes especies ornitológicas y por fin se realizará un estudio sobre el impacto que tiene el cultivo de la esparceta sobre la flora presente en el mismo. Se trata de poner en valor el cultivo de la esparceta no sólo por su potencial forrajero, y su capacidad de adaptación a zonas con meteorología adversa, sino por su enorme interés ambiental para mantener la biodiversidad de fauna ornitológica y flora.

EVALUACIÓN DE ENSILADO DE GIRASOL Y ENSILADO DE MAÍZ EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE MÉXICO

A.Sainz-Ramírez¹, J.G. Estrada-Flores¹, E. Morales-Almaraz², G. Flores-Calvete³, F. López-González¹, C.M. Arriaga-Jordán¹

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Campus El Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas, C.P. 50090, Toluca, Estado de México, México y Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM), Betanzos a Mesón do Vento, 15318 Mabegondo-Abegondo, A Coruña, Galicia, España
Correspondencia: cmarriagaj@uaemex.mx

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la inclusión de ensilado de girasol (EGI) en combinación con ensilado de maíz (EMz) en la respuesta productiva de vacas lecheras en el altiplano central de México. Se estudiaron tres tratamientos (T1= 100% EMz, T2= 50% EMz / 50% EGI y T3= 75% EMz / 25% EGI) en vacas de sistemas de producción de leche a pequeña escala (SPLPE) que consumían 4,6 kg de MS de concentrado lechero. Se utilizaron nueve vacas en cuadro latino 3x3, con periodos de 14 días. La substitución del 50% de la materia seca del ensilado de maíz por ensilado de girasol aumentó significativamente ($P < 0,001$) para la producción de leche (media $11,2 \pm 2,9$ kg/vaca y día) y la cantidad de grasa de la leche (media de grasa $35,4 \pm 5,1$ g/kg, proteína $31,4 \pm 6,1$ g/kg, lactosa $45,1 \pm 3,4$ g/kg, pH $6,5 \pm 0,16$ y nitrógeno ureico en leche $10,5 \pm 0,81$ mg/dl). Se concluye que la adición de ensilado de girasol en la alimentación de vacas lecheras puede ser una alternativa de alimentación al favorecer la producción y calidad de la leche e los SPLPE.

Palabras clave: Forrajes conservados, estrategias de alimentación, composición de la leche.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas lácteos en pequeña escala son una opción para el desarrollo rural sostenible en los países en desarrollo (FAO, 2013). El 35% de la producción láctea en México tiene su origen en sistemas de producción de leche a pequeña escala (SPLPE).

El cultivo del maíz es óptimo para la obtención de forraje ensilado dado su alto rendimiento de materia seca (MS) por hectárea y su facilidad para fermentar correctamente en el silo dado su alto contenido de carbohidratos solubles y bajo poder tampón (Khan *et al.*, 2012). En contrapartida, en las condiciones de la meseta central mexicana, el maíz tiene un largo ciclo agrícola largo (mínimo de 150 días) a lo que se une un bajo contenido de proteína (Anaya-Ortega *et al.*, 2009).

Los posibles efectos del cambio climático en el centro de México son menores lluvias o posibles periodos de sequía más largos. Por lo tanto, los sistemas ganaderos necesitan investigación en fuentes alternativas de forraje mejor adaptadas a los nuevos escenarios.

El girasol se caracteriza por ser tolerante al déficit hídrico y resistente a las bajas temperaturas, tiene un ciclo de crecimiento más corto que el maíz y como forraje es una fuente importante de proteínas y lípidos (Tan *et al.*, 2014). Sin embargo, la fermentación puede estar dificultada por el bajo contenido de materia seca (MS) y moderada concentración de azúcares. Así mismo, debido al alto contenido en extracto etéreo de la planta cosechada en estados medios o avanzados de madurez, el ensilaje de girasol no puede ser usado como única fuente de forraje en la alimentación de ruminantes (Amini-jabalkandi *et al.*, 2007).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la substitución parcial del ensilado de maíz (EMz) por ensilaje de girasol (EGI) sobre la respuesta productiva y la calidad de la leche de vacas en sistemas lecheros de pequeña escala en el Noroeste del Estado de México.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio tuvo lugar en la época de sequía (final de invierno y comienzos de primavera) en una granja lechera a pequeña escala en el municipio de Aculco, Estado de México. El estudio tuvo una duración de 42 días.

Se utilizó un diseño de cuadro latino 3x3 repetido tres veces con periodos experimentales de 14 días (10 días de adaptación y 4 días de medición). Las vacas fueron agrupadas en tres grupos con base en la producción de leche y fueron asignadas de forma aleatoria a los tratamientos. El estudio se realizó bajo un enfoque de investigación participativa. Los tratamientos a evaluar (en kg MS/(vaca y día) fueron: T1 (100% EMz) = 6,8 kg EMz + 0 kg EGI, T2 (50% EMz/50% EGI) = 3,4 kg EMz + 3,4 kg EGI y T3 (75% EMz/25% EGI) = 5,1 kg EMz + 1,7 kg EGI, todos ellos complementados con 4,6 kg de Ms /vaca/día de concentrado balanceado comercial (CC) con 18% de proteína bruta (PB).

La siembra del maíz, realizada con una variedad local criolla, se realizó en abril y se

cosecho en octubre de 2016, mientras que la del girasol, realizada con una variedad híbrida comercial, se realizó en mayo y se cosechó en agosto de 2016. Ambos forrajes fueron ensilados en silos tipo pastel.

Se emplearon 9 vacas Holstein con 132 días de lactación en promedio al inicio del estudio, con un peso vivo (PV) inicial promedio de 450 ± 61 kg y una producción de leche (PL) media inicial de 7.2 ± 2.1 kg/día. El ordeño se realizó de forma manual a las 06:00 y 17:00 horas. Durante los días de medición de cada periodo se registró la producción diaria de leche (kg) y se recolectaron muestras de la misma para determinar su composición, una vez homogeneizadas. La determinación del contenido de grasa, proteína y lactosa se realizó mediante un analizador de ultrasonido (Lacti-check), el pH se midió con un potenciómetro y el nitrógeno ureico en leche (NUL) se estimó por el método colorimétrico descrito por Chaney y Marbach (1962).

Durante los últimos cuatro días de cada periodo experimental se recolectaron muestras de alimentos de forma manual. Posteriormente las muestras fueron secadas en una estufa de aire forzado a 55°C por 72 horas, y molidas a 1mm. Las determinaciones que se realizaron fueron: cenizas (CN) por incineración a 550°C , siendo expresado el contenido en materia orgánica (MO) como 1000-Cz, proteína bruta (PB) por el método de Kjeldahl ($\text{N} \times 6.25$) y extracto etéreo (EE), todas ellas según AOAC (1990), fibra detergente neutro (FDN) con adición de alfa-amilasa y fibra detergente ácido (FDA) utilizando un analizador de fibras Ankom (2005) y la digestibilidad *in vitro* de la material seca (DIVMS) con líquido ruminal con un aparato Daisy según el método de microbolsas de Ankom (2005). El pH se determinó con un pH-metro y el contenido en almidón (AL) lo fue a través de un kit comercial (código del producto K-TSTA-100A, Megazyme, Madison, WI, US). La energía metabolizable (EM) se estimó de acuerdo a la ecuación $\text{EM} = 0.156 \times \text{Digestibilidad } in vitro \text{ de la MS} - 0.535$ (Mackle *et al.*, 1999).

La respuesta animal fue analizada como un cuadro latino 3x3 con el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + C_i + V_{j(i)} + P_k + t_l + e_{ijkl}$$

Dónde: μ = media general; C= efecto del cuadro; I = 1,2,3; V = efecto de las vacas dentro del cuadro, j = 1,2,3; P = efecto del periodo experimental, k = 1,2,3; t = efecto del

tratamiento, l = 1,2,3; y e = error experimental. Los datos se analizaron a través de un análisis de varianza con el paquete estadístico MINITAB (V14). Los datos que presentaron diferencias significativas fueron analizados con una prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química de los alimentos empleados en el estudio se presenta en la Tabla 1, donde se observa el mayor contenido en materia seca y de energía del ensilado de maíz, comparado con el ensilado de girasol, el cual muestra un contenido medio en proteína casi un 25% superior a aquel.

Tabla 1. Valores medios de la composición química bromatológica de los alimentos.

	MS g/kg	MO g/kg	PB g/kg	FND g/kg	FAD g/kg	DIVMS g/kg	EM	EE g/kg	pH	AL g/kg
EMz	287	927	86	505	231	708	10.5	40	3,9	229
EGI	172	861	107	534	269	678	10	140	4,5	22
CC	931	854	185	277	109	803	12	46		

EMZ: ensilado de maíz, EGI: ensilado de girasol, CC: concentrado comercial. MS: materia seca, MO: materia orgánica, PB: proteína bruta, FND: fibra neutro detergente, FAD: fibra detergente ácido, EM*: energía metabolizable estimada (MJ eME/kg DM), EE: extracto etéreo.

Como se puede observar en la Tabla 2, donde se muestran los valores medios de la respuesta productiva y la composición de la leche de las vacas. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) por tratamiento en producción de leche y de contenido de graso de la leche. Por periodos se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) tanto en la composición de la leche como en la concentración de grasa, proteína, lactosa de la leche, así como en el pH, reflejando la evolución de la lactación de las vacas.

La media de producción de leche fue de 11.2 kg / vaca / día, superior al rendimiento medio al inicio del experimento, un incremento superior al 50% no obstante que al término del estudio las vacas tenían en promedio 174 días en lactación; indicando una mejor alimentación de las vacas durante el experimento con los ensilados evaluados.

Tabla 2. Respuesta productiva de las vacas y composición química de la leche

	Tratamientos					Periodos				
	T1	T2	T3	EEM	P	P1	P2	P3	EEM	P
Producción de leche (PL)										
PL	10,64 ^a	11,64 ^b	11,37 ^{ab}	0,76	0,038	11,76	10,88	11,01	0,76	0,006
kg/vaca/día										
Composición de la leche										
Grasa (g/kg)	34,0 ^a	36,02 ^b	35,38 ^{ab}	1,49	0,035	34,42 ^a	36,96 ^b	34,01 ^a	1,49	0,002
Proteína	31,3	31,33	31,47	0,66	0,843	34,14 ^a	30,17 ^b	29,79 ^b	0,66	<0.001
(g/kg)										
Lactosa (g/kg)	45,08	45,26	44,96	0,63	0,614	49,52 ^a	42,77 ^b	43,00 ^b	0,63	<0.001
pH	6,67	6,53	6,55	0,06	0,480	6,54 ^a	6,64 ^b	6,47 ^c	0,06	<0.001
NUL (mg/dl)	10,23	10,92	10,57	0,59	0,079	10,54	10,38	10,75	0,59	0,437

Tratamientos: T1 = 100% MSL, T2 = 50% MSL / 50% SFS y T3 = 75% MSL / 25% SFS. MSL: ensilado de maíz y SFS: ensilado de girasol. PE: Periodo experimental 1, 2 y 3. EEM: error estándar de la media para los tratamientos (T) y para los periodos experimentales (PE) *** P<0.001. Valores seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas según el test de Tukey.

El ensilado de maíz es rico en almidón, lo que favorece la producción de leche (Vicente *et al.*, 2017), a pesar de que el girasol es pobre en almidón, las semillas poseen un alto contenido de EE (Tan *et al.*, 2014) lo que pudo favorecer el aumento significativo (P<0.05) en la producción de leche en el T2 (11.64 kg/d) respecto a T1 (10.64 kg/d).

Diversos estudios han comprobado que la dieta modifica la composición de la leche, la respuesta ante la inclusión de distintos ensilados ha sido ampliamente estudiada (Vicente *et al.*, 2017; Gottardo *et al.*, 2017). Uno de los componentes de la leche más susceptibles a los cambios en la dieta y que además tiene un valor importante al evaluar la calidad de la leche es el contenido de grasa. Distintos trabajos demuestran que existe una correlación positiva entre la cantidad de proteína en la dieta y el contenido de grasa en la leche (Vicente *et al.*, 2017; Gottardo *et al.*, 2017), el ensilado de girasol tuvo un alto contenido de proteína a diferencia del ensilado de maíz, en la leche se observó un incremento significativo en la cantidad de grasa (P<0.05) entre tratamientos.

El contenido de NUL se ve afectado por la dieta y factores ambientales (Bonanno *et al.*, 2008); el incremento de proteína en la dieta produce un aumento en la cantidad de NUL

(Vicente *et al.* 2017), las diferencias de NUL entre tratamientos no son estadísticamente significativos ($P>0.05$). Barros *et al.* (2017) mencionan que valores de NUL entre 8-10 mg /DI son aceptables, estos valores no comprometen la salud y producción láctea (Summer *et al.*, 2005; Barros *et al.* 2017).

CONCLUSIONES

La sustitución del 50% del ensilado de maíz por ensilado de girasol rico en aceite mejoró la producción de leche y el contenido graso de la misma, revelándose como una posible opción en la alimentación de vacas lecheras en sistemas de producción de leche en pequeña escala.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su gratitud al agricultor que participó en este experimento, cuya privacidad es respetada al no revelar su nombre. Este trabajo se llevó a cabo gracias a la financiación de la Universidad Autónoma del Estado de México y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología – CONACYT.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amini-jabalkandi J, Pirmohammadi R, Razzagzadeh S. (2007) Effects of different levels of sunflower residue silage replacement with alfalfa hay on Azari male buffalo calves fattening performance. *Italian Journal Animal Science*, 6: 495-498.
- Anaya-Ortega JP, Garduño-Castro G, Espinoza-Ortega A, Rojo-Rubio R, Arriaga-Jordán CM. (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. (2005) Procedures for NDF, ADF, and in vitro Digestibility [Internet]. Ankom Technology Method: <http://www.ankom.com>
- Barros T, Quaassdorff MA, Aguerre MJ, Olmos Colmenero JJ, Bertics SJ, Crump PM, Wattiaux MA. (2017) Effects of dietary crude protein concentration on late-lactation dairy cow performance and indicators of nitrogen utilization. *Journal of Dairy Science*, 100: 5434–5448.
- Bonanno A, Todaro M, Di Grigoli A, Scatassa ML, Tornamé G, Alicata ML. (2008) Relationships between dietary factors and milk urea nitrogen level in goats grazing herbaceous pasture. *Italian Journal Animal Science*, 7(2): 219-235.

- Chaney, A.L. and Marbach, E.P., 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia, *Clinical Chemistry*, 8, 130-132.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2013) Milk and dairy products in human nutrition. Rome.
- Gottardo P, Penasa M, Righi F, Lopez-Villalobos N, Cassandro M, De Marchi M. (2017) Fatty acid composition of milk from Holstein-Friesian, Brown Swiss, Simmental and Alpine Grey cows predicted by mid-infrared spectroscopy. *Italian Journal Animal Science* 16 (39): 380-389.
- Khan NA, Cone JW, Fievez V, Hendriks WH. (2012) Causes of variation in fatty acid content and composition in grass and maize silages. *Animal Feed Science and Technology*, 174: 36-45.
- Mackle TR, Bryant AM, Petch SF, Hill JP y Auldish MJ. (1999) Nutritional Influences on the Composition of Milk from Cows of Different Protein Phenotypes in New Zealand. *Journal of Dairy Science*, 82:172-180.
- Official methods for analysis of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1990) Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Washington DC.
- Summer A, Mariani P, Bellotti M, Zecconi A, Sgorlon S, Stefano B. (2005) Influence of dietary starch contents on milk composition of Friesian cows in early lactation. *Italian Journal Animal Science*, 4(1): 35-47.
- Tan M, Yolcu H and Dumlu Gul Z. 2014. Nutritive Value of Sunflower Silages Ensiled with Corn or Alfalfa at Different Rate. *Tarim Bilimleri Dergisi*, 21:184-191.
- Vicente F, Santiago C, Jiménez-Calderón JD, Martínez-Fernández A. (2017) Capacity of milk composition to identify the feeding system used to feed dairy cows. *Journal of Dairy Research*, 84: 254-263.

EVALUATION OF SUNFLOWER SILAGE AND MAIZE SILAGE IN MILK PRODUCTION SYSTEMS IN SMALL SCALE IN THE HIGHLANDS OF CENTRAL MEXICO

Summary

The objective of this study was to evaluate the effect of the inclusion of sunflower silage (EGI) in combination with corn silage (EMz) on the productive response of dairy cows in the central highlands of Mexico. Three treatments were studied (T1 = 100% EMz, T2 = 50% EMz / 50% EGI and T3 = 75% EMz / 25% EGI) in cows of small scale milk production systems (SPLPE) that consumed 4.6 kg of DM of milk concentrate. Nine cows were used in a 3x3 Latin box, with periods of 14 days. Substitution of 50% of the dry matter of corn silage by sunflower silage increased significantly ($P < 0.001$) for milk production (mean 11.2 ± 2.9 kg / cow and day) and the amount of fat milk (mean fat 35.4 ± 5.1 g / kg, protein 31.4 ± 6.1 g / kg, lactose 45.1 ± 3.4 g / kg, pH 6.5 ± 0.16 and urea nitrogen in milk 10.5 ± 0.81 mg / dl). It is concluded that the addition of sunflower silage in dairy cows feeding can be a feeding alternative to favor the milk production and quality of the SPLPE.

Key words: Canned forages, feeding strategies, milk composition.

EL ENSILADO DE MAÍZ COMO OPCIÓN VIABLE PARA PRODUCTORES DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA

C.G. Martínez-García¹ M.G. Gutiérrez-Nicio¹, F. Prospero-Bernal¹, J.D. García-Villegas, C.M. Arriaga-Jordán¹

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Campus el Cerrillo. El Cerrillo Piedras Blancas, C.P. 50090, Toluca, Estado de México, México.
Correspondencia: cgmartinezg@uaemex.mx

Resumen

El objetivo del trabajo fue identificar factores que favorecen el uso de ensilado de maíz en productores de leche en pequeña escala con las menores dimensiones de su unidad de producción. Se aplicó un cuestionario a 48 productores que hacen uso de la innovación. Los productores participantes fueron divididos en tres grupos a partir de la variable número total de hectáreas. Para identificar diferencias entre grupos, con respecto a 13 variables numéricas, se realizó un ANOVA de una vía. Para las variables sin distribución normal, se utilizó un análisis de Kruskal Wallis. La utilidad, importancia y dificultad del uso de ensilado de maíz se midió a través de una escala de cinco puntos de tipo Likert. Los resultados indican que la intención de los productores para usar ensilado de maíz en su unidad de producción no está asociada a las características del productor y unidad de producción, pero sí con las ventajas de la innovación percibidas por el productor. Se concluye que los años de experiencia, conocimiento y manejo del ensilado de maíz, así como los beneficios inmediatos, son factores que favorecen la adopción de la innovación.

Palabras clave: adopción, innovación, utilidad, México.

INTRODUCCIÓN

En México los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE), representan el 78% de las unidades de producción. Una de las problemáticas que enfrentan es la baja adopción de innovaciones (Martínez-García *et al.*, 2016) que les permitan una mayor sustentabilidad económica, como es el ensilado de maíz (Fadul-Pacheco *et al.*, 2013). La baja adopción de esta innovación ha sido atribuida a la falta de recursos económicos, falta de maquinaria, conocimiento para su elaboración (García-Villegas *et al.*, 2016) y características de la unidad de producción, donde la disponibilidad de superficie juega un papel importante (García-Villegas *et al.*, 2016; Prospero-Bernal *et al.*, 2017). Sin embargo, se ha observado que productores de leche en pequeña escala con las menores

dimensiones de su unidad de producción hacen uso de ensilado de maíz. Por lo cual, el objetivo del trabajo fue identificar factores que favorecen el uso de ensilado de maíz en productores de leche a pequeña escala con las menores dimensiones de su unidad de producción.

MATERIAL Y MÉTODOS

Selección de productores y colección de datos

Se seleccionaron 48 productores de leche en pequeña escala del Municipio de Aculco, Estado de México, México, a partir de un muestreo no probabilístico por intención (Vogt y Burke, 2016). Los participantes fueron seleccionados, considerando dos criterios: a) productores que hicieran uso de ensilado de maíz, y b) productores con un tamaño de rebaño de 3 a 35 animales. Las entrevistas fueron realizadas en la casa de los productores durante su tiempo libre o durante el tiempo de ordeño de sus animales, durante los meses de febrero a abril de 2014.

Análisis de datos

La variable número total de hectáreas juega un papel importante para el uso y adopción de ensilados de maíz por productores de leche en pequeña escala (García-Villegas *et al.*, 2016; Prospero-Bernal *et al.*, 2017), por lo cual fue utilizada para crear una variable ficticia y clasificar a los productores participantes (n=48) en tres grupos a partir del uso de Cuartiles, donde el Cuartil 1=25% de las observaciones más bajas; Cuartil 2=50% de las observaciones intermedias y Cuartil 3=25% de las observaciones más altas (Bernués y Herrero, 2008). Por lo tanto, el Grupo 1 fue formado por productores que contaban de 1-2,9 hectáreas, el Grupo 2, de 3,0-6,9 hectáreas y el Grupo 3, de 7,0 a 24,0 hectáreas.

Se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (Field, 2013) a un grupo de 13 variables numéricas, cuatro que describen las características del productor y nueve que corresponden a la unidad de producción (Tabla 1). Para identificar diferencias entre grupos se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía, y para identificar diferencias de medias entre grupos, se realizó la prueba de Games-Howell (Field, 2013). Las diferencias se

consideraron significativas a $P < 0,05$. Por otra parte, se realizó un análisis no paramétrico de Kruskal Wallis (Field, 2013) para identificar diferencias entre grupos con las variables que indican si los productores cuentan con servicios de extensión, si han recibido asesoría técnica para la elaboración de ensilado de maíz y principal fuente de ingresos (Tabla 1).

La intención de los productores para usar ensilado de maíz en los próximos 12 meses, se midió a partir de una escala de cinco puntos de tipo Likert que va desde 1=Muy débil a 5=Muy fuerte (Bryman y Cramer, 2011). Así mismo, se midió la percepción del productor sobre la utilidad, importancia y dificultad del uso de ensilado de maíz a través de las siguientes escalas de cinco puntos de tipo Likert. La utilidad osciló en el rango desde 1=Nada útil a 5=Muy útil; la importancia desde 1=Nada útil a 5=Muy útil y la escala para medir la dificultad fue desde 1=Muy difícil a 5=Muy fácil. Para identificar si la intención de los productores para usar ensilado de maíz estaba asociada con las variables que describen al productor y a la unidad de producción; así como con la utilidad, importancia y dificultad, se realizó un análisis de correlaciones bi-variadas de Spearman (Field, 2013).

Para medir la influencia del precio de la semilla de maíz, disponibilidad de terreno, dinero, maquinaria y conocimiento para la elaboración del ensilado de maíz, se utilizó una escala de cuatro punto de tipo Likert (Bryman y Cramer, 2011) donde 1=No sabe, 2=No influye, 3=Poca influencia y 4= Mucha influencia. Se utilizó la mediana como medida de tendencia central para las variables que se midieron en una escala ordinal (Field, 2013). Los datos fueron analizados con el programa estadístico SPSS versión 24.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comparación de variables que describen al productor y unidad de producción

Trabajos previos (Bernués y Herrero, 2008; Martínez-García *et al.*, 2016) indican que los productores más jóvenes, con mayor escolaridad y experiencia en la producción de leche, presentan una mayor disponibilidad y apertura para la incorporación y adopción de nuevas innovaciones agropecuarias a su unidad de producción; sin embargo, en este estudio se observó lo contrario, ya que los productores de los tres grupos presentaron una edad, educación y años de experiencia semejante (Tabla 1), lo que indica que estas

variables no son una limitante para el uso de ensilado de maíz por pequeños productores de leche, incluso que pudieran ser iletrados (20% de los productores) o que solo cuenten con estudios de primaria, como se observó en el Grupo 1.

Tabla 1. Comparación de variables que describen al productor y unidad de producción

Variables	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	EEM ¹	P ²
	(n=14)	(n=21)	(n=13)		
Características del productor	Media	Media	Media		
Edad, años	47,4	47,6	48,8	5,094	0,966
Educación, años	5,4	7,6	7,5	1,256	0,224
Experiencia como productor, años	21,4	28,2	28,6	5,202	0,344
Experiencia usando ensilado de maíz, años	2,9 ^a	4,4 ^b	7,0 ^c	0,4386	<0,001
³ Servicios de extensión (si, % productores)	21,0	29,0	23,0	---	0,879
³ Asesoría para elaborar ensilado de maíz (si, % productores)	30,0	38,0	39,0	---	0,820
³ Principal fuente de ingreso (leche,% productores)	79,0	90,0	100,0	---	0,226
Características de la unidad de producción					
Número de integrantes por familia	3,8	4,5	4,3	0,476	0,283
Mano de obra familiar	2,0	2,0	2,1	0,509	0,990
Tamaño de rebaño, vacas	9,0 ^a	16,0 ^b	21,0 ^b	2,644	<0,002
Vacas en producción	6,5 ^a	9,2 ^b	12,7 ^b	2,076	<0,034
Producción por vaca por día, litros	15,8	15,6	19,0	2,335	0,226
Venta diaria de leche, litros	68,7 ^a	140,0 ^b	196,0 ^b	24,632	<0,002
⁴ Precio de leche por litro, (Euros)	0,27	0,29	0,29	0,1734	0,190
Total de hectáreas	1,3 ^a	4,6 ^b	13,0 ^c	0,2309	<0,001
Total de hectáreas sembradas con maíz	1,3 ^a	3,5 ^b	9,2 ^c	0,3066	<0,001

¹EEM = Error Estándar de la Media, ²P = Valor del Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía (P<0,05).

^{abc} = Letras diferentes indican diferencias entre grupos (P<0,05), prueba de Games-Howell.

³Variables analizadas con Kruskal Wallis (P<0,05), ⁴Precio Euro, 17,67 pesos mexicanos (año 2014)

Los productores del Grupo 1, presentaron la menor experiencia en el uso de ensilado de maíz; sin embargo, esta variable presentó una correlación positiva significativa (P<0,05) con la intención del productor, lo que sugiere que a mayor experiencia, mayor adopción y uso de ensilado de maíz por los productores con unidades de producción más pequeñas. Esto podría verse favorecido a través del apoyo e implementación de servicios de extensión, donde exista la participación tanto de organizaciones gubernamentales como

públicas (universidades) y productores, lo que permitiría el desarrollo de conocimiento, habilidades para la elaboración, conservación y manejo del ensilado de maíz.

Por otro lado, Daskalopolou y Pretrou (2002), indican que los recursos económicos que provienen de actividades externas a la unidad de producción, permiten la modernización e incorporación de nuevas innovaciones agropecuarias. En este estudio se observó que algunos productores de los Grupos 1 y 2 cuentan con otra fuente de ingreso, lo que les permite diversificar y complementar sus recursos económico para la manutención de la unidad familiares y de producción, permitiendo su posible inversión en la elaboración de ensilado de maíz. Así mismo, los productores que consideren a la producción de leche como la principal fuente de ingresos, favorecerá la adopción de ensilado de maíz, como fue observado en el Grupo 3 y por Martínez-García *et al.* (2015) en la adopción de innovaciones agropecuarias por sistemas de leche en pequeña escala.

Intención de los productores para usar ensilado de maíz

La falta de correlación entre la intención y las variables que describen al productor y unidad de producción, indica que el uso y adopción del ensilado de maíz no esta asociado únicamente a esas variables. Algunos estudios (Martínez-García *et al.*, 2013; Juárez-Morales *et al.*, 2017), indican que la intención de los productores para adoptar nuevas innovaciones esta basada principalmente en la percepción. En este estudio se observó que la utilidad (Grupo 3), la importancia (Grupos 1 y 2) y facilidad (Grupos 1,2 y 3) de la innovación en la unidad de producción, jugaron un papel importante en la decisión de los productores para la adopción de la innovación, lo que sugiere que la intención de los productores para hacer uso del ensilado de maíz está en función de los beneficios directos e inmediatos que el productor percibe de la innovación, como fue observado por Martínez-García *et al.* (2013) con el uso de praderas cultivadas y adopcion de tecnologías agricolas y pecuarias en sistemas de producción de leche en pequeña escala (Martínez Gacia *et al.*, 2016).

La intención de los productores no presentó correlación ($P>0,05$) con la dificultad del uso de la innovación; sin embargo, los productores de los tres grupos percibieron cierto grado de facilidad (Mediana 4) para el uso y su elaboración de ensilado de maíz en su

unidad de producción, lo cual podría atribuirse al conocimiento y experiencia sobre el manejo de la innovación. Rogers (2003) indica que los productores que están expuestos a la información y conocimiento sobre la utilidad y rentabilidad de las innovaciones, permite disminuir la incertidumbre y complejidad de su uso, lo que favorece su adopción. Se ha observado que la difusión de la información sobre el uso de nuevas innovaciones podría darse a partir del establecimiento de redes de comunicación entre productores, lo que permitiría una interacción dinámica que pudiera fomentar y favorecer cambios en el uso y manejo de nuevas innovaciones (Martínez-García *et al.*, 2015).

Factores que influyen en el uso de ensilado

La disponibilidad de superficie juega un papel importante en la adopción y uso de ensilado de maíz por productores de leche en pequeña escala (García-Villegas *et al.*, 2016; Prospero-Bernal *et al.*, 2017). A pesar de que los productores de los Grupos 1 y 2 indicaron que la disponibilidad de terreno tiene mucha influencia (Mediana 4) en el uso de ensilado de maíz, la variable número de hectareas no parece ser una limitante, ya que los resultados de la Tabla 1 indican que los productores con una superficie de tierra de 1,3 hectareas permite el uso de ensilado de maíz en su unidad de producción, como fue observado en el Grupo 1.

Otros factores que influyen en gran medida en la toma de decisiones de los productores de los tres grupos para hacer uso de la innovación, fueron: a) la disponibilidad de dinero, manifestando que es una innovación que demanda una fuerte inversión inicial; b) la disponibilidad de maquinaria, ya que la mayoría de los productores no cuenta con ella y la renta es costosa, y c) el conocimiento para la elaboración del ensilado, ya que en su ausencia se corre el riesgo de que una práctica incorrecta pueda echar a perder el forraje. Estos factores podrían considerarse como limitantes para el uso de la innovación.

CONCLUSIONES

Los factores que favorecen el uso de ensilado de maíz en los sistemas de producción de leche en pequeña escala, son los años de experiencia y conocimiento para la elaboración y manejo de la innovación, así como la percepción de los beneficios inmediatos que pueden

obtener del ensilado de maíz para su unidad de producción; siendo una innovación viable hasta para productores con seis vacas en producción, 1,3 hectáreas y con estudios de primaria o iletrados como se observó en el Grupo 1.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los productores por su participación en el estudio y a la Universidad Autónoma del Estado de México por el apoyo en la realización de la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernués A. y Herrero M. (2008) Farm intensification and drivers of technology adoption in mixed dairy-crop systems in Santa Cruz, Bolivia. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6(2), 279-293.
- Bryman A. y Cramer D. (2011) *Quantitative Data Analysis with IBM SPSS 17, 18 and 19, A Guide for Social Scientists*. Routledge, Taylor and Francis Group, London and New York.
- Daskalopoulou I. y Pretrou A. (2002) Utilising a farm typology to identify potential adopters of alternative farming activities in Greek agriculture. *Journal of Rural Studies*, 18(1), 95-103.
- Fadul-Pacheco L., Wattiaux M.A., Espinoza-Ortega A., Sanchez-Vera E. y Arriaga-Jordán C.M. (2013) Evaluation of sustainability of smallholder dairy production systems in the highland of Mexico during rainy season. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37(8), 882-901.
- Field A. (2013) *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics*. 4ª Ed. Great Britain: SAGE Publications.
- García-Villegas J.D., Arriaga-Jordán C.M., Sánchez-Vera E., Juárez-Morales M., Rayas-Amor A.A. y Martínez-García C.G. (2016) 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. En: Báez-Bernal M.D. et al. (eds) *Innovación sostenible en pastos: hacia una agricultura de respuesta al cambio climático*, pp. 259-264. Lugo, España: SEEP.
- Juárez-Morales M., Arriaga-Jordán C.M., Sánchez-Vera E., García-Villegas J.D., Rayas-Amor A.A., Rehman T., Dorward P. y Martínez-García C.G. (2017) Factores que influyen en el uso de praderas cultivadas para producción de leche en pequeña escala en el Altiplano Central Mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(3), 317-324.
- 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(2), 228-238.
- Martínez-García C.G., Janes-Ugoretz S., Arriaga-Jordán C.M. y Wattiaux M.A. (2015) Farm, household and farmer characteristics associated with changes in management practices and technology adoption among dairy smallholders. *Tropical Animal Health and Production*, 47(2), 311-316.

Martínez-García C.G, Dorward P. y Rehman T. (2016) Factors influencing adoption of crop and forage related and animal husbandry technologies by small-scale dairy farmers in Central Mexico. *Experimental Agriculture*, 52(1), 87-109.

Prospero-Bernal F., Martínez-García C.G., Olea-Pérez R., López-González F. y Arriaga-Jordán C.M. (2017) Intensive grazing and maize silage to enhance the sustainability of small-scale dairy systems in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 49(7), 1537-1544.

Rogers E. M. (2003) *Diffusion of innovations*. 5th edition New York; London: Free Press.

Vogt W.P. y Burke J.R. (2016) *Dictionary of statistics and methodology: a non-technical guide for the social sciences*. 5th ed. Sage publications. United States of America.

MAIZE SILAGE, A VIABLE OPTION FOR SMALL-SCALE DAIRY PRODUCERS

Summary

The aim of this research was to identify factors that favour the use of maize silage by small-scale dairy producers with the smallest farm dimensions. A questionnaire was applied to 48 farmers who are already engaged with the use of the innovation. The participant farmers were divided in three groups, considering the variable total number of hectares. To identify differences among groups regarding 13 variables, an analysis of ANOVA of one way was conducted. To analyse the variables without normal distribution, Kruskal Wallis was performed. The utility, importance and difficulty about the use of maize silage were measured through a Likert-type scale of five points. The findings suggest that farmers' intention to use maize silage in the farm was not associated with the farmers and farm characteristics; however the advantages of the innovation perceived by farmers played an important role. It is concluded that the experience, knowledge, management of the maize silage and immediate benefits are the factors that favour the adoption of the innovation.

Key words: adoption, innovation, usefulness, Mexico.

AVANCES EN LA TECNOLOGÍA NIRS Y SU APLICACIÓN AL ANÁLISIS DE ENSILADOS DE MAÍZ

S. Modroño Lozano, A. Soldado, A. Martínez-Fernández, B. de la Roza-Delgado

Área de Nutrición, Pastos y forrajes. SERIDA. Carretera de Oviedo s/n. 33300 Villaviciosa-Asturias.
Correspondencia: broza@serida.org

Resumen

La presente comunicación pretende mostrar de manera comparada los avances registrados en la tecnología NIRS para el control de calidad de ensilados de maíz. En este estudio se ha utilizado información espectral disponible en el área de Nutrición, Pastos y Forrajes del SERIDA desde el año 1992. Se han desarrollado modelos de calibración con los diferentes equipamientos NIRS y se ha puesto de manifiesto la viabilidad de la cuantificación de los parámetros nutritivos y fermentativos de los ensilados de maíz, “in-situ” y en tiempo real.

Palabras clave: Valor nutritivo, parámetros fermentativos, sensores NIRS

INTRODUCCIÓN

El avance y perfeccionamiento de la instrumentación de espectroscopía en el infrarrojo cercano (NIRS) ha ido evolucionando, existiendo en la actualidad una amplia variedad de equipos. Las modificaciones más relevantes están relacionadas con la mejora en la relación señal/ ruido, la precisión en la longitud de onda, la disponibilidad de diferentes sistemas de interacción de la radiación con la muestra, la existencia de gran variedad de accesorios, la mejora de los programas quimiométricos para la obtención y tratamiento de los espectros NIRS y la posibilidad de clonación entre diferentes instrumentos para la transferencia de ecuaciones o modelos quimiométricos entre ellos (Soldado *et al.*, 2013). Una alternativa a los tradicionales equipos de laboratorio, que hace viable la incorporación de la instrumentación NIRS para llevar a cabo análisis “in-situ”, tanto en la industria, en el campo o en las explotaciones ganaderas, es por un lado la inclusión dentro del equipamiento de sistemas ópticos sin partes móviles, la miniaturización, y el aislamiento que posibilite su uso “on-line”, incluso en condiciones agresivas (polvo, vibraciones, etc.). Estos equipos portátiles son dispositivos con una configuración versátil, de relativo bajo coste, sin partes móviles, compactos, robustos, ergonómicos, de tamaño reducido y ligeros (Modroño *et al.*, 2017).

Hasta la década de los 90 del siglo XX, la espectroscopía NIRS tuvo gran aceptación en laboratorios para el análisis de los constituyentes de calidad sobre forrajes

predesechados y molidos (Murray, 1993). Sin embargo, los avances comentados fomentaron la aplicación de la tecnología sobre material fresco, a pesar de que la exactitud de la predicción pueda, en ocasiones, ser menor que la obtenida sobre muestra desecada y molida (Park *et al.*, 2002). En esta línea Soldado *et al.* (2013) desarrollaron modelos de predicción NIRS sobre ensilados en estado húmedo en un equipo NIRS de laboratorio, que posteriormente fueron transferidos a un sensor portátil. El análisis con sensores portátiles hace viable la evaluación de la calidad nutritiva y fermentativa de los ensilados en la propia explotación en tiempo real, sin demoras en los resultados de valor nutritivo, derivadas de transporte hasta el laboratorio..

En la actualidad, la difícil situación de la ganadería, hace necesario que las explotaciones incrementen su competitividad y rentabilidad. Para ello son necesarios sistemas de aseguramiento de la calidad de los alimentos en la propia explotación y a nivel individual. Ello conlleva entre otros, un cambio radical en la estrategia de análisis y control de los alimentos encaminado hacia la ganadería de precisión. En este marco de actuación, en las ganaderías asturianas, tiene especial interés el control de calidad de los ensilados de maíz, puesto que es habitual la inclusión de maíz forrajero en rotación con un cultivo de invierno. El maíz permite obtener una alta producción en un solo corte, su ensilabilidad es muy buena y su contenido en almidón es de interés en nutrición tanto de vacuno lechero como de aptitud cárnica (Martínez-Fernández *et al.*, 2014).

El presente trabajo plantea analizar la evolución de los controles de calidad mediante el uso de la tecnología NIRS, que va desde el uso de un equipo de laboratorio específico para muestras previamente desecadas y molidas, pasando por otro equipo at-line, pero capaz de analizar muestras en su estado natural hasta llegar a los sensores NIRS portátiles, encuadrados en la definición de “Smart Sensors” para la predicción de parámetros nutritivos y/o fermentativos en ensilados de maíz en modo intacto y en la propia explotación en tiempo real.

MATERIAL Y MÉTODOS

Poblaciones, análisis NIRS y de referencia

En el año 1992 en el Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA) se comenzó el proceso de desarrollo de metodologías de análisis NIRS en ensilados de maíz desecados y molidos. Para ello el primer paso fue la construcción de bibliotecas espectrales, que incluyen los espectros de las muestras asociados con sus correspondientes análisis de referencia para los parámetros nutritivos y/o fermentativos de interés en el control de calidad de los alimentos. Posteriormente, en 2010 con la adquisición de un nuevo equipamiento NIRS de laboratorio se inició la recogida de espectros NIRS en modo intacto, sin desecación ni molienda previa. Más tarde, en 2011 con el avance de la tecnología y la incorporación de nuevos sensores portátiles en el SERIDA, se comenzó a crear una nueva base de datos para recabar toda la información espectral y sus correspondientes análisis de referencia. En la Tabla 1 se detallan el número de muestras/espectros de ensilados de maíz recogidos con cada uno de los instrumentos NIRS, así como las características más relevantes asociadas al modo de escaneo y la ventana de análisis NIRS.

La preparación de las muestras de ensilados de maíz para la recogida de su espectro NIR en el equipo Foss NIRSystem 5000 (desecado y molido), y su posterior análisis de laboratorio, consistió en una desecación a 60°C durante 24 horas seguido de una molienda a 0,75 mm.

En lo referente a los parámetros fermentativos, el pH se midió directamente en la muestra con un electrodo de penetración. Para el resto de parámetros fermentativos, se prensó una alícuota de la muestra de ensilado y sobre el jugo centrifugado y filtrado se determinó el nitrógeno amoniacal (NH₃) por destilación con óxido de magnesio. El ácido láctico y los ácidos grasos volátiles: acético, propiónico y butírico se determinaron por cromatografía líquida de alta resolución (columna Shodex Ropak KC-811) con detección UV.

Instrumentación

Instrumento 1 (FNS1): Foss NIRSystem 5000 monocromador (Foss NIRSystem, Silver Spring, MD, USA), dotado de módulo de rotación específico para muestras molidas y con un rango de 1100 to 2500 nm a 2 nm de intervalo.

Instrumento 2 (FNS2): Foss NIRSystem 6500 monocromador (Foss NIRSystem, Silver Spring, MD, USA), con módulo de transporte y con un rango de 400 to 2500 nm a 2 nm de intervalo.

Instrumento 3 (COR): On-site CORONA 45 VisNIR 1.7 (Carl Zeiss, Inc.) de array de diodos, con un rango de 400 a 1680 nm y un intervalo no constante que va desde 3,32 a 2,95 nm.

Instrumento 4 (PHAZIR): Polychromix PHAZIR™ (PhIR, Phazir 1624, Polychromix Inc., Wilmington, MA, USA) basado en la tecnología micro electromecánica MEMS (Microelectro-Mechanical-Systems). Recoge la información espectral en el rango comprendido 1.596-2.396 nm a intervalos no constantes que van desde 7,31 a 8,71 nm.

Tabla1. Espectros de muestras de ensilados de maíz recogidos en los diferentes equipamientos NIRS disponibles en el SERIDA.

	Equipamiento	N	Presentación de la muestra	Recogida del espectro/ tamaño de ventana
Laboratorio	Foss NIRSystem 5000	432	Desecada y molida / cápsula de cuarzo	Módulo de giro 2 espectros/muestra 11,04 cm ²
	Foss NIRSystem 6500	346	Intacto/ cápsula de cuarzo	Módulo de transporte 2 espectros/muestra 94 cm ²
Portátil	CORONA 45 VisNIR 1.7	116	Intacto/sobre la muestra	Estático 2 espectros/muestra 5 cm ²
	Polychromix PHAZIR™	97	Intacto/sobre la muestra	Estático 10 espectros/muestra 0,13 cm ²

Los modelos de calibración fueron desarrollados a partir de parámetros analíticos determinados por las técnicas de referencia habituales en alimentación animal (AOAC, 1984), excepto para el almidón (Soldado *et al.*, 2003).

Todos los espectros se recogieron como log (1/R) (R, Reflectancia). El tratamiento quimiométrico se realizó con el software WinISI II v. 1.50 para los equipos de Foss (Infrasoft International, Port Matilda, PA, USA, 2000), y con el software Unscrambler v. 9.8 (Camo Software Inc., Unscramble, 2008) para los portátiles.

Desarrollo de calibraciones NIRS

Las ecuaciones de calibración NIRS fueron desarrolladas mediante la regresión de mínimos cuadrados parciales (PLS: Partial Least Squares), con una transformación previa de los datos espectroscópicos mediante tratamiento de corrección de dispersión de la luz ó scatter (Standard Normal Variate con y sin Detrend) y diferentes tratamientos matemáticos en primera y segunda derivada (Shenk y Westerhaus, 1996). La elección de PLS como modelo de regresión se basa en la necesidad de evitar problemas de colinearidad, al trabajar con muchas bandas en el espectro que permiten la medida cuantitativa de un analito.

Para la evaluación de la precisión y exactitud de las ecuaciones se emplearon los siguientes estadísticos: errores estándar de los residuales obtenidos para las muestras de calibración (ETC) y de validación cruzada (ETVC) y los coeficientes de determinación para las etapas de calibración (R^2) y validación cruzada (r^2). Y el RPD que es la relación entre la desviación estándar de la población de calibración y el ETVC (Williams y Sobering, 1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Tablas 2 y 3 se resumen los valores medios y desviaciones estándar de los parámetros analizados por los métodos de referencia en las poblaciones utilizadas para desarrollar los diferentes modelos de calibración NIRS. Señalar que en el caso del análisis de muestras desecadas y molidas es inviable la cuantificación de los parámetros fermentativos, puesto que estos parámetros se determinan sobre la muestra fresca. Los modelos desarrollados para predecir las muestras desecadas y molidas están estimados directamente a partir de los parámetros nutritivos cuantificados sobre la muestra predeseada. Sin embargo, los modelos de calibrados con muestra fresca se han desarrollado a partir de los parámetros en base húmeda.

Los estadísticos ponen de manifiesto que la distribución poblacional en cuanto a valores promedio y desviación estándar se corresponden con la variabilidad existente en los ensilados de maíz de la cornisa cantábrica. En lo que respecta a las poblaciones de calibración con menor número de muestras (COR=116 y PHAZIR=97), la variabilidad

recogida para todos los parámetros en estudio es similar a la biblioteca espectral existente en los equipos de laboratorio con un número de muestras más elevado (FNS2=346).

Tabla 2. Rango, valor medio y desviación estándar de la composición químico bromatológica de la población de calibración en el equipo NIRS de análisis de muestra desecada y molida.

	%			
	Mslab	PB	FADLC	ALM
Rango	89,11-97,39	4,93-11,34	19,75-36,07	7,17-40,97
Promedio	93,65	7,77	25,63	27,93
DE	1,88	0,99	3,28	6,53

Mslab: Materia seca residual; PB: Proteína bruta; FADLC: Fibra Ácido Detergente Libre de Cenizas; ALM: Almidón; DE: Desviación Estándar

Tabla 3. Rango, valor medio y desviación estándar de la composición químico bromatológica de las poblaciones de calibración en los equipos NIRS de análisis de muestra en fresco.

		%					mg/100ml		
		Msfinal	PBF	FADLCF	ALMF	pH	NH ₃	LACT	ACET
FNS2	Rango	24,42-50,53	1,11-3,87	6,18-13,52	4,23-17,58	3,06-4,44	6,54-92,27	585-5787	52-2586
	Promedio	32,33	2,35	8,35	11,10	3,61	32,37	2456	858
	DE	3,87	0,33	0,93	2,33	0,19	11,62	775	436
COR	Rango	26,27-46,61	0,77-5,41	5,71-12,26	2,55-24,06	3,26-4,90	5,93-61,79	31-4681	60-2586
	Promedio	31,41	2,32	8,29	8,29	3,66	34,49	2634	964
	DE	4,60	0,44	1,01	1,01	0,21	11,45	857	497
PHAZIR	Rango	19,42-46,61	1,47-5,41	5,71-12,26	2,18-17,05	3,26-4,90	7,63-67,28	25-4530	198-2320
	Promedio	31,99	2,41	8,32	10,67	3,68	35,77	2690	970
	DE	4,47	0,49	0,96	2,83	0,22	12,3	890	460

Msfinal: Materia seca corregida por la materia seca residual; PBF: Proteína bruta sobre materia fresca; FADLCF: Fibra ácido detergente libre de cenizas en fresco; ALMF: Almidón sobre materia fresca; NH₃: Nitrógeno amoniacal; LACT: Ácido láctico; ACET: Ácido acético ; FNS2: Foss NIR System 6500; COR: NIR Zeiss Corona; PHAZIR: NIRS Phazir Polycromix

En la Tabla 4 se recogen los estadísticos de calibración y validación cruzada de las ecuaciones NIRS desarrolladas, en muestra desecada y molida, y en muestra natural. Se observa que la predicción de los parámetros nutritivos es buena tanto para los equipos de laboratorio como para los portátiles, con R² superiores a 0,80 para todos los equipamientos NIRS evaluados, y con valores de r² superiores a 0,77 para todos los equipamientos excepto

para el PHAZIR. Este hecho, puede estar relacionado con el menor tamaño de la ventana de escaneo del equipo, aunque para suplir esta carencia se recogieron 10 espectros por muestra frente a los dos que se recogen habitualmente en el resto de equipos.

Tabla 4. Parámetros estadísticos de calibración y validación cruzada de las ecuaciones NIRS desarrolladas

Parámetro	R ²	ETC	r ²	ETVC	RPD
FNS 1: Muestra desecada y molida					
Mslab (%)	0,84	0,76	0,80	0,85	2,2
PB (%)	0,91	0,31	0,87	0,36	2,8
FADLC (%)	0,92	0,96	0,87	1,17	2,8
ALM (%)	0,85	2,50	0,84	2,61	2,5
FNS 2: Muestra en estado natural					
Msfinal (%)	0,96	0,71	0,94	0,80	4,8
PBF (%)	0,88	0,09	0,82	0,12	2,9
FADLCF (%)	0,88	0,26	0,84	0,30	3,1
ALMF (%)	0,85	0,87	0,83	0,94	2,5
NH ₃ (g/100ml)	0,93	2,91	0,88	3,80	3,1
LACT (mg/100ml)	0,92	196	0,89	234	3,3
ACET (mg/100ml)	0,94	81	0,90	108	4,0
COR: Muestra en estado natural					
Msfinal (%)	0,92	1,55	0,83	2,23	2,1
PBF (%)	0,81	0,18	0,78	0,19	2,3
FADLCF (%)	0,86	0,48	0,84	0,51	2,0
ALMF (%)	0,89	1,09	0,77	1,56	0,6
NH ₃ (g/100ml)	0,85	5,95	0,74	7,83	1,5
LACT (mg/100ml)	0,81	455	0,67	588	1,5
ACET (mg/100ml)	0,60	388	0,46	440	1,1
PHAZIR: Muestra en estado natural					
Msfinal (%)	0,92	1,67	0,85	2,22	2,0
PBF (%)	0,88	0,18	0,77	0,24	2,1
FADLCF (%)	0,84	0,52	0,67	0,73	1,3
ALMF (%)	0,91	1,20	0,82	1,65	1,7
NH ₃ (g/100ml)	0,81	7,15	0,77	7,88	1,6
LACT (mg/100ml)	0,68	492	0,62	523	1,7
ACET (mg/100ml)	0,69	327	0,57	373	1,2

MS_{final}: Materia seca corregida por la materia seca residual; PB: Proteína bruta; FADLC: Fibra ácido detergente libre de cenizas; ALM: Almidón; F: sobre materia fresca; NH₃: Nitrógeno amoniacal; LACT: Ácido láctico; ACET: Ácido acético; R² y r²: Coeficiente de determinación de la calibración y de la validación cruzada; ETC y ETVC: Error típico de calibración y de validación cruzada; RPD= ETVC/DE

En lo que respecta a los parámetros fermentativos, cabe destacar que no fue posible obtener una buena ecuación de predicción de pH con ninguno de los equipamientos disponibles, esto podría estar relacionado con el estrecho rango de valores disponibles (3,06-4,44) que aportan poca variabilidad a la librería espectral. Los mejores resultados corresponden a los modelos desarrollados con el equipo de laboratorio, con coeficientes de determinación en torno a 0,9 tanto para calibración como para validación cruzada, y valores de RPD superiores a 3, lo que nos indica que las ecuaciones desarrolladas para NH₃, ácido láctico y ácido acético, son lo suficientemente robustas para ser utilizadas como buenos modelos de predicción cuantitativa en la rutina del laboratorio (Williams y Sobering, 1996).

Los estadísticos obtenidos ponen de manifiesto que el equipo COR es el que mejores resultados permite obtener para los parámetros fermentativos NH₃ y Ácido láctico ($R^2 > 0,8$). Para la predicción del ácido acético los valores de R^2 fueron 0,60 y 0,65 para COR y PHAZIR respectivamente.

CONCLUSIONES

La concordancia estadística de los resultados obtenidos entre un equipo NIRS de laboratorio y un equipo portátil, ha permitido dar el primer paso en la utilización de éstos últimos para la predicción de parámetros nutritivos y fermentativos en ensilados de maíz en fresco. La evaluación comparativa de los estadísticos de calibración y validación prioriza a los equipos de laboratorio frente a los portátiles. Sin embargo, la rapidez de respuesta y la posibilidad de incrementar el número de muestras analizadas permite mitigar las diferencias y equipara los resultados obtenidos con ambos equipamientos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. (1984) Official Methods of Analysis. Association of Official Agricultural Chemist. 14th ed.
- Martínez-Fernández A., Argamentería Gutiérrez A. y de la Roza Delgado B. (2014) Manejo de forrajes para ensilar. Principado de Asturias, Villaviciosa, Asturias (España): Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). 280 pp.

- Modroño S., Soldado A., Martínez-Fernández A., de la Roza-Delgado B. (2017) Handheld NIRS sensors for routine compound feed quality control: Real time analysis and field monitoring. *Talanta*, 162, 597-603.
- Murray, I. (1993). Forage analysis by near infra-red spectroscopy. En: Davies A., Baker R.D., Grant S.A. y Laidlaw A.S. (eds) *Sward measurement handbook*, pp. 155-177. Chichester, West Sussex, (UK). NIR Publications.
- Park, R.S., Agnew, R.E. y Kilpatrick, D.J. (2002). The effect of freezing and thawing on grass silage quality predictions based on near infrared reflectance spectroscopy. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 102, 151–167.
- Shenk J.S. y Westerhaus M.O. (1996). Calibration de ISI Way. En *Near Infrared Spectroscopy: the future waves*. Davies A.M.C., Williams P. (Eds.). NIR Publications, Chichester, West Sussex, UK, pp 198-202.
- Soldado, A., Fearn, T., Martínez-Fernández, A. y de la Roza-Delgado, B. (2013). The transfer of NIR calibrations for undried grass silage of two approaches. *Talanta*, 105, 8-14.
- Soldado A., Martínez O., Martínez A y De la Roza-Delgado B. (2003). Determinación rápida de almidón en ensilados de maíz mediante empleo del analizador bioquímico Ysi 2700 IZASA LAB, 1/03, 22- 23.
- Williams y Sobering (1996). How do we do it: a brief summary of the methods we use in developing near infrared calibrations. En *Near Infrared Spectroscopy: the future waves*. Davies A.M.C., Williams P. (Eds.). NIR Publications, Chichester, West Sussex, UK, pp 185-188.

ADVANCES IN NIRS TECHNOLOGY FOCUSED ON SILAGE MAIZE ANALYSIS

Summary

This work is focused on advances in NIRS technology related to the development of NIRS calibration models by using different NIRs instruments, going from laboratory to “*in-situ*” analysis. This NIRS instrumentation have been evaluated and compared for predicting nutritive and fermentative parameters on silage maize. The spectral library has been built with data from the Area of Nutrition, Grasslands and Forages (SERIDA) since 1992. Calibration models have been developed with the different NIRS instruments and the viability of the quantification of the parameters has been demonstrated for nutritive and fermentative analysis of maize silage, “*in-situ*” and in real time.

Key words: Nutritive value, fermentative parameters, NIRS sensors

EVALUACIÓN DE LA IDONEIDAD DE HÍBRIDOS DE MAÍZ CULTIVADOS EN GALICIA PARA LA OBTENCIÓN DE SÉMOLA UTILIZADA EN LA INDUSTRIA CERVECERA

M.J. Bande¹, J.L. Olmedo², P. Marti³ y D. Labraña¹

¹Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM), Instituto Galego de Calidade Alimentaria (INGACAL), Apartado 10, 15080 A Coruña (España). ²Departamento de I+D+i, Cosecha de Galicia S.L. ³Gerencia DACSA. mariabande@ciam.gal

Resumen

Se llevaron a cabo dos ensayos con un diseño alfa-látice 4x5 de tres repeticiones en dos ambientes diferentes de Galicia durante tres años consecutivos, para realizar la evaluación agronómica de 20 híbridos de maíz, y su rendimiento en molino y aptitud para producir sémola de maíz como adjunto cervecero. Se calculó un índice de selección y se analizaron el perfil de grano, el peso específico y el índice de flotación. Los resultados mostraron que las variedades más vítreas, óptimas para su molturación, son las que tienen un menor rendimiento agronómico. Se decidió que, los tres híbridos a ensayar en gran parcela con la finalidad de obtener grits para hacer pruebas de elaboración de cerveza serán: Mas 25T, SY Fanatic y SY Multipass.

Palabras clave: *Zea mays* L., grits, cerveza.

INTRODUCCIÓN

El grano de maíz destaca por su riqueza en almidón y, en menor medida, en grasas y proteínas. Por ello, constituye la materia básica para diversas industrias y cada porción del grano es aprovechada para obtener un gran número de productos.

Los adjuntos cerveceros “Grits” son ingredientes compuestos principalmente por hidratos de carbono no malteados, con características apropiadas que complementan de forma beneficiosa al principal ingrediente empleado en la fabricación de la cerveza, la malta a base de cebada. Proveen de azúcares, disminuyen el contenido de proteína para favorecer la estabilidad físicoquímica de la cerveza, y aportan características de sabor. Por lo que, al incorporarlos, se modifican las propiedades del mosto y se define el tipo de cerveza producida. Los adjuntos usados en mayor cantidad son aquellos derivados de los granos de maíz y arroz, a pesar de que los granos de cebada, trigo y sorgo también son usados a veces (Klimovitz, 2002; Stewart *et al.*, 2017). Las proporciones de uso de adjuntos varían entre el 10% y el 60%, sin embargo, en la industria cervecera adiciones de 20% a 40%

son las más usadas. En muchos casos, la cantidad de un adjunto está limitada por la habilidad de los sistemas naturales de enzimas disponibles para convertir el almidón en azúcares solubles (Klimovitz, 2002), y por la legislación de cada país, pues por ejemplo, la ley de pureza alemana establece que la cerveza solamente se debe elaborar a partir de agua, cebada malteada y lúpulo.

La producción de Grits de maíz para su uso en la industria cervecera, se lleva a cabo mediante la molturación por vía seca del maíz en grano. Las características principales exigidas por la industria cervecera, están recogidas en las especificaciones tipo que cada grupo cervecero establece con sus proveedores. No obstante, todas están basadas en las recomendaciones de la European Brewery Convention.

Entre las características más destacadas están: alcanzar niveles de humedad que permitan un coeficiente de actividad de agua en el producto suficientemente bajo para evitar la proliferación de microbios y/o bacterias (normalmente inferior al 15%, pero variable dependiendo de la norma (por ejemplo el Codex Stan fija el máximo en 15,5%)); contenido en materia grasa lo más bajo posible, siendo el 1% de grasa bruta el límite superior; distribución de tamaño de partícula entre 0,5 y 1,25 mm y rendimiento en extracto no inferior a 76%. Para alcanzar las especificaciones anteriores, de forma económicamente viable, es necesario que el maíz responda a unas características físicas mínimas y a ciertos criterios económicos, ligados tanto al rendimiento en el molino como al rendimiento agronómico de las variedades. Estos parámetros físicos están relacionados con la capacidad de desgerminación del maíz, y su transformación en sémolas aptas para el uso en la industria cervecera.

El objetivo de este trabajo fue la evaluación agronómica y aptitud para producir sémolas de maíz (grits cervecero) obtenidas mediante la molturación por vía semihúmeda, de 20 variedades de maíz adaptadas para el cultivo en Galicia, con la finalidad de conseguir una cerveza 100% gallega.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron dos ensayos durante tres años consecutivos con un diseño alfa-látice 4x5 de tres repeticiones en dos ambientes diferentes de Galicia: Mabegondo (A Coruña), zona costera de clima atlántico a 100 m de altitud, en condiciones de secano; y en A Pobra de Brollón (Lugo), zona interior de clima continental a 400 m de altitud, con cuatro riegos en momentos puntuales (4 semanas antes de la floración, 1 semana después de la floración, 3 semanas después de la floración y 7 semanas después de la floración); ambas pertenecientes al CIAM. Se escogieron 20 híbridos de maíz: 17 comerciales, dos híbridos del CIAM (Abegondo y WAMGAL) y una variedad autóctona del Banco de germoplasma del CIAM.

En los tres años, tras el análisis de los suelos, el laboreo y aplicación de 1500 kg ha⁻¹ de caliza, y los tratamientos fertilizantes: 1000 kg ha⁻¹ de 15-15-15 en fondo y 200 kg ha⁻¹ de nitramón 28% en cobertera, se sembraron los diferentes híbridos de maíz buscando una densidad de 75.000 plantas ha⁻¹. Las parcelas elementales consistían en cuatro líneas de 8,5 m de largo separadas 0,8 m. La siembra se realizó en Mabegondo el 12, 20 y 5 de mayo en 2015, 2016 y 2017 respectivamente y en A Pobra de Brollón el 14, 18 y 24 de mayo en 2015, 2016 y 2017 respectivamente, con una sembradora neumática de precisión WinterStrigen para parcelas experimentales. En pre-emergencia de maíz, se aplicó un tratamiento herbicida a base de dimetanamida (72%) y un insecticida con clorpirifos (48%). Una vez germinado el maíz, cuando las plantas tenían 6 hojas aproximadamente se aplicó, entre líneas, el herbicida a base de sulcotriona (30%) para el control de juncia y otras adventicias.

De las cuatro líneas de cada variedad se cosecharon las dos centrales desechando las extremas para evitar el efecto Xenia sobre la calidad y composición del grano, procurando que las plantas de cada híbrido fuesen polinizadas por su propio polen. Se utilizó una cosechadora de dos líneas “WinterStreiger Two-plot Maize Combine” que separa la mazorca del resto de la planta, y al mismo tiempo la desgrana separando el zuro del grano. Las cosechas tuvieron lugar en Mabegondo el 4, 9 y 9 de noviembre en 2015, 2016 y 2017 respectivamente, y en A Pobra de Brollón el 11, 14 y 15 de noviembre en 2015, 2016 y 2017

respectivamente. Una vez pesada la producción de grano de cada parcela, se tomó una muestra de aproximadamente 1,5 kg que se usó para determinar la humedad del grano mediante un humidímetro Burrows. A continuación, se secaron en estufa ventilada con renovación del 90% de aire forzado a 35° C durante 72 horas, comprobando que el contenido de agua en grano se redujo al 11-14% (DOUE, 2010). Posteriormente, se limpiaron las muestras en columna densimétrica con aire forzado y se envió una cantidad aproximada de 0,5 kg de cada una a DACSA (empresa productora de sémola de maíz para la industria cervecera), debidamente identificada, para el análisis de capacidad y calidad semolera. La muestra restante de cada variedad se guardó en las cámaras de conservación (2-4°C y 45-50% humedad) para los análisis de almidón y proteína del grano que se realizaron mediante NIRS, basándose en ecuaciones de predicción desarrolladas en el CIAM. Los datos se obtuvieron de dos muestras aleatorias de 100 g de grano seco de cada híbrido en cada ensayo, molidas y cribadas a través de una malla de 1 mm de diámetro, que sirvieron como repeticiones para el análisis estadístico.

Posteriormente se calculó un índice de selección (IndSel) (Campo y Moreno-González, 2008) para cada variedad expresando su rendimiento en porcentaje sobre la media del ensayo, ajustado mediante unas cantidades que se suman al porcentaje del rendimiento y que fueron obtenidas multiplicando por unos índices de corrección: 0,75 por la diferencia del porcentaje de humedad del híbrido y el de la media del ensayo, 0,75 por la diferencia del porcentaje de encamado del híbrido y el de la media del ensayo, y 0,5 por la diferencia de los días de floración femenina del híbrido y los de la media del ensayo. Un criterio similar al que se usa en la oficina española de variedades vegetales para estimar el valor agronómico de los híbridos comerciales enviados para Registro.

Las medias de las tablas 1 y 2, se obtuvieron con el programa PROC MIXED (Modelo Mixto) de SAS. En este caso, los parámetros considerados por DACSA para determinar el rendimiento en sémolas de maíz (trozos pelados, desgerminados y calibrados) para uso cervecero fueron: peso específico (P.E.) (kg/hl) con un límite no inferior a 76 y un óptimo mayor a 78, índice de flotación (I.F.) con un máximo del 30% y un óptimo menor a 10% y el

perfil de grano (P.G.) que es un índice que indica la forma y el tamaño del grano, con un límite no inferior al 60% y un óptimo mayor a 70% (Stewart, 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de campo de los ensayos de Mabegondo y A Pobra de Brollón de los tres años (medias) se presentan separadamente en las Tablas 1 y 2, respectivamente. El híbrido con un mejor rendimiento en campo, en ambos ambientes, fue el P0423 (Pioneer) con 13,92 t/ha en secano (Mabegondo) y 17,09 t/ha en regadío (A Pobra de Brollón). Los híbridos más precoces, coincidentes en los dos ambientes, con rendimientos equivalentes a la media de los ensayos con un nivel de confianza del 95% fueron: Sy Fanatic, Mas 25T, Dynamite y Sy Cooky.

Tabla 1. Medias del análisis de los ensayos con 20 híbridos de maíz para rendimiento de grano y otros caracteres, cultivados en Mabegondo en 2015, 2016 y 2017.

Híbrido	Casa Comercial	Ciclo	Rendimiento grano (t/ha)	Humedad grano (%)	Encamado (%)	FFEM t (d)	FMAS t (d)	IndSel	Proteína grano (%)	Almidón grano (%)
P0423	Pioneer	400	13,92	24,53	0,00	78,67	79,50	120,03	7,87	71,76
P0222	Pioneer	400	13,50	23,97	0,35	79,67	80,83	115,97	7,91	71,69
LG30.369	Limagrain	300	12,78	21,43	0,00	78,67	80,00	112,26	9,23	72,02
LG33.85	Limagrain	300	12,23	23,20	0,00	74,50	76,17	108,14	7,04	73,28
PR37K92	Pioneer	300	12,34	21,90	0,00	79,33	80,67	107,68	7,47	73,89
Mas 35K	Maisadour	380	11,98	21,80	1,42	74,00	75,67	106,16	7,29	73,96
Ordino	Fitó	300	12,14	23,97	0,34	77,67	78,50	104,94	6,75	71,98
SY Multipass	Syngenta	200	11,30	18,47	0,39	72,83	74,17	104,00	9,01	73,00
Abegondo	CIAM	300	12,00	26,33	0,00	75,17	77,33	103,42	8,08	72,83
Zamora	Fitó	290	11,85	23,40	0,00	77,33	75,50	103,21	9,83	72,58
WAMGAL	CIAM	300	11,77	25,90	2,08	75,00	76,67	100,23	10,54	69,48
Mas25T	Maisadour	250	10,72	19,10	0,32	72,17	73,50	98,77	8,17	71,96
SY Feeditop	Syngenta	200	10,60	18,07	0,00	72,67	74,00	98,47	7,11	72,68
SY Fanatic	Syngenta	200	10,53	18,87	0,00	71,67	73,00	97,75	8,79	70,15
Dynamite	Maisadour	220	10,36	19,33	0,00	70,17	73,00	96,65	8,25	72,80
Anjou456	Limagrain	400	11,20	23,43	0,65	78,33	80,33	96,44	7,39	73,10
SY Cooky	Syngenta	200	9,64	18,20	0,00	69,83	72,00	91,29	8,92	71,85
Atlas	Fitó	450	10,59	24,60	0,00	79,50	81,50	90,07	6,73	73,38
Aranga	CIAM	300	9,55	22,67	1,75	72,83	75,63	84,33	10,01	71,87
Scintilla	Fitó	200	6,81	22,80	0,00	75,00	77,83	60,19	12,68	70,54
Coefficiente de variación (%)			13,55	11,51	169,71	4,15	3,81		17,55	1,63
LSD (0,05)			0,84	1,39	0,34	1,71	1,60	6,78	0,81	0,64
Media del ensayo			11,29	22,10	0,37	75,25	76,79	100,00	8,45	72,24

Ciclo es el ciclo de maduración según la clasificación FAO.

FFEM (floración femenina) y FMAS (floración masculina) son los días transcurridos desde la siembra hasta la aparición de sedas (estigmas) y apertura del penacho, respectivamente.

IndSel es el índice de selección.

LSD (0,05) es la menor diferencia significativa entre dos variedades con probabilidad de error igual a 0,05.

A nivel de rendimiento, destacaron: P0423, P0222 y PR37K92 de Pioneer, y LG 30.369 y LG 33.85 de Limagrain, en los dos ambientes. El promedio del contenido en proteína fue de 8,45% con un coeficiente de variación (C.V.) del 17,6% en Mabegondo y de 8,87% con un C.V. del 19,3% en A Pobra. Coinciden en ambas localidades la variedad Atlas con el menor contenido en proteína y la Scintilla con el mayor. En cuanto al contenido en almidón, en Mabegondo el promedio fue del 72,24% y en A Pobra de 70,06% con un C.V. de 1,6% y 1,7%, respectivamente; lo que indica una gran uniformidad en todos los híbridos ensayados con un valor mínimo para la variedad Wamgal de 69,48% en Mabegondo y 67,42% en A Pobra y un máximo para el híbrido Mas 35K de 73,96% en Mabegondo y 71,88% en A Pobra.

Tabla 2. Medias del análisis de los ensayos con 20 híbridos de maíz para rendimiento de grano y otros caracteres, cultivados en A Pobra de Brollón en 2015, 2016 y 2017.

Híbrido	Casa Comercial	Ciclo	Rendimiento grano (t/ha)	Humedad grano (%)	Encamado (%)	FFEM t (d)	FMAS t (d)	IndSel	Proteína grano (%)	Almidón grano (%)
P0423	Pioneer	400	17,09	23,33	4,68	75,00	78,00	124,96	8,11	68,97
LG30.369	Limagrain	300	15,48	20,02	0,75	72,00	76,67	119,87	10,03	69,51
P0222	Pioneer	400	15,77	21,03	1,64	75,00	79,00	119,10	8,11	68,99
LG33.85	Limagrain	300	15,49	20,97	1,41	72,67	76,67	118,40	7,05	71,09
Mas 35K	Maisadour	380	15,38	19,90	5,65	72,33	76,67	115,37	7,39	71,88
PR37K92	Pioneer	300	15,13	19,67	5,31	72,67	76,67	113,77	7,86	71,64
SY Feeditop	Syngenta	200	14,38	18,93	0,35	72,00	76,67	112,77	7,18	70,29
Ordino	Fitó	400	14,94	20,13	4,71	75,67	78,33	110,95	6,90	69,40
Anjou456	Limagrain	400	13,74	21,87	1,32	76,67	79,67	102,73	7,45	71,00
Atlas	Fitó	450	13,66	21,60	1,28	79,00	82,00	101,20	6,76	71,63
Zamora	Fitó	290	13,21	22,20	1,73	72,67	87,00	100,21	10,41	69,59
Mas25T	Maisadour	250	12,44	19,67	2,67	70,67	75,67	96,65	8,26	69,27
SY Cooky	Syngenta	200	12,47	19,07	4,32	71,00	75,33	95,92	9,99	71,74
SY Multipass	Syngenta	200	13,66	19,53	19,60	72,00	76,33	92,51	9,64	70,52
WAMGAL	CIAM	300	13,21	24,63	10,09	73,00	77,33	91,95	11,62	67,42
Dynamite	Maisadour	220	11,99	19,43	6,12	71,33	75,33	90,55	9,00	70,34
SY Fanatic	Syngenta	200	11,35	19,53	2,63	71,33	75,67	88,31	10,02	70,21
Abegondo	CIAM	300	11,72	24,40	2,33	75,00	78,33	85,82	8,12	70,36
Scintilla	Fitó	200	9,95	22,57	1,39	74,00	77,67	75,18	13,01	68,19
Aranga	CIAM	300	6,72	23,10	10,34	74,33	77,33	43,77	10,43	69,21
Coefficiente de variación (%)			17,18	8,27	100,80	2,83	3,38		19,34	1,75
LSD (0,05)			1,26	0,95	2,44	1,14	1,44	10,08	0,94	0,67
Media del ensayo			13,39	21,08	4,42	73,42	77,82	100,00	8,87	70,06

Ciclo es el ciclo de maduración según la clasificación FAO.

FFEM (floración femenina) y FMAS (floración masculina) son los días transcurridos desde la siembra hasta la aparición de sedas (estigmas) y apertura del penacho, respectivamente.

IndSel es el índice de selección.

LSD (0,05) es la menor diferencia significativa entre dos variedades con probabilidad de error igual a 0,05.

Así mismo, destaca la existencia de dos híbridos que con resultados de rendimiento buenos (por encima de la media) son de ciclo corto y con una baja humedad en grano en la cosecha (por debajo de la media), que los convierte en idóneos para la región de Galicia tanto en zonas altas (A Pobra de Brollón) como en las zonas costeras (Mabegondo): Sy Feeditop y Sy Multipass de Syngenta.

Los resultados en cuanto al rendimiento en sémolas de maíz de los ensayos de Mabegondo y A Pobra de Brollón de los tres años se presentan separadamente en la Tabla 3.

En lo que respecta a la calidad de molturación, de acuerdo con los criterios establecidos como óptimos (P.E.>76, I.F.<30% y P.G.>60%), el TOP 10 de las variedades ensayadas para ambas localidades en cada parámetro fueron:

-Perfil de Grano: Aranga, Abegondo, PR37K92, Wamgal, Anjou 456, Mas 25T, SY Fanatic, SY Multipass, LG 33.85 y SY Feeditop.

-Índice Flotación: Scintilla, Dynamite, SY Cooky, Mas 25T, SY Feeditop, SY Multipass, SY Fanatic, Zamora, Wamgal y Aranga.

-Peso Específico (kg/hl): Scintilla, SY Cooky, Mas 25T, SY Multipass, SY Fanatic, Dynamite, SY Feeditop, LG 30.369, Anjou 456 y Aranga.

Según lo expuesto por Watson (1988) tanto el peso específico como la relación de molienda son indicadores de dureza de grano; en estos ensayos el híbrido Scintilla (en ambas localidades) mostró el mayor peso específico, aunque fue el peor comportamiento en cuanto a perfil del grano, sin embargo los valores de índice de flotación lo colocan en el mejor lugar.

Dado que las variedades más vítreas y por lo tanto óptimas para su molturación suelen ser las que presentan un menor rendimiento agronómico, se debe llegar a una solución de compromiso calidad/rendimiento en molino y características agronómicas. Es por ello, que la elección de las variedades a ensayar en gran parcela por las empresas

responsables del proyecto no se corresponde con las que cabría esperar por ser estadísticamente mejores.

Tabla 3. Resultados del análisis de los ensayos con 20 híbridos de maíz para el perfil de grano (P.G.), índice de flotación (I.F.) y peso específico (P.E.), cultivados en Mabegondo y A Pobra de Brollón en 2015, 2016 y 2017, ordenados según el criterio óptimo para P.G. en cada localidad.

Mabegondo				A Pobra de Brollón			
Híbrido	Perfil de Grano	Índice de Flotación	Peso Específico	Híbrido	Perfil de Grano	Índice de Flotación	Peso Específico
Aranga	90,24	14,10	77,01	Aranga	97,97	28,0	76,01
Abegondo	89,92	33,33	75,14	Abegondo	97,08	74,0	74,39
Anjou 456	83,80	21,90	76,31	Mas 25T	92,68	5,3	79,52
PR37K92	83,29	39,00	75,35	SY Feeditop	92,01	3,3	79,10
Wamgal	78,75	13,46	75,56	SY Fanatic	91,79	10,7	78,71
LG 33.85	76,39	61,33	73,68	Wamgal	90,78	19,3	75,38
SYMultipass	74,28	8,90	80,07	PR37K92	89,90	14,0	76,42
Atlas	74,10	52,90	74,83	SY Multipass	88,59	11,3	78,92
Mas 25T	73,57	7,57	79,59	Anjou 456	87,90	17,3	77,40
SY Fanatic	73,50	10,67	79,75	LG 33.85	82,41	48,7	75,33
Dynamite	70,60	6,47	79,22	Zamora	81,85	8,0	76,61
P 0423	67,33	37,23	76,30	Atlas	81,51	49,3	75,20
SY Feeditop	67,11	16,47	78,52	Dynamite	79,82	2,7	79,08
P 0222	66,95	28,87	76,30	P 0423	77,33	47,3	76,29
LG 30.369	65,23	30,47	76,90	SY Cooky	74,23	9,3	80,53
MAS 35K	63,67	74,23	72,66	Mas 35K	71,32	83,3	72,99
Zamora	54,23	21,57	76,49	P 0222	71,13	30,7	76,88
SY Cooky	48,98	4,12	80,85	LG 30.369	69,51	27,3	77,57
Ordino	41,33	28,23	74,91	Ordino	60,01	30,0	75,09
Scintilla	23,83	0,90	84,49	Scintilla	40,40	0,7	83,42
Media	68,36	25,59	77,20	Media	80,91	26,03	77,24
Óptimo	>70%	<10%	>78	Óptimo	>70%	<10%	>78

Los valores que cumplen los criterios para I.F. y P.E. aparecen en negrita.

CONCLUSIONES

Una vez analizados los resultados obtenidos en campo y la aptitud molinera, se decide que, los tres híbridos a ensayar en gran parcela para obtener grits para hacer pruebas de elaboración de cerveza 100% gallega serán: Mas 25T, SY Fanatic y SY Multipass.

AGRADECIMIENTOS

A Cosecha de Galicia S.L. por tener depositada su confianza en nosotros para llevar a cabo este proyecto y a DACSA por facilitarnos los resultados obtenidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Campo L. y Moreno-González J. (2008) Evaluación de la aptitud forrajera en ecotipos de maíz. En: Ávila C.M. *et al.* (eds). *Actas de Horticultura* Nº 51, pp. 175-176. Sevilla, España: IV Congreso de Mejora Genética de Plantas.
- Codex Stan 153-1985. Norma para el maíz. En: http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCODEX%2B2STAN%2B153-1985%252FCXS_153s.pdf
- Dominguez J. (2016) Los cereales – Ingredientes de la cerveza artesana (i). En: <http://www.uvaycebada.com/cervezas-artesanas/los-cereales-ingredientes-de-la-cerveza-artesana-i>
- DOUE (2010) Criterios mínimos de calidad. En: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2010-81468>
- Klimovitz R. (2002) El cervecero en la práctica. Asociación de maestros cerveceros de las Américas.
- SAS Institute (2000) SAS/Stat User's Guide, v.8.1, SAS Institute Inc., Cary, NC (EEUU).
- Stewart G.G., Russell I. y Anstruther A. (2017) Handbook of brewing. Third Edition, Food Science and Technology, Ed. Taylor and Francis Group, CRC Press, Boca Raton, London, New York, 777p.
- Watson S.A. (1988) Marketing, processing, and utilization. En: Sprague G.F. y Dudley J.W. (eds). *Corn and Corn Improvement, 3rd edition*, pp. 883-940. American Society of Agronomy, Madison.

SUITABILITY EVALUATION OF MAIZE HYBRIDS CULTIVATED IN GALICIA TO OBTAIN GRITS USED IN THE BEER INDUSTRY

Summary

Two trials were realized with a 4x5 alpha-lattice design with three repetitions in two different environments of Galicia for three consecutive years, to perform the agronomic evaluation of 20 corn hybrids, and their mill yield and ability to produce beer grits. A selection index was calculated and the grain profile, specific gravity and flotation index were analyzed. The results showed that the most vitreous varieties, optimal for grinding, are those that have a lower agronomic yield. We were decided that the three hybrids to be tested in a large plot in order to obtain grits for beer brewing tests will be: Mas 25T, SY Fanatic and SY Multipass.

Key words: *Zea mays* L., grits, beer.

EVALUACION DE GENOTIPOS PROMISORIOS DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) EN LOS ANDES CENTRALES DE PERU

J. Llacsá Mamani¹, L. R. Gómez Pando², A. Martínez Fernández³, C. A. Gómez Bravo¹,

¹Facultad de Zootecnia. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Perú)

²Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Perú)

³ Área de Nutrición, Pastos y Forrajes, SERIDA, Asturias (España)

Correspondencia: cagomez@lamolina.edu.pe

Resumen

El estudio se realizó en los andes centrales, en el departamento de Junín (Perú), con el objetivo de evaluar genotipos promisorios de cebada de doble propósito (mejora en ambos, grano y paja) cultivados en secano la campaña 2016-2017. Se trabajó con 25 mutantes de cebada generados por inducción a partir de la variedad comercial UNA La Molina 96. El diseño estadístico empleado fue un diseño de bloques completamente al azar con 25 genotipos de cebada y 3 repeticiones por genotipo. Las evaluaciones fueron de caracterización agronómica (plantas emergidas, altura de planta, número de hojas por tallo, números de espigas/m², número de granos por espiga, y peso de mil granos); rendimiento productivo (rendimiento de grano y paja expresado en kg/ha respectivamente) y valor nutritivo de la paja (Kg proteína/Ha, en paja la digestibilidad in vitro de materia orgánica y digestibilidad de fibra neutro detergente). A partir de los resultados, se seleccionaron a los mejores mutantes: UNALM 96 M6h-617 y UNALM 96 M6h-326, en base al mayor número de caracteres deseables.

Palabras claves: producción, valor nutritivo, mutante

INTRODUCCION

La cebada (*Hordeum vulgare*) forma parte del grupo de las cuatro principales especies de cereales a nivel mundial ocupando el cuarto lugar en importancia después del trigo, maíz y arroz (Waugh *et al.*, 2001). En el Perú la cebada tiene una apreciable aceptación, sobretodo en la región andina, por ser un cultivo rústico, de ciclo vegetativo corto, con capacidad de adaptación y de buen rendimiento en condiciones no muy favorables. Su rusticidad ha permitido su adaptación en la región andina del Perú, donde se siembran aproximadamente 150 000 has entre 2500 a 3500 m de altitud. En estas condiciones el agricultor peruano no tiene muchas opciones de cultivo por lo que la cebada es hoy un alimento importante y fuente de ingreso económico. Los rendimientos a nivel del agricultor

son bajos por lo que es necesario su mejoramiento genético. Además, se emplea en la ganadería, cosechándose para grano, mientras que, la paja se usa como forraje henificado o para pastoreo. El mejoramiento del cultivo de la cebada tiene como principal objetivo incrementar el rendimiento, precocidad, resistencia al encamado, resistencia a enfermedades y mejora de la calidad de la cebada (Poehlman, 1969). En la presente investigación, se trabajó con líneas mutantes desarrolladas a partir de semillas de la variedad UNA La Molina 96 irradiadas con rayos gamma, habiendo sido seleccionados en generaciones anteriores por haber manifestado caracteres diferentes al material parental y haberlas transferido a las progenies correspondientes, generación tras generación. Es así que se plantearon como objetivos la evaluación del comportamiento agronómico y la selección de 25 genotipos prometedores de cebada mejorados para doble propósito en los andes centrales.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación

La evaluación se realizó en el Instituto Regional de Desarrollo de Sierra de la Universidad Nacional Agraria La Molina, distrito de San Juan de Yanamuelo, departamento de Junín a una altitud 3,200 msnm; temperatura 8,6 °C y precipitación anual de 730 mm/año.

Material genético

Se utilizaron semillas botánicas de 25 líneas mutantes de cebada en generación M₈, desarrollada de la variedad comercial UNA La Molina 96, empleando irradiación gamma; con mutaciones morfológicas en la inflorescencia (Aldaba, 2013).

Conducción del experimento

(a) Antes de la rotura se realizó una limpieza del campo experimental, sacando los restos de la cosecha anterior. La aradura se hizo con tractor de arado de disco y luego la rastra para un mullido del terreno. (b) Fertilización: dosis recomendada, previo análisis de suelo, de 60-40-0 (N-P-K), 40 y 20 unidades de nitrógeno empleadas en la siembra y macollamiento respectivamente. (c) Siembra: se marcó la línea base de los surcos. La

parcela constó de cuatro surcos, con distancias entre ellos de 1 m y 3 m de largo por cada surco, en 4,2 m² de área neta por parcela. Se dividió los bloques y se trazó con yeso, la distancia entre surcos de 0,35 cm. La siembra fue a chorrillo, tapándose la semilla con zapapico de punta y pala ancha manualmente. (d) Control de vegetación espontánea con aplicación de herbicidas U-46 y 2,4-D a dosis de 0,5L/Ha preparado para 100 litros de caldo. (e) Cosecha: se realizó de manera manual y mecanizada con grano en estado dentado implicando momento de la cosecha y la humedad de cosecha comercial varió entre 12% a 14%. Se procedió a cortar con la hoz al ras de suelo las plantas y luego trillar con una trilladora estacionaria. (f) Limpieza final: después de trillar, los granos no están completamente limpios, existiendo impurezas, para ello se empleó un ventilador estacionario con un tamiz fino para eliminar material ligero. En las medidas agronómicas se consideró 10 plantas al azar por tratamiento utilizándose regla de madera, cinta métrica y una balanza analítica.

Evaluación de las pajas de cebada

La evaluación química de las pajas de cebada se realizó mediante determinación de la composición química siguiendo las normas técnicas de la AOAC (2005). Se obtuvo materia seca, materia orgánica, ceniza, proteína cruda y fibra neutro detergente. Para las pruebas de digestibilidad *in vitro* se utilizó la técnica de Tilley y Terry (1963) modificada por Van Soest *et al.* (1966) determinándose la digestibilidad *in vitro* de la materia seca, materia orgánica y fibra neutro detergente. Las muestras fueron incubadas con licor ruminal por 48 horas, ocurriendo la fermentación del alimento, realizada por los microorganismos ruminales. Esto permitió obtener valores de digestibilidad verdadera mediante la determinación de los constituyentes no digeridos de las paredes celulares.

Diseño experimental y análisis estadístico

Los datos se procesaron en Microsoft EXCEL 2013 y evaluados con el diseño de bloques completo al azar con 25 tratamientos (genotipos de cebada) y 3 repeticiones; utilizando el programa estadístico STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (SAS, 9.4) para el análisis de varianza y para la comparación de medias se realizó la prueba de significación de Tukey ($p < 0,05$).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta observada en el j-esimo bloque del i-esimo tratamiento.

μ = Promedio general

$i = 1, 2, \dots, 25$ es el efecto del tratamiento

$j = 1, 2, 3$ es el efecto de bloques

ϵ_{ijk} = Error experimental

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados principales se presentan en las tablas 1, 2 y 3 en el siguiente orden: caracterización agronómica, rendimiento productivo de la biomasa y valor nutritivo de la paja; reportándose del mayor a menor valor obtenido. La mayor cantidad de plantas emergidas la presentó la UNALM 96 M6h-329 y la menor la UNALM 96 M6h-617 con 305 y 182 plántulas respectivamente, no habiendo diferencias significativas, con un coeficiente de variabilidad (CV) de 26,5%; la altura de la planta para UNALM 96 M6h-615 y UNA 80 LINEA-525 fue de 99,2 cm la mayor y 81,4 cm la menor, respectivamente, donde el CV fue de 6,9%; el número de hojas por tallo para UNALM 96 M6h-295 y CENTENARIO fue de 5,87 el mayor y 5,17 el menor, respectivamente, existiendo diferencias significativas, con CV de 3,7%; el número de espigas/m² para la UNALM 96 M6h-617 y UNALM 96 M6h-609 fue de 214 y 95 espigas/m² respectivamente, donde el CV fue de 5,5%; el número de granos por espiga para UNALM 96 M6h-728 y UNALM 96 M6h-333 fue de 72,6 y 52,20 granos/espiga respectivamente, presentando diferencias significativas, con CV de 9,2%; el peso de mil granos para UNALM 96 y UNALM 96 M6h-326 fue de 53,8 g y 40,8 g observándose diferencias significativas, siendo su CV de 1,1%. Al momento de la cosecha se reportan valores de producción máxima y mínima, donde el rendimiento de grano fue UNALM 96 M6h-617 y UNALM 96 M6h-588 con 4884 kg/ha y 3204 kg/ha, respectivamente, manifestando diferencias significativas y su CV de 12,6%; el rendimiento de paja fue UNALM 96 M6h-615 y UNALM 96 M6h-329 con 12719 kg/ha y 5896 kg/ha, respectivamente, observándose diferencias significativas, con CV de 19,8% y la biomasa para la UNALM 96 M6h-615 y UNALM 96 M6h-329 con 16 587 kg/ha y 10 238 kg/ha,

Tabla 1. Promedio de altura de planta a los 60 días de la siembra, número de plántulas, cantidad de hojas por tallo, número de espigas por metro cuadrado, número de granos por espiga, peso de 1000 granos (g), días de espigado, maduración y altura de planta en cosecha, para 25 genotipos de cebada.

N°	GENOTIPO	Alt. (60 d) (cm)	Número Plántulas	Cantidad Hoja/Tallo	Cantidad Espig/m ²	Cantidad Grano/Esp.	Peso Mil Granos (g)	Días Espig	Días Maduración	Altura Cosecha (cm)				
1	UNALM 96 M6h-617	86,0	182	5,37	ab	214	a	70,3	ab	49,1	b	72	147	104
2	UNALM 96 M6h-748	90,0	203	5,60	ab	131	jkl	68,0	ab	46,9	cd	73	142	113
3	UNALM 96 M6h-615	99,0	264	5,60	ab	140	hijk	54,5	ab	45,9	de	69	137	110
4	UNALM 96 M6h-333	98,0	213	5,50	ab	119	klm	52,2	b	42,7	hi	72	138	113
5	UNALM 96 M6h-307	92,0	267	5,53	ab	168	defg	63,4	ab	45,7	def	73	138	113
6	UNALM 96 M6h-301	93,0	199	5,63	ab	137	ijk	60,8	ab	47,0	cd	71	138	104
7	UNALM 96 M6h-571	94,0	218	5,37	ab	142	ghijk	60,3	ab	44,0	gh	73	138	113
8	UNALM 96 M6h-728	93,0	232	5,23	ab	118	klm	72,6	a	42,2	ij	70	142	105
9	UNALM 96 M6h-306	89,0	272	5,50	ab	155	fghij	65,7	ab	44,2	fgh	73	138	113
10	UNALM 96 M6h-567	93,0	190	5,43	ab	107	lm	67,8	ab	47,8	bc	73	142	118
11	UNALM 96 M6h-326	95,0	232	5,43	ab	168	defg	59,8	ab	40,8	j	69	138	109
12	UNALM 96 M6h-609	88,0	260	5,50	ab	95	m	61,4	ab	45,3	efg	71	135	114
13	UNALM 96 M6h-604	99,0	213	5,50	ab	211	ab	64,8	ab	47,8	bc	66	140	116
14	UNALM 96 M6h-335	95,0	207	5,47	ab	141	ghijk	67,4	ab	41,1	j	73	140	119
15	UNALM 96 M6h-305	94,0	225	5,33	ab	196	abc	59,5	ab	41,0	j	71	140	114
16	UNALM 96 M6h-595	94,0	191	5,40	ab	133	jkl	62,2	ab	42,0	ij	69	137	110
17	UNALM 96 M6h-329	92,0	305	5,47	ab	185	bcde	57,5	ab	43,0	hi	73	135	113
18	UNALM 96 M6h-603	93,0	185	5,43	ab	171	cdef	68,2	ab	43,9	gh	73	138	110
19	UNALM 96 M6h-729	91,0	201	5,47	ab	194	abcd	65,2	ab	44,8	efg	69	142	111
20	UNALM 96 M6h-347	90,0	234	5,30	ab	188	abcde	64,2	ab	45,7	def	70	140	103
21	UNALM 96 M6h-588	92,0	223	5,53	ab	164	efghi	61,9	ab	45,7	def	70	142	116
22	UNALM 96 M6h-295	92,0	202	5,87	a	149	fghij	55,7	ab	42,7	hi	71	140	118
23	UNALM 96	95,0	261	5,63	ab	201	ab	61,9	ab	53,8	a	69	143	110
24	CENTENARIO	92,0	245	5,17	b	167	defgh	57,3	ab	48,9	b	71	137	114
25	UNA 80 LINEA 525	81,0	250	5,37	ab	137	ijk	61,2	ab	53,0	a	76	148	122

Letras iguales en la columna no presentan diferencias significativas según el test Tukey ($p < 0,05$).

respectivamente, existiendo diferencias significativas; asimismo la UNALM 96 M6h-615 y UNALM 96 M6h-329 con 322 kg/ha y 152 kg/ha de proteína en la paja respectivamente, existiendo diferencias significativas entre genotipos. Por lo tanto el porcentaje de proteína para la UNALM 96 M6h-347 y UNALM 96 M6h-748 fue de 3,0 % y 2,2% respectivamente; la digestibilidad in vitro de materia orgánica de UNALM 96 M6h-305 y UNALM 96 M6h-306

fue de 34,2% y 27,5% de DIVMO respectivamente; la digestibilidad de fibra neutro detergente para UNALM 96 M6h-595 y UNALM 96 M6h-728 fue de 79,2% y 73,1% respectivamente.

Tabla 2. Promedio de rendimientos de grano (kg/ha), paja (kg/ha), biomasa (kg/ha) y la cantidad de proteína por hectárea de la paja (kg/ha) para 25 genotipos de cebadas.

N°	GENOTIPOS	Rendimiento Grano (kg/ha)	Rendimiento Paja (kg/ha)	Rendimiento Biomasa kg (ha)	Rendimiento Proteína paja (kg/ha)
1	UNALM 96 M6h-617	4884 a	10354 ab	15238 ab	270 ab
2	UNALM 96 M6h-748	4573 ab	8840 ab	13413 ab	196 ab
3	UNALM 96 M6h-615	3868 ab	12719 a	16587 a	322 a
4	UNALM 96 M6h-333	4194 ab	10092 ab	14286 ab	255 ab
5	UNALM 96 M6h-307	3972 ab	9837 ab	13810 ab	231 ab
6	UNALM 96 M6h-301	4260 ab	8756 ab	13016 ab	214 ab
7	UNALM 96 M6h-571	3926 ab	8772 ab	12698 ab	222 ab
8	UNALM 96 M6h-728	4452 ab	8643 ab	13095 ab	238 ab
9	UNALM 96 M6h-306	3915 ab	9021 ab	12936 ab	235 ab
10	UNALM 96 M6h-567	3503 ab	10545 ab	14048 ab	298 ab
11	UNALM 96 M6h-326	4534 ab	9990 ab	14524 ab	261 ab
12	UNALM 96 M6h-609	3727 ab	9051 ab	12778 ab	261 ab
13	UNALM 96 M6h-604	3889 ab	11190 ab	15079 ab	273 ab
14	UNALM 96 M6h-335	3452 ab	8374 ab	11825 ab	223 ab
15	UNALM 96 M6h-305	4211 ab	7932 ab	12143 ab	208 ab
16	UNALM 96 M6h-595	4341 ab	7564 ab	11905 ab	191 ab
17	UNALM 96 M6h-329	4342 ab	5896 b	10238 b	152 b
18	UNALM 96 M6h-603	4250 ab	7496 ab	11746 ab	183 ab
19	UNALM 96 M6h-729	4552 ab	7115 ab	11667 ab	196 ab
20	UNALM 96 M6h-347	3791 ab	8352 ab	12143 ab	247 ab
21	UNALM 96 M6h-588	3204 b	10844 ab	14048 ab	265 ab
22	UNALM 96 M6h-295	4366 ab	8571 ab	12936 ab	201 ab
23	UNALM 96	4333 ab	8206 ab	12540 ab	204 ab
24	CENTENARIO	4660 ab	8436 ab	13095 ab	202 ab
25	UNA 80 LINEA 525	4798 ab	9170 ab	13968 ab	224 ab

Letras iguales en la columna no presentan diferencias significativas según el test Tukey ($p < 0,05$)

Tabla 3. Digestibilidad *in vitro* y Composición química (%) en base seca de paja de cebada en 25 genotipos.

N°	GENOTIPOS	Proteína cruda de		Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia		Fibra neutro		Ceniza (%)	
		(%)		orgánica (%)		detergente (%)			
1	UNALM 96 M6h-617	2,6	bcde	32,2	ab	76,4	abcd	4,9	abcdef
2	UNALM 96 M6h-748	2,2	f	29,7	ab	76,3	abcd	4,4	ijk
3	UNALM 96 M6h-615	2,5	cdef	30,6	ab	77,4	abc	5,2	a
4	UNALM 96 M6h-333	2,5	cdef	31,1	ab	75,9	abcd	4,9	abcdef
5	UNALM 96 M6h-307	2,4	ef	28,7	ab	78,2	ab	5,0	abcde
6	UNALM 96 M6h-301	2,4	def	29,2	ab	77,2	abcd	5,1	abc
7	UNALM 96 M6h-571	2,5	def	27,7	b	77,4	abc	4,6	ghij
8	UNALM 96 M6h-728	2,8	abcd	30,1	ab	73,1	d	5,1	abc
9	UNALM 96 M6h-306	2,6	bcde	27,5	b	75,0	bcd	4,9	bcdefg
10	UNALM 96 M6h-567	2,8	abc	28,6	ab	73,9	cd	5,0	abcde
11	UNALM 96 M6h-326	2,6	bcde	30,4	ab	76,9	abcd	4,8	defgh
12	UNALM 96 M6h-609	2,9	ab	27,8	ab	76,2	abcd	5,1	abcd
13	UNALM 96 M6h-604	2,4	def	28,3	ab	77,7	abc	4,9	cdefgh
14	UNALM 96 M6h-335	2,7	abcde	31,2	ab	76,4	abcd	4,9	abcdef
15	UNALM 96 M6h-305	2,6	bcde	34,2	a	75,0	bcd	4,9	abcdef
16	UNALM 96 M6h-595	2,5	def	30,2	ab	79,2	a	4,2	k
17	UNALM 96 M6h-329	2,6	bcde	28,6	ab	75,8	abcd	4,5	ijk
18	UNALM 96 M6h-603	2,4	def	31,6	ab	77,3	abc	4,6	hij
19	UNALM 96 M6h-729	2,8	abcd	29,3	ab	78,2	ab	4,9	abcdef
20	UNALM 96 M6h-347	3,0	a	31,8	ab	74,9	bcd	5,1	ab
21	UNALM 96 M6h-588	2,4	def	30,2	ab	75,7	abcd	4,7	efghi
22	UNALM 96 M6h-295	2,4	ef	31,4	ab	77,3	abc	4,8	defgh
23	UNALM 96	2,5	def	33,4	ab	78,2	ab	4,4	jk
24	CENTENARIO	2,4	ef	32,0	ab	77,3	abc	4,7	efghi
25	UNA 80 LINEA 525	2,4	def	30,6	ab	75,8	abcd	4,6	ghij

Letras iguales en la columna no presentan diferencias significativas según el test Tukey ($p < 0,05$)

CONCLUSIONES

Los genotipos con el mayor número de caracteres deseables fueron los siguientes: UNALM 96 M6h-617 y UNALM 96 M6h-326, coincidiendo tanto en cantidad de espiga/m², rendimiento de grano y rendimiento de proteína en paja. Los genotipos; UNALM 96 M6h-347, UNALM 96 M6h-595 y UNALM 96 M6h-305 tuvieron mejores valores para calidad nutricional de la paja.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldaba G. (2013) Identificación de línea mutante de cebada (*Hordeum vulgare L.*) con valor agronómico y calidad de una población M₈ de la variedad UNA – La Molina 96 desarrollada con irradiación gamma. Tesis para optar título de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- AOAC (Association of Official Agricultural Chemists). (2005) Official Methods of Analysis. Washington DC, USA. Dumas method (990.03).
- Poehlman J.M. (1969) *Mejoramiento Genético de las Cosechas*. Mexico DF, Mexico: Editorial Limusa-Wiley S.A..
- Tilley J.M. y Terry R.A. (1963) A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *The Journal of the British Grassland Society*, 18: 104-111.
- Van Soest, P.J., Wine R.H. y Moore L.A. (1966) Estimation of the true digestibility of forages by the in vitro digestion of cell walls. *Proceedings of the 10th International Grassland Congress*.
- Waugh R., Ramsay L., Macaulay M., McLean K., Thomas W., Ellis R., Swanston S., Russell J., Cardle L., Harrower B., Hedley P., Powlell W. y Machray G. (1999) Identification and Improvement of Components of Barley Malting Quality. *Proceedings of the 9th Australian Barley Technical Symposium*.

EVALUATION OF PROMISING GENOTYPES OF BARLEY (*Hordeum vulgare*) IN THE CENTRAL HIGHLANDS OF PERU

Summary

The study was carried out in the central Andes, located in Junín (Peru). The aim of the research was to evaluate promising genotypes of barley. For this, it was tested 25 barley mutants in M8 generation originated by induced mutation from the commercial variety UNA La Molina 96. The statistical design used was a randomized complete block design with 25 genotypes of barley with 3 replicates. The agronomic evaluations included emergent plants, plant height, number of leaves per stem, number of spikes/m², number of grains per spike and weight of a thousand grains) also for biomass production (grain and straw yield expressed in kg/ha respectively) and browse nutritive value (protein kg/ha In vitro digestibility of organic matter and neutral detergent fiber digestibility). From the results, the best mutants were UNALM 96 M6h-617 and UNALM 96 M6h-326, based on the greater number of desirable characters.

Keywords: Production, nutritive value, mutants

EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y NUTRITIVA DE DIFERENTES GENOTIPOS DE TRITICALE PARA PIENSO

M.J. Poblaciones, D. Reynolds, N. Pinheiro, A. Rivera-Martín, T. García-White, S. Rodrigo, O. Santamaría

Dpto. de Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal. Escuela de Ingenierías Agrarias. 06007 Badajoz (España).

Correspondencia: majops@unex.es

Resumen

El triticale es un cereal creado por el hombre para aunar la rusticidad del centeno con la calidad del trigo, siendo prácticamente su única utilización la alimentación animal gracias, entre otras características a su mayor contenido en nutrientes. Aunque la mejora genética se ha esforzado tradicionalmente en la selección de líneas en base a su comportamiento agronómico, desde el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias y Veterinarias (INIAV) portugués se está desarrollando un programa de mejora dando además mucha importancia al contenido nutricional. Con este objetivo se ha desarrollado este trabajo en el que se evalúan 5 genotipos pertenecientes a líneas avanzadas del programa de mejora genética del INIAV. Se observó como los triticales estudiados presentaron gran variabilidad en cuanto al rendimiento, peso de los 1 000 granos, peso hectólitro y proteína, destacando INIAV-1 e INIAV-2 con los mejores resultados. En cuanto a los nutrientes, mientras que el Ca no varió entre los genotipos estudiados, el Fe, el Mg y el Zn sí que lo hicieron, destacando a su vez INIAV-1 e INIAV-2, con más de 40, 1,5 y 25 mg kg⁻¹, respectivamente, por tanto son los genotipos más a tener en cuenta para su inclusión en futuros programas de selección.

Palabras clave: *Triticosecale*, proteína bruta, rendimiento en grano, calidad nutritiva, minerales

INTRODUCCIÓN

El triticale (*x Triticosecale* Wittmack) es un cereal obtenido artificialmente por el hombre mediante la hibridación del trigo (*Triticum* spp.) y el centeno (*Secale cereale*) con el fin de aunar las mejores características del trigo: elevada producción, alto índice de cosecha y gran número de granos por espiga, con las del centeno: rusticidad, resistencia al frío y a la sequía, adaptación a suelos ácidos, resistencia a enfermedades, mayor contenido en lisina del grano, gran cantidad de biomasa y rendimientos estables (Llera, 2002).

Puede tener diversos aprovechamientos, tanto para alimentación humana como para alimentación animal, en la que puede utilizarse como forraje, como cultivo de doble aptitud y como grano (Royo *et al.*, 1993). Gracias a la mejora genética las variedades modernas han

mejorado muchos de los inconvenientes que presentaban, principalmente un rendimiento variable y granos livianos y arrugados, consiguiendo un alto rendimiento con un grano más voluminoso y de mayor peso que las variedades antiguas, mejorando mucho su aceptación entre los agricultores (Peña, 2004). En cuanto a su calidad tienen una concentración proteica mayor que la de otros cereales, son fácilmente digeribles, tienen valores energéticos y contenidos minerales algo superiores a los del trigo (NRC, 2000; Gursoy y Yilmaz, 2002).

Por todas sus bondades, el triticale se ha convertido en una alternativa de producción, especialmente como grano para concentrados, compitiendo con éxito por precio y calidad con la cebada (*Hordeum vulgare* L.) y el maíz (*Zea mays* L.) (Royo *et al.*, 1993). Es cultivado en todos los continentes, aunque es en Europa donde se produce el 89,9% de la producción (FAOSTAT, 2017). En España ha experimentado un continuo ascenso, debido principalmente al desacoplamiento parcial de las ayudas de la Política Agraria Común (PAC), que motivó la disminución de la superficie dedicada al trigo duro en la zona sur llegando en 2017 a 215 700 las hectáreas sembradas, estando unas 16 000 ha en Extremadura (MAPAMA, 2017).

Por tanto, debido a la importancia del triticale y a los esfuerzos realizados en su mejora genética, este ensayo pretende evaluar el comportamiento agronómico y la calidad nutricional de cinco genotipos con el objetivo de seleccionar aquella/s línea/s más acordes para la obtención de grano para alimentación animal enfocando su selección en la acumulación de nutrientes esenciales, concretamente en calcio (Ca), hierro (Fe), magnesio (Mg) y zinc (Zn) en grano.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo de campo fue realizado en la finca “Herdade da Comenda”, terrenos pertenecientes al Instituto Nacional de InvestigaçãO Agrária e Veterinária (INIAV) situado en Elvas, Portugal (a 10 km de Badajoz), con clima Mediterráneo subtropical y tipo de suelo Luvisol. El suelo sobre el que se desarrolló el ensayo es de textura franco-arenosa, pH neutro, con contenido bajo en materia orgánica (1,2 g kg⁻¹), fósforo (4,9 mg kg⁻¹) y potasio

asimilable (258 mg kg^{-1}), y valores muy bajos en sodio intercambiable ($0,26 \text{ cmol kg}^{-1}$) y ligeramente deficientes según Cakmak (2008) en zinc-DTPA ($0,5 \text{ mg kg}^{-1}$). Sin embargo, se determinaron contenidos normales en nitrógeno total ($0,2 \%$) y calcio intercambiable ($12,2 \text{ cmol kg}^{-1}$) y un contenido muy alto en magnesio intercambiable ($5,5 \text{ cmol kg}^{-1}$).

El año agrícola de estudio (2016-2017) fue muy similar en cuanto a las temperaturas con respecto a la media de los últimos 30 años. Sin embargo, en cuanto a las precipitaciones, con 438 mm , fue un año algo seco si lo comparamos con la media de los últimos 30 años (477 mm), especialmente en otoño e invierno, reduciéndose en aproximadamente un 22% . En los meses de abril y mayo, meses muy importantes para el llenado del grano, las precipitaciones fueron, con 108 mm , normales lo que facilitó un correcto llenado. Se siguió un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, con parcelas elementales de $4,2 \text{ m}^2$ ($3,5 \times 1,2 \text{ m}$), siendo el número total de parcelas de 15. Los genotipos estudiados consistieron en cinco líneas avanzadas de triticale obtenidas en el programa de mejora genética, aún en estudio por el INIAV portugués (Tabla 1).

Tabla 1. Genealogía del germoplasma utilizado y su código correspondiente.

Código	Genealogía
INIAV-1	Yogui/Tapir//2*Faras/3/Erizo/Yogui/Asad
INIAV-2	Dahbi/6TA876/6TB164/PND-T/RHM
INIAV-3	Dahbi/3/Ardila/Topo/Erizo
INIAV-4	Alpaca/3/Zebra/Civet/Uron
INIAV-5	Presto/ Tesmo/Musx603/Ardila

La siembra de las parcelas se efectuó a finales de noviembre de 2016 con una sembradora de ensayos modelo Plotman de 6 surcos a 20 cm con una dosis de siembra de $350 \text{ semillas m}^{-2}$, dejando pasillos entre las parcelas elementales de 20 cm . Antes de la implantación del cultivo se realizó un abonado de fondo N-P-K (8-15-15) a una dosis de 200 kg ha^{-1} en todas las parcelas del ensayo. Además se hizo una aplicación el 25 de febrero de abonado en cobertera, usando 250 kg ha^{-1} de un compuesto formado por $27\% \text{ N}$. En el estado de grano maduro, a finales de junio, se cosechó la parcela completa con una

cosechadora de ensayos Nurserymaster Elite Plot (Wintersteiger, Austria) de barra de corte de 1,5 m de ancho.

Con la finalidad de definir el valor agronómico y la calidad de cada una de las muestras, se realizaron las siguientes determinaciones: rendimiento del grano (kg ha^{-1}) mediante la cosecha de la totalidad de cada parcela unitaria; peso de los 1000 granos (g) utilizando un contador fotoeléctrico de granos de la firma *Sadkiewicz instruments* modelo *Seed Counter* y una balanza de precisión; peso hectólitro (kg Hl^{-1}) utilizando un citómetro electrónico tipo Kern; contenido de proteína del grano por el método Kjeldhal y multiplicando el porcentaje de nitrógeno en el grano por el factor de conversión 5,83; contenido en fibra neutro detergente (FND) (%) utilizando el analizador de fibra ANKOM 8-98 y la metodología oficial (AOAC, 2005); porcentaje de cenizas (%) mediante horno mufla (AOAC, 2005). Para la determinación de la concentración de Ca, Fe, Mg y Zn en grano se realizó la digestión ácida siguiendo el método propuesto por Zhao *et al.* (1994) en vaso cerrado asistida por microondas (Mars X, CEM Corp, Matthews, EEUU). Las concentraciones totales de los nutrientes en los digeridos fueron determinadas utilizando un espectroscopio de masas con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS) (Agilent Technologies, Santa Clara, EE.UU.) operando en modo gas hidrógeno. Todos los resultados se mostraron haciendo referencia al contenido en materia seca.

Para determinar las diferencias entre los genotipos estudiados los resultados fueron sometidos a un análisis de la varianza (ANOVA) de una vía mediante el paquete estadístico STATISTIX 8.0 (Analytical Software, Tallahassee, 2008). El tratamiento de las medias se realizó utilizando el test de Fisher de mínima diferencia significativa (MDS) a $P \leq 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se muestra como la variabilidad genética influyó en numerosos de los parámetros estudiados, tanto agronómicos, rendimiento del grano, peso de los 1 000 granos, como de calidad (proteína del grano) y nutritivos (Fe, Mg y Zn).

Analizando los valores obtenidos por cada genotipo para el rendimiento en grano observamos como los triticales INIAV-2 e INIAV-5 destacaron con los mayores

rendimientos, superiores a los 4 500 kg ha⁻¹ (aunque sólo significativamente mayores que INIAV-4) (Tabla 3). Estos rendimientos son superiores a los publicados por el GENVCE (2016) a nivel nacional, que rondan los 3400 kg ha⁻¹, aunque similares a los obtenidos por Llera *et al.* (1999) y Llera y Cruz (2014) realizados en la campiña norte de Badajoz (Guadajira) con valores entre 3471 y 4283 kg ha⁻¹ correspondiéndose el rendimiento más alto en un año parecido al año de estudio, poniendo de manifiesto que el factor climático de mayor relevancia para la estimación del rendimiento en el cultivo de triticale era la temperatura. En cuanto al peso de los 1000 granos y teniendo en cuenta un valor medio según GENVCE (2016) de 49,0 g, sólo el triticale INIAV-2, con 49,1 g superó este valor, aunque no hubo diferencias significativas con INIAV-3 siendo el valor obtenido por éste (46,8 g) inferior al del GENVCE. En el caso del peso hectólitro, GENVCE (2016) encuentra que el valor medio es de 70 kg HI⁻¹, por tanto, superado por todos los triticales estudiados destacando INIAV-1, que con 78 kg HI⁻¹ fue significativamente el de mayor peso hectólitro de todos. Estas diferencias, al igual que ocurre en el peso de los 1000 granos están principalmente influidas por el ambiente en el que se encuentran y por las diferencias genéticas (Pattison, 2013).

Tabla 2. Grados de libertad (G.L.) y factor F del análisis de la varianza (ANOVA) del rendimiento en grano, peso de los 1000 granos, peso hectólitro, proteína bruta, fibra neutro detergente (FND), cenizas, y contenidos en Ca, Fe, Mg y Zn del grano.

	G.L.	Rendimiento grano (kg ha ⁻¹)	Peso 1 000 granos (g)	Peso hectólitro (kg HI ⁻¹)	Proteína bruta (% MS)	FND (% MS)
		3,6*	4,8*	17,0***	30,7***	0,4
Genotipo	4	Cenizas (%)	Ca (mg kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Mg (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)
		0,2	2,8	20,3**	9,2*	9,0*

*, Significación a un nivel de probabilidad 0,05; **, Significación a un nivel de probabilidad 0,01; ***, Significación a un nivel de probabilidad 0,001.

El porcentaje de proteína bruta es un parámetro fundamental de la calidad que está altamente influenciada por la disponibilidad de nitrógeno del suelo y por las precipitaciones, aumentando su valor con la sequía y disminuyendo con excesivas lluvias

(Pattinson y Trethowan, 2013), oscilando generalmente entre el 11,4 y el 14% (Frás *et al.*, 2016), siendo el valor medio encontrado por GENVCE (2016) de 12,4%. Los resultados obtenidos muestran porcentajes de proteína bastante altos siendo los genotipos INIAV-1 (15,5%) e INIAV-2 (15,8%), los significativamente mayores, siendo INIAV-3, 4 y 5 con menos del 14%, los que menor porcentaje presentaron (Tabla 3). La FND y las cenizas no se vieron afectadas por la variabilidad genética oscilando entre el 49 y el 55% en cuanto a la FND y entre 1,2 y 1,4% en las cenizas, valores que concuerdan con los obtenidos por Morales (2011) en diferentes zonas de Extremadura.

Tabla 3. Efecto del genotipo estudiado sobre el rendimiento, peso de los 1 000 granos, peso hectólitro, proteína bruta y contenidos en Fe y Zn del grano.

Genotipo	Rendimiento grano (kg ha ⁻¹)	Peso 1000 granos (g)	Peso hectólitro (kg HI ⁻¹)	Proteína bruta (%)	Fe grano (mg kg ⁻¹)	Mg grano (mg kg ⁻¹)	Zn grano (mg kg ⁻¹)
INIAV-1	4 340 ± 98ab	43,8 ± 0,5bc	78 ± 2a	15,5 ± 0,1a	45 ± 4a	1,5 ± 0,1a	26 ± 2a
INIAV-2	4 544 ± 135a	49,1 ± 1,1a	75 ± 1bc	15,8 ± 0,1a	41 ± 3b	1,5 ± 0,2a	26 ± 1a
INIAV-3	4 376 ± 63ab	46,8 ± 0,9ab	74 ± 1cd	13,7 ± 0,2b	39 ± 1bc	1,3 ± 0,1b	21 ± 1c
INIAV-4	3 858 ± 344b	45,3 ± 2,4bc	73 ± 1d	14,0 ± 0,4b	35 ± 1c	1,3 ± 0,1b	22 ± 1bc
INIAV-5	4 696 ± 59a	42,9 ± 1,3c	76 ± 1b	13,9 ± 0,1b	38 ± 2bc	1,2 ± 0,1b	24 ± 1ab

Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas a un nivel de probabilidad 0,05.

El contenido en micronutrientes es importante para un adecuado bienestar tanto vegetal en los que influye en procesos fundamentales para la vida como germinación, fotosíntesis, respiración, actividad antioxidante,... como animal/humano fundamentales en la fertilidad, gestación, función neuronal, entre otros desórdenes (Cakmak, 2008; Khus *et al.*, 2012) y que en los programas de mejora tradicionales no se les suele dar importancia. Mientras que el Ca no varió entre los genotipos estudiados, el Fe, Mg y Zn sí que lo hicieron (Tablas 2 y 3). El Ca se mantuvo con 380 mg kg⁻¹ en niveles algo inferiores a los encontrados por Gómez-Coronado (2015) en trigos harineros (440 mg kg⁻¹). El triticale INIAV-1 fue el que significativamente más Fe acumuló, un 10% más que INIAV-2, el siguiente genotipo y un 23% más que INIAV-4, el que menos Fe acumuló. Estas cantidades fueron muy superiores

a las encontradas por Gómez-Coronado (2015) en 15 genotipos de trigo harinero cultivados en la misma zona, con unos 34 mg Fe kg⁻¹. En cuanto al Mg, INIAV-1 e INIAV-2 destacaron como aquellos con mayores concentraciones, ambos con 1,5 mg Mg kg⁻¹ valores algo superiores a los encontrados en la misma zona pero en trigos harineros (1,2 mg Mg kg⁻¹). En cuanto al Zn, los triticales INIAV-1, INIAV-2 e INIAV-5 fueron los que acumularon más Zn, con 26, 2 y 24 mg kg⁻¹, contenidos muy superiores otra vez a los obtenidos por Gómez-Coronado (2015), con contenidos medios de 15,5 mg kg⁻¹, el cual obtuvo una amplia variabilidad entre las concentraciones obtenidas por diferentes trigos estudiados en el S.E. de Portugal, exponiendo que estas diferencias son provocadas fundamentalmente por la variabilidad genética, estando de acuerdo con numerosos autores como Pattison (2013), Pattison y Trethowan (2013) y Gómez-Coronado (2015).

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos los genotipos más interesantes y que serán los que se tengan en cuenta en futuros programas de mejora son INIAV-1 e INIAV-2, no sólo porque el porcentaje en proteína y las concentraciones en Fe (en INIAV-1), Mg y Zn fueron significativamente superiores, sino también por su alto rendimiento, peso de los 1 000 granos de INIAV-1 y peso hectólitro de INIAV-2.

AGRADECIMIENTOS

La asistencia de Angélica Rivera Martín 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

- Analytical Software. (2008) Statistix 9.0. Tallahassee, USA
- AOAC. (2005) Official Methods of analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, USA.
- Cakmak I. (2008) Enrichment of cereal grains with zinc, agronomic or genetic biofortification? *Plant and Soil*, 302, 1-17.

- FAOSTAT. (2017) *Statistics division of food and agriculture organization on the united nations*. (<http://faostat3.fao.org/browse>).
- Frás A., Golebiewska K., Golebiewski D., Mankowski D.R., Boros D. y Szczówka P. (2016) Variability in the chemical composition of triticale grain, flour and bread. *Journal of Cereal Science*, 71, 66-72.
- GENVCE. (2016) Evaluación agronómica y de la calidad de las nuevas variedades de cebada, trigo blando, trigo duro, triticale, avena y centeno híbrido en España. <http://www.genvce.org/informes/resultados-por-campanas/campana-2016-2017/>
- Gómez-Coronado F. (2015) Biofortificación agronómica y genética con zinc de genotipos de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en clima mediterráneo. *Tesis doctoral. Universidad de Extremadura*.
- Gursoy U. y Yilmaz A. (2002) Determination of energy values and digestibility characteristics of triticale varieties. *Journal of Animal Science*, 80, 396.
- Khush GS, Lee S, Cho JI, Jeon JS. (2012) Biofortification of crops for reducing malnutrition. *Plant Biotechnological Report* 6, 195-202
- Llera F, Carrasco JM, Pérez F, Ayuso A. (1999) Selección y producciones del triticale de doble aptitud (forraje y grano) en condiciones mediterráneas. *Jornadas Ibéricas sobre Triticale*. (ed) Junta de Extremadura, 68-76. Extremadura.
- Llera F. (2002) *Triticale: El cereal del futuro. Nuevas perspectivas y variedades: grano, forraje y doble aptitud* (H.D. nº 6/02). . Badajoz, España: Secretaría General de la Junta de Extremadura.
- Llera F. y Cruz V. (2012) El triticale: una interesante alternativa forrajera. *Agricultura*, 955, 656-659.
- MAPAMA. (2017) *Superficies y producciones de cultivo*. (<http://www.magrama.gob.es>).
- Morales S. (2011) Dinámica productiva de forrajes de diferentes cultivares de triticales y avenas como suplemento de los pastos de dehesa y pastizales del S.O. de la península ibérica. *Tesis doctoral. Universidad de Extremadura*.
- NRC. (2000) *Triticale: a promising addition to the world's cereal grains*. Washington, DC, USA: National Academy Press.
- Pattison A. (2013) *Genetic improvement of grain, quality for bread making in triticale*. . PhD Thesis. Sydney, Australia: The University of Sidney.
- Pattison A.L. y Trethowan R.M. (2013) Characteristics of modern triticale quality: commercially significant flour traits and cookie quality. *Crop and Pasture Science*, 64, 874-880.
- Peña R.J. (2004) Food uses of triticale. *Triticale Improvement and Production. FAO Plant Production and Protection*, 179, 37-48.
- Royo C., Montesinos E., Molina-Cano J.L. y Serra J. (1993) Triticale and other small grain cereals for forage and grain in Mediterranean conditions. *Grass Forage Science*, 48, 11-17.
- Zhao F. y McGrath S.P. (1994) Extractable sulfate and organic sulfur in soils and their availability to plants. *Plant and Soil*, 164, 243–250.

AGRONOMIC AND NUTRITIVE EVALUATION OF DIFFERENT TRITICALE GENOTYPES FOR FEEDING

Summary

Triticale is a man's created cereal with the aim of combining the rusticity of rye with the quality of wheat, being used as animal feed thanks, among other characteristics, to its higher nutrient content. Although genetic breeding has traditionally focused in new lines selected because of its agronomic behavior, a breeding program is developed from the Portuguese INIAV, taking into account also the nutritional content. With this objective, this work has been developed to evaluate five genotypes belonging to advanced lines of the INIAV breeding program. A wide variability between the studied triticale's was found in terms of grain yield, 1 000 grain weight, hectoliter weight and protein content, highlighting INIAV-1 and INIAV-2 with the best results. Regarding nutrients, while the Ca did not vary among the studied genotypes, Fe, Mg and Zn did, highlighted INIAV-1 and INIAV-2, with more than 40, 1.5 and 25 mg kg⁻¹, respectively. Therefore, they are the most important genotypes to be considered for its inclusion in future breeding programs.

Key-words: *Triticosecale*, crude protein, grain yield, nutritive quality, minerals

EVOLUCIÓN ESTACIONAL DEL VALOR NUTRITIVO DE PASTIZALES DE ALTA MONTAÑA EN MÉXICO

J. Martínez-Hernández¹, C.M. Arriaga-Jordán¹, R. Rosa García², R. Celaya², J. Valdés Reyna³ J.G. Estrada Flores¹

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). 50000 Toluca, Estado de México (México).

²Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). 33300 Villaviciosa, Asturias (España).

³Departamento de Botánica, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Blvd. Antonio Narro s/n, Buenavista 25315. Saltillo (México).

Correspondencia: jgestradaf@uaemex.mx

Resumen

En este experimento se midió el valor nutritivo de los principales componentes botánicos (gramíneas y otras especies herbáceas) de tres pastizales de montaña pertenecientes a tres localidades en el municipio de Zinacantepec, Estado de México, en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT). La evaluación se realizó de septiembre del 2013 a agosto del 2014, siendo determinados los valores de composición química y digestibilidad de la materia seca de ambas fracciones. Los resultados muestran que la mayoría de los parámetros no tienen diferencias significativas a lo largo del periodo de evaluación, excepto el contenido en proteína cruda. El valor nutricional de las gramíneas y de las no gramíneas mostró una marcada estacionalidad, siendo más elevado en los meses correspondientes a la época de lluvias y disminuyendo notablemente en los meses de sequía para ambos casos. Globalmente, las gramíneas presentaron menores contenidos proteicos y mayores de fibra y materia orgánica que las no gramíneas. Los resultados proporcionan información más precisa de las características nutricionales de las gramíneas y otras herbáceas que componen los pastizales del APFFNT, y así poder implementar manejos pastoriles más sostenibles en esta área protegida.

Palabras clave: montaña, composición química, digestibilidad, gramíneas, herbáceas.

INTRODUCCIÓN

El Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT), considerada como una importante Área Natural Protegida (DOF, 2013), está sujeta a una actividad pastoril bajo un sistema productivo de tipo extensivo. En general los productores son ejidatarios que emplean las áreas comunales para el pastoreo de ganado ovino. La alimentación de los animales depende del pastoreo mediante recorridos en terrenos comunales y áreas con cobertura de bosque (Maldonado-Ferrucho *et al.*, 2014). Cada pastizal es una mezcla única

de especies que difieren en fenología, y esta complejidad dificulta la caracterización de su dinámica estacional de producción de biomasa y valor nutritivo (Michaud *et al.*, 2012).

La calidad y productividad del pasto en los ecosistemas alpinos pueden ser muy heterogéneas y dependen en gran medida de los factores abióticos y de la actividad de pastoreo. La selección de la dieta de los grandes herbívoros es consecuencia de la distribución espacial y temporal de la productividad y calidad del pasto. Por lo tanto, el conocimiento de las propiedades químicas y la utilización del pasto es necesario para comprender y cuantificar los patrones de selección y cuantificación de los rumiantes domésticos (Bedia y Busqué, 2013). El conocimiento de las dinámicas de los nutrientes en las plantas pascícolas disponibles para los animales de pastoreo ayudará a mejorar su utilización eficiente, detectar posibles deficiencias de nutrientes y sugerir las necesidades de estrategias de suplementación (Arzani *et al.*, 2006). El objetivo de este trabajo fue determinar cómo se desarrolla la vegetación de los pastizales a lo largo de un año en términos de su valor nutritivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el APFFNT en México. Los pastizales comunales elegidos pertenecen a las localidades de Agua Blanca, Loma Alta y La Peñuela del municipio de Zinacantepec, siendo seleccionado un pastizal en cada localidad. Las zonas se localizan en altitudes que oscilan entre 3177 y 3380 m.s.n.m. Los pastizales están dominados por las especies de gramíneas *Vulpia myuros* (L.) C.C.Gmel., *Nassella mucronata* (Kunth) Pohl, *Trisetum spicatum* (L.) K.Richt. y *Muhlenbergia* sp. Entre las herbáceas no gramíneas destaca *Potentilla candicans* Humboldt & Bonpland ex Nestl. (Martínez Hernández *et al.*, 2016).

Se hicieron seis exclusiones de pastoreo en cada pastizal con medidas de 1,20 × 0,6 m de planta y 0,5 m de alto, y se realizaron cortes de la producción de biomasa cada 28 días durante el periodo comprendido entre septiembre de 2013 y agosto de 2014. Tras el corte se determinó la composición botánica del pastizal, separando las especies de gramíneas de las demás herbáceas, y se analizó el valor nutritivo de estos dos componentes

de los pastizales. En la Figura 1 se muestra el comportamiento de la temperatura y precipitación mensual durante el periodo de evaluación. Se puede observar que las temperaturas medias mensuales oscilan entre los 3 °C en enero y los 8 °C en abril-mayo, y que el periodo húmedo se concentra desde la mitad de primavera a finales de verano y comienzos de otoño.

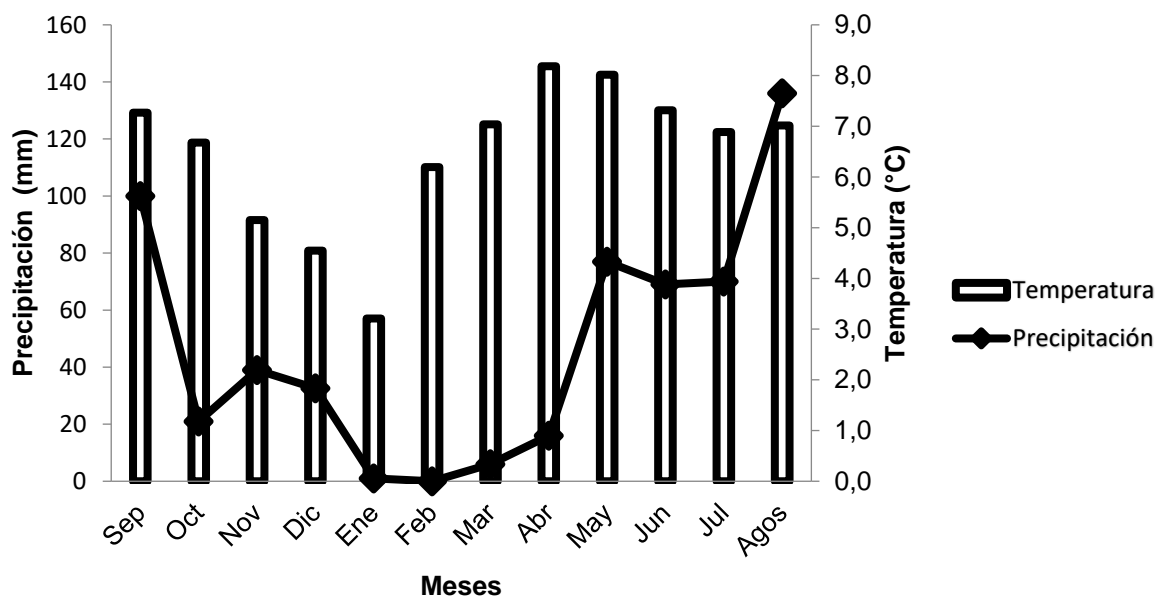


Figura 1. Temperatura y precipitación mensual del año 2013 al 2014 del APFFNT. (Fuente: CONAGUA, 2015).

Composición química

Los análisis químicos se efectuaron en el Laboratorio del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) a partir de las muestras de biomasa recolectadas, una vez secadas en estufa de aire forzado a 65°C y molidas en molino Thomas Wiley con una criba de 2 mm. Se determinaron los contenidos en Materia Orgánica (MO) y cenizas (AOAC, 1990), en Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Ácido (FDA) con la técnica de Ankom Technology (Van Soest *et al.*, 1991) y en contenido de Proteína Cruda (PC) por el método de Kjeldhal (AOAC, 1990). La digestibilidad de la Materia Seca (dMS) se estimó de acuerdo con la ecuación $dMS (\%) = 88,9 - 0,779 \times FDA (\%sMS)$ descrita por Jeranyama y García (2014).

Análisis de la información

Para analizar las diferencias en composición química y digestibilidad de las dos fracciones del pasto entre los periodos (meses) considerados, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) 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 del mes (12 meses) y e_{ij} es el error experimental, siendo las variables dependientes la composición química y digestibilidad de las dos fracciones del pasto consideradas. Para las variables con test F significativo en el ANOVA se realizó la separación de medias mediante el test de Tukey. Para analizar las diferencias entre los componentes vegetales, se realizó un ANOVA de medidas repetidas con las medias mensuales de cada componente ($n = 12$). Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete SAS (2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Valor nutritivo de las gramíneas

Para la mayoría de los parámetros no se encontraron diferencias significativas entre meses ($P > 0,05$), salvo para el contenido en PC ($P < 0,001$), que mostró su valor máximo en julio y los mínimos en los meses de enero a mayo (Tabla 1). Aunque la variación de la dMS no fue significativa, el valor máximo se observó en el mes de julio y el menor en marzo (Tabla 1).

En un trabajo anterior, Arzani *et al.* (2006) analizaron muestras de pastizales en los Montes Zagros (Irán), tomadas a mediados de junio, reportando para la fracción gramíneas valores medios más bajos de PC y dMS (85 g/kg MS y 517 g/kg MS, respectivamente) y más elevados de FDA (434 g/kg MS) que los observados en nuestro trabajo.

Valor nutritivo de las herbáceas no gramíneas

Al igual que para la fracción gramíneas, solamente para el contenido en PC se observó un efecto significativo de la época del año en las no gramíneas, siendo el valor más alto en el del mes de julio y el más bajo en el de enero (162 y 98 g/kg MS, respectivamente). En cuanto a los contenidos en fibra, se observa que el valor más alto de FDN fue en abril (544 g/kg MS) y para FDA el valor más alto correspondió al mes de febrero (345 g/kg MS). En

ambos parámetros el valor más bajo se registró en el mes de julio (Tabla 2).

Tabla 1. Evolución del valor nutritivo de gramíneas en pastizales del APFFNT.

Variable/ Mes	FDN (g/kg MS)	FDA (g/kg MS)	PC (g/kg MS)	MO (g/kg MS)	dMS (g/kg MS)
Sep	644	297	134 ^{ab}	854	658
Oct	658	288	111 ^{abc}	854	665
Nov	628	286	108 ^{abc}	853	666
Dic	679	300	103 ^{abc}	856	655
Ene	683	299	86 ^c	851	656
Feb	651	331	93 ^{bc}	839	631
Mar	665	332	91 ^{bc}	848	630
Abr	653	298	76 ^c	845	657
May	655	305	90 ^{bc}	851	651
Jun	669	319	101 ^{abc}	854	641
Jul	606	281	138 ^a	854	670
Ago	660	312	113 ^{abc}	850	646
EEM	24,10	11,97	8,43	6,83	9,32
P	0,671	0,087	< 0,001	0,878	0,088

FDN = Fibra Detergente Neutro, FDA = Fibra Detergente Ácido, PC = Proteína Cruda, MO = Materia Orgánica, dMS = digestibilidad de la Materia Seca. EEM = Error Estándar de la Media. Valores de la misma columna con distintas letras son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

En el referido trabajo de Arzani *et al.* (2006) se muestran valores más bajos de PC (111 g/kg MS) y dMS (606 g/kg MS) comparados con los de las herbáceas evaluadas en nuestro trabajo, pero los valores de FDA (336 g/kg MS) pueden considerarse comparables a los obtenidos en el caso de la zona de montaña de Zagros.

En el presente estudio se pone de manifiesto que los dos componentes del pasto de alta montaña estudiados (gramíneas y otras especies herbáceas) mostraban un mayor valor nutricional durante la época húmeda del año, en particular durante los meses de junio y julio. Coincidiendo con nuestras observaciones, Schönbach *et al.* (2012) encontraron que cantidades crecientes de precipitación anual conducen a aumentos en el valor nutritivo del pasto a disposición del ganado.

Tabla 2. Evolución del valor nutritivo de herbáceas no gramíneas en pastizales del APFFNT.

Variable/ Mes	FDN (g/kg MS)	FDA (g/kg MS)	PC (g/kg MS)	MO (g/kg MS)	dMS (g/kg MS)
Sep	497	330	122 ^{ab}	850	632
Oct	518	330	126 ^{ab}	842	632
Nov	539	342	107 ^{ab}	846	622
Dic	502	304	105 ^b	844	652
Ene	509	299	98 ^b	842	656
Feb	496	345	100 ^b	836	620
Mar	530	317	109 ^{ab}	833	642
Abr	544	325	102 ^b	840	635
May	501	304	123 ^{ab}	840	652
Jun	486	290	150 ^{ab}	814	663
Jul	455	263	162 ^a	834	684
Ago	482	293	133 ^{ab}	844	660
EEM	24,7	25,2	10,8	12,0	19,5
P	0,437	0,542	0,005	0,806	0,534

FDN = Fibra Detergente Neutro, FDA = Fibra Detergente Ácido, PC = Proteína Cruda, MO = Materia Orgánica, dMS = digestibilidad de la Materia Seca. EEM = Error Estándar de la Media. Valores de la misma columna con distintas letras son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

En general, las gramíneas mostraron mayores contenidos en FDN (654 vs. 505 g/kg MS; EEM = 7,3; $P < 0,001$) y MO (851 vs. 839 g/kg MS; EEM = 2,7; $P < 0,01$) y menores de PC (104 vs. 120 g/kg MS; EEM = 5,9; $P < 0,01$) que las no gramíneas. Otros trabajos en diversos pastizales de montaña han observado en general un menor valor nutritivo en las gramíneas que en otras especies herbáceas, sobre todo cuando estas incluyen leguminosas (Armstrong y Milne, 1993; Marinas *et al.*, 2003). Puesto que, como indican Job y Taylor (1978), la producción del ganado dependerá del valor del pasto que tienen disponible, la información obtenida en el presente trabajo proporciona una imagen más precisa de las características nutricionales de las gramíneas y otras herbáceas que componen los pastizales del APFFNT, lo que es importante para las estrategias de gestión destinadas a un uso más sostenible de los recursos pastables. Para un pastoreo del ovino más sostenible en esta área protegida, las fases productivas más demandantes en nutrientes (final de

gestación y lactación) deberían coincidir con la época húmeda para hacer un uso mejor de la mayor calidad nutritiva del pasto, coincidiendo además con las mayores acumulaciones netas de fitomasa disponible (Martínez Hernández *et al.*, 2016).

CONCLUSIONES

Los pastos de alta montaña de la APFFNT muestran un valor nutricional medio que es más elevado durante la estación húmeda del verano. En general, las gramíneas presentaron menores contenidos proteicos y mayores de fibra que otras herbáceas. Estas observaciones deberían ser complementadas con trabajos más detallados de caracterización del rendimiento animal, valor nutricional y comportamiento de pastoreo para un mejor uso de los recursos naturales en la zona de estudio durante las diferentes épocas del año.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los pastores por su cooperación. Al apoyo financiero de la UAEMex a través del proyecto 3564/2013CHT. A CONACYT por la concesión de la beca a la primera autora. A los revisores por sus acertadas recomendaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armstrong R.H. y Milne J.A. (1993) Nutritive value of pastures and rangelands. *Icelandic Agricultural Sciences*, 1, 37-43.
- Arzani H., Basiri M., Khatibi F. y Ghorbani G. (2006) Nutritive value of some Zagros Mountain rangeland species. *Small Ruminant Research*, 65(1), 128-135.
- AOAC (1990) *Official methods of analysis*, 15th ed. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.
- Bedia J. y Busqué J. (2013) Productivity, grazing utilization, forage quality and primary production controls of species-rich alpine grasslands with *Nardus stricta* in northern Spain. *Grass and Forage Science*, 68(2), 297-312.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (2013) Decreto que reforma, deroga y adiciona diversas disposiciones del diverso publicado el 25 de enero de 1936, por el que se declaró Parque Nacional la montaña denominada "Nevado de Toluca" que fue modificado por el diverso publicado el 19 de febrero de 1937. México: DOF.
- Jeranyama P. y Garcia A.D. (2014) Understanding relative feed value (RFV) and relative forage quality (RFQ). South Dakota State University Extension Extra Archives, 352.

Disponible on-line en: https://openprairie.sdstate.edu/extension_extra/352. Última consulta: 17 Abril 2018.

Job D.A. y Taylor J.A. (1978) The production, utilization and management of upland grazings on Plynlimon, Wales. *Journal of Biogeography*, 5(2), 173-191

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 D.F.: Reverté.

Marinas A., García-González R. y Fondevilla M. (2003) The nutritive value of five pasture species occurring in the summer grazing ranges of the Pyrenees. *Animal Science*, 76(3), 461-469.

Martínez Hernández J., Arriaga Jordán C.M., González Rebeles Islas C., Rosa García R., Hernández Luna G.B., Valdés Reyna J. y Estrada Flores J.G. (2016) 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. En: Báez Bernal M.D *et al.* (eds) *Innovación sostenible en pastos: hacia una agricultura de respuesta al cambio climático*, pp. 381-386. Lugo-A Coruña, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

Michaud A., Andueza D., Picard F., Plantureux S. y Baumont R. (2012) Seasonal dynamics of biomass production and herbage quality of three grasslands with contrasting functional compositions. *Grass and Forage Science*, 67(1), 64-76.

SAS (Statistical Analysis System) (2002) SAS for windows, Release 9.0. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Schönbach P., Wan H., Gierus M., Loges R., Müller K., Lin L., Susenbeth A. y Taube F. (2012) Effects of grazing and precipitation on herbage production, herbage nutritive value and performance of sheep in continental steppe. *Grass and Forage Science*, 67(4), 535-545.

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.

SEASONAL EVOLUTION OF NUTRITIVE VALUE OF HIGH MOUNTAIN RANGELAND IN

MEXICO

Summary

The objective of this study was to evaluate the nutritive value of the main botanical components (grasses and forbs) of high mountain rangelands at three localities in the municipality of Zinacantepec in the Flora and Fauna Protection Area of Nevado de Toluca (*Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca—APFFNT*), state of Mexico. The evaluation was carried out from September 2013 to August 2014 and differences among sampling months in the chemical composition were examined. Although most parameters did not show significant differences ($P > 0.05$) throughout the evaluation period, except for the crude protein content, the results show a marked seasonality in the nutritive value of

grasses and forbs. For both components, the higher values occur in central summer, during the rainy season, whilst the values tended to be lower during the dry months in winter. Grasses in general had lower protein contents and higher fibre and organic matter contents than forbs. The obtained results provide a more accurate information on the nutritional characteristics of the main plant components that compose the APFFNT mountain pastures to make a better pastoral use of these grazing resources.

Key words: mountain, chemical composition, digestibility, grass, forbs.

ESTRATEGIAS DE MEJORA EN LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA HERBÁCEA Y DE SU CALIDAD NUTRITIVA EN PASTIZALES Y PASTOS DE DEHESA EN CLIMA SEMIÁRIDO MEDITERRÁNEO

J. Vélez¹, O. Santamaría², L. Olea^{2†}

¹Direção Regional de Agricultura e Pescas do Alentejo (Ministério da Agricultura, Florestas e Desenvolvimento Rural). Quinta da Malagueira, 7006-553, Évora.

²Dpto de Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal (Univ. de Extremadura). Escuela de Ingenierías Agrarias. Avda. Adolfo Suárez s/n, 06007 Badajoz.

Correspondencia: osantama@unex.es

Resumen

Con el fin de aumentar los recursos alimenticios para el ganado en pastizales y pastos de dehesa en condiciones semiáridas mediterráneas, se planteó un ensayo para evaluar la influencia de diversas estrategias de mejora sobre la producción de biomasa herbácea y parámetros de calidad bromatológica en dos años agrícolas (2002/03 y 2003/04). Como tratamientos se incluyeron: implantación de pradera (con 2 diferentes mezclas pratenses y con 2 diferentes tecnologías de cultivo) y fertilización fosfórica (con fosforita y superfosfato) del pasto espontáneo. Dicha influencia se analizó sobre el conjunto del pasto y sus distintas fracciones (leguminosas, gramíneas y otras plantas). La implantación de pradera, ya sea biodiversa o con trébol subterráneo mejoró la producción del pasto en torno a un 37% en el caso más favorable, con independencia de la tecnología de cultivo utilizada. La implantación de pradera o la fertilización con superfosfato también mejoraron la calidad, especialmente contenido proteico y energía bruta del pasto, aunque la magnitud de dichos efectos varió con el año de estudio. La digestibilidad de la materia orgánica no se vio afectada por el tratamiento de mejora. Por tanto la mejora del pasto conlleva aumentos de producción herbácea y de su calidad que reducirían la necesidad de alimentación suplementaria.

Palabras clave: pradera, fertilización fosfórica, producción herbácea, valor nutritivo.

INTRODUCCIÓN

El estrato herbáceo de pastizales y pastos de dehesa es aprovechado principalmente en la alimentación del ganado en régimen extensivo mediante pastoreo. Estas comunidades suelen estar asentadas sobre suelos oligotróficos, escasos y de baja fertilidad. Este hecho, sumado al clima semiárido mediterráneos de estas zonas, caracterizado por precipitaciones escasas y gran variabilidad intra- e interanual, hacen que la producción herbácea sea baja e irregular, con valores medios de unos 1500 kg ha⁻¹ (Olea *et al.*, 2005). En estas condiciones el ganado obtiene un forraje de baja calidad bromatológica (Vázquez de Aldana *et al.*, 2006), con porcentajes de leguminosas bajos, muchas veces menores del

10% (Olea y San Miguel-Ayanz, 2006), bajos niveles proteicos, baja digestibilidad de la materia orgánica, y que le aporta bajos niveles energéticos, muchas veces por debajo de 0,5 unidades forrajeras (UF) kg^{-1} de materia seca (MS). En estas condiciones, las cargas ganaderas suelen ser bajas, de 0,3-0,4 UGM ha^{-1} (Olea y San Miguel-Ayanz, 2006), por lo que el propietario debe recurrir a la suplementación alimenticia para mantener su cabaña, lo cual incrementa los costes de producción y pone en riesgo la rentabilidad de las explotaciones. Para disminuir estos costes, se debería aumentar la disponibilidad de los recursos naturales, o bien incrementando directamente la producción de pasto, o bien aumentando la calidad nutritiva de éste.

Para conseguir esto, además de realizar un manejo adecuado de los animales, se podría recurrir a la implantación de pradera, con especies muy adaptadas a las condiciones de la zona, muy productivas y de gran valor pastoral. En este sentido se han utilizado sobre todo especies de leguminosas, que aportan calidad al forraje y mejoran la fertilidad del suelo. La tecnología de cultivo que se utilice en la siembra puede tener una gran incidencia en la producción y persistencia del pasto introducido (González y Maya, 2015). Otra alternativa de mejora sería la fertilización. En este caso, centrándose en nutrientes deficitarios en el suelo y que fomenten el desarrollo de leguminosas. Así, en el suroeste español ha sido muy habitual el uso de fertilizantes fosfóricos (especialmente superfosfato de cal), al ser los niveles de este nutriente en el suelo muy bajos, no siendo raro encontrar valores por debajo de 5 ppm de P_{Olsen} (Santamaría *et al.*, 2014). En base a todo lo anterior, y de cara a seguir profundizando en el conocimiento de posibles actuaciones de mejora de pastizales y pastos de dehesa, el objetivo del presente trabajo consistió en evaluar el efecto de la siembra de especies mejoradas, la tecnología de cultivo utilizada en su implantación y de la fertilización fosfórica del pasto espontáneo sobre la producción y calidad del forraje.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los experimentos fueron realizados en una finca situada en el Baixo Alentejo, a 2 km de la localidad de Beja (Portugal) en la Quinta da Saúde (Coordenadas UTM: Huso 29, x = 597675; y = 4210560), gestionada por la Escola Superior Agrária de Beja. La zona de ensayo

se asienta, según clasificación portuguesa (servicios geológicos de Portugal), sobre suelos pardos mediterráneos, para-hidromórficos de cuarzdioritas o dioritas. Estos suelos corresponden a terrenos de textura franco-limosa, de pH ligeramente ácido (de entre 6-6,5), pobres en materia orgánica (0,8%), poco fértiles y con niveles bajos de fósforo. El clima es semiárido mediterráneo con pluviometría anual de 572 mm y T^a media anual de 16,5° C (media de 1970-2000). La distribución mensual de temperatura y precipitación de los años de estudio (2002/03 y 2003/04) y del año medio puede observarse en la figura 1.

En el ensayo se evaluaron siete tratamientos de mejora, que fueron: (i) pasto natural como testigo (T), (ii) implantación de pradera con laboreo convencional pero solo en fajas alternas de 1,5 m con la mezcla A (A1), (iii) igual que el ii pero realizándolo en toda la superficie (A2), (iv) igual que el ii pero con la mezcla B (B1), (v) igual que el iii pero con la mezcla B (B2), (vi) pasto natural fertilizado con fosforita (26% de P₂O₅) (FR), y (vii) pasto natural fertilizado con superfosfato de cal (18% de P₂O₅) (FS). La mezcla A consistió en 5 cultivares de *Trifolium subterraneum* (Junee, Campeda, Dalkeith, York, Rosedale) a razón de 5 kg ha⁻¹ por cultivar. La mezcla B fue biodiversa con las siguientes especies-cultivares y dosis: *T. subterraneum* – 5 cultivares (Junee: 2 kg ha⁻¹; Campeda: 2 kg ha⁻¹; Dalkeith: 2 kg ha⁻¹; York: 2 kg ha⁻¹; Rosedale: 2 kg ha⁻¹), *T. hirtum* cv Hifkon (1, kg ha⁻¹), *T. resupinatum* cv Kiambro (2 kg ha⁻¹), *T. versiculosum* cv Arrowleaf (3 kg ha⁻¹), *T. balansa* cv Bolta (3 kg ha⁻¹), *T. fragiferum* cv Palestine (1,5 kg ha⁻¹), *Ornithopus compressus* cv Tauro (3 kg ha⁻¹), dos cultivares de *Medicago polymorpha* (Santiago: 2,5 kg ha⁻¹; Serena: 2,5 kg ha⁻¹), *Dactylis glomeratum* cv Currie (4 kg ha⁻¹), *Lolium rigidum* (4 kg ha⁻¹), *L. multiflorum* (4 kg ha⁻¹).

En los tratamientos con implantación de pradera se hizo un laboreo superficial con fresadora previo a la siembra en octubre de 2000, en el que se incorporó abono fosfórico en forma de fosforita (40 UF P₂O₅ ha⁻¹). La siembra se realizó a continuación, en ese mismo mes de octubre, de manera manual y a voleo, enterrándose después mediante el pase de una grada de púas. En el año siguiente se realizó la misma fertilización en cobertera después de las primeras lluvias otoñales. En los tratamientos de fertilización, ésta fue hecha cada año, en cobertera en otoño después de las primeras lluvias, a razón de 40 UF P₂O₅ ha⁻¹ de fosforita (FR) o superfosfato (FS) respectivamente. Los tratamientos siguieron un

diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y un tamaño de parcela elemental de 10 m x 9 m. La toma de muestras se realizó de manera aleatoria en 0,25 m² por parcela elemental en varios momentos según las condiciones concretas de cada año. Dada la irregularidad climática interanual propia de climas mediterráneos, el número de cortes que se pudo realizar cada año varió. Así en 2002/03 se realizaron tres cortes (noviembre, marzo y junio), mientras que en 2003/04 sólo dos (diciembre y abril), ya que no hubo producción posterior. Después de cada toma de muestras, se introdujo ganado ovino durante dos semanas para el completo aprovechamiento del pasto en todos los tratamientos.

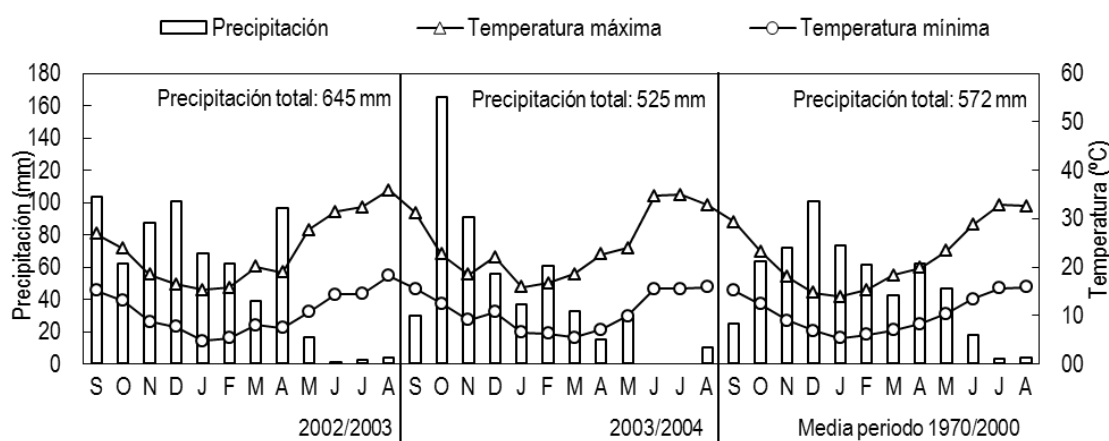


Figura 1. Distribución mensual de la temperatura y precipitación en la zona de ensayo durante los dos años de estudio (2003/04 y 2003/04) y en el año medio (media de 30 años).

En laboratorio se separaron las leguminosas, gramíneas y otras familias y se determinó su materia seca. Después se molieron juntas y cada muestra se envió al Laboratorio Agroalimentario y Análisis de Residuos de la Junta de Extremadura, donde determinaron: proteína bruta (PB) según método Leco fp-528, fibra bruta (FB) según BOE 2/3/95, grasa bruta (GB) según BOE 30/4/99, digestibilidad de la materia orgánica (DMO) según Goering y Van Soest (1970), energía bruta (EB) según fórmula desarrollada por la Universidad de Extremadura a partir de los principios nutritivos del forraje, materia inorgánica (cenizas) según BOE 2/3/95 y concentración de Ca, P, Mg y K según ICP. Los datos de producción anual en materia seca (MS) del forraje fueron analizados tanto para cada

fracción del forraje (leguminosas, gramíneas y otras) como para la suma de todas ellas (producción total anual). Se realizó un ANOVA de dos entradas, analizando los efectos principales (año y tratamiento) y su interacción. En el caso de los parámetros de calidad, debido al diferente número de cortes en cada año y a la diferente fecha en la que éstos se llevaron a cabo, se realizó un análisis independiente para cada año de estudio, considerando los efectos principales (corte y tratamiento) y su interacción en ANOVA de dos entradas. En caso de influencia significativa en el ANOVA, se realizó test de comparaciones múltiples (LSD de Fisher). La normalidad y homocedasticidad fueron comprobadas con los test de Kolmogorov-Smirnov y Levene, respectivamente. Los datos de producción de MS tuvieron que ser transformados según la expresión: $y = \text{LN}(x+1)$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mientras que el año influyó significativamente en todas las variables productivas, el tratamiento lo hizo en la fracción de gramíneas y en el total anual (Tabla 1). Los tratamientos que más biomasa total produjeron fueron en los que se implantó una pradera, con independencia de la mezcla utilizada y de si se hizo en fajas o de manera completa (Fig. 2). La fertilización del pasto nativo, con independencia del tipo de fertilizante aportado, no incrementó la producción de biomasa del forraje con respecto al testigo sin fertilizar. Un análisis similar se puede hacer considerando únicamente la fracción de gramíneas (única fracción en la que la variable tratamiento tuvo una influencia significativa), ya que el comportamiento del tratamiento sobre su producción de biomasa siguió un patrón muy similar a la producción total.

Con respecto a la calidad del pasto, en ambos años el corte tuvo un efecto significativo (Tabla 1) sobre los parámetros considerados (excepto EB y Mg en 2003/2004), aspecto esperado según lo recogido por la abundante literatura que indica un descenso en los parámetros de calidad de los forrajes según la planta avanza en su ciclo fenológico (Santamaría et al., 2014). Los valores de cada parámetro registrados para cada año y corte, son los que aparecen en la Tabla 2.

Tabla 1. Significación (según ANOVA) de los efectos principales (año y tratamiento, o corte y tratamiento) e interacciones sobre la producción de materia seca anual (leguminosas, gramíneas, otras familias y total) y parámetros de calidad (PB: proteína bruta, FB: fibra bruta, GB: grasa bruta, DMO: digestibilidad materia orgánica, EB: energía bruta, CENI: cenizas, Ca, P, Mg y K), en 2002/03 y 2003/04.

Materia seca	Fuente	gl	Leguminosas	Gramíneas	Otras familias	Total
	Año (A)	1	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001
Tratamien. (T)	6	0,0884	0,0056	0,9997	0,9997	0,0019
A*T	6	0,5933	0,8294	0,7828	0,7828	0,5972

Calidad 2002/03	Fuente	gl	PB	FB	GB	DMO	EB	CENI
	Corte (C)	2	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0186
Tratamien. (T)	6	0,0207	0,0353	0,8973	0,8973	0,1584	0,0072	0,0023
C*T	12	0,0734	0,2241	0,8403	0,8403	0,4503	0,2267	0,2888

Calidad 2003/04	Fuente	gl	Ca	P	Mg	K
	Corte (C)	2	<0,0001	<0,0001	0,0001	<0,0001
Tratamien. (T)	6	0,1176	0,1368	0,6375	0,6375	0,9144
C*T	12	0,0331	0,5624	0,5542	0,5542	0,5685

Calidad 2003/04	Fuente	gl	PB	FB	GB	DMO	EB	CENI
	Corte (C)	1	0,0009	0,0009	<0,0001	<0,0001	0,0189	0,0969
Tratamien. (T)	6	0,0237	0,0559	0,4733	0,4733	0,0730	0,2487	0,2116
C*T	6	0,0424	0,9636	0,2685	0,2685	0,9732	0,4442	0,6351

Calidad 2003/04	Fuente	gl	Ca	P	Mg	K
	Corte (C)	1	0,0001	0,0001	0,9721	<0,0001
Tratamien. (T)	6	0,4720	0,0342	0,1513	0,0009	0,0009
C*T	6	0,4238	0,0310	0,9201	0,9201	0,0011

Gl: grados de libertad. Las celdas en gris indican un p-valor ≤ 0,05.

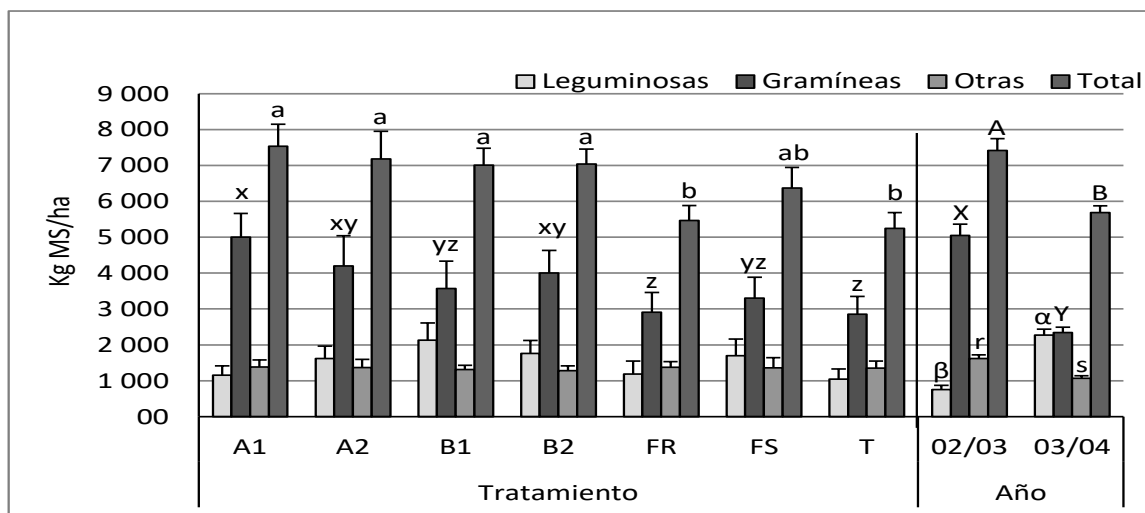


Figura 2. Influencia del tratamiento y año sobre la biomasa obtenida en cada fracción (leguminosas, gramíneas y otras) o en el total del pasto. Valores medios ± error estándar. En cada efecto principal (tratamiento y año), para cada fracción, letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$) según test LSD de Fisher. A1 y B1: pradera con mezcla A o B (respectivamente) y fajas; A2 y B2: pradera con mezcla A o B y continuo; FR y FS: fertilización con fosforita y superfosfato, respectivamente; T: testigo.

Tabla 2. Influencia del efecto principal ‘corte’ sobre los parámetros de calidad (PB: proteína bruta, FB: fibra bruta, GB: grasa bruta, DMO: digestibilidad materia orgánica, EB: energía bruta, CENI: cenizas, Ca, P, Mg y K), en 2002/03 y 2003/04.

	Corte	PB (%)	FB (%)	GB (%)	DMO (%)	EB (cal/kg)	CENI (%)
Calidad 2002/03	Noviembre	14,2 ± 0,2 a	24,9 ± 0,5 b	2,5 ± 0,1 a	58,3 ± 0,8 a	3683 ± 18 a	12,4 ± 0,2 a
	Marzo	13,6 ± 0,4 a	23,7 ± 0,9 b	1,7 ± 0,1 b	59,5 ± 1,1 a	3639 ± 11 b	11,1 ± 0,3 b
	Junio	9,2 ± 0,4 b	34,2 ± 0,4 a	1,3 ± 0,1 c	46,8 ± 0,5 b	3635 ± 12 b	8,7 ± 0,1 c
	Corte	Ca (%)	P (%)	Mg (%)	K (%)		
	Noviembre	1,2 ± 0,1 a	0,4 ± 0,1 a	0,3 ± 0,1 a	2,3 ± 0,1 a		
	Marzo	1,0 ± 0,1 b	0,3 ± 0,1 b	0,2 ± 0,1 b	1,6 ± 0,1 b		
Junio	0,9 ± 0,1 b	0,2 ± 0,1 c	0,2 ± 0,1 b	1,5 ± 0,1 b			
Calidad 2003/04	Corte	PB (%)	FB (%)	GB (%)	DMO (%)	EB (cal/kg)	CENI (%)
	Diciembre	18,4 ± 0,5 A	20,1 ± 0,6 B	1,6 ± 0,1 A	63,4 ± 0,7 A	3572 ± 26	14,0 ± 0,5 A
	Abril	14,1 ± 0,4 B	22,5 ± 0,4 A	1,2 ± 0,1 B	61,2 ± 0,6 B	3618 ± 11	8,6 ± 0,2 B
	Corte	Ca (%)	P (%)	Mg (%)	K (%)		
	Diciembre	0,8 ± 0,1 B	0,3 ± 0,1 A	0,2 ± 0,1	2,0 ± 0,1 A		
	Abril	1,0 ± 0,1 A	0,3 ± 0,1 B	0,2 ± 0,1	1,5 ± 0,1 B		

Para cada año y parámetro, letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre cortes según test LSD de Fisher. Si no aparecen letras en algún parámetro es que la variable ‘corte’ no tuvo influencia significativa según ANOVA.

Con respecto a la variable tratamiento, ésta influyó significativamente en la PB en ambos años, en la FB, EB y cenizas en 2002/03 y P y K en 2003/04 (Tabla 1). La influencia de los tratamientos varió según el año. En el caso de la PB, en 2002/03 sólo el forraje de la pradera biodiversa en fajas tuvo mayores valores de PB que el testigo, mientras que en 2003/04, tanto la pradera de trébol subterráneo como la fertilización con superfosfato consiguieron un forraje con mayor contenido en PB (Fig. 3). Con respecto a la energía bruta aportada por el forraje, en 2002/03 los tratamientos que introducían pradera mejoraron a los controles. La siembra en fajas empeoró el contenido proteico en 2003/04 y la FB en 2002/03.

CONCLUSIONES

Dentro de las estrategias de mejora a implantar en el pasto en condiciones semiáridas mediterráneas, la implantación de pradera, ya sea biodiversa o a base de trébol subterráneo y fertilización mejoró la producción del pasto y en líneas generales el contenido proteico del forraje, aunque la magnitud de dicho efecto varió con el año de estudio.

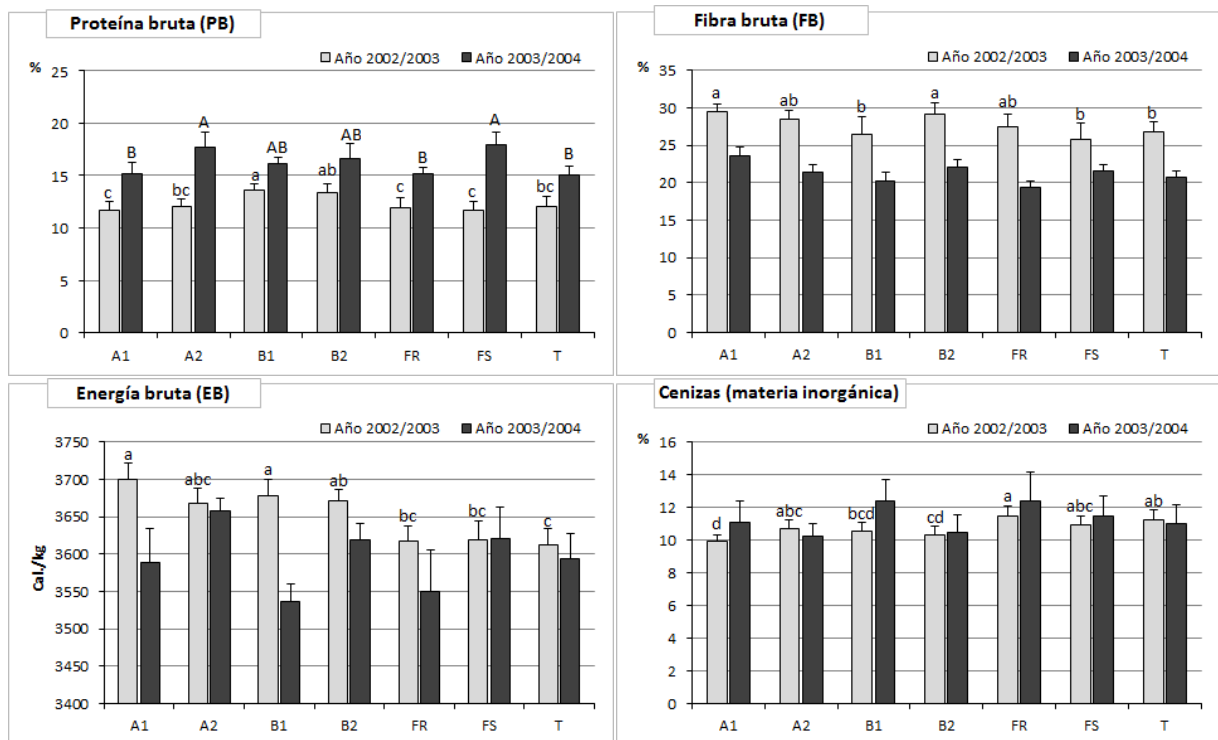


Figura 3. Influencia del tratamiento sobre parámetros de calidad (PB, FB, EB y cenizas) del pasto en cada año de estudio. Valores medios \pm error estándar. Para cada fracción y corte, letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$) según test LSD de Fisher. A1 y B1: pradera con mezcla A o B (respectivamente) y fajas; A2 y B2: pradera con mezcla A o B y continuo; FR y FS: fertilización con fosforita y superfosfato, respectivamente; T: testigo.

AGRADECIMIENTOS

La asistencia de Oscar Santamaría ha sido financiada por la Consejería de Economía e Infraestructuras de la Junta de Extremadura y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Goering H.K. y Van Soest P.J. (1970) *Forage Fiber Analysis (Apparatus, Reagents, Procedures and Some Applications)*. Washington DC, EEUU: USDA Handbook No. 379. USDA.
- González F. y Maya V. (2015) *Mejora de pastos de secano en Extremadura*. Mérida (Badajoz): Centro de Investigación la Orden-Valdesequera, Junta de Extremadura.
- 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., McAdam J. y McAdam J. (eds) *Silvopastoralism and Sustainable Land Management*, pp. 30-35. Wallingford, UK: CABI Publishing.

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.

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 and 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.

STRATEGIES FOR IMPROVING THE FORAGE YIELD AND NUTRITIVE VALUE OF GRASSLAND AND DEHESA PASTURES UNDER SEMIARID MEDITERRANEAN CLIMATE

Summary

With the aim of increasing the feeding resources for livestock in grasslands and *dehesas* under Mediterranean semiarid conditions, an essay was performed to evaluate the influence of several strategies for the improvement of forage biomass yield and several nutritive value parameters during two farming years (2002/03 and 2003/04). The improvement treatments were the following: sown meadow (with 2 different sowing mix and by using two cropping technologies) and phosphoric fertilization (phosphorite and superphosphate). The treatment effect was analyzed in the whole pasture and its fractions (legumes, grasses and other herbs). The sown meadows, by using either subterranean clover or a biodiverse species mix, increase the forage yield by a 37% in the most favorable case, regardless the crop technology used. Either the sown meadows or Superphosphate fertilization, improved also the feeding quality of the forage, especially protein content or crude energy, although the intensity of the improvement was regarded to the specific climatological conditions of the study year. The organic matter digestibility was not affected by the improvement treatment. As a conclusion, the pasture improvement leads to an increase in forage yield and a better nutritive value, which might reduce the necessity of supplemental feeding.

Keywords: Sown meadow, phosphoric fertilization, forage yield, nutritive value.

EFFECTO DEL TIPO DE ESPARCETA SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y LA DEGRADABILIDAD DE LA MATERIA SECA Y DEL NITROGENO DE LOS HENOS

D. Andueza¹, F. Muñoz², I. Delgado², S. Demdoun².

¹Université Clermont Auvergne, INRA, VetAgro Sup, UMR Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle (France).

²CITA Aragón. Apartado 727. 50080 Zaragoza (España).

Correspondencia: donato.andueza@inra.es

Resumen

Se realizó un experimento con el objetivo de evaluar la composición química y la degradabilidad de la materia seca y del nitrógeno (N) de henos de tres procedencias de esparceta “Costwold common”, “Reznos” y “Mezquita de Jarque” representando los tipos “un corte o común”, “dos cortes o gigante” e “intermedio” entre ambos respectivamente y un heno estándar de alfalfa cultivada en el Valle Medio del Ebro. Se compararon los valores de composición química y los parámetros de cinética de desaparición de la materia seca y del N obtenidos *in sacco* para los henos de distintas variedades de esparceta el de la alfalfa. Se obtuvieron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre henos de esparceta para las determinaciones de proteína bruta (PB), taninos condensados, y degradabilidad efectiva del N (DEN). El heno del tipo ‘dos cortes o gigante’ presentó los valores más altos de PB y más bajos de DEN lo que permite concluir que los henos de este tipo de esparceta presenta un mayor valor proteico que los henos de los tipos ‘un corte o común’ e ‘intermedio’.

Palabras clave: *Onobrychis viciifolia*, forrajes, taninos condensados, calidad, leguminosas.

INTRODUCCIÓN

La esparceta (*Onobrychis viciifolia*) es una leguminosa que se caracteriza por altos contenidos de proteína bruta (PB) y baja degradabilidad efectiva de la misma debido a la presencia de taninos condensados (TC) (Theodoridou et al., 2010). Por ello es un cultivo apreciado por los agricultores y ganaderos debido a su rendimiento en materia seca de forraje de alto valor nutritivo (Borreani et al., 2003), sus efectos antiparasitarios sobre los rumiantes (Frutos et al., 2008) y estar considerado como muy beneficioso para el medio ambiente (Theodoridou et al., 2010). Recientemente, se han realizado numerosos estudios sobre su valor nutritivo, pero éstos han sido realizados mayoritariamente sobre forrajes verdes o sobre ensilados, mientras que los henos de este cultivo, han sido mucho menos estudiados. Demdoun *et al.* (2012) pusieron de manifiesto diferencias genéticas entre los

distintos orígenes de esparceta, lo que se podría traducir en diferencias en el valor nutritivo del forraje de los mismos y particularmente en los henos. En este contexto, el objetivo del presente trabajo es comparar la composición química y la degradabilidad de la materia seca y del nitrógeno de tres procedencias de esparceta pertenecientes a orígenes genéticos distintos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizó una parcela de 4,2 ha del CITA de Zaragoza. La parcela se caracterizaba por un suelo de fertilidad media con un pH de 8,4. En el año 2009 la parcela se dividió en tres subparcelas homogéneas de 1,4 has cada una en las que se sembraron aleatoriamente tres procedencias de esparceta; 'Costwold Common', procedente del Reino Unido, 'Reznos' de Soria y 'Mezquita de Jarque' de Teruel. Costwold Common es una procedencia representativa del tipo 'un corte o común' mientras que 'Reznos' representa la esparceta de tipo 'dos cortes o gigante' y Mezquita de Jarque es intermedia entre ambos tipos (Delgado *et al.*, 2008). La dosis de siembra fue de 700 semillas /m² y como abonado de fondo se aportaron 300 kg/ha del complejo NPK 8-24-12 de acuerdo con los hábitos de cultivo de la zona. Las parcelas se cortaron el 15 de abril en estado fenológico de plena floración. El heno del segundo corte de una parcela adyacente de alfalfa de segundo año (corte realizado el 15 de mayo en estado fenológico de inicio de floración) considerado como un heno estándar producido en la zona, se utilizó como testigo. Se eligió este heno como el corte más productivo de la alfalfa, con fecha de floración no muy alejada de la de la esparceta si se excluye el primer corte que, en general, se caracteriza por una presencia importante de malas hierbas.

Las parcelas se segaron a una altura de cinco cm con una segadora de discos acondicionadora y se dejaron secar hasta que el forraje alcanzó un contenido en materia seca del 80%. Seguidamente, el forraje de cada parcela se empacó y se trasladó a las instalaciones del CITA donde se almacenó hasta su utilización por los animales.

De las pacas obtenidas de cada forraje, se tomó una muestra (2 kg) de cuatro de ellas que se utilizaron para los ensayos de degradación ruminal y para los análisis de laboratorio.

Para los ensayos de degradación ruminal se utilizaron tres corderos castrados de raza Fleischchaff x Rasa Aragonesa provistos de una cánula ruminal y que se encontraban adaptados a una ración de mantenimiento compuesta de 70% de heno de alfalfa y 30% de concentrado y corrector vitamínico mineral. La ración se distribuía a los animales en dos veces diarias; a las 8h y a las 16h. Se utilizaron bolsas de nylon de tamaño de poro de 46 μ y de dimensiones 7 x 11 cm. En cada bolsa se introdujeron aproximadamente, tres g de materia seca (MS) de forraje molido a un mm y se sellaron antes de introducirse en el rumen de los animales. Las bolsas permanecieron incubadas en el rumen de los animales por un tiempo de 2, 4, 8, 16, 24 y 48 h. Se incubaron dos bolsas por tiempo de incubación y por cada animal. La determinación de la degradabilidad de la MS y del nitrógeno (N) se realizó a partir de la técnica descrita por Ørskov y McDonald, (1979). Por otra parte, bolsas de nylon repletas de muestra de idéntica cantidad de un heno de alfalfa standard se incubaron en el rumen de los animales durante un período de 8h y se utilizaron como testigos de posibles cambios de la actividad de degradación ruminal durante la realización del experimento. Una vez retiradas del rumen, las bolsas se lavaron, se secaron en estufa a 60°C y se almacenaron hasta la realización de los análisis de laboratorio.

Sobre las muestras, de henos (3 repeticiones/tipo heno) se realizaron las determinaciones químicas de cenizas y N (AOAC, 1990), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina ácido detergente (LAD) según el método de Van Soest *et al.* (1991), N ligado a las fracciones de FND (NFND) y FAD (NFAD) (Licitra *et al.*, 1996) y concentración en TC según la metodología descrita por Reed (1986). Los resultados se expresaron en g/kg MS de equivalentes de leucocianidina. El contenido en proteína bruta (PB) de las muestras de forraje se calculó como el contenido en N x 6,25.

Sobre los residuos de forraje obtenidos después de su incubación en el rumen se realizaron análisis de N (AOAC, 1990).

Los resultados obtenidos de la desaparición de MS y N para cada animal se ajustaron al modelo $Y = A + B(1 - e^{-Ct})$ donde A es la fracción soluble rápidamente degradable, B es la fracción insoluble potencialmente degradable, A+B es la fracción potencialmente degradable, y C es el ritmo fraccional de degradación de la fracción B. La degradabilidad

efectiva de la MS (DEMS) y la degradabilidad efectiva del N (DEN) para cada animal se calcularon a partir de la ecuación $DE = (A+(B C))/(C+k)$ donde DE es la degradabilidad efectiva y k es el ritmo de salida de partículas del rumen. La DEMS y la DEN se calcularon para un valor de k de 0,06.

Sobre los datos de cada determinación de composición química se realizaron un análisis de la varianza según el modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + E_i + T(E)_j + R_k + \epsilon_{ijkl}$$

Mientras que sobre los datos de los parámetros de degradación ruminal de la MS y del N se realizó un análisis de varianza según el modelo;

$$Y_{ijkl} = \mu + E_i + T(E)_j + A_k + \epsilon_{ijkl}$$

En los que, Y es la variable dependiente, μ es la media global, E corresponde a la especie (1 grado de libertad (gl), T es el tipo (2 gl), R es la repetición (3 gl) A es el efecto del animal (2 gl) y ϵ es el error experimental. La repetición se consideró como efecto aleatorio. La separación de medias se realizó mediante la opción PDIFF del paquete estadístico SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de la varianza realizado sobre las determinaciones de composición química se presentan en la Tabla 1. El heno de alfalfa presentó valores significativamente superiores ($P < 0,05$) a los henos de esparceta para las determinaciones de cenizas, FND, FAD, LAD, y significativamente inferiores ($P < 0,001$) para la determinación de NFAD. El contenido en TC del heno de alfalfa fue insignificante en comparación con el de los henos de esparceta. El contenido en PB de 'Reznos' fue significativamente superior ($P < 0,05$) al de 'Costwold Common' mientras que el de 'Mezquita de Jarque' se situó entre ambos. El contenido en NFND del tipo 'Reznos' fue superior al de 'Costwold Common' y ambos fueron a su vez, superiores al contenido en NFND de 'Mezquita de Jarque', pudiendo indicar según Reed, (1986) una gradación en la formación de complejos entre TC y PB para las diferentes variedades de esparceta. Por otro lado, el contenido en TC varió entre los diferentes tipos de esparceta siendo superior en 'Costwold Common' y en 'Mezquita de Jarque' que en 'Reznos'. En la bibliografía se pueden encontrar trabajos en los que

muestran diferencias entre valores de composición química de alfalfa y esparceta sobre todo debido a la presencia de TC en los forrajes de esparceta (Theodoridou *et al.*, 2010). Otros estudios (Theodoridou *et al.*, 2011) muestran diferencias en cuanto a contenido en TC, PB y FND entre forrajes verdes de distintos tipos de esparceta. Estos autores explican las diferencias obtenidas para ciertas determinaciones de composición química por el diferente ritmo de crecimiento de los distintos tipos. Sin embargo, la concentración en TC depende también de factores abióticos, y en particular, de las condiciones de estrés que pueda sufrir el cultivo (Barbehenn y Constabel, 2011).

En lo que respecta a los parámetros de degradación de MS (Tabla 2), se obtuvieron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre especies para las fracciones B, A+B y para la DEMS, siendo los valores de la esparceta superiores a los de la alfalfa. La mayor parte de estas diferencias entre especies se explican por la composición química de ambas, en particular por el contenido más alto en fibras de la alfalfa, lo que explicaría los valores inferiores de la fracción B y de la DEMS de esta especie respecto de los obtenidos para la esparceta. En lo que se refiere a los tipos de esparceta, el heno de 'Costwold Common' se caracterizó por presentar valores superiores de la fracción A que los henos de 'Reznos' y 'Mezquita de

Tabla 1. Valores medios de cenizas (g/kg de materia seca (MS)), proteína bruta (PB; g/kg de MS), fibra neutro detergente (FND; g/kg de MS), fibra ácido detergente (FAD; g/kg de MS), lignina ácido detergente (LAD; g/kg de MS), nitrógeno ligado a la fracción FND (NFND; %), nitrógeno ligado a la fracción FAD (NFAD; %) y taninos condensados (TC; g/kg de MS de equivalentes de leucocianidina) de henos de tres tipos de esparceta y una variedad de alfalfa.

	Esparceta			Alfalfa	ESM	esp	tipo
	Cost	Reznos	Mez	Aragón			
Cenizas	94	89	86	101	3,6	*	ns
PB	164 ^b	178 ^a	172 ^{ab}	173	2,9	ns	*
FND	391	399	395	475	7,7	*	ns
FAD	279	287	293	343	9,4	*	ns
LAD	42	44	48	70	2,8	*	ns
NFND	20,61 ^b	25,49 ^a	17,18 ^c	18,29	1,078	ns	*
NFAD	9,61	9,77	8,54	6,34	0,353	***	ns
TC	5,97 ^a	2,14 ^b	5,43 ^a	0,51	0,560	***	**

ESM: error estándar de las medias; esp=especie; Cost; Costwold Common; Mez: Mezquita de Jarque; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; ns $P > 0,05$; Superíndices distintos en cada línea indican diferencias significativas entre tipos de esparceta $P < 0,05$.

Tabla 2. Valores medios para las fracciones soluble rápidamente degradable (A) (tanto por uno), insoluble potencialmente degradable (B) (tanto por uno), potencialmente degradable (A+B) (tanto por uno), ritmo fraccional de degradación de la fracción B (C; %/h), degradabilidad efectiva (tanto por uno) de la materia seca (DEMS) y degradabilidad efectiva del nitrógeno (DEN) de henos de tres tipos de esparceta y una variedad de alfalfa.

	Esparceta			Alfalfa	ESM	Esp	tipo
	Costwold	Reznos	Mezquita	Aragon			
Materia seca							
A	0,416 ^a	0,314 ^b	0,330 ^b	0,379	0,0270	ns	*
B	0,395 ^b	0,520 ^a	0,471 ^b	0,305	0,0274	***	*
A+B	0,811 ^b	0,834 ^a	0,801 ^b	0,684	0,0067	***	*
C	0,056 ^b	0,074 ^a	0,086 ^a	0,076	0,0086	ns	*
DEMS	0,605	0,599	0,606	0,547	0,0149	***	ns
Nitrógeno							
A	0,542 ^a	0,469 ^b	0,420 ^b	0,569	0,0310	*	*
B	0,374 ^b	0,454 ^{ab}	0,497 ^a	0,321	0,0321	**	*
A+B	0,916	0,922	0,913	0,889	0,0062	**	ns
C	0,082	0,079	0,120	0,143	0,0212	*	ns
DEN	0,751 ^a	0,724 ^b	0,745 ^a	0,790	0,0144	***	*

ESM: error estándar de las medias; esp=especie; Mezquita: Mezquita de Jarque; * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001; ns P>0,05; Superíndices distintos en cada línea indican diferencias significativas entre tipos de esparceta P<0,05.

Jarque' mientras que los henos de estos últimos presentaron valores superiores para la fracción B. Al final, los valores obtenidos para la DEMS fueron similares (P>0,05) para los tres tipos de esparceta y superiores a los valores de DEMS de la alfalfa. Las diferencias para los parámetros de fermentación entre orígenes de esparceta, podrían explicarse por la correlación negativa entre la fracción B y la DEMS con el contenido en TC. Estos resultados sugieren la unión de TC con fracciones diferentes a la PB lo que tendría como consecuencias valores más bajos de la fracción B para los tipos que presentan contenidos más altos de TC.

En cuanto a los resultados de degradación ruminal del N, se obtuvieron diferencias significativas entre especies para todos los parámetros de degradación. Entre variedades de esparceta, 'Costwold Common' mostró valores más altos (P<0,05) que los otros tipos para la fracción A y 'Reznos' valores más bajos (P<0,05) de DEN que los demás. Estos resultados, al contrario de otros que se pueden encontrar en la literatura (Theodoridou et al., 2012), están inversamente relacionados con la concentración de TC de los tipos de esparceta, lo que podría ser explicado por los posibles efectos de los TC ligados a otras

fracciones diferentes de la PB. Sin embargo, de acuerdo con Theodoridou et al., (2011), la actividad biológica de los TC es variable y puede estar inversamente relacionada con el contenido total de TC, lo que podría explicar los resultados del presente estudio en los que la variedad Reznos se caracteriza por un menor contenido en TC que las otras variedades de esparceta, pero presenta un contenido más alto de N ligado a la fracción FND y como consecuencia una menor DEN.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo permiten concluir que los henos de esparceta presentan un valor energético y un valor proteico más alto que los henos de alfalfa estándar obtenido en el Valle Medio del Ebro. Los henos del tipo de esparceta ‘dos cortes o gigante’ presentan un valor proteico más alto que los del tipo ‘un corte o común’ o los del tipo ‘intermedio’.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su agradecimiento a Ángeles Legua y Juan Ángel Tanco por su colaboración técnica, así como al proyecto Marie Curie Actions Project n° MRTN-CT-2006-035805.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemist), (1990) *Official methods of analysis*, 15th ed. Arlington (USA).
- Barbehenn R.V. y Constabel C.P. (2011) Tannins in plant–herbivore interactions. *Phytochemistry*, **72**, 1551-1565.
- Borreani G., Peiretti P.G. y Tabacco E. (2003) Evolution of yield and quality of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) in the spring growth cycle. *Agronomie*, **23**, 193-201.
- Delgado I., Salvia J., Buil I. y Andrés C. (2008) The agronomic variability of a collection of sainfoin accesions. *Spanish Journal of Agricultural Research*, **6** (3), 401-407.
- Demdoum S., Muñoz F., Delgado I., Valderrábano J. y Wünsch A. (2012) EST-SSR cross-amplification and genetic similarity in *Onobrychis* genus. *Genetic resources and crop evolution*, **59**, 253-260.
- Frutos, P., Moreno-Gonzalo J., Hervás, G., García, U., Ferreira, L.M.M., Celaya R., Toral P.G., Ortega-Mora L.M., Ferre I. y Osoro K. (2008) Is the anthelmintic effect of heather supplementation to grazing goats always accompanied by anti-nutritional effects? *Animal* **2** (10), 1449-1456.

- Licitra G., Hernández T.M. y Van Soest P.J. (1996) Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, **57**, 347-358.
- Ørskov E.R. y McDonald I. (1979) The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*, **92**, 499-503.
- Reed J.D. (1986) Relationship among soluble phenolics, insoluble proanthocyanidins and fiber in East African browse species *Journal of Range Management*, **39** (1), 5--7.
- Theodoridou K., Aufrère J., Andueza D., Pourrat J., Le Morvan A., Stringano E., Mueller-Harvey I. y Baumont R. (2010) Effects of condensed tannins in fresh sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) on *in vivo* and *in situ* digestion in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, **160**, 23-38.
- Theodoridou K., Aufrère J., Andueza D., Le Morvan A., Picard F., Stringano E., Pourrat J., Mueller-Harvey I. y Baumont R. (2011) Effect of plant development during first and second growth cycle on chemical composition, condensed tannins and nutritive value of three sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) varieties and lucerne. *Grass and Forage Science*, **66**, 402-414.
- Theodoridou K., Aufrère J., Andueza D., Le Morvan A., Picard F., Pourrat J. y Baumont R. (2012) Effects of condensed tannins in wrapped silage bales of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) on *in vivo* and *in situ* digestion in sheep. *Animal*, **6** (2), 245-253.
- 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**, 3583-3597.

EFFECT OF SAINFOIN TYPE ON THE CHEMICAL COMPOSITION AND DRY MATTER AND NITROGEN DEGRADABILITY OF FORAGE PRESERVED AS HAY

Summary

An experiment was carried out to analyze the chemical composition and dry matter and nitrogen (N) degradability of hays of three types of sainfoin (Common, Giant and Intermediate) and a lucerne standard hay. Sainfoin and lucerne hays were compared for their chemical composition: ash, crude protein (CP) neutral detergent fibre, acid detergent fibre, acid detergent lignin, neutral detergent insoluble N (NDIN), acid detergent insoluble N (ADIN), condensed tannins (CT) and *in sacco* dry matter and N disappearance kinetics (soluble fraction, insoluble potentially degradable fraction, potentially degradable fraction, fractional degradation rate and effective degradability). Significant differences ($P < 0.05$) between sainfoin hays were obtained for (CP), CT and effective degradability of nitrogen (EDN). Giant type hay showed highest ($P < 0.05$) values of CP and lowest ($P < 0.05$) values for EDN which resulted in a higher protein value of hay from this type than hays from Common and Intermediate type hays.

Key words: *Onobrychis viciifolia*, forages, condensed tannins, quality, legumes

COMPARACIÓN DEL VALOR FORRAJERO DE UNA NUEVA VARIEDAD DE CEBADA CAPUCHONA (cv Mochona) RESPECTO A TRITICALE (cv Titania) EN CONDICIONES DE SECANO

E. Albanell¹, R. Casals¹, M.J. Broncano¹, A. Elhadi¹, C.L. Manuelian^{1,2}, F. Batlle³, I. Romagosa⁴, G. Caja¹

¹Grup de Recerca en Remugants (G2R), Universidad Autònoma de Barcelona (UAB), 08193 Bellaterra (España).

²DAFNAE, Università di Padova, 35020 Legnaro (PD) (Italia).

³Semillas Batlle S.A. Carretera N II s/n, Bell-Lloc d'Urgell, E-25220 Lleida (España).

⁴Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària, Univ. Lleida (UdL), 25198 Lleida (España).

Correspondencia: elena.albanell@uab.cat

Resumen

Las cebadas capuchonas presentan una mutación que produce espigas sin aristas, que son más apetecibles para el ganado. En este trabajo se valoró, en condiciones de cultivo experimental, el forraje (heno y ensilado) de una nueva variedad de cebada capuchona (cv Mochona) frente a un triticale (cv Titania). Los resultados obtenidos mostraron valores de crecimiento vegetativo y de producción inicialmente diferentes, pero que desaparecieron al llegar a la floración. La composición química del heno y ensilado de la cebada capuchona fue similar a la del triticale, pero con un contenido proteico superior en la cebada.

Palabras clave: cebada capuchona, triticale, forraje, heno, ensilado

INTRODUCCIÓN

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es un cereal domesticado aproximadamente hace 10 000 años. En la actualidad, debido a su gran capacidad de adaptación a suelos, agua, fotoperiodo, temperatura, altitud y a su elevada demanda para piensos y cervecería, es el cuarto cereal en importancia en el mundo (FAO, 2016) y el primero en España (MAPAMA, 2016). La cebada es uno de los cereales con mayor diversidad genética (Fernández *et al.*, 2002; Matus y Hayes, 2002; Kumar, 2016). Así, existen diversos tipos de cebadas según: la época de siembra, de invierno y de primavera; la morfología de la espiga, de dos y seis carreras; la presencia de glumillas adheridas al grano, vestidas y desnudas; la relación amilosa/amilopectina, waxy y no-waxy; el contenido en antocianos, distintos colores del grano; y finalmente, para uso forrajero, con aristas y sin aristas.

Las cebadas sin aristas o capuchonas, presentan una mutación que conduce a la sobreexpresión de un gen que produce el desarrollo de una flor extra estéril en la espiguilla, en lugar de las barbas o aristas características, dando lugar a espigas aparentemente imberbes (Roig *et al.*, 2004). Estas cebadas, al carecer de aristas, son más apetecibles para el ganado, no provocan lesiones en las mucosas de la boca o del aparato digestivo y pueden ser consumidas incluso en estado avanzado de maduración. El ensilado de estas cebadas capuchonas cosechadas antes de la madurez, podría ser una alternativa a los ensilados de otros cereales (e.g., trigo, triticale y maíz) y coyunturalmente, si en primavera no se necesitaran como recurso forrajero, se podrían dejar madurar sin una marcada disminución en el rendimiento de grano. Por todo ello, hay un interés creciente en la valoración de estos nuevos materiales para producción animal, no existiendo trabajos previos en los que se valore su utilización como forraje en condiciones de cultivo españolas.

El objetivo de este trabajo fue comparar el crecimiento, producción y composición química del forraje de una variedad de cebada capuchona frente a un triticale de uso común.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño experimental

En noviembre de 2016, después de una estercoladura abundante (1200 kg/ha), se sembraron 0,75 ha de cebada capuchona (cv Mochona) y 0,75 ha de triticale (cv Titania), suministradas por semillas Batlle (Lleida), en los campos de cultivo del Servicio de Granjas y Campos Experimentales (SGCE) de la Universidad Autónoma de Barcelona (Bellaterra, Vallés Occidental, Barcelona). Las características edafológicas de la parcela fueron: textura franco-limosa, no salino, nivel medio en carbonatos y pH 8,11. Se utilizó una máquina sembradora a chorrillo, a una dosis de siembra de 150 kg/ha para la cebada y 220 kg/ha para el triticale, de acuerdo con las indicaciones de semillas Batlle. La siembra se realizó en franjas alternas de 2,5 m, dejando 1 m entre calles y siguiendo las curvas de nivel. No se aplicó ningún otro tipo de abonado en cobertera y la pluviometría registrada durante el periodo de cultivo fue de 450 mm, concentrada al final del ciclo productivo.

Ambas especies se procesaron mediante un solo corte en el mes de mayo (196 días de cultivo) para heno y ensilado. El empacado se realizó en balas rectangulares (1 x 0,5 x 0,4 m) a baja presión, con un retraso en el empacado de 5 días por una fuerte lluvia. El ensilado se realizó en contenedores de plástico de 1 m³ (1,1 x 0,9 x 1 m) con drenaje regulado.

Durante el crecimiento de los cultivos se realizaron 5 muestreos. El primero a los 111 días de cultivo y los sucesivos cada 15-20 días (días: 111, 131, 152, 170, 185). Para la determinación de la altura (cm), se tomaron 20 medidas al azar (en 2 franjas diferentes) con la ayuda de una regla metálica. El peso (g) de la biomasa se determinó mediante siegas con segadora manual sobre un marco de 0,2 x 0,2 m lanzado al azar en 5 puntos distintos del campo. En los dos últimos muestreos se procedió a separar y valorar las distintas partes de la planta (tallos, hojas y espigas). Las muestras de biomasa recogidas se llevaron rápidamente al laboratorio para su secado en estufa a 60°C durante 48 h, y posterior molido y homogeneizado en un molino Retsch SM 2000 (Retsch, Haan, Alemania), con una malla de 1 mm. Las muestras se conservaron a temperatura ambiente en botes cerrados de vidrio, hasta su análisis químico.

Análisis químico

Se realizó análisis químico de los 5 muestreos realizados durante el crecimiento del cultivo (días: 111, 131, 152, 170, 185), del día de siega (día 196) y del forraje conservado (heno y ensilado) a los 3 meses de almacenamiento. Todas las determinaciones se realizaron por duplicado, utilizando los métodos oficiales de referencia (AOAC, 2003). Se determinó la materia seca (MS) a 103°C durante 24 h y las cenizas a 550°C durante 4 h. La proteína bruta (PB), se calculó como $N \times 6,25$, a partir del N total obtenido por el método Dumas mediante un analizador Leco (Leco Corporation, St. Joseph, EEUU). La fibra bruta (FB), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina ácido detergente (LAD), se determinaron usando un incubador Ankom200 (Ankom Technology, Macedon, EEUU) y, para el análisis de la FND se añadió amilasa y sodio sulfito. En el caso del ensilado, el material vegetal se liofilizó previamente a su análisis.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el PROC MIXED de SAS v.9.4 (SAS Inst. Inc., Cary, EEUU), para evaluar el crecimiento vegetativo y la producción vegetal y de espigas. El modelo incluyó como factores fijos: especie, días de cultivo y su interacción y como factores aleatorios la muestra anidada en la especie y el error. Las diferencias entre medias se compararon mediante un test LSD.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento vegetativo y producción

Como puede apreciarse en la Figura 1A, ambos cultivos presentaron un crecimiento de tipo logarítmico ($R^2 = 0,93-0,98$). Aunque el triticale tuvo un crecimiento en altura más precoz que la cebada durante el invierno, la cebada incrementó su crecimiento en primavera y no se apreciaron diferencias significativas en altura de la planta entre especies a partir del día 170 ($P = 0,86$), ni en el momento del corte ($P = 0,10$), alcanzando las plantas valores medios de altura cercanos a los 120 cm durante el espigado. Los valores de altura obtenidos en la cebada capuchona fueron superiores a los obtenidos por Hadjichristodoulou (1979) en Chipre y Romero-Bernal *et al.* (2013) en Méjico. La climatología durante el ciclo de cultivo, con una importante sequía durante el periodo de desarrollo y lluvias frecuentes en la época de recogida del forraje, favorecieron el desarrollo de las plantas, pero hicieron a la cebada más sensible al encamado en nuestras condiciones de cultivo.

Al valorar el rendimiento productivo, expresado como t MF/ha y t MS/ha (Figura 1B), se observó que durante el periodo vegetativo (131 y 152 días de cultivo), el triticale fue claramente superior a la cebada capuchona. Sin embargo, en los dos últimos muestreos y coincidiendo con el espigado (días 170 y 185 de cultivo), no se observaron diferencias en MF ni MS ($P > 0,05$). Los valores obtenidos de producción fueron superiores a los de otros autores (Hadjichristodoulou, 1979; Mut *et al.*, 2006; Romero-Bernal *et al.*, 2013; González *et al.*, 2015), probablemente debido a las favorables condiciones de cultivo de nuestras parcelas experimentales.

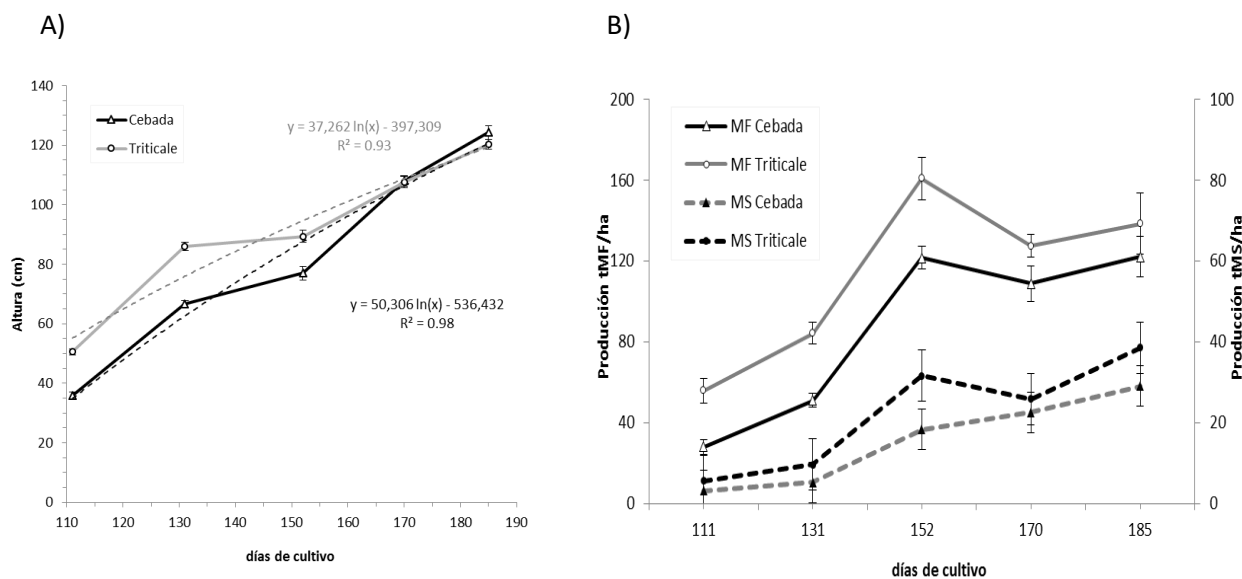


Figura 1. Crecimiento en altura de la cebada cv Mochona y el triticale cv Titania, durante el periodo experimental (A). Producción de materia fresca y seca de la cebada cv Mochona y el triticale cv Titania, durante el periodo experimental (B). (valores medios \pm ES).

En cuanto a las espigas producidas, a los 185 días de cultivo la cebada presentó mayor número de espigas que el triticale (864 ± 82 vs 664 ± 65 espigas/m²) pero de menor peso ($1,4 \pm 0,3$ vs $1,5 \pm 0,4$ kg/m²), aunque las diferencias no fueron significativas ($P > 0,05$).

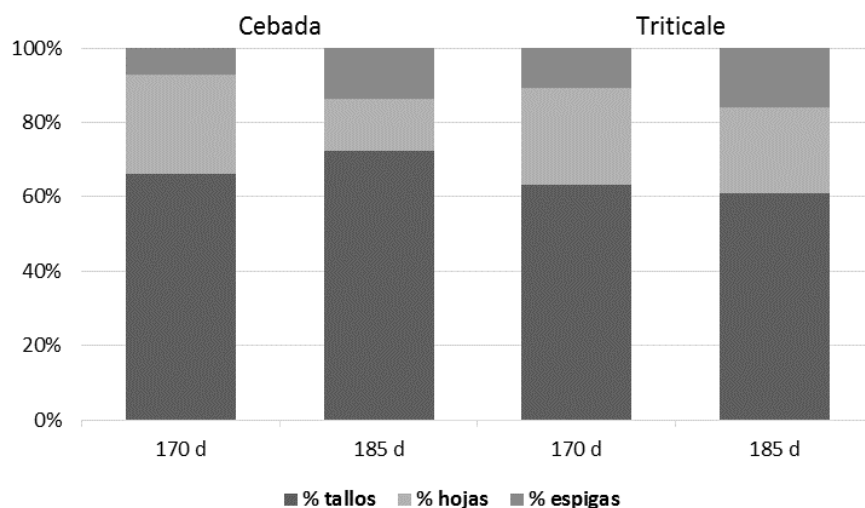


Figura 2. Distribución (%) de hojas, tallos y espigas de la cebada cv Mochona y el triticale cv Titania, antes del aprovechamiento forrajero (resultados expresados en MF).

Al expresar los resultados como distribución de las distintas partes de la planta, hojas/tallos/espigas expresados en MF (Figura 2), se observó como el triticale presentó menor proporción de tallos y mayor de espigas y hojas, probablemente debido a que la cebada estaba algo encamada y presentaba hojas más secas y tallos caídos por efecto de la climatología.

Composición química

La Figura 3 muestra la evolución de la composición química de ambas especies durante el periodo experimental, expresado como contenido en PB y FND. Los resultados obtenidos indicaron, de acuerdo a lo esperado que, al avanzar el estado fenológico disminuyó el contenido proteico, aumentaron los distintos tipos de fibra y disminuyó la digestibilidad y por tanto la calidad nutritiva del forraje. En el momento de siega, las dos especies presentaron composición química similar, pero con mayor contenido en proteína en la cebada (10,6 vs 7,5%). El contenido en proteína de la cebada cv Mochona resultó ser superior a los obtenidos por Berrada y Brummer (2004) en las cebadas capuchonas cv Washford y Westford (8,5 y 8,7% respectivamente) y similar al obtenido por Romero-Bernal *et al.* (2013) en cv Emerald (11%).

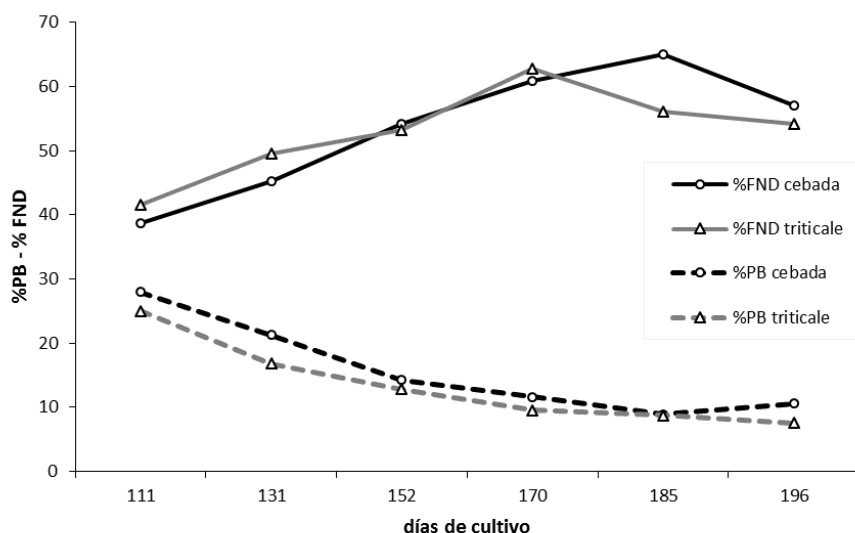


Figura 3. Evolución del contenido en Proteína Bruta (PB) y Fibra Neutro Detergente (FND) de la cebada cv Mochona y el triticale cv Titania, durante el periodo experimental (resultados expresados en %MS).

La composición química del forraje de ambas especies transformado en heno o ensilado, a los 4 meses de conservación, expresado como contenido de nutrientes sobre MS, se ha resumido en la Tabla 1. La cebada capuchona presentó mayor PB que el triticale, tanto en heno como en ensilado, pero sorprendieron los elevados niveles en fibras, probablemente consecuencia del aumento de hojas secas producido por el encamado al final del cultivo. La calidad del heno, medido como RFV (Relative Feed Value) mostró valores bajos y similares en las dos especies (triticale, 76; cebada, 75) lo que indica una baja calidad del heno, posiblemente debido a la lluvia imprevista durante la henificación. En cuanto a la calidad del ensilado de cebada, presentó valores de PB y cenizas similares a los citados por McCartney y Vaage (1993), pero superiores en FND, FAD y LAD.

Tabla 1. Composición química de la cebada cv Mochona y triticale cv Titania conservados en forma de heno y ensilado. [Forraje segado a los 196 días de cultivo y conservado durante 3 meses.](#) (valores medios \pm DS).

Aprovechamiento	HENO		ENSILADO	
Especie	Cebada	Triticale	Cebada	Triticale
Materia seca liofilizada, %	-	-	27,8 \pm 2,7	30,1 \pm 3,4
pH	-	-	4,4	3,9
	Composición, % MS			
Cenizas	14,3 \pm 3,2	12,7 \pm 2,0	17,2 \pm 0,9	10,4 \pm 1,9
Proteína (N x 6,25)	12,5 \pm 0,0	11,5 \pm 0,1	12,4 \pm 0,4	8,9 \pm 0,3
Fibra Bruta	39,5 \pm 2,0	40,3 \pm 1,1	33,3 \pm 1,3	33,8 \pm 0,1
Fibra Neutro Detergente	69,8 \pm 1,5	68,9 \pm 1,0	63,4 \pm 4,1	60,5 \pm 0,2
Fibra Acido Detergente	42,3 \pm 0,6	42,1 \pm 0,2	39,6 \pm 3,8	39,4 \pm 0,7
Lignina Acido Detergente	6,3 \pm 0,2	5,2 \pm 0,1	8,1 \pm 3,8	6,8 \pm 0,3

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indicaron un elevado potencial forrajero de la cebada cv Mochona que debería ser confirmado en diferentes años de cultivo para ser más concluyente.

AGRADECIMIENTOS

A Ramón Costa y a todo el personal del Servicio de Granjas y Campos Experimentales de la UAB. Trabajo financiado por MINECO (Proyecto AGL2015-69435-C3-3-R).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC (2003) Official methods of analysis, 17th ed. Association of Official Analytical Chemist, Gaithersburg, MD.
- Berrada A., Brummer J.E. (2004) Evaluation of spring cereals for dual use. Technical Bulletin Agricultural. Colorado Forage Research, 101-106.
- FAO (2016) Estadísticas agrarias. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Fernández M., Figueiras A., Benito C. (2002) The use of ISSR and RAPD markers for detecting DNA polymorphism, genotype identification and genetic diversity among barley cultivars with known origin. Theoretical and Applied Genetics, 104(5), 845-851.
- González R.F.J., Zaragoza R.J.L., Martínez H.P.A. (2015) Potencial forrajero de cuatro cereales de grano pequeño. III Congreso Internacional y XVII Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas. 133-134. Méjico.
- Hadjichristodoulou A. (1979) A hooded barley for hay. Technical Bulletin, 28. Agricultural Research Institute, Nicosia, Chipre.
- Kumar P. (2016) Diversity assessment of agro-morphological and molecular traits in hulled barley (*Hordeum vulgare* L.) accessions. Tesis Doctoral. Dep. Plant Breeding and Genetics Rajmata Vijayaraje Scindia Krishi Vishwa Vidyalaya, Gwalior College of Agriculture (India).
- MAPAMA (2016) Anuario de Estadística Agraria. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, España.
- Matus I.A., Hayes P.M. (2002) Genetic diversity in three groups of barley germplasm assessed by simple sequence repeats. Genome, 45(6), 1095-1106.
- McCartney D.H., Vaage A.S. (1994) Comparative yield and feeding value of barley, oat and triticale silages. Canadian Journal of Animal Science, 74(1), 91-96.
- Mut Z., Ayan, I., Mut, H. (2006) Evaluation of forage yield and quality at two phenological stages of triticale genotypes and other cereals grown under rainfed conditions. Bangladesh J. Bot, 35(1), 45-53.
- Roig C., Pozzi C., Santi L., Müller J., Wang Y., Stile M.R., Rossini L., Stanca M., Salamini, F. (2004) Genetics of barley *Hooded* suppression. Genetics, 167(1), 439-448.
- Romero-Bernal J., Lara-Fuentes L.A., Franco-Martinez J.R., Dominguez-Vara I.A., Salem A.Z.M., González-Ronquillo M. (2013) Impacts of different levels of nitrogen fertilization on yield production, chemical composition and in vitro gas production of different varieties of barley (*Hordeum vulgare*) forages. African Journal of Agricultural Research, 8(5), 454-459.

FORAGE VALUE OF ANEW VARIETY OF HOODED BARLEY (CV MOCHONA) COMPARED TO TRITICALE (CV TITANIA) IN DRY CONDITIONS

Summary

Hooded barley has a mutation that produces spikes without awns or hoods, which are more palatable for livestock. In this work we evaluated, under experimental culture conditions, the forage (hay and silage) of a new variety of hooded barley (cv Mochona) when compared to a triticale (cv Titania). Obtained results showed initial differences in vegetative growth and production values, but they disappeared at flowering. Chemical composition of hooded barley's hay and silage were similar to triticale, although protein content was greater in barley.

Keywords: hooded barley, triticale, forage, hay, silage

HABA FORRAJERA EN MONOCULTIVO O ASOCIADA CON RAIGRÁS ITALIANO:

RENDIMIENTO Y CALIDAD DE SUS ENSILADOS

S. Baizán, F. Vicente, A. Martínez-Fernández

Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). 33300 Villaviciosa Asturias (España).

Correspondencia: admartinez@serida.org

Resumen

Las leguminosas forrajeras son cultivos multifuncionales que aportan beneficios económicos, ecológicos y sociales. Sin embargo, presentan dificultades a la hora de ensilar que se podrían subsanar mediante su asociación con gramíneas. Para ello, se realizó un ensayo con raigrás italiano (RI), haba forrajera (HB) y un intercultivo de ambos forrajes (HBRI). Se tomaron muestras de los forrajes tras la cosecha (en verde), tras 24 de prehenificado y del ensilado. Se estimó la productividad y se determinó el valor nutritivo, aporte energético y ensilabilidad de los forrajes y las características nutritivas y fermentativas de sus ensilados. El forraje más productivo fue el intercultivo HBRI con 9,2 t MS/ha respecto a las 7,2 t MS/ha de HB y las 5,7 t MS/ha del RI, con los mayores rendimientos en proteína y energía por hectárea. Los tres forrajes presentaron una alta ensilabilidad sin diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, el intercultivo HBRI presentó una calidad de fermentación deficiente debido a un elevado contenido en N amoniacal y en ácido butírico derivado de fermentaciones secundarias no deseadas.

Palabras clave: leguminosas, producción forrajera, ensilabilidad, proteólisis.

INTRODUCCIÓN

Desde un punto de vista económico, las leguminosas forrajeras contribuyen al desarrollo sostenible de las explotaciones agrarias, puesto que reducen la dependencia de las importaciones proteicas, incrementando la autonomía y el grado de autoabastecimiento en la alimentación del ganado (Atienza y Rubiales, 2017). Repercuten de forma beneficiosa en el medio ambiente por ser cultivos fijadores de nitrógeno, requiriendo menos fertilización y mejorando la calidad del suelo. Además, fomentan la biodiversidad al atraer insectos polinizadores en la época de floración y actúan como fijadores de gases de efecto invernadero (Miguelañez, 2017). La introducción de leguminosas en rotaciones de cultivo, aporta servicios ecosistémicos que de una manera directa o indirecta contribuyen a mejorar la resiliencia al cambio climático (Peltonen-Sainio y Niemi, 2012). Sin embargo, en comparación con las gramíneas, las leguminosas son

consideradas exigentes a la hora de conservarse como ensilado, al ser más susceptibles de sufrir proteólisis en el silo debido a su bajo contenido de azúcares solubles y su alta capacidad tampón (Foster *et al.*, 2011). Para hacer frente a este problema, algunos estudios proponen el uso de intercultivos leguminosa-gramínea, ya que, con esta asociación podría mejorarse el proceso fermentativo y reducirse la degradación proteica (Copani *et al.*, 2014). Además, cabe destacar, que el RD 980/2017 de 10 de noviembre de 2018, por el que se modifican los Reales Decretos dictados para la aplicación en España de la Política Agraria Común recoge, entre otras novedades, el cambio en la condicionalidad, permitiendo la siembra de mezclas de leguminosas y proteaginosas con otros cultivos no fijadores de nitrógeno, siempre que las leguminosas o proteaginosas sean el cultivo predominante, al objeto de que los agricultores puedan seguir beneficiándose del pago verde.

Por todo ello, el objetivo de este trabajo ha sido estudiar el comportamiento agronómico y las características nutritivas y fermentativas del haba forrajera en monocultivo o en intercultivo con raigrás italiano con el fin de ser utilizado en las explotaciones agrarias como forraje sostenible adaptado a los requerimientos de la PAC.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la finca experimental del Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA) de Villaviciosa (43° 28' 20''N, 5° 26' 10''O; 10 msnm) en Asturias (España) durante dos años agronómicos consecutivos (2014-2015 y 2015-2016). Se utilizó una superficie de tres hectáreas en condiciones de secano húmedo, con un suelo de textura franco-arenosa (75,77% arena - 13,48% limo - 10,76% arcilla) que se dividió en tres parcelas colindantes, una bajo manejo convencional (fertilización química) sembrada con un monocultivo de raigrás italiano no alternativo (*Lolium multiflorum* Lam. cv Barextra, -RI-) y las otras dos bajo manejo sostenible (fertilización orgánica) sembradas respectivamente con un monocultivo de haba forrajera (*Vicia faba* L. cv Prothabon 101, -HB-) y un intercultivo de HB y RI (HBRI).

En ambos años, se realizó un abonado de fondo previo a la siembra de acuerdo a los resultados del análisis del suelo siguiendo las recomendaciones de Martínez-Fernández y

Argamentería-Gutiérrez (2013) para un suelo de fertilidad media, incorporando 60 UF de N, 60 UF de P_2O_5 y 130 UF de K_2O . Las siembras se realizaron a voleo en octubre (20/10/2014 y 30/10/2015) con unas dosis de 50 kg/ha para RI, 150 kg/ha para HB y 75+25 kg/ha de HB y RI, respectivamente, para el intercultivo. Para establecer el rendimiento de los diferentes cultivos ensayados se tuvieron en cuenta los aprovechamientos realizados. En la parcela de RI se realizó un corte de limpieza a la salida del invierno y dos cortes para ensilar en primavera, cuando se encontraba en estado fenológico de inicio de espigado. Tras el primer corte para ensilar, se añadieron 60 UF complementarias de N en cobertera. El monocultivo de HB se aprovechó en un único corte con las habas en estado de plena floración. El intercultivo HBRI se segó igualmente con las habas en estado de plena floración y también se cuantificó el rebrote posterior del RI. En las parcelas con presencia de HB no se utilizó N complementario de cobertera para aprovechar la capacidad de fijar N atmosférico de la leguminosa.

Tras la cosecha, que se realizó los dos años durante la segunda quincena de abril, los forrajes se prehenificaron 24 horas sobre el terreno antes de ser ensilados en rotopacas. Se tomaron muestras de los forrajes en verde en el momento de la cosecha, de los forrajes prehenificados para establecer los parámetros de ensilabilidad y de los correspondientes ensilados. Para la estimación del valor nutritivo y contenido energético de RI y de HBRI como forrajes verdes y ensilados sólo se consideró el primer corte por ser de mejor calidad. Las muestras se secaron en estufa (60°C, 24 h) para determinar su materia seca (MS) según de la Roza *et al.* (2002). Tras ser molidas (0,75 mm) fueron analizadas en el laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA, acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), conforme a los criterios recogidos en la norma UNE-EN-ISO/IEC 17025 (Nº de expediente LE 930) para determinar su contenido en principios nutritivos según Weende (AOAC, 1984) y Van Soest (Van Soest *et al.*, 1991) y aporte en energía metabolizable (EM) según ARC (1980). Se determinaron los parámetros que definen la ensilabilidad: MS en el momento de ensilar, azúcares solubles (AZSOL) como carbohidratos reductores y carbohidratos solubles totales por reducción con ferricianuro (Hoffman, 1937) y la capacidad tampón (CT) según Playne y McDonald (1966), así como el índice de ensilabilidad (IE; Martínez-

Fernández *et al.*, 2013) calculado a partir de la siguiente fórmula: $IE = 152,29 - 1,97 * MS + 0,85 * AZSOL - 3,75 * CT$. En los ensilados se determinó el pH, el N amoniacal por destilación con MgO y ácido láctico y ácidos grasos volátiles mediante HPLC (Waters, Milford, MA).

Los resultados fueron contrastados mediante análisis de varianza considerando la especie como factor principal y el año de cultivo como factor aleatorio con el software estadístico de libre acceso R (R Core Team, 2016). Además, se llevó a cabo un test de comparación de medias de Duncan para comparar las alternativas forrajeras entre sí.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Uno de los aspectos a considerar a la hora de seleccionar un cultivo es su rendimiento productivo. Los rendimientos medios obtenidos para los cultivos ensayados considerando todos los aprovechamientos realizados fueron de 5,7 vs. 7,2 vs. 9,2 t MS/ha para RI, HB y HBRI respectivamente ($p < 0,001$). El mayor rendimiento obtenido en el intercultivo HBRI (Figura 1) concuerda con estudios previos en los que se ha demostrado que los intercultivos de HB con otras especies ofrecen producciones rentables para la explotación (Jiménez *et al.*, 2017). Cabe destacar que, en comparación con RI, no solo se obtiene una mayor producción, sino que, además, el uso de mecanizado es menor, lo que implica ahorros energéticos y beneficios en la salud del suelo.

Otro aspecto a tener en cuenta debe ser la suficiencia proteica. Se observó que no hubo diferencias significativas entre el RI y los cultivos con presencia de haba forrajera en lo que se refiere a proteína bruta (PB) ni en el forraje verde ni en el ensilado (Tablas 1 y 2). Esto difiere de otros estudios con los mismos forrajes y condiciones similares en los que el HB en monocultivo presentó valores de PB de 16,73% sobre MS respecto al 9,36% del RI (Baizán *et al.*, 2015). Sin embargo, si calculamos el rendimiento medio en proteína por hectárea, los mejores resultados corresponden a las alternativas con presencia de leguminosas (711 vs. 849 vs. 1242 kg PB/ha para RI, HB y HBRI respectivamente), lo que sí concuerda con los resultados de dichos autores que obtuvieron rendimientos de 715 vs. 1059 vs. 853 kg PB/ha para RI, HB y HBRI respectivamente, en ensayos realizados en parcela experimental. El HB es una leguminosa de alto porte que necesita lignificar sus tallos para

mantenerse erguida. Esta lignificación se refleja en unos mayores contenidos en fibra en HB y HBRI respecto al RI del que difieren significativamente ($p < 0,001$). En cuanto al aporte energético, ni el monocultivo de HB ni el intercultivo de HBRI pueden competir con el RI ($p < 0,001$) debido a que, en general, las gramíneas son más energéticas que las leguminosas porque contienen más hidratos de carbono no estructurales (almidón o azúcares). Sin embargo, al igual que en el caso de la proteína, si se tiene en cuenta el rendimiento energético medio por hectárea, el intercultivo HBRI presenta un aporte energético mayor que el RI (70 vs. 56 vs 88 GJ EM/ha para RI, HB y HBRI respectivamente) (Tabla 1).

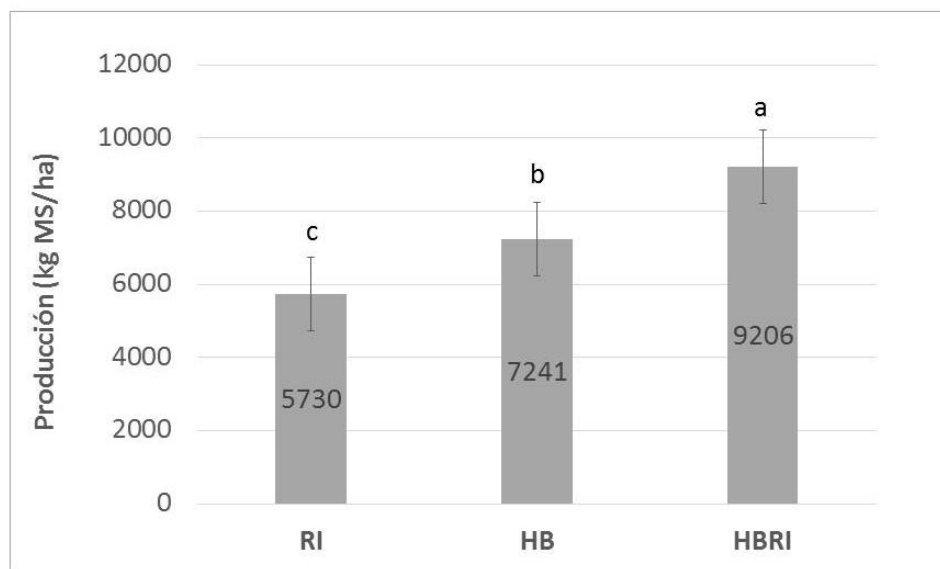


Figura 1. Promedio de rendimiento (kg MS/ha) de los forrajes ensayados en los años agronómicos 2014-2015 y 2015-2016. RI: raigrás italiano (corte de limpieza + 1º corte + 2º corte); HB: haba forrajera (corte único); HBRI: intercultivo HBRI (corte del intercultivo + rebrote del RI).

La forma habitual de conservar el forraje en Asturias es mediante ensilado. En general, con las gramíneas forrajeras se puede hacer un buen ensilado porque la relación azúcares/proteína es más adecuada para ello que en las leguminosas. En el presente trabajo, se observa que el HB en monocultivo presenta un contenido en AZSOL del 10,97% sobre MS (Tabla 1), lo que lo clasifica, según Martínez-Fernández *et al.* (2013), como de ensilabilidad media. El intercultivo HBRI se ve beneficiado por el alto contenido de AZSOL del RI (29,88% MS) haciendo que el contenido en AZSOL de dicha asociación esté por

encima del 15%, pasando a ser clasificado como forraje de alta ensilabilidad. En cuanto a la CT, se observa que HB y HBRI, presentan valores inferiores a 25 meq NaOH/100 g MS, por lo que su ensilabilidad, según este parámetro, es alta. Cuando se consideran en conjunto los tres parámetros que definen la ensilabilidad (MS prehenificada, AZSOL y CT), mediante el cálculo del IE, se observa que no existen diferencias significativas entre los diferentes forrajes ensayados, presentando todos alta ensilabilidad. Estudios realizados en pequeña parcela con los mismos forrajes (Baizán *et al.*, 2015) señalaron una ensilabilidad media para RI y media-alta para HB y HBRI. Esta diferencia puede deberse a que los parámetros que definen la ensilabilidad varían en función del estado fenológico en el momento del corte o a las condiciones climatológicas durante su desarrollo (Martínez-Fernández *et al.*, 2014).

Tabla 1. Valor nutritivo y aporte energético de los forrajes verdes y ensilabilidad de los forrajes prehenificados en los años agronómicos 2014-2015 y 2015-2016.

	RI (1C)	HB	HBRI	ee	p
<i>Valor nutritivo y aporte energético</i>					
PB (% MS)	12,41	11,73	13,49	1,953	ns
FAD (% MS)	17,30 b	34,23 a	29,80 a	3,666	<0,001
FND (% MS)	39,18 b	54,60 a	51,60 a	3,511	<0,001
EM (MJ/kg MS)	12,29 a	7,76 c	9,58 b	0,25	<0,001
<i>Ensilabilidad</i>					
MS prehenificada(%)	18,02 b	21,15 a	20,08 ab	2,047	ns
AZSOL (% MS)	29,88 a	10,97 c	15,64 b	2,828	<0,001
CT (meq NaOH/100 g MS)	33,42 a	20,30 c	24,77 b	33,030	<0,001
IE	37,76	43,84	33,14	31,040	ns

RI (1C): raigrás italiano de primer corte; HB: haba forrajera; HBRI: intercultivo HBRI; MS: materia seca; PB: proteína bruta; FAD y FND: fibras ácido detergente sin cenizas y neutro detergente; EM: energía metabolizable; AZSOL: azúcares solubles; CT: capacidad tampón; IE: índice de ensilabilidad (IE>28 = alta ensilabilidad);

ee: error estándar residual; ***: p≤0,001; **: p≤0,01; *: p≤0,05; ns: no significativo (p>0,05).

Letras minúsculas diferentes en la misma fila indican diferencias significativas (p≤0,05) entre los forrajes ensayados según el test de Duncan.

En los ensilados, la calidad no viene dada solamente por su contenido en principios nutritivos. Hay que evaluar si la fermentación ha sido correcta. Unos de los principales indicadores de la calidad de la fermentación es el contenido en N amoniacal respecto al N total. En la Tabla 2 se muestra que el intercultivo HBRI presenta un contenido de N amoniacal superior al 15% que, según Wilkinson (1987), indica una calidad de fermentación deficiente y puede estar relacionado con un elevado desarrollo de bacterias butíricas. Para

evitar la degradación de la proteína y la presencia de productos procedentes de otras fermentaciones distintas a la láctica y que contribuyen al deterioro o inestabilidad del ensilado, se puede hacer uso de aditivos que actúan durante el proceso de fermentación con el fin de estabilizar el ensilado y detener la destrucción de la proteína. Estudios llevados a cabo por Martínez-Fernández *et al.* (2016) con leguminosas (habas y guisante) señalaron que el uso de un aditivo biológico favoreció el proceso fermentativo disminuyendo el valor de pH final y la formación de N amoniacal y controlando las fermentaciones secundarias.

Tabla 2. Valor nutritivo, contenido energético y parámetros fermentativos del ensilado de los forrajes ensayados en los años agronómicos 2014-2015 y 2015-2016.

	RI (1C)	HB	HBRI	ee	p
<i>Valor nutritivo y energía</i>					
PB (% MS)	13,08 ab	13,95 a	12,64 b	0,878	ns
FAD (% MS)	31,20 b	43,79 a	42,01 a	2,779	<0,001
FND (% MS)	49,30 b	61,56 a	61,70 a	2,833	<0,001
EM (MJ/kg MS)	11,72 a	8,20 b	8,64 b	0,447	<0,001
<i>Parámetros fermentativos</i>					
pH	4,10 b	4,43 ab	4,58 a	0,266	<0,05
NH ₃ (% sobre NT)	8,99 b	12,41 ab	18,20 a	6,116	ns
LAC (% MS)	6,29 a	3,03 b	2,67 b	1,876	<0,05
ACE (% MS)	5,48 a	2,14 b	4,66 b	1,430	<0,01
PRO (% MS)	0,26	0,23	0,17	0,155	ns
BUT (% MS)	1,05 b	0,87 b	3,23 a	1,568	<0,05

RI (1C): raigrás italiano de primer corte; HB: haba forrajera; HBRI: intercultivo HBRI; MS: materia seca; PB: proteína bruta; FAD y FND: fibras ácido detergente sin cenizas y neutro detergente; EM: energía metabolizable; NH₃NT: nitrógeno amoniacal sobre nitrógeno total; LAC: ácido láctico; ACE: ácido acético; PRO: ácido propiónico; BUT: ácido butírico; ee: error estándar residual; ***: p≤0,001; **: p≤0,01; *: p≤0,05; ns: no significativo (p>0,05).

Letras minúsculas diferentes en la misma fila indican diferencias significativas (p≤0,05) entre los forrajes ensayados según el test de Duncan.

CONCLUSIONES

La asociación leguminosa-gramínea (HBRI) permite obtener mayores producciones que el monocultivo de las respectivas especies (HB y RI) que lo conforman en una superficie equivalente, proporcionando mayor cantidad de ensilado con mayores rendimientos en proteína y energía por ha. Este intercultivo presenta alta ensilabilidad, sin embargo, es susceptible de sufrir una pérdida proteica durante el proceso fermentativo derivada de una elevada amoniogénesis.

AGRADECIMIENTOS

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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC (1984) Official methods of analysis. USA: AOAC, 14th edition.
- ARC (1980) The nutrient requirements of ruminant livestock. UK: CAB.
- Atienza S.G. y Rubiales D. (2017) Legumes in sustainable agriculture. *Crop and Pasture Science*, 68 (11), i-ii. https://doi.org/10.1071/CPv68n11_FO.
- Baizán S., Vicente F., González M.A., González C., de la Roza B., Soldado A. y Martínez Fernández A. (2015) Alternativas forrajeras sostenibles como cultivo invernal en zonas templadas. *Pastos*, 45(2), 23-32.
- Copani G., Ginane C., le Morvan A. y Niderkorn V. (2014) Bioactive forage legumes as a strategy to improve silage quality and minimize nitrogenous losses. *Animal Production Science*, 54, 1826-1829.
- De la Roza B., Martínez Fernández A. y Argamentería A. (2002) Determinación de materia seca en pastos y forrajes a partir de la temperatura de secado para análisis. *Pastos*, XXXII (1), 91-104.
- Foster J.L., Carter J.N., Sollenberger L.E., Blount A.R., Myer R.O., Maddox M.K., Phatak S.C. y Adesogan A.T. (2011) Nutritive value, fermentation characteristics and in situ disappearance kinetics of ensiled warm-season legumes and bahiagrass. *Journal of Dairy Science*, 94, 2042-2050.
- Hoffman W.S. (1937) A rapid photoelectric method for the determination of glucose in blood and urine. *The Journal of Biological Chemistry*, 120, 51-55.
- Jiménez-Calderón J.D., Martínez-Fernández A., Benaouda M. y Vicente F. (2017) A winter intercrop of faba bean and rapeseed for silage as a substitute for Italian ryegrass in rotation with maize. *Archives of Agronomy and Soil Science*, doi:10.1080/03650340.2017.1406080.
- Martínez-Fernández A., Soldado A., de la Roza B., Vicente F., González-Arrojo M.A. y Argamentería A. (2013) Modelling a quantitative ensilability index adapted to forages from wet temperate areas. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11(2), 455-462.
- Martínez-Fernández A. y Argamentería-Gutiérrez A. (2013) Recomendaciones para la fertilización de praderas y cultivos forrajeros anuales en zonas templado-húmedas. *Afriga*, 102, 100-110.
- Martínez-Fernández A., Argamentería A. y de la Roza B. (2014) *Manejo de forrajes para ensilar*. Villaviciosa, España: Edita: Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). ISBN 978-84-617-3224-0.
- Martínez-Fernández A., Vicente F., de la Roza Delgado B., Soldado A., García J., Alonso J.M. y Peláez M. (2016) Importancia del uso de aditivos en la calidad y estabilidad de los ensilados de leguminosas. En: Báez, M.D. et al. (eds). *Innovación sostenible en pastos: Hacia*

una agricultura de respuesta al cambio climático., pp.87-92. Lugo, España: Sociedad Española para el estudio de los Pastos.

Miguelañez R. (2017) La alimentación animal necesita proteína vegetal. http://www.euroganaderia.eu/ganaderia/reportajes/la-alimentacion-animal-necesita-proteina-vegetal_2069_11_3242_0_1_in.html

Peltonen-Sainio P. y Niemi J.K. (2012) Protein crop production at the northern margin of farming: to boost, or not to boost. *Agricultural and food Science*, 21, 370-383.

Playne M.J. y McDonald P. (1966) The buffering constituents of herbage and of silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 17, 264-268.

R Core Team (2016) R: A language and environment for statistical computing. The R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en <https://www.R-project.org>

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.

Wilkinson M. (1987) *Silage UK*. Lincoln, UK: Chalcombe Publications.

FABA BEAN IN MONOCULTURE OR INTERCROPPING WITH ITALIAN RYEGRASS: YIELD AND SILAGE QUALITY

Summary

Forage legumes are multifunctional crops that provide economic, ecological and social benefits. However, they present ensiling problems that could be corrected by using in association with grasses. In this work, a trial was carried out with Italian ryegrass monoculture (RI), faba bean monoculture (HB) and HB and RI intercrop (HBRI). Green forage samples were taken after harvest, after 24 hours pre-wilting and after ensiling. Yield, nutritive composition, energy and ensilability characteristics were measured in green forages and nutritive and fermentative characteristics of their silages were also determined. The most productive forage was the HBRI intercropping with 9.2 t DM/ha compared to 7.2 t DM/ha of HB and 5.7 t DM/ha of RI, with the highest amounts in crude protein and energy by hectare. The three forages showed high ensilability without significant differences between them. Regarding the fermentability characteristics, the HBRI intercrop showed a poor fermentation quality due to a high content of ammonia N and butyric acid derived from unwanted secondary fermentation process.

Key words: legumes forage yield, ensilability, proteolysis.

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTE SOBRE LA CALIDAD FERMENTATIVA Y ESTABILIDAD AERÓBICA DE ENSILADOS DE MAÍZ Y SORGO

F. González-Alcántara^{1,2}, A. Gómez-Miranda^{1,2}, D. Plata-Reyes^{1,2}, S. Pereira-Crespo³, M. Veiga², A. Botana², J. Valladares², L. González², C. Resch², G. Flores-Calvete²

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100, 50000 Toluca (México).

²Instituto Galego de Calidade Alimentaria. Centro de Investigación Agrarias de Mabegondo (INGACAL-CIAM). Apdo. 10, 15080 A Coruña.

³Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL), Mabegondo, 15318 Abegondo, A Coruña.

Correspondencia: gonzalo.flores.calvete@xunta.es

Resumen

En este trabajo se evaluó el efecto de la especie forrajera (maíz vs. sorgo) y el uso de un aditivo biológico (un inoculante comercial a base de bacterias lácticas vs. un control sin aditivo) sobre la calidad nutricional y fermentativa y la estabilidad aeróbica en silos de laboratorio. El ensilado de maíz mostró un menor contenido en fibra neutro detergente (FND) y un mayor valor energético (unidades forrajeras leche, UFL) de la materia seca (MS) en comparación con el ensilado de sorgo (39,7 vs. 61,5 % MS y 0,97 vs. 0,76 UFL kg⁻¹ DM, respectivamente). La calidad fermentativa de los ensilados de ambas especies fue adecuada, sin diferencias apreciables entre tratamientos de aditivo. El tiempo de exposición al aire para que el forraje alcance una diferencia de +2 °C con la temperatura ambiente fue significativamente más elevado (40,6 vs. 36,4 h) y el tiempo para alcanzar la temperatura máxima fue asimismo superior (48,9 vs. 45,8 h) para los ensilados con inoculante. Se concluye acerca de la buena ensilabilidad del maíz y del sorgo y del efecto positivo del inoculante sobre la estabilidad aeróbica del ensilado.

Palabras clave: cultivo de verano, silos de laboratorio, *Lactobacillus buchneri*.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el cereal más usado como forraje ensilado en las explotaciones de vacuno de leche de Galicia debido a su alta productividad, elevado contenido en energía y facilidad para ensilar correctamente. Actualmente, el cultivo del maíz forrajero en Galicia ocupa aproximadamente 60 mil ha, representando más del 65% del total de la superficie de este cultivo en España y contribuye de forma decisiva a la alimentación del rebaño lechero de la comunidad autónoma gallega, estimándose que aproximadamente el 70% de la leche producida en Galicia procede de dietas en las que el ensilado de maíz es el forraje mayoritario (Flores *et al.*, 2017). En determinadas zonas

lecheras del interior de Galicia, la variabilidad en las precipitaciones de verano compromete los rendimientos de maíz obtenidos, en particular en el caso de suelos arenosos y con escasa profundidad. En tales condiciones, el cultivo de sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) se considera una alternativa para la producción de forraje ensilado, debido a su tolerancia a condiciones de escasez de agua y nutrientes comparado con el maíz (Farré y Faci, 2006).

Entre las ventajas del maíz y del sorgo para su utilización como ensilados se cuenta, de forma decisiva, la capacidad para fermentar correctamente. Sin embargo, el alto contenido en carbohidratos no estructurales de los ensilados de estas especies, los convierte en un medio proclive a la multiplicación de levaduras y de mohos frente a la entrada de aire en el silo o su exposición al aire una vez abierto. El deterioro aeróbico es uno de los principales problemas que afectan a la conservación y la calidad higiénica de los ensilados, y en particular los de maíz, ocasionando no sólo una disminución del valor nutricional, sino que, además, pueden tener un efecto negativo en la calidad de la leche y en la salud animal y humana (Driehuis y Oude Elferink, 2000) por lo que en ocasiones puede ser de utilidad el uso de inoculantes en cuya composición están presentes bacterias lácticas heterofermentativas, como *Lactobacillus buchneri*, las cuales actúan eficazmente contra los mohos y levaduras, mejorando la estabilidad aeróbica de los ensilados (Filya, 2003).

Partiendo de estas premisas, el objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la aplicación de un inoculante comercial con una mezcla de bacterias lácticas homo y heterofermentativas sobre la calidad de conservación y la estabilidad aeróbica de ensilados de maíz y de sorgo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El cultivo del forraje utilizado en este 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. Se evaluaron dos cultivos forrajeros de verano, maíz (*Zea mays* L. cv Sensor) y sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench cv PR84F). La siembra se realizó entre el 16 y 18 de mayo de 2017 con una sembradora de precisión ajustada a una densidad teórica de

200.000 y 110.000 plantas ha⁻¹ para sorgo y maíz, respectivamente. La floración del maíz tuvo lugar alrededor del 1 de agosto y la del sorgo dos semanas después, realizándose la cosecha de ambos cultivos el 25 de septiembre, coincidiendo con un estado de la línea de leche de entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ para el maíz y el estado del grano lechoso-pastoso para el sorgo.

En la fecha citada se cortaron manualmente un total de 50 plantas de cada especie, a una altura de 15 cm de la base, siendo posteriormente picadas por separado con una trituradora de forrajes VIKING. De cada cultivo se tomaron dos alícuotas de aproximadamente 12 kg cada una, sobre una de las cuales se aplicó con un pulverizador manual una solución del inoculante SORBENSYL Soluble® (STI Biotechnologie, compuesto por *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus rhamnosus* y *Lactococcus lactis*), a la dosis recomendada por el fabricante y sobre la otra alícuota un volumen igual de agua utilizando el mismo procedimiento (tratamientos de inoculante y control, respectivamente). Posteriormente, para cada combinación de factores (especie e inoculante), se elaboraron 5 silos de laboratorio (repeticiones) en bolsas de polietileno, dentro de un tubo de PVC de 2,2 L de capacidad útil y con sistema de control de efluente, según el diseño y procedimiento descrito por Flores *et al.* (1997). Se realizaron un total de 20 silos de laboratorio, siendo registrado el peso neto del forraje en el momento de confeccionar los silos y a los 60 días, momento en el que se procedió a la apertura de los mismos. Sobre muestra fresca de forraje de cada silo se determinó el contenido en materia seca (MS) mediante secado en estufa de aire forzado a 80 °C durante 16 horas y la capacidad tampón (CT) según la metodología descrita por Playne y McDonald (1966).

A la apertura de los silos se registró la variación de peso de cada unidad experimental y se calculó la pérdida de materia seca en porcentaje sobre el peso inicial. Se tomaron muestras del forraje extraído de cada silo y se determinó el contenido en MS por secado en estufa de aire forzado a 80 °C durante 16 horas, siendo este valor corregido por la pérdida de volátiles en la estufa (MSc) aplicando los coeficientes de volatilidad propuestos por Dulphy y Demarquilly (1981). Sobre las muestras (forraje fresco y ensilado) secas y molidas a 1 mm, mediante modelos de predicción NIRS desarrollados en el CIAM, se determinaron los siguientes parámetros: materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra

ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND) y almidón (AMD) de ambas especies y la digestibilidad de la materia orgánica (DMO) del maíz forrajero. En ausencia de calibraciones NIRS para estimar la digestibilidad del sorgo, el valor de DMO se calculó según la expresión $DMO=73,39-0,5594FAD$ obtenida a partir de datos de Chibani *et al.* (2010).

La calidad fermentativa de las muestras de los ensilados de sorgo se determinó por métodos de referencia. Sobre el extracto de 50 g de muestra fresca de ensilado, macerada a temperatura ambiente durante 2 horas en 150 ml de agua destilada, se determinó el pH, nitrógeno amoniacal (N-NH₃) con un electrodo selectivo (Orion) y el nitrógeno soluble (Nsol) mediante digestión macro Kjeldahl. Los ácidos de fermentación (láctico, LCT; acético, ACT) se determinaron por cromatografía de gases según la metodología descrita por Stern y Endres (1991). Los parámetros de N-NH₃ y Nsol se refirieron al nitrógeno total y los ácidos de fermentación a materia seca. En el caso de los ensilados de maíz los parámetros de calidad fermentativa se determinaron mediante calibraciones NIRS obtenidas en el CIAM.

Las determinaciones de estabilidad aeróbica se realizaron en cámara isoterma a 20 °C, según O'Kiely (1993). Cada media hora durante siete días, utilizando un registrador automático de temperaturas (Squirrell Serie 100, Eltek Data Loggers) se registró la evolución de la temperatura de una alícuota de 400 g de muestra por cada silo de laboratorio que estaban depositadas dentro de sendas cajas de poliestireno de 35 x 23 x 8 cm, dotadas con tapa, en las cuales se habían practicado dos orificios para la entrada de aire y colocado un termopar conectado al registrador. Otros ocho termopares se utilizaron para medir la temperatura ambiente de la cámara, siendo calculada la diferencia de temperaturas (Tdif) entre el ambiente y el interior de cada caja aireada. Se utilizaron tres índices de estabilidad aeróbica propuestos por O'Kiely (1993): la diferencia de temperaturas máxima (Tdif max), el tiempo (h) hasta que la diferencia de temperaturas, Tdif, superó 2 °C (Hora Tdif > 2) y el tiempo (h) hasta que se alcanzó la diferencia máxima de temperaturas (Hora Tdif máx).

Siguiendo un modelo factorial especie x inoculante, con cinco repeticiones, el análisis estadístico se realizó mediante ANOVA, utilizando el procedimiento PROC GLM del paquete

estadístico SAS/STAT v 9.2 (SAS Institute, 2009) considerando fijos los factores especie e inoculante, y aleatorio la repetición.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra la composición química y valor nutritivo del forraje fresco de maíz y sorgo antes de ensilar. El ensilado de maíz mostró un contenido en MS (36,4 vs. 28,1 %), AMD (34,1 vs. 9,0 % MS) y DMO (74,4 vs. 61,0 %) claramente superior al ensilado de sorgo y un contenido en PB ligeramente menor (6,2 vs. 6,4 % MS). La capacidad tampón del forraje fresco fue baja en ambos casos, pero el sorgo mostró un valor superior al del maíz (181 vs 135 meq kg MS⁻¹). Las diferencias en la composición química y digestibilidad del maíz y sorgo en estado fresco se mantienen para el forraje ensilado (Tabla 2).

Tabla 1. Composición química y valor nutricional del forraje de maíz y sorgo antes de ensilar.

Especie	MS	MO	PB	FND	FAD	AMD	DMO	UFL
Maíz	38,8	97,8	6,2	39,3	19,8	34,1	74,4	1,01
Sorgo	30,2	96,2	6,4	61,6	32,8	9,0	61,0	0,78
<i>p</i>	***	***	*	***	***	***	***	***

MS: materia seca (%); MO: materia orgánica (% MS); PB: proteína bruta (% MS); FND: fibra neutro detergente (% MS); FAD: fibra ácido detergente (% MS); AMD: almidón (% MS); DMO: digestibilidad de la materia orgánica (%); UFL: unidades forrajeras leche (kg⁻¹ MS); *p*: significación del test F en el ANOVA (*: *p*<0,05; ***: *p*<0,001).

Los silos de laboratorio de maíz y sorgo no produjeron efluente, en consonancia con el alto contenido en MS del forraje ensilado, superior o igual al 30% en ambos casos. Tampoco se observó forraje deteriorado aeróbicamente a la apertura de los silos y las pérdidas de MS son atribuibles, por tanto, fundamentalmente a los fenómenos de respiración aerobia durante la manipulación del forraje fresco y la subsiguiente fermentación que tuvo lugar tras el cierre de los silos. El nivel de pérdidas de MS para ambos cultivos fueron reducidas (7,5 y 8,6% de la MS total ensilada inicialmente para maíz y sorgo, respectivamente), siendo significativamente superiores para el sorgo y no afectadas por el uso de inoculante. En cuanto a la calidad de fermentación, en ambos casos fue satisfactoria según los criterios recomendados por Dulphy y Demarquilly (1981), con

niveles de pH inferiores a 4,0 y valores de N amoniacal y soluble por debajo de los niveles que denotan una fermentación correcta (10 y 50 % sobre N total, respectivamente). No se observó un efecto significativo del uso de inoculante sobre la composición química, digestibilidad y valor energético de los ensilados de maíz y de sorgo.

Tabla 2. Efecto de la especie y el uso de inoculante sobre la composición química, valor nutricional, calidad fermentativa y estabilidad aeróbica del ensilado.

	EFECTOS PRINCIPALES						INTERACCIÓN E x I				
	ESPECIE (E)			INOCULANTE (I)			Maíz		Sorgo		
	Maíz	Sorgo	p	CTRL	INOC	p	CTRL	INOC	CTRL	INOC	p
MS	36,4	28,1	***	32,3	32,3	NS	36,3	36,4	28,2	28,1	NS
MO	96,8	96,0	***	96,4	96,4	NS	96,7	96,8	96,0	96,0	NS
PB	6,3	6,7	***	6,4	6,5	NS	6,2	6,3	6,6	6,7	NS
FND	39,7	61,5	***	50,4	50,8	NS	39,5	39,9	61,3	61,7	NS
FAD	22,2	34,4	***	28,3	28,3	NS	22,1	22,2	34,5	34,4	NS
AMD	35,1	9,1	***	22,3	21,9	NS	35,3	34,9	9,3	9,0	NS
DMO	72,9	60,1	***	66,5	66,5	NS	72,9	72,8	60,1	60,1	NS
UFL	0,97	0,76	***	0,87	0,87	NS	0,97	0,97	0,76	0,76	NS
pH	3,71	3,70	*	3,70	3,71	NS	3,71	3,71	3,69	3,70	NS
LCT	4,6	7,2	***	6,3	5,5	**	4,7	4,6	8,0	6,5	**
ACT	1,8	2,5	***	2,0	2,3	**	1,6	2,0	2,5	2,5	*
N-NH ₃	4,8	5,1	***	5,1	4,8	**	5,0	4,6	5,2	5,1	NS
Nsol	43,6	36,1	***	39,9	39,8	NS	43,7	43,5	36,2	36,1	NS
PERDMS	7,5	8,6	*	8,0	8,1	NS	7,2	7,8	8,7	8,4	NS
Hora Tdif > 2	38,8	38,2	NS	36,4	40,6	*	35,4	42,2	37,4	39,0	NS
Tdif max(°C)	10,6	12,6	NS	12,5	10,7	NS	12,4	8,8	12,6	12,6	NS
Hora Tmax	48,5	46,2	NS	45,8	48,9	*	46,1	50,8	45,4	46,9	NS

MS: Materia seca; MO: materia orgánica (% MS); PB: proteína bruta (% MS); FND: fibra neutro detergente (% MS); FAD: fibra ácido detergente (% MS); AMD: almidón (% MS); DMO: digestibilidad de la materia orgánica (%); UFL: unidades forrajeras leche (UFL kg⁻¹ MS); LCT: láctico (% MS); ACT: acético (% MS); N-NH₃: Nitrógeno amoniacal (% Nitrógeno total); Nsol: Nitrógeno soluble (% Nitrógeno total); PERDMS: Pérdida de MS; INOC: inoculante; p: significación del test F en el ANOVA (NS: no significativo; *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001).

El inoculante no modificó significativamente el pH de los ensilados, que se mantuvo en el entorno de 3,70 para ambos cultivos. La concentración de ácido láctico fue superior para el tratamiento control comparado con el inoculante, mientras que el contenido en acético fue superior para este último, con valores medios de 6,3 vs. 5,5 % MS para el ácido láctico y de 2,0 y 2,3 %MS para el acético, respectivamente. Esto se corresponde con el efecto de la actividad de los lactobacilos heterofermentativos productores de ácido acético presentes en el producto comercial, concordando con lo descrito por otros autores en

ensayos similares (Filya, 2003; Fernández-Lorenzo *et al.*, 2007). Por otra parte, los ensilados tratados con inoculante mostraron un contenido en N amoniacal significativamente inferior al del tratamiento control (4,8 vs. 5,1 % del N total), no habiendo diferencia en cuanto a la proporción de N soluble, que fue muy baja e inferior al 40% del N total, tanto para el tratamiento control como para el de inoculante. Globalmente, ambos cultivos desarrollaron una fermentación correcta incluso en el tratamiento control, confirmando por tanto su buena ensilabilidad.

En cuanto a los parámetros de estabilidad aeróbica de los ensilados, no se apreciaron diferencias entre ambos cultivos, cuando se promedian los valores de los ensilados tratados o no con inoculante. Como media, se alcanzó una diferencia de +2 °C con la temperatura ambiente a las 38 h de exposición del forraje al aire. Esta diferencia alcanzó un máximo de 10,6 °C a las 48,5 h para el caso del maíz y de 12,6 °C a las 46,2 h para el del sorgo, sugiriendo una menor estabilidad aerobia del sorgo, probablemente influenciada por un mayor contenido en azúcares solubles en la planta fresca en el momento de ensilar (no mostrados en las tablas) derivado de un estado menos maduro del grano. Los ensilados tratados con inoculante mostraron una estabilidad aeróbica ligera pero significativamente superior a los no tratados. El tiempo de exposición al aire para que el forraje alcance una diferencia de +2 °C con la temperatura ambiente fue significativamente más elevado (40,6 vs. 36,4 h) y el tiempo para alcanzar la temperatura máxima fue asimismo superior (48,9 vs. 45,8 h) para los ensilados con inoculante. Diversos autores han relacionado el efecto positivo de la aplicación de un inoculante con *Lactobacillus buchneri* sobre la estabilidad aeróbica del ensilado con el mayor contenido en acético que actúa inhibiendo la proliferación de hongos y levaduras (Filya, 2003; Fernández-Lorenzo *et al.*, 2007).

El comportamiento de los ensilados de maíz y de sorgo fue globalmente uniforme respecto al uso o no del inoculante, como demuestra la ausencia de interacciones significativas para la mayor parte de las variables estudiadas. Sólo se detectó un efecto significativo de la interacción especie x inoculante respecto de la concentración de los ácidos láctico y acético en los ensilados. En el primer caso, el contenido de láctico no se vio afectado por la inoculación del forraje en el caso del maíz, pero si en el del sorgo, donde

dicho contenido se vio significativamente reducido por el uso de aditivo (valores de 4,7 y 4,6 % MS para el maíz y 8,0 y 6,5 % MS para el sorgo, respectivamente). En el segundo caso, el contenido en acético del ensilado tratado con inoculante se incrementó para el maíz, mientras que no varió para el sorgo, siendo observados valores medios de 1,6 y 2,0 % MS para el maíz y de 2,5 y 2,5 % MS para el sorgo, respectivamente. Estas diferencias podrían atribuirse a la menor capacidad tampón y mayor contenido en MS del maíz, donde la fermentación se detendría a una concentración de láctico inferior a la alcanzada en el caso del sorgo.

CONCLUSIONES

El ensilado de maíz mostró un mayor valor energético y un menor valor proteico en comparación con el ensilado de sorgo. Ambos forrajes fermentaron correctamente y los ensilados obtenidos mostraron una calidad fermentativa satisfactoria. La utilización del inoculante mostró un efecto positivo con respecto a la estabilidad de los ensilados tras su apertura y contacto con el aire.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por los proyectos ATT 2017/181 de la Xunta de Galicia y RTA2014-0086-C03-03 del INIA. Felipe González Alcántara, Aida Gómez Miranda y Dalia Plata Reyes realizaron una estancia en el CIAM en 2017/2018 becada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Gobierno de México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chibani C., Chabaca R. y Boulberhane D. (2010) Fourrages algériens. 1. Composition chimique et modèles de prédiction de la valeur énergétique et azotée. *Livestock Research for Rural Development*, 22(8), 1-11.
- Driehuis F. y Oude Elferink S.J. (2000) The impact of the quality of silage on animal health and food safety: a review. *Veterinary Quarterly*, 22(4), 212-216.
- Dulphy J.P. y Demarquilly C. (1981) Problèmes particuliers aux ensilages. En: Andrieu J. *et al.* (eds). *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants*, 81-104. Versailles, Francia: INRA Public.
- Farré I. y Faci J.M. (2006) Comparative response of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) to deficit irrigation in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management*, 83, 135-143.

- Fernández-Lorenzo B., Barreal L.M., Flores G., González A.A., Valladares J., Pereira S. y Cardelle M. (2007) Estabilidad aeróbica y calidad fermentativa e higiénica de ensilados de maíz. Efecto de la fecha de aprovechamiento y del uso de inoculantes. *Pastos*, 37(1), 71-80.
- Filya I. (2003) The effect of *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria, on the fermentation, aerobic stability and ruminal degradability of wheat, sorghum and maize silages. *Journal of Applied Microbiology*, 95, 1080-1086.
- Flores G., González-Arráez A. y Castro J. (1997) Evaluación de la utilidad de dos tipos de silos a pequeña escala para experimentación en calidad de ensilados. En: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca (eds) *Los pastos extensivos: Producir conservando*, pp. 373-378. Sevilla-Huelva, España: SEEP.
- Flores-Calvete G., Martínez-Fernández A., Doltra J., García A. y Eguinoa P. (2017) Encuesta sobre estructura y sistemas de alimentación de las explotaciones lecheras de Galicia, Cornisa Cantábrica y Navarra. Proyecto INIA-RTA2012-00065-C05. INTIA, 52 pp. <http://ciam.gal/pdf/informeinia.pdf>
- O'Kiely P. (1993) Influence of partially neutralised blend of aliphatic organic acids on fermentation, effluent production and aerobic stability of autumn grass silage. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 32, 12-26.
- Playne M.J. y McDonald P. (1966) The buffering constituents of herbage and of silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 17(6), 264-268.
- SAS INSTITUTE (2009) SAS/Stat User's Guide, v.9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Stern M. y Endres M. (1991) *Laboratory manual. Research techniques in ruminant nutrition*. University of Minnesota, USA: Department of Animal Science.

EFFECT OF USE OF INOCULANT ON FERMENTATION QUALITY AND AEROBIC STABILITY OF SORGHUM AND MAIZE SILAGES

Summary

In the present work the effect of forage specie (maize vs. sorghum) and application of a biological additive (commercial inoculant vs. control without additive) on the nutritive value, the fermentation quality and the aerobic stability of silages was studied. The forages were ensiled in laboratory silos in a factorial design (species x additive) with five replications. Maize silage showed a lower neutral detergent fiber content and a higher energy content (milk forage units, UFL) in the dry matter (DM) compared with sorghum silage (39.7 vs. 61.5 % DM and 0,97 vs. 0,76 UFL kg⁻¹ DM, respectively). The fermentative quality of both crop species was adequate, without appreciable differences between additive treatments. The time of exposure to air for the ensiled forage to reach a temperature gradient over 2 °C above the ambient temperature was significantly higher (40.6 vs. 36.4 h), so was the time to reach the maximum temperature (48.9 vs. 45.8 h) for inoculant-treated silages. It is concluded about the good ensilability of both maize and sorghum forage and the positive effect of the inoculant on the aerobic stability of silages.

Key words: summer crop, laboratory silos, *Lactobacillus buchneri*.

EFFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA SOBRE EL RENDIMIENTO, COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRICIONAL DE MAÍZ, GIRASOL Y SORGO COSECHADOS PARA FORRAJE EN LA ZONA SECA DE GALICIA

A. Gómez-Miranda^{1,2}, F. González-Alcántara^{1,2}, D. Plata-Reyes^{1,2}, S. Pereira-Crespo³, A. Botana², J. Valladares², M. Veiga², C. Resch², G. Flores-Calvete²

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

Resumen

En este trabajo se evaluó el comportamiento productivo y el valor nutritivo de los cultivos de maíz, girasol y sorgo, en condiciones de secano y regadío (pluviometría total de 300 mm aplicados por aspersión entre julio y septiembre de 2017), en la zona interior de la provincia de Lugo (Galicia, NO de España). Se observó una fuerte respuesta al riego para el rendimiento de materia seca (MS) y proteína (PB) en los cultivos, siendo incrementado por un factor de, respectivamente, 1,8 y 1,5 para el sorgo, de 2,1 y 2,1 para el maíz y de 2,4 y 2,0 para el girasol. La disponibilidad de agua no alteró substancialmente la composición química de los cultivos, si bien la digestibilidad del maíz y el contenido en PB del sorgo y del girasol cultivados en secano fueron superiores a las de los cultivos irrigados. De media, el rendimiento de MS del maíz fue un 80% superior al de los otros cultivos, mientras que el de PB fue un 50% y 28% superior en secano y regadío, respectivamente. Se concluye acerca de la necesidad del riego para asegurar un adecuado rendimiento de los cultivos de verano en la zona interior de Galicia.

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

INTRODUCCIÓN

La principal fuente de alimentación para el ganado lechero más utilizado en las explotaciones de vacuno de leche gallegas es el maíz forrajero. Un reciente trabajo indica que el 71 % de la leche producida en Galicia proviene de dietas en las que el ensilado de maíz es el ingrediente mayoritario en las raciones (Flores *et al.*, 2017).

La práctica totalidad del cultivo de maíz en Galicia se realiza en condiciones de secano, por lo que, en zonas no óptimas para el cultivo del maíz, como pueden ser terrenos arenosos o con poca profundidad, la producción puede estar comprometida debido a la

variabilidad en las precipitaciones del verano. Debido a esto, se ha incrementado el interés por parte de los ganaderos en la utilización de otros cultivos alternativos, como puede ser el sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) y el girasol (*Helianthus annuus* L.), que podrían asegurar la producción de forraje durante el verano, al poseer una mayor tolerancia al déficit hídrico, altas temperaturas y ser menos exigentes en nutrientes. También se une el interés por la respuesta de estos cultivos a la utilización de sistemas de riego en su producción, ya que en determinadas zonas del interior de Galicia existen las instalaciones necesarias para poner en marcha este tipo de producción.

Recientes trabajos indican la posibilidad del cultivo de sorgo (Botana *et al.* 2017) y girasol (Sainz-Ramírez *et al.* 2017) en condiciones de secano y regadío en el interior de Galicia. Sin embargo, no existe información sobre el comportamiento del maíz forrajero en condiciones similares, por lo que en este trabajo se estudiaron y compararon los efectos de la disponibilidad de agua sobre la producción y valor nutricional del maíz forrajero, sorgo y girasol en la zona interior de Galicia.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante el período comprendido entre mediados de junio y principios de octubre de 2017, en la finca experimental del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM) en Pobra do Brollón (Lugo), situada en una zona de clima continental en el interior de Galicia a 385 m de altitud.

Se evaluaron dos híbridos comerciales de girasol: una variedad forrajera, cv. Rumbosol 91 y una variedad de aceite, cv. ES Shakira; dos híbridos comerciales de sorgo: una variedad de grano, cv. Ascoli y una forrajera, cv. PFR84F y dos híbridos comerciales de maíz, cv. Boomer y cv. Sensor, ambos de ciclo medio. La siembra del maíz y el sorgo se realizó el 2 de junio de 2017 y la del girasol se realizó un mes más tarde, el 3 de julio de 2017. En el caso del maíz se realizó una resiembra en ambas variedades (Boomer: 12 de junio; Sensor: 27 junio) debido al ataque de gusanos del suelo en el cultivo. La siembra se realizó con una sembradora de precisión ajustada a una densidad teórica de 90 000, 200 000 y 80 000 plantas ha⁻¹ para maíz, sorgo y girasol, respectivamente.

Para cada cultivo y variedad se dispusieron dos parcelas homogéneas de aproximadamente 6,4 x 72 m cada una, estando situada una de ellas en el área de secano y la otra en la de regadío. Cada parcela fue dividida en 5 bloques de 6,4 x 12 m, separados por pasillos de 3,0 m. Durante las labores preparatorias del terreno antes de la siembra se aplicaron, para el girasol y el sorgo 80 kg de N, 80 kg de P₂O₅ y 80 kg de K₂O por hectárea y para el maíz 200 kg de N, 80 kg de P₂O₅ e 150 kg de K₂O por hectárea. Se aplicaron tratamientos herbicidas en función del cultivo, para el girasol se realizó un tratamiento en preemergencia con Challenge (Aclonifen 60%), a dosis de 3,25 L ha⁻¹, para el sorgo se realizó un tratamiento en postemergencia precoz con WING-P (Dimetenamida-p 21,25 % + Pendimetalina 25 %), a una dosis de 4 L ha⁻¹ y para el maíz se realizó un tratamiento en preemergencia con Camix (Mesotriona 4 % + Metolaclo 40 %), a una dosis de 5 L ha⁻¹.

El aporte de agua a la zona regada se realizó por aspersión desde el 13 de julio al 15 de septiembre, recibiendo una pluviometría total de 297 mm durante los meses de julio (86,9 mm), agosto (141,6 mm) y septiembre (68,5 mm), con una frecuencia de riego de dos veces por semana y una dosis de 4,6 mm día⁻¹, suficiente para cubrir las necesidades de humedad del cultivo. La otra mitad no recibió ningún aporte hídrico durante el ensayo. La precipitación registrada desde el 2 de junio hasta el 1 de octubre fue de 81,6 mm en total (35,8 mm en junio, 4,8 mm en julio, 25,4 mm en agosto y 15,6 mm en septiembre).

La fecha de cosecha (4 de octubre) fue la misma para todos los cultivos, estando el girasol en el estado R6-R7 (3-4 semanas tras la floración) de la escala de Schneiter y Miller (1981), el sorgo de la variedad Ascoli en grano vítreo y la variedad PR84F en estado lechoso-pastoso, mientras que el aprovechamiento del maíz de las variedades Boomer y Sensor se realizó en un estado aproximado de ½ y ¼ de la línea de leche, respectivamente. La cosecha se realizó manualmente, cortando las plantas de un transecto de 2 m en la línea central de cada parcela elemental, a una altura de 12 cm de la base, siendo medida la altura de la planta y el diámetro del tallo a 15 cm de la base. Del total de la biomasa cosechada, se tomó una muestra de planta entera (PE) y se separaron manualmente las fracciones inflorescencia (INF) y parte vegetativa (PV) constituida por las hojas y los tallos. Cada fracción fue pesada y troceada por separado en una picadora de forrajes VIKING y, por

cuarteos sucesivos, se tomó una alícuota de aproximadamente 1000 g de cada fracción y de la PE. La determinación de materia seca se realizó en estufa de aire forzado Unitherm, a 80 °C durante 16 h y las muestras secas se molieron a 1 mm en un molino de martillos. La composición química y valor nutricional de las muestras se estimó mediante espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS), utilizando las calibraciones desarrolladas en el CIAM para la estimación de los contenidos en materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) para todas las especies, almidón (AMD) para sorgo y maíz, extracto etéreo (EE) para girasol, y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DMOIV) para maíz y girasol. En ausencia de calibraciones NIRS específicas para DMOIV del sorgo, ésta se estimó según la expresión $DMO=73,39-0,5594FAD$ obtenida a partir de datos de Chibani *et al.* (2010). Posteriormente, se calculó para las tres especies el contenido en energía neta, expresado en Unidades Forrajeras Leche (UFL).

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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra la temperatura media y la precipitación acumulada mensuales en Pobra de Brollón para el período de julio a octubre, comparada con los valores medios de 56 años para la zona. Como puede observarse, el cultivo se realizó en condiciones de temperatura semejantes a la media, pero con una pluviometría acumulada un 45% inferior a los valores habituales. Durante el desarrollo del cultivo no se observaron problemas de encamado, enfermedades ni ataques de pájaros, si bien aparecieron problemas de malas hierbas en el cultivo del sorgo y girasol, debido a un deficiente funcionamiento de los herbicidas, que no controlaron la juncia (*Cyperus* spp.) y ataques de gusanos del suelo (*Agrotis* spp. y *Agriotes* spp.) que afectaron al cultivo del maíz.

Tabla 1. Valores de temperatura media y precipitación acumulada mensual en Pobra de Brollón en 2017 y medias en el período 1960-2016).

		Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Período ensayo
Temperatura media (°C)	2017	19,3	20,3	20,1	16,1	19,0
	1960-2016	17,9	20,4	20,2	18,0	19,1
Precipitación (mm)	2017	35,8	4,8	25,4	15,6	81,6
	Media	54,3	37,1	28,9	28,9	149,2

La Tabla 2 muestra los resultados relativos a altura de la planta, porcentaje de mazorca en la biomasa total, rendimiento y valor nutricional del maíz. Las plantas de maíz cultivadas sin riego mostraron una menor altura (1,35 vs 2,30 m), si bien la falta de agua no afectó al porcentaje de mazorca en la biomasa total. Los rendimientos de MS y PB del cultivo irrigado mostraron un incremento del 113 % en comparación con los de secano. En Lugo, López-Cedrón *et al.* (2006), en un estudio en el que evaluaron durante cinco años el efecto del riego por aspersión sobre la productividad de maíz forrajero, indicaron que el incremento del rendimiento osciló entre el 18 y 62 %, dependiendo de la severidad de la sequía. La composición química de la planta de maíz en ambos niveles hídricos no mostró diferencias significativas, excepto para el contenido en AMD, donde el valor en regadío duplicó al secano (17,9 vs. 9,3 % MS). La planta en condiciones de secano, en comparación con el tratamiento en regadío, mostró una mayor digestibilidad (70,6 vs. 73,7 %) con similares contenidos en fibra, atribuyéndose esta diferencia a la mayor digestibilidad de la fracción parte vegetativa (66,4 vs. 71,0 %) de las plantas sometidas a déficit hídrico (datos no mostrados en las tablas). Comparando las dos variedades de maíz, Boomer mostró un mayor rendimiento (18,18 vs. 12,01 t MS ha⁻¹), contenido en AMD (16,5 vs. 10,7 % MS) y una menor digestibilidad (71,0 vs. 73,3 %), si bien estas diferencias pueden ser atribuidas al diferente estado fenológico en que se encontraban en el momento de la cosecha.

El cultivo de sorgo en secano obtuvo un rendimiento en MS (Tabla 3) claramente inferior al obtenido para el cultivo en regadío (5,88 vs 10,92 t MS ha⁻¹). Esta especie, a pesar de tratarse de un cultivo con cierta tolerancia a condiciones de escasez de agua, mostró una elevada respuesta (+86 % de rendimiento en MS) a la disponibilidad de agua, si bien de las tres especies evaluadas en este trabajo fue la que mostró una menor respuesta al riego. Un ensayo similar realizado en la misma ubicación y similares condiciones climáticas,

Botana *et al.* (2017) citan una respuesta productiva al riego de igual magnitud, con rendimientos de 10,78 y 5,49 t MS ha⁻¹ en regadío y secano, respectivamente.

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

	H	PCTMZ	PRODMS	PRODPB	MS	MO	PB	FAD	FND	AMD	DMOIV	UFL
Regadío	2,30	42,2	20,54	1,45	30,7	96,8	7,1	24,9	50,8	17,9	70,6	0,93
Secano	1,35	42,4	9,65	0,68	28,1	96,8	7,3	24,6	52,1	9,3	73,7	0,99
<i>p</i>	***	NS	***	***	NS	NS	NS	NS	NS	*	*	*
Boomer	2,08	41,2	18,18	1,25	31,5	97,0	6,8	25,2	52,1	16,5	71,0	0,94
Sensor	1,57	43,4	12,01	0,89	27,3	96,5	7,6	24,4	50,8	10,7	73,3	0,98
<i>p</i>	**	NS	***	***	**	*	***	NS	NS	*	*	*

H: Altura de la planta (m); PCTMZ: porcentaje de mazorca en la materia seca de la planta (%); PRODMS: rendimiento en materia seca (t MS ha⁻¹); PRODPB: rendimiento en proteína bruta (t PB ha⁻¹); MS: materia seca (%); MO: materia orgánica (% MS); PB: proteína bruta (% MS); FAD: fibra ácido detergente (% MS); FND: fibra neutro detergente (% MS); AMD: almidón (% MS); DMOIV: digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica; UFL: Unidades forrajeras leche (kg⁻¹ MS); *p*: significación del test F en el ANOVA (NS: no significativo; *: *p*<0,05; **: *p*<0,01; ***: *p*<0,001).

Tabla 3. Efecto de la disponibilidad de agua y de la variedad sobre la altura de la planta, producción, composición química y valor nutricional de la planta entera de sorgo.

	H	PCTPAN	PRODMS	PRODPB	MS	MO	PB	FAD	FND	AMD	UFL
Regadío	1,03	51,4	10,92	0,82	38,6	96,5	7,4	22,5	47,9	26,3	0,97
Secano	0,55	47,4	5,88	0,53	44,0	96,2	9,0	23,5	50,3	21,5	0,95
<i>p</i>	**	NS	**	**	*	NS	**	NS	NS	NS	NS
Ascoli	0,56	69,7	8,35	0,71	49,8	96,8	8,6	18,2	40,4	40,5	1,06
PR84F	1,01	29,2	8,45	0,64	32,7	95,9	7,8	27,8	57,9	7,3	0,86
<i>p</i>	***	***	NS	NS	**	**	NS	***	***	***	***

H: Altura de la planta (m); PCTPAN: porcentaje de panícula en la materia seca de la planta (%); PRODMS: rendimiento en materia seca (t MS ha⁻¹); PRODPB: rendimiento en proteína bruta (t PB ha⁻¹); MS: materia seca (%); MO: materia orgánica (% MS); PB: proteína bruta (% MS); FAD: fibra ácido detergente (% MS); FND: fibra neutro detergente (% MS); AMD: almidón (% MS); UFL: Unidades forrajeras leche (kg⁻¹ MS); *p*: significación del test F en el ANOVA (ns: no significativo; *: *p*<0,05; **: *p*<0,01; ***: *p*<0,001).

La planta de sorgo cultivada en secano, en comparación con el tratamiento irrigado, mostró una menor altura (1,03 vs. 0,55 m) y un contenido superior de PB (7,4 vs 9,0 %MS), mientras que el contenido en fibra, almidón y valor energético no se vio afectado por la disponibilidad de agua (Tabla 3).

No se observaron diferencias significativas entre ambas variedades de sorgo, con valores medios de 8,3 y 8,4 t MS ha⁻¹ para Ascoli y PR84F, respectivamente. En la misma localización, Botana *et al.* (2017) observaron un rendimiento mayor en la variedad forrajera

PFR84F (11,4 t MS ha⁻¹) comparado con la de grano Ascoli (5,8 t MS ha⁻¹) lo que se atribuye a las diferentes condiciones climáticas. La variedad de grano mostró un mayor porcentaje de panícula (69,7 vs. 29,2 %), menor talla (0,56 vs. 1,01 m) y superior contenido en almidón (40,5 vs. 7,3 % MS) comparada con la forrajera, en concordancia con lo observado por Botana *et al.* (2017).

El comportamiento del girasol en las diferentes condiciones hídricas puede observarse en la Tabla 4, mostrando una alta respuesta productiva a la disponibilidad de agua (+137 % de rendimiento en MS) con valores de 12,0 t MS ha⁻¹ en regadío y 5,0 t MS ha⁻¹ en secano. Las plantas cultivadas en regadío, comparadas con las no irrigadas, duplicaron su altura (1,50 vs 0,75 m) y mostraron una mayor proporción de la fracción capítulo en la MS total (60,3 vs. 46,6 %).

Por otra parte, la variedad forrajera Rumbosol 91, en comparación con la variedad de aceite Shakira, mostró mayor rendimiento en MS de (9,8 vs. 7,2 t MS ha⁻¹), mayor altura (1,32 vs. 0,93 m), menor proporción de la fracción capítulo en la MS total (48,6 vs. 58,3 %), menor contenido en EE (7,0 vs. 10,5 % MS) y menor valor energético (0,79 vs. 0,88 UFL). Los resultados obtenidos en el presente trabajo en cuanto al efecto de la disponibilidad de agua sobre el rendimiento y composición químico-bromatológica del girasol concuerdan, en líneas generales, con los obtenidos en similares condiciones de ensayo por Sainz-Ramírez *et al.* (2017).

Tabla 4. Efecto de la disponibilidad de agua y de la variedad sobre la altura de la planta, producción, composición química y valor nutricional de la planta entera de girasol.

	H	PCTCAP	PRODMS	PRODPB	MS	MO	PB	FAD	FND	EE	DMOIV	UFL
Regadío	1,50	46,6	12,03	1,07	20,7	89,7	9,0	32,3	40,8	8,6	59,1	0,82
Secano	0,75	60,3	5,06	0,53	18,0	89,0	10,6	31,6	38,9	9,0	60,9	0,85
<i>p</i>	***	***	**	**	*	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS
Rumbosol91	1,32	48,6	9,82	0,88	19,8	89,1	9,4	32,4	40,2	7,0	60,3	0,79
Shakira	0,93	58,3	7,27	0,72	18,9	89,6	10,2	31,4	39,5	10,5	59,6	0,88
<i>p</i>	**	**	**	*	*	NS	NS	NS	NS	*	NS	**

H: Altura de la planta (m); PCTCAP: porcentaje de capítulo en la materia seca de la planta total (%); PRODMS: rendimiento en materia seca (t MS ha⁻¹); PRODPB: rendimiento en proteína bruta (t PB ha⁻¹); MS: materia seca (%); MO: materia orgánica (% MS); PB: proteína bruta (% MS); FAD: fibra ácido detergente (% MS); FND: fibra neutro detergente (% MS); EE: extracto etéreo (% MS); DMOIV: digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica; UFL: Unidades forrajeras leche (kg⁻¹ MS); p: significación del test F en el ANOVA (ns: no significativo; *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001).

Comparando la productividad de los tres cultivos en este trabajo, el maíz mostró un rendimiento en MS claramente superior al de los otros cultivos de verano tanto en regadío (88 y 71 %) como en secano (64 y 91 %) para sorgo y girasol, respectivamente. Por su parte, la productividad media de los cultivos de sorgo y de girasol fue semejante en los dos niveles de disponibilidad de agua del ensayo. La respuesta del rendimiento a la disponibilidad de agua fue alta en todos los casos, multiplicándose la producción de MS por hectárea de los cultivos en secano por un factor de 1,8 para el sorgo, de 2,1 para el maíz y de 2,4 para el girasol.

CONCLUSIONES

La productividad de los tres cultivos de verano en secano se vio prácticamente duplicada por la disponibilidad de agua. El maíz mostró contundentemente su superioridad productiva comparado con el sorgo o el girasol tanto en secano como en regadío. Dada la influencia de las particulares condiciones climáticas en el año de ensayo sobre los resultados obtenidos, aconsejan repetir el experimento en diferentes campañas antes de extraer conclusiones definitivas.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por los proyectos ATT 2017/180 y 2017/182 de la Xunta de Galicia y RTA2014-0086-C03-03 del INIA. Aida Gómez Miranda, Felipe González Alcántara y Dalia Plata Reyes realizaron una estancia en el CIAM en 2017/2018 becada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Gobierno de México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Botana A., Sainz-Ramírez A., Valladares J., Pereira-Crespo S., Veiga M., Resch C. y Flores-Calvete G. (2017) Productividad y composición química del sorgo para ensilar cultivado con y sin riego en Galicia. En: Bartolome J. *et al.* (Eds.) *Renaturalización vs Ruralización*, pp., 90-95. Barcelona, España: Sociedad Española para el estudio de los pastos.
- Chibani C., Chabaca R. y Boulberhane D. (2010) Fourrages algériens. 1. Composition chimique et modèles de prédiction de la valeur énergétique et azotée. *Livestock Research for Rural Development*, 22(8), 1-11.

- Flores-Calvete G., Martínez-Fernández A., Doltra J., García A. y Eguinoa P. (2017) Encuesta sobre estructura y sistemas de alimentación de las explotaciones lecheras de Galicia, Cornisa Cantábrica y Navarra. Proyecto INIA-RTA2012-00065-C05. INTIA, 52 pp. <http://ciam.gal/pdf/informeinia.pdf>
- López-Cedrón F., Ruíz-Nogueira B., Confalone A., Piñeiro J. y Sau F. (2006) Productividad de la rotación anual de raigrás-maíz en Galicia: Evaluación durante cinco años en regadío y secano y bajo dos sistemas de siembra. *PASTOS*, XXXVI(2), 193-216.
- Sainz-Ramírez A., Botana A., Valladares J., Pereira-Crespo S., Veiga M., Resch C. y Flores-Calvete G. (2017) Efecto de la disponibilidad de agua sobre el rendimiento, composición química y valor nutricional de tres variedades de girasol cosechadas para forraje en la zona seca de Galicia. En: Bartolomé J. *et al.* (Eds.) *Renaturalización vs Ruralización*, pp., 96-101. Barcelona, España: Sociedad Española para el estudio de los pastos.
- SAS Institute (2009) SAS/STAT, V.9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Schneiter A.A. y Miller J.F. (1981) Description of sunflower growth stages. *Crop Science*, 21, 901-903.

IRRIGATION EFFECT ON YIELD, CHEMICAL COMPOSITION AND NUTRITIVE VALUE OF MAIZE, SUNFLOWER AND SORGHUM GROWN FOR FORAGE IN THE DRYLAND GALICIA

Summary

It is evaluated in this work the effect of water availability (irrigation vs. rainfed) on yield and nutritive value of three summer crops (maize, sorghum and sunflower) grown for forage in the interior zone of Lugo province (Galicia, NW Spain). Sprinkler irrigation provided a total water dose of 300 mm in the July to September 2017 period. The results showed a strong response in terms of dry matter (DM) and protein (CP) yield to irrigation for the three crops, being increased by a factor of 1.8 and 1.5 for sorghum, 2.1 and 2.1 for maize and 2.4 and 2.0 for sunflower. Water availability did not appreciably affect chemical composition of crops although the digestibility of maize and CP content of sorghum and sunflower grown in rainfed conditions were higher compared with that of irrigated crops. On average, maize DM yield was 80% higher compared with sorghum and sunflower, whilst maize CP yield was 50% and 28% higher in irrigated and rainfed conditions, respectively. It is concluded about the need of irrigation with a moderate dose of water to ensure an adequate summer forage crops yield in the interior zone of Galicia.

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

EFFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA Y DE LA INOCULACIÓN CON MICORRIZAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE MAÍZ FORRAJERO EN LA ZONA INTERIOR DE GALICIA

D. Plata-Reyes^{1,2}, F. González-Alcántara^{1,2}, A. Gómez-Miranda^{1,2}, S. Pereira-Crespo³, A. Botana², J. Valladares², M. Veiga², C. Resch², G. Flores-Calvete²

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100, 50000 Toluca (México).

²Instituto Galego de Calidade Alimentaria. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (INGACAL-CIAM). Apdo. 10, 15080 A Coruña.

³Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL), Mabegondo, 15318 Abegondo, A Coruña. Correspondencia: gonzalo.flores.calvete@xunta.es

Resumen

En este trabajo se evaluó la influencia de la inoculación de la semillas con micorrizas arbusculares sobre el rendimiento y valor nutricional del cultivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en condiciones de regadío y de secano, en la zona interior de la provincia de Lugo (Galicia, NO de España) durante el verano de 2017. El riego se efectuó por goteo con una dosis total de 300 mm entre mediados de julio y comienzos de septiembre. El rendimiento por hectárea de materia seca (MS), de proteína bruta (PB) y de energía (unidades forrajeras leche, UFL) se incrementó significativamente por el riego del cultivo en un 43%, 68% y 47%, respectivamente, en comparación con el secano. La micorrización aumentó significativamente el rendimiento de PB (21%) y de UFL (10%) por hectárea, siendo este efecto semejante para el cultivo en secano y en regadío. Se concluye acerca de la importante mejora del rendimiento del maíz irrigado en las condiciones de la Galicia interior y la uniformidad de la respuesta a la inoculación con micorrizas del maíz, en particular referida a la producción de proteína por hectárea, independientemente de la disponibilidad de agua.

Palabras clave: cultivo de verano, déficit hídrico, simbiosis micorrizado arbuscular, rendimiento, calidad nutritiva.

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 tierras 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. Actualmente, el cultivo del maíz forrajero en Galicia ocupa aproximadamente 60 mil ha, representando más del 65% del total de la

superficie de este cultivo en España y contribuye de forma decisiva a la alimentación del rebaño lechero. Según estimaciones de Flores *et al.* (2017), un 40% de la leche de vaca producida en Galicia en el año 2014 procedía de raciones tipo “ensilado de maíz”, donde la proporción de ensilados de maíz y de hierba en la MS forrajera de la dieta de las vacas era, respectivamente el 58% y el 25%, mientras que el volumen de leche producida con raciones tipificadas como “ensilado de hierba y de maíz” (donde la proporción de dichos ensilados era, respectivamente, 45% para el ensilado de hierba y 38% para el maíz) representaría aproximadamente un tercio del total producido en esta comunidad. La alta productividad, el elevado valor energético y la facilidad para ensilar correctamente son razones que explican la importancia creciente del cultivo de maíz forrajero en las granjas lecheras gallegas, siendo utilizado habitualmente en rotaciones intensivas de dos cultivos por año con raigrás italiano como cultivo de invierno. Este sistema, sin embargo, no está exento de riesgos y dificultades derivadas del cultivo en suelos inadecuados para el cultivo del maíz por su excesiva pendiente y/o poca profundidad y sobre todo por razones climáticas, en la que la incidencia de la sequía estival, especialmente severa en zonas del interior de Galicia, limita la productividad de este cultivo forrajero.

La simbiosis micorrízico-arbuscular (MA) supone una estrategia efectiva que confiere a las plantas micorrizadas una mayor resistencia frente al estrés abiótico por déficit hídrico (Subramanian *et al.*, 1997). Este fenómeno ha sido ampliamente estudiado ya que puede suponer un mecanismo para mejorar la producción agrícola en las zonas afectadas por la sequía.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia de la micorrización arbuscular sobre el rendimiento y valor nutricional del cultivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en condiciones de riego óptimo y de estrés hídrico, en la zona interior de la provincia de Lugo (Galicia, NO de España).

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante el periodo comprendido entre mediados de mayo y finales de septiembre de 2017, en las tierras agrícolas de la Fundación José Luís Taboada,

situadas en Cartelos (Carballedo, Lugo), ubicadas en el interior de Galicia (42° 34' N, 7° 51' W), en una zona de clima continental a 600 m de altitud, de inviernos fríos, húmedos y veranos cálidos y secos, con suelos de textura franco arenosa, con pH 6,4 y unos niveles de 52 mg L⁻¹ de P (Olsen, extraído en NaHCO₃) y 263 mg L⁻¹ de K (extraído en NH₄NO₃).

El ensayo se realizó en rotación con un cultivo invernal de leguminosas anuales y el área experimental se preparó siguiendo un diseño en parcelas divididas (parcela principal: inoculación de la semilla con micorrizas vs. control sin inóculo, subparcela: riego vs. seco) con cinco repeticiones. Cada parcela elemental (repetición) tenía una superficie de 192 m² (12 m x 16 m) en las que se sembraron 16 líneas de cultivo, con una separación de 75 cm entre líneas. El laboreo consistió en el alzado del suelo con arado de vertedera seguido de un pase de grada rotativa vertical, aplicando posteriormente una fertilización de 200 kg de N, 80 kg de P₂O₅ y 150 kg de K₂O por hectárea. La variedad de maíz utilizada en el ensayo fue Felon, híbrido de ciclo medio, que se sembró el 16 de mayo de 2017 con una sembradora de precisión ajustada a una densidad teórica de 90 x 10³ plantas ha⁻¹. Se realizó un tratamiento herbicida en preemergencia con Camix (Mesotriona 4 % + Metolacloro 40 %), a una dosis de 5 L ha⁻¹. En la siembra de una de las parcelas principales se utilizó semilla recubierta con inóculo micorrízico COVERON MIX de WAM® (compuesto por *Glomus intraradices* y *Glomus mosseae*), aplicado según la dosis recomendada por el fabricante, sembrándose la otra semilla sin inocular.

En una de las dos mitades de cada parcela elemental se instaló un sistema de riego por goteo mediante la colocación en superficie de tubos flexibles con goteros integrados a 30 cm, situando un tubo por cada dos surcos de maíz que aplicó una dosis total de 300 mm desde mediados de julio hasta comienzos de septiembre. La otra mitad no recibió ningún aporte hídrico durante el ensayo. El forraje en ambas parcelas fue cosechado el 26 de septiembre, estando el maíz en un estado de entre ½ a ¾ de la línea de leche.

La cosecha de cada parcela elemental se realizó manualmente, cortando las plantas de dos transectos de 2 m en las líneas centrales, a una altura aproximada de 12 cm del suelo, midiéndose la altura de la planta y diámetro del tallo a 15 cm de la base. Del total de la biomasa cosechada, se tomó una muestra de planta entera (PE) y se separaron

manualmente las fracciones mazorca (MZ) y parte vegetativa (PV) constituida por hojas, tallos y espigas. Cada fracción fue pesada y troceada por separado en una picadora de forrajes VIKING, por cuarteos sucesivos, se tomó una alícuota de aproximadamente 1.000 g de cada fracción y de la PE. La determinación de materia seca se realizó en estufa de aire forzado Unitherm, a 80 °C durante 16 h y fue seguida por la molienda de las muestras secas en un molino de martillos con tamiz de 1 mm. La composición química y valor nutricional de las muestras se estimó mediante espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS), utilizando las calibraciones desarrolladas en el CIAM para la estimación de los contenidos en materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), almidón (AMD) y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DMOIV), siendo calculado posteriormente el contenido en energía neta y expresado en Unidades Forrajeras Leche (UFL).

El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA considerando la disponibilidad de agua (regadío vs. seco) y la aplicación de micorrizas (control vs. semilla micorrizada) como factores fijos y la repetición como factor aleatorio, seguida de la comparación de medias por el test de Duncan, en caso de significación del test F en el ANOVA. El procedimiento utilizado fue PROC GLM de SAS (SAS Institute, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra la temperatura media y la precipitación acumulada mensual en el período de mayo a septiembre, comparada con los valores medios de 9 años para la zona. Como puede observarse, el cultivo se realizó en condiciones de temperatura ligeramente superior a la media y con una pluviometría acumulada similar a la media de los últimos 9 años, pero con una distribución menos uniforme a lo largo del ensayo. Durante el desarrollo del cultivo no se observaron problemas de encamado, especies adventicias, plagas y enfermedades ni ataques de pájaros.

Tabla 1. Valores de temperatura media y precipitación acumulada mensual en Cartelos en 2017 y medias para la zona (2008-2016).

		Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Período ensayo
Temperatura media (°C)	2017	16,7	19,7	20,9	20,6	16,8	18,9
	Media	14,4	17,8	20,0	20,1	18,2	18,1
Precipitación (mm)	2017	86,5	29,9	6,4	41,0	11,2	174,9
	Media	67,8	30,9	18,4	15,0	43,5	175,5

La Tabla 2 muestra los resultados relativos a altura de la planta, diámetro del tallo, porcentaje de mazorca en la biomasa total y rendimiento. Las plantas cultivadas en ausencia de riego mostraron una menor altura (202 vs. 236 cm) y un menor porcentaje de mazorca en la biomasa total (50,1 vs. 53,5 %). La extracción por hectárea de materia seca, proteína y energía del cultivo de maíz en regadío fueron 18.447 Kg MS ha⁻¹, 1.080 Kg PB ha⁻¹ y 17.451 UFL ha⁻¹ superando en un 43%, 68% y 47 %, respectivamente, a la registrada en secano. En Lugo, López-Cedrón *et al.* (2006), en un estudio en el que evaluaron durante 5 años el efecto del riego por aspersión sobre la productividad de maíz forrajero, indicaron un incremento que osciló desde un 18 hasta un 62%, dependiendo de la severidad de la sequía.

Tabla 2. Efecto de la disponibilidad de agua y la micorrización sobre la altura de la planta, diámetro del tallo y producción de la planta entera de maíz.

	EFECTOS PRINCIPALES						INTERACCIÓN DA*MICO				
	Disponibilidad de agua (DA)			Micorrización (MICO)			Regadío		Secano		
	Regadío	Secano	p	Micorrizas	Control	p	Micorrizas	Control	Micorrizas	Control	p
n	20	20		20	20		10	10	10	10	
H	236	202	***	215	223	*	230	242	200	203	NS
DT (H15)	21,6	21,5	NS	22,1	21,0	*	22,4	20,8	21,7	21,2	NS
PCTMZ	53,5	50,1	*	52,6	51,0	+	54,2	52,8	51,0	49,1	NS
kg MS ha ⁻¹	18447	12844	***	16209	15081	+	19122	17771	13297	12391	NS
kg PB ha ⁻¹	1080	643	***	945	778	**	1191	969	699	587	NS
UFL ha ⁻¹	17451	11832	***	15341	13942	*	18382	16519	12300	11365	NS

H: altura de la planta (cm); DT: diámetro del tallo a 15 cm del suelo (mm); PCTMZ: porcentaje de mazorca en la materia seca de la planta (%); MS: materia seca; PB: proteína bruta; UFL: Unidades forrajeras leche; p: significación del test F en el ANOVA (NS: no significativo; +: p<0,10; *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001) n: número de observaciones

Las plantas cultivadas con la semilla micorrizada mostraron una menor altura (215 vs. 223 cm) pero un superior diámetro de la base del tallo (22,1 vs. 21,0 mm) en comparación con el tratamiento control. La inoculación aumentó significativamente el rendimiento en PB (945 vs. 778 kg PB ha⁻¹) y en UFL (15.341 vs. 13.942 UFL ha⁻¹) siendo observada una tendencia

($p < 0.10$) hacia una mayor proporción de mazorca en la materia seca total de la planta (52,6% vs. 51,0%) y una mayor producción de MS (16.209 vs. 15.081 kg MS ha⁻¹) en el cultivo micorrizado. Este efecto positivo de la inoculación de la semilla del maíz sobre su rendimiento se manifestó de forma similar en la zona regada y no regada, sugiriendo que, si bien el efecto de las micorrizas sobre el cultivo en seco confirma su utilidad para aliviar las condiciones de estrés impuestas por la falta de humedad (Brachmann y Parniske, 2006), la respuesta a la inoculación en plantas irrigadas parece evidenciar el efecto positivo en la absorción de nutrientes incluso cuando la falta de agua no es un factor limitante (Hetrick *et al.*, 1987).

Tabla 3. Efecto de la disponibilidad de agua y la micorrización sobre el valor nutricional de la planta entera de maíz, y de las fracciones mazorca y parte vegetativa.

	EFECTOS PRINCIPALES						INTERACCIÓN DA*MICO				
	Disponibilidad de agua (DA)			Micorrización (MICO)			Regadío		Secano		
	Regadío	Secano	<i>p</i>	Micorrizas	Control	<i>p</i>	Micorrizas	Control	Micorrizas	Control	<i>p</i>
n	20	20		20	20		10	10	10	10	
<i>Planta entera</i>											
MS	33,0	36,7	***	34,7	35	NS	32,5	33,5	36,9	36,5	NS
MO	97,6	97,7	NS	97,5	97,8	*	97,5	97,8	97,6	97,8	NS
PB	5,8	5,0	**	5,8	5,1	***	6,2	5,4	5,3	4,8	NS
FAD	24,0	24,6	+	23,7	24,8	*	23,4	24,6	24,1	25,1	NS
FND	48,6	48,8	NS	48,0	49,4	NS	48,1	49,1	48,0	49,6	NS
AMD	27,1	24,5	**	26,3	25,3	NS	27,7	26,5	24,9	24,1	NS
DMOIV	70,6	69,2	**	70,6	69,1	**	71,7	69,5	69,6	68,8	NS
UFL	0,94	0,92	**	0,94	0,92	**	0,96	0,93	0,93	0,92	NS
<i>Mazorca</i>											
MS	53,4	54,3	*	53,5	54,2	+	52,4	54,3	54,6	54,1	*
MO	98,0	98,1	+	98,0	98,1	**	97,9	98,1	98,0	98,2	NS
PB	6,8	6,3	*	6,8	6,2	*	7,1	6,5	6,5	6,0	NS
FAD	8,1	8,2	NS	8,3	8,1	NS	8,3	7,9	8,3	8,2	NS
FND	22,0	22,1	NS	22,3	21,7	NS	22,4	21,6	22,3	21,9	NS
AMD	55,5	55,6	NS	55,2	55,8	NS	54,8	56,1	55,6	55,6	NS
DMOIV	79,3	78,2	*	78,8	78,7	NS	79,6	79,1	78,1	78,3	NS
UFL	1,10	1,08	*	1,09	1,09	NS	1,10	1,10	1,08	1,08	NS
<i>Parte vegetativa</i>											
MS	24,7	29,2	***	26,8	27,0	NS	24,1	25,3	29,5	28,8	*
MO	96,3	96,2	NS	96,0	96,5	*	96,0	96,7	96,0	96,3	NS
PB	4,9	3,5	***	4,7	3,7	***	5,6	4,2	3,8	3,2	NS
FAD	37,7	38,1	NS	37,3	38,5	NS	36,4	38,9	38,1	38,0	NS
FND	66,2	67,0	NS	65,6	67,6	+	64,4	68,1	66,9	67,2	NS
DMOIV	60,9	62,6	*	62,6	60,8	*	62,6	59,2	62,6	62,5	*
UFL	0,78	0,80	*	0,80	0,78	*	0,80	0,75	0,80	0,80	*

MS: materia seca (%); MO: materia orgánica (% MS); PB: proteína bruta (% MS); FAD: fibra ácido detergente (% MS); FND: fibra neutro detergente (% MS); AMD: almidón (% MS); CNET: carbohidratos no estructurales (% MS); DMO: digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (%); UFL: Unidades forrajeras leche (kg⁻¹ MS); *p*: significación del test F en el ANOVA (NS: no significativo; +: $p < 0,10$; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$).

Las plantas regadas mostraron tanto en la PE como ambas fracciones (MZ y PV) unos contenidos en PB superiores a los de las plantas no irrigadas (Tabla 3), destacando la magnitud del incremento en la PV (+1,4 unidades porcentuales), lo cual se relaciona con la reducción de la absorción de nutrientes en condiciones de déficit hídrico (Rambal y Debussche, 1995). Diversos trabajos reportan en la bibliografía el efecto de la sequía sobre la calidad del forraje. Por ejemplo, los resultados derivados de un reciente meta-análisis realizado por Dumont *et al.* (2015) en pastos mediterráneos indican que el estrés hídrico aumenta en un 7% la digestibilidad del forraje, mientras que en este trabajo se observó una disminución de DMOIV en la PE (-2%) y un aumento en la fracción PV (+2,6%).

La planta de maíz micorrizada, en comparación con el tratamiento control, mostró un menor contenido en FAD (23,7 vs. 24,8% MS), una superior concentración de PB (5,8 vs. 5,1% MS) y mayor DMOIV (70,6 vs. 69,1%). Este efecto positivo de la inoculación sobre el valor nutricional de la planta se reprodujo en las fracciones PV y PE, en particular en el mayor contenido proteico de la planta micorrizada, hecho que se relaciona con la substancial contribución de las MA a la nutrición nitrogenada de las plantas hospedadoras, debido a la capacidad que poseen para acelerar la descomposición de la materia orgánica del suelo, incrementando así la disponibilidad del N en el suelo (Hodge *et al.*, 2001) y su transferencia a la planta (Johansen y Jensen, 1996). El efecto de la inoculación sobre la calidad nutricional del maíz fue, en general, semejante en las plantas regadas comparadas con las cultivadas en secano, con la salvedad de que la digestibilidad del maíz micorrizado, comparado con el control no tratado, fue superior únicamente en condiciones de regadío.

CONCLUSIONES

En condiciones de secano del interior de Galicia, el cultivo del maíz forrajero muestra una fuerte respuesta productiva al riego en los meses centrales del verano. Se observó un moderado efecto positivo de la inoculación de la semilla con micorrizas sobre la productividad del maíz, tanto en secano como en regadío, aumentando sobre todo el rendimiento en proteína por hectárea.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por los proyectos ATT 2017/181 de la Xunta de Galicia y RTA2014-0086-C03-03 del INIA. Dalia Plata Reyes, Felipe González Alcántara y Aida Gómez Miranda realizaron una estancia en el CIAM en 2017/2018 becada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Gobierno de México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brachmann A. y Parniske M (2006) The most widespread symbiosis on earth. *PLoS Biol* 4(7): e239. DOI: 10.1371/journal.pbio.0040239
- Dumont B., Andueza D., Niderkorn V., Lüscher A., Porqueddu C. y Picon-Cochard C. (2015) A meta-analysis of climate change effects on forage quality in grasslands: specificities of mountain and Mediterranean areas. *Grass and Forage Science*, 70(2), 239-254.
- Flores-Calvete G., Martínez-Fernández A., Doltra J., García A. y Eguinoa P. (2017) Encuesta sobre estructura y sistemas de alimentación de las explotaciones lecheras de Galicia, Cornisa Cantábrica y Navarra. Proyecto INIA-RTA2012-00065-C05. INTIA, 52 pp. <http://ciam.gal/pdf/informeinia.pdf>
- Hetrick D., Kitt D.G. y Wilson G.T. (1987). Effects of drought stress on growth responses in corn, sudan grass and big bluestem to *Glomus etunicatum*. *New Phytologist* 105, 403-410.
- Hodge A., Campbell C.D. y Fitter A.H. (2001) An arbuscular mycorrhizal fungus accelerates decomposition and acquires nitrogen directly from organic material. *Nature*, 413, 297-299.
- Johansen A. y Jensen E.S. (1996) Transfer of N and P from intact or decomposing roots of pea to barley interconnected by an arbuscular mycorrhizal fungus. *Soil Biology & Biochemistry*. 28(1), 73-81.
- López-Cedrón F., Ruíz-Nogueiras 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.
- Rambal S. y Debussche G. (1995) Water balance of Mediterranean ecosystems under a changing climate. En: Moreno J.M. y W.C. Oechel (Eds.) *Global Change and Mediterranean-type Ecosystems*, pp. 386-407. New York, USA: Springer Verlag.
- SAS Institute (2009). SAS/STAT, V.9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Subramanian K.S., Charest C., Dwyer L.M. y Hamilton I. (1997) Effects of arbuscular mycorrhizae on leaf water potential, sugar content, and P content during drought and recovery of maize. *Canadian Journal of Botany*, 75(9), 1582-1591.

EFFECT OF IRRIGATION AND MYCORRHIZAL INOCULATION ON YIELD AND NUTRITIVE VALUE OF FORAGE MAIZE GROWN IN THE INNER ZONE OF GALICIA

Summary

A field experiment was conducted to examine the effect of the arbuscular mycorrhiza seed inoculation in different water availability (irrigation vs. rainfed) on yield and nutritive value of forage maize (*Zea mays* L.) grown for forage in the inner dryland zone of Lugo province (Galicia, NW Spain), during the summer of 2017. Drip irrigation provided a total water dose

of 300 mm between mid-July and the beginning of September. Irrigation strongly increased yield per hectare of dry matter (DM), crude protein (PB) and energy (milk forage units, UFL) of maize, by 43%, 68% and 47%, respectively. Mycorrhization of the seeds significantly increased maize yields of PB (21%) and UFL (10%) per hectare, being this effect of a similar magnitude in the irrigated vs. rainfed conditions. It is concluded about the strong improvement of maize productivity by irrigation during the central summer months in the interior of Galicia conditions and the uniformity of the response to the mycorrhizal inoculation of maize, particularly with regard to protein yield per hectare, independently of the water availability situation.

Key words: summer crop, water stress, arbuscular mycorrhiza symbiosis, dry matter production, feed quality.