



ALTERNATIVAS FORRAJERAS SOSTENIBLES COMO CULTIVO INVIERNAL EN ZONAS TEMPLADAS

Silvia Baizán González, Fernando Vicente Mainar, M^a Amelia González Arrojo, Consuelo González García, Begoña de la Roza Delgado, Ana Soldado Cabezuelo y Adela Martínez Fernández*

Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Apdo.13. 33300 Villaviciosa (España)

ALTERNATIVE SUSTAINABLE FORAGES AS WINTER CROP IN TEMPERATE AREAS

Historial del artículo:

Recibido: 30/09/15

Revisado: 10/12/15

Aceptado: 02/09/16

Disponible online: 14/11/2016

* Autor para correspondencia:

admartinez@serida.org

ISSN: 2340-1672

Disponible en: <http://polired.upm.es/index.php/pastos>

Palabras clave:

Producción forrajera, leguminosas, fertilización orgánica, calidad nutritiva, ácidos grasos.

Keywords:

Forage yield, legumes, organic fertilization, nutritive quality, fatty acids.

RESUMEN

Siguiendo la tendencia actual en Europa de dirigir las explotaciones de vacuno de leche hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental, se investiga en busca de alternativas al raigrás italiano para rotar con maíz, que mantengan o superen sus niveles de productividad, aumenten el contenido en proteína y en ácidos grasos poliinsaturados, que ensilen sin dificultad y, además, disminuyan los costes de producción del conjunto de la rotación. En este trabajo se evaluaron tres leguminosas forrajeras (haba forrajera, altramuza blanca y trébol violeta) en monocultivo o en asociación con raigrás italiano o con otras especies (nabo francés y colza) y manejadas con criterios de sostenibilidad ambiental, como alternativas al monocultivo invernal de raigrás en manejo convencional, en un sistema rotacional de dos cultivos por año con el maíz como cultivo de verano. Como diseño experimental se utilizó un ensayo en parcela dividida con tres repeticiones durante dos años consecutivos. Los resultados muestran que la colza no es una especie viable en suelos de textura franco arcillosa, independientemente de las condiciones termopluviométricas. El haba forrajera en monocultivo o asociada con raigrás italiano en condiciones de manejo sostenible es una alternativa viable como cultivo de invierno, ya que presenta producciones, rendimientos en materia orgánica digerible y energía comparables a los del raigrás italiano, con mayor rendimiento proteico y buena ensilabilidad y con la ventaja añadida de ser aprovechados en un solo corte, reduciendo los costes de producción. La asociación haba – raigrás italiano presenta mayor contenido en ácido linoleico ($p < 0,001$) que el raigrás italiano.

ABSTRACT

Following the current trend in Europe on feeding dairy cows guided by economic, social and environmental sustainable patterns, we have tested alternative winter forage species to Italian ryegrass (RI) for crop rotations with maize. These species, compared to Italian ryegrass, should be comparable in yield, higher in protein and polyunsaturated fatty acids contents, of easy fermentability during silage, and also capable of reducing production costs. We tested the ability of three forage legumes (fava bean, white lupin and red clover) under sustainable crop management and in monoculture and in mixtures with RI or other species (camelina and rapeseed), of being viable alternatives to RI as winter crop under conventional management in a rotational system with two crops per year with maize as summer crop. We used a split-plot experimental design with three replications for two consecutive years. The results showed that rapeseed is not a viable species for clay loam soils regardless of weather conditions. Fava bean in monoculture or in association with RI under sustainable management, is a viable alternative to RI as winter crop. Dry matter and energy yield and digestible organic matter are comparable to RI, while protein content is higher. An important added value of these crops is their reduction in production costs, as they are harvested in only one cut. The association fava – RI also showed a good ensilability and higher content in linoleic acid than RI ($p < 0.001$).

INTRODUCCIÓN

El sector productor de leche de vacuno se encuentra inmerso en una crisis de rentabilidad generada principalmente por los bajos precios de la leche y los elevados costes de las materias primas. Ahora bien, si tenemos en cuenta que los forrajes son una parte importante de la alimentación del ganado y que pueden integrar la totalidad de la dieta en algunos momentos del estado fisiológico de los animales, la solución al problema de rentabilidad del sector lechero puede estar en buscar estrategias para reducir costes, sobre todo en alimentación (Álvarez Pinilla y Pérez Méndez, 2010), potenciando la utilización de forrajes de calidad para mejorar la eficiencia de utilización de los recursos propios.

Junto con el manejo, el empleo de especies y variedades forrajeras apropiadas para la zona es uno de los factores importantes sobre los que hay que actuar para conseguir una mejora en el aprovechamiento de los recursos prateros y forrajeros propios, tratando de rentabilizar al máximo la inversión realizada en la implantación (Martínez *et al.*, 2003). En este sentido hay que tener en cuenta que la producción intensiva de forrajes vinculada con variedades de alto rendimiento y la necesidad continuada de aumentar el uso de fertilizantes químicos y de productos fitosanitarios, tiene algunos efectos negativos, ya que induce una degradación de los ecosistemas con consecuencias adversas sobre los recursos naturales, como pérdida de fertilidad del suelo, contaminación de recursos hídricos, eutrofización de aguas superficiales, impacto sobre la atmósfera, balances negativos de carbono y otros nutrientes (Steinfeld *et al.*, 2009).

En las explotaciones lecheras del norte de España, la rotación de cultivo más habitual, por su elevada productividad, es la de raigrás italiano – maíz (*Lolium multiflorum* Lam. - *Zea mays* L.). A pesar de ser muy exigente en fertilización nitrogenada y tener efectos negativos sobre la fertilidad del suelo (Martínez-Fernández *et al.*, 2014), se repite año tras año de forma continua. Sin embargo, en los últimos años el raigrás italiano (como cultivo invernal de la rotación) ha ido perdiendo interés paulatinamente ya que además de los inconvenientes ya mencionados, presenta algunos adicionales como la dificultad para dar el primer corte de primavera con condiciones climatológicas adversas, el encarecimiento de los gastos del cultivo en un sistema de varios cortes, las pérdidas de valor proteico y posibilidades de encamado cuando se da un solo corte (Fernández Lorenzo *et al.*, 2004), además de la baja concentración de proteína bruta del conjunto de la rotación (Pereira *et al.*, 2009).

Para potenciar la utilización de forrajes de calidad, es necesario plantear estrategias de manejo menos agresivas con el medio ambiente, encaminando la investigación sobre forrajes y cultivos forrajeros hacia nuevas formas de producción, que garanticen un uso eficiente de los mismos, y modelos de manejo adaptados a las nuevas condiciones

económicas y políticas relativas al desarrollo de una agricultura productora de alimentos de calidad, seguros, a precios asequibles y con modelos de producción de bajo impacto ambiental (Peeters *et al.*, 2006). Esto implica utilizar cultivos energéticamente más eficientes, con bajos requerimientos de insumos, menos demandantes de agua y que no degraden la microbiota del suelo agrícola. Para ello, se están investigando alternativas forrajeras que tengan una producción abundante en primavera, con concentración energética y proteica no limitante, que tengan rendimientos comparables o superiores al raigrás italiano y sobre todo que puedan aprovecharse en un solo corte y que permitan mejorar la gestión de la alimentación del vacuno de leche, además de asegurar una composición de leche conforme a los requerimientos nutricionales actuales.

En este sentido, existe un gran interés en toda Europa por la recuperación del cultivo de leguminosas forrajeras, como demuestra el que la Comisión de Agricultura del Parlamento Europeo haya instado a incorporar a la nueva PAC medidas de apoyo específico para el desarrollo de sistemas de rotación de cultivos, incluyendo leguminosas y proteaginosas, tanto para limitar la dependencia de las importaciones de tortas proteicas, como por el beneficioso efecto medioambiental (Agro-Europa, 2011).

Las leguminosas forrajeras, por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, pueden ofrecer una estrategia eficaz para hacer frente a los daños ambientales de las prácticas de algunos monocultivos (Chapagain y Riseman, 2015) y son especialmente atractivas para la producción sostenible de alimentos para el ganado. Una mayor inclusión de leguminosas en las raciones del vacuno lechero puede facilitar la optimización de la relación entre energía y nitrógeno fermentables, suponiendo una reducción de la síntesis de metano en el rumen y, por tanto, de la emisión de dicho gas de efecto invernadero a la atmósfera (González *et al.*, 2014). Además de las ventajas nutricionales mencionadas, ciertas leguminosas tienen un sistema radicular capaz de explorar los horizontes inferiores del suelo y bombear nutrientes y agua hacia la superficie de forma eficaz, aspecto muy importante considerando el interés por buscar nuevas especies y asociaciones competitivas en situaciones de estrés hídrico dentro de las estrategias de adaptación al cambio climático orientadas a una mejor gestión del agua (González-Hidalgo *et al.*, 2010).

Trabajos realizados en el SERIDA destacan el papel de las habas forrajeras (*Vicia faba* L.) por su elevada producción (Martínez-Fernández *et al.*, 2013a, Baizán *et al.*, 2015), grandes nódulos de *Rizhobium* fijadores de nitrógeno, porte erguido y por ser una fuente rica de proteínas, fibra y ácidos grasos insaturados. Además, a diferencia de la mayoría de las leguminosas, su baja capacidad tampón y alto contenido en azúcares solubles les confiere una ensilabilidad aceptable (de la Roza *et al.*, 2004; Martínez-Fernández *et al.*, 2005; 2010; 2013b; 2014).



© Adela Martínez Fernández

Ensayo en pequeña parcela de las diferentes alternativas forrajeras invernales.

Experimental plot trial including different winter forage alternatives.

Borreani *et al.* (2009), afirman que cultivos anuales de leguminosas como el guisante (*Pisum sativum* L.), las habas (*Vicia faba* L.) o los altramuces (*Lupinus albus* L.), utilizados para ensilar son una fuente barata de proteína y almidón y pueden mejorar la eficiencia de los sistemas de producción en las explotaciones lecheras, al reducir la necesidad de concentrados. Además, los ensilados de leguminosas permiten mejorar la calidad dietética de la leche mediante la reducción del contenido en ácidos grasos (AG) saturados, el aumento de poliinsaturados (en particular de $\Omega 3$) y la disminución del ratio $\Omega 6/\Omega 3$, aspectos todos de notable interés para lograr una dieta más saludable a través del consumo de leche y derivados lácteos (Dewhurst *et al.*, 2006).

En busca de una mayor sostenibilidad ambiental, también hay que tener en cuenta la utilización de abonos verdes, que, además de actuar como herbicidas naturales, promueven la recuperación y reequilibrio mineral en los cultivos, así como una mayor eficiencia en el reciclaje de nutrientes mediante su movilización y solubilización. En este sentido, la colza forrajera (*Brassica napus* L.), dispone de un sistema radicular potente y profundo que moviliza nutrientes (especialmente P y K) de las capas profundas a las superficiales liberándolos gradualmente durante el proceso de descomposición de la materia orgánica

(Vance *et al.*, 2003). Su utilización como forraje puede ser efectiva para suprimir el desarrollo de malas hierbas (Grundy *et al.*, 1999; Ros *et al.*, 2016) y mantener la fertilidad del suelo (Liebman y Davis, 2000). Además, tras aprovechar su parte aérea como forraje, su sistema radicular puede ser aprovechado como abono verde para mejorar la estructura del suelo. Otra especie interesante para sistemas de agricultura sostenible es el nabo francés (*Camelina sativa* (L.) Crantz), que ejerce un control muy efectivo sobre las malas hierbas (Putnam *et al.*, 1993). Aunque tradicionalmente se ha cultivado como una oleaginosa para producir aceite vegetal, en la actualidad su cultivo está siendo investigado debido a que su semilla presenta niveles excepcionalmente altos (hasta un 45%) de ácidos grasos $\Omega 3$, lo cual es poco común en fuentes vegetales. En ensayos llevados a cabo en la Universidad de Idaho en 2007 con cabras, se observó que el contenido en $\Omega 3$ de la leche se incrementó con el aumento del porcentaje de harina de camelina en la dieta (Pilgeram *et al.*, 2007). Estas características la convierten en un cultivo con un potencial agronómico muy interesante en el ámbito de la nutrición animal, por lo que tanto su harina como su aceite están siendo evaluados para usarlos en la alimentación de peces, vacuno de carne, producción de leche y avicultura (Putnam *et al.*, 1993; Zubr, 1997; Schuster y Friedt, 1998; Bonjean y Le Goffic, 1999).

Por último, cabe destacar que la asociación de familias botánicas, cuando tienen ciclos de desarrollo y momentos de aprovechamiento similares, puede ser una estrategia para incrementar la fertilidad del suelo y obtener producciones de mayor cantidad y calidad que los monocultivos de las mismas especies en superficies equivalentes (Jolliffe, 1997; Li *et al.*, 1999; Hauggaard-Nielsen *et al.*, 2008) debido principalmente al incremento de fertilidad del suelo (Doltra y Olesen, 2013) y a la reducción de malas hierbas (Agegnehu *et al.*, 2008).

En base a las anteriores consideraciones, el objetivo de este trabajo ha sido evaluar leguminosas como el haba forrajera (HB), el trébol violeta (*Trifolium pratense* L. -TV-) y el altramuz (AL), en monocultivo o asociadas con raigrás italiano (RI) o con otras especies como la colza forrajera (CO) y el nabo francés (NF) y manejadas con criterios de sostenibilidad ambiental, como alternativas al monocultivo invernal de raigrás italiano en manejo convencional en un sistema rotacional de dos cultivos por año con el maíz como cultivo de verano.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la finca del SERIDA de Grado (43° 22' 35" N y 6° 03' 45" O, 65 msnm y suelos de textura franco-arcillosa). Se utilizó una parcela experimental en barbecho, cuya preparación previa a la siembra consistió en pase de subsolador cruzado, pase de grada, abonado de fondo y pase cruzado de fresadora. Durante el periodo de ensayo se registraron diariamente los parámetros de temperatura, pluviometría y evapotranspiración en la estación termopluviométrica situada en la propia finca.

Se utilizó un diseño en parcela dividida con tres repeticiones, durante dos años consecutivos. La parcela principal la formaron un testigo sin leguminosa (0L) y tres leguminosas: trébol violeta (TV), haba forrajera (HB) y altramuz (AL) y la subparcela la constituyeron un testigo sin cultivo (ONL), el RI y dos especies de crucíferas (colza -CO- y nabo francés -NF-). Cada repetición (A, B, C), constituyó un bloque, donde el orden de las parcelas principales (0L, TV, HB, AL) y de las subparcelas (ONL, RI, CO, NF) se sorteó al azar. Las especies propuestas en cultivo monofito y las asociaciones leguminosa-gramínea y leguminosa-crucífera se evaluaron en cada repetición en subparcelas de 5,5 m x 5,5 m. La subparcela correspondiente a 0L x ONL representa la vegetación espontánea. Se repitió la misma asignación de los cultivos en cada combinación bloque-parcela principal-subparcela durante los dos años de estudio.

El abonado de fondo N-P-K previo a la siembra de las alternativas forrajeras se realizó con estiércol compostado procedente de la estabulación del SERIDA, según los requerimientos del análisis previo realizado en el suelo y siguiendo las reco-

mendaciones propuestas por Martínez-Fernández y Argamentería (2013). En otoño de 2012 se utilizó un estiércol con unos aportes de 9-8-9 kg/t de N-P-K, a una dosis de aplicación de 6 t/ha, que fue complementado con 115 UF de K₂O en forma de cloruro de potasa del 60%, para no limitar el crecimiento del raigrás. En otoño de 2013, el estiércol disponible contenía unos aportes de 4-4-12 kg/t de N-P-K, requiriendo una dosis de 12 t/ha. En las subparcelas de RI en monocultivo, para simular un manejo convencional, se aplicaron las mismas dosis de N-P-K en presembrado, y además un abono mineral con 60 UF de N/ha en forma de nitrato amónico cálcico del 27% después del primer corte para ensilado en primavera.

Las siembras se realizaron a voleo el 5/11/2012 y el 31/10/2013 respectivamente y las dosis de semilla se fijaron en función de la especie, tamaño y porte de las plantas, estableciéndose para los cultivos monofitos las siguientes cantidades: TV = 20 kg/ha; HB = 150 kg/ha; AL = 100 kg/ha; RI = 40 kg/ha; CO = 8 kg/ha y NF = 8 kg/ha. Los cultivos asociados se plantearon en proporción 50%-50%, reduciendo proporcionalmente la cantidad de semilla aportada. Los cultivos se cosecharon en la primavera siguiente a la siembra (el RI en monocultivo en dos cortes y el resto en un único corte), momento en el que se hizo un control de producción. El RI se aprovechó en preespigado, el trébol y las crucíferas en principio de floración y las habas y los altramuces en estado de vainas con grano. En los cultivos asociados, cuando no coincidieron los momentos óptimos de corte para ambas especies, este se hizo en el correspondiente a la especie de mayor desarrollo.

Una muestra del material vegetal recolectado fue desecada en estufa (60°C, 24 h), para determinar su materia seca (de la Roza *et al.*, 2002). Las muestras secas y molidas (0,75 mm) fueron analizadas en el laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA, 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). Se estimó el contenido en energía metabolizable (EM) según ARC (1980). Dado que el destino final de estas alternativas forrajeras es la elaboración de ensilado, en todas las muestras se determinaron los parámetros que definen la ensilabilidad: contenido en 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). En las muestras del segundo año se determinó también el perfil de AG siguiendo la metodología de Palmquist y Jenkins (2003), con análisis mediante cromatografía de gases y detector de masas empleando una mezcla patrón para la identificación de compuestos mediante tiempo de retención y espectro de masas.

Los resultados de producción, valor nutritivo y contenido energético fueron contrastados mediante análisis de varianza utilizando un modelo mixto con el software estadístico de libre acceso R (R Core Team, 2014), conforme a un diseño en parcela dividida donde se consideraron los factores “Leguminosa” (parcela principal) y “No leguminosa” (subparcela) como efectos fijos y como efectos aleatorios el bloque, la parcela principal anidada al bloque y el año de cultivo. Para poder comparar las alternativas forrajeras frente al raigrás italiano se llevó a cabo un test de Tukey con las estimaciones del modelo. El perfil de AG correspondiente sólo al segundo año fue contrastado mediante análisis de varianza considerando los mismos efectos fijos y los efectos aleatorios bloque y parcela principal anidada al bloque.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para evaluar la incidencia de las condiciones termoplumiométricas en el desarrollo de los cultivos, se comparó la temperatura media, la cantidad de lluvia caída y el número de días con lluvia de los dos años del ensayo (2012-2013 y 2013-2014) con el histórico disponible del periodo comprendido entre los años 2000 y 2011 (ver Figura 1). Se puede observar que mientras el patrón de variación anual de temperaturas fue similar en los diferentes periodos considerados, no ocurrió lo mismo con la cantidad de lluvia acumulada ni con su distribución, factores ambos que pueden afectar a la germinación y al desarrollo vegetativo de las especies.

En el primer año del ensayo (periodo 2012-2013), se registraron 159 días de lluvia con una precipitación anual acumulada de 1253 mm, de la cual el 80% se distribuyó entre noviembre y abril, muy superior a la media del histórico de datos recogidos en la misma finca correspondientes al periodo

2000-2011 (147 días de lluvia y 962 mm). La gran cantidad de lluvia caída, unida a la textura franco-arcillosa del suelo, propiciaron largos periodos de encharcamiento que impidieron a los cultivos de AL, CO y NF completar su desarrollo.

En el período 2013-2014 (año 2) se registraron 124 días de lluvia y una precipitación de 995 mm, cantidad similar a la registrada en el periodo 2000-2011. En estas condiciones, todas las especies excepto la CO se desarrollaron sin problemas. Esto nos hace pensar que esta especie tiene dificultades para desarrollarse en suelos de textura franco-arcillosa, independientemente de las condiciones termoplumiométricas, ya que su raíz pivotante prefiere suelos profundos, con buen drenaje y aireación y con pH entre 5,5-7 (Guerrero, 1999).

En la Tabla 1 se detallan los resultados de producción, valor nutritivo y aporte energético de los cultivos invernales en los dos años de estudio. Las HB en monocultivo y asociadas con raigrás italiano (HB+RI) y con nabo francés (HB+NF), alcanzaron producciones que no difieren significativamente ($p > 0,05$) de las obtenidas con los dos cortes acumulados de RI en monocultivo, con la ventaja de que concentraron toda la producción en un solo corte y no precisaron aporte complementario de N como ocurre con el RI. La asociación HB+RI fue la alternativa más productiva de las ensayadas frente al RI, lo que corrobora los resultados de diversos estudios que han demostrado que cultivos asociados de HB con otras especies incrementan sensiblemente las producciones y proporcionan rendimientos muy rentables (Li *et al.*, 1999; Agegnehu *et al.*, 2006; 2008; Hauggaard-Nielsen *et al.*, 2008), debido principalmente al incremento de fertilidad del suelo (Doltra y Olesen, 2013). Sin embargo, el rendimiento medio de HB+RI en los dos años considerados fue inferior al obtenido por Martínez-Fernández *et al.* (2013a) en ensayos

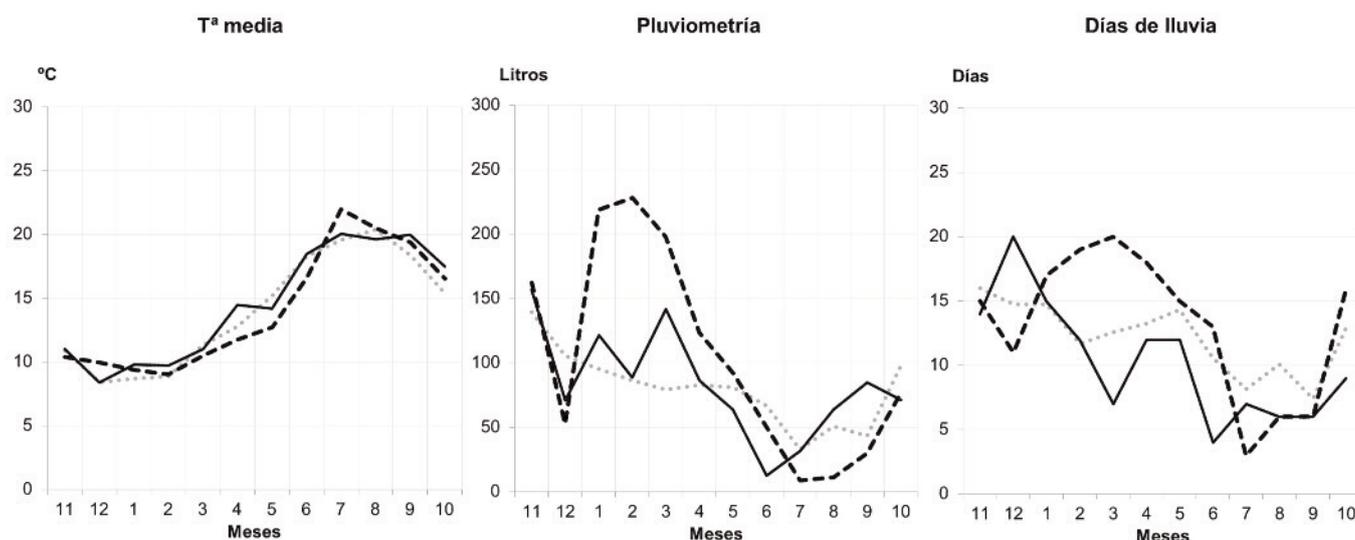


FIGURA 1. Temperaturas medias (°C), lluvia acumulada (L/m²) y días de lluvia en la estación experimental de Grado (SERIDA) durante los periodos 2012-2013 (línea negra de tramos) y 2013-2014 (línea negra continua), y valores medios para el periodo 2000-2011 (línea gris punteada).

FIGURE 1. Average temperatures (°C), cumulative rainfall (L/m²) and rainy days in the experimental station of Grado (SERIDA) during the periods 2012-2013 (black dashed line) and 2013-2014 (black continuous line), and mean values for the period 2000-2011 (grey dotted line).

	kg MS/ha	MO	PB	FAD	FND	Dvivo	EM
1RI (1C+2C)	7794	89,98	9,36	23,24	47,42	74,61	11,06
OLxONL	2079 ***	88,76 ns	10,04 ns	27,60 ns	50,54 ns	67,42 *	9,45 ***
HB	6301 ns	91,70 ns	16,73 ***	38,46 ***	51,05 ns	54,59 ***	8,03 ***
AL	4395 *	88,17 ns	17,85 ***	29,22 ns	45,02 ns	74,51 ns	10,51 ns
TV	2818 ***	88,45 ns	15,40 ***	28,15 ns	48,26 ns	68,29 ns	9,66 **
NF	1486 ***	91,84 ns	13,76 ns	23,29 ns	37,14 *	73,07 ns	10,74 ns
HB+RI	7354 ns	89,62 ns	12,21 ns	33,16 **	55,46 **	63,12 ***	9,05 ***
HB+NF	5844 ns	89,52 ns	15,28 *	42,15 ***	54,64 *	61,85 ***	8,86 ***
AL+RI	4617 *	88,59 ns	10,63 ns	26,94 ns	50,07 ns	67,75 ns	9,60 *
AL+NF	4137 **	88,56 ns	14,55 ns	30,42 ns	46,76 ns	69,73 ns	9,88 ns
TV+RI	5649 *	90,88 ns	6,48 ns	24,3 ns	50,91 ns	64,58 ***	9,39 ***
TV+NF	3099 ***	89,73 ns	11,10 ns	32,22 ns	50,36 ns	66,25 *	9,51 **
rsd	1355,3	1,294	2,093	2,000	3,559	3,829	0,576

Todas las alternativas se comparan estadísticamente frente al RI. El valor nutritivo y aporte energético del RI se ha calculado ponderando los resultados de los dos cortes (1C+2C) realizados en primavera.

RI: Raigrás italiano; OLxONL: Vegetación espontánea; HB: Haba forrajera; AL: Altramuz blanco; TV: Trébol violeta; NF: Nabo francés; MS: Materia seca; MO: Materia orgánica (%); PB: Proteína bruta (% MS); FAD y FND: Fibras ácido detergente sin cenizas y neutro detergente (% MS); Dvivo: Digestibilidad de la MO in vivo predicha (%); EM: Energía metabolizable (MJ/kg MS).

rsd: desviación estándar residual; ***: $p \leq 0,001$; **: $p \leq 0,01$; *: $p \leq 0,05$; ns: no significativo ($p > 0,05$).

TABLA 1. Producción, valor nutritivo y contenido energético estimado de los cultivos de invierno en los años agronómicos 2012-2013 y 2013-2014.

en gran parcela con HB+CO (7,4 vs 9,8 t MS/ha), hecho que puede ser atribuido a las adversas condiciones climatológicas del primer año del ensayo. Por el contrario, las alternativas que incluyeron TV fueron, en general, las menos interesantes de las ensayadas desde el punto de vista de la producción. En las parcelas sin cultivo invernal (OL x ONL), se obtuvo una producción media de 2,1 t MS/ha, representada por especies adventicias habituales en este tipo de suelos como *Ranunculus sp.*, *Juncus sp.*, *Cerastium sp.*, *Agrostis sp.* procedentes del banco de semillas.

Con relación a la calidad nutritiva de estos forrajes, el mayor aporte proteico se obtuvo con las leguminosas en monocultivo, con contenidos de 167, 179 y 154 g PB/kg MS para HB, AL y TV respectivamente, frente a los bajos aportes proteicos del RI (94 g PB/kg MS), por lo que su incorporación en las raciones destinadas a vacuno lechero puede suponer una mejora en la eficiencia de los sistemas de producción en las explotaciones, al reducir la necesidad de concentrados (Boireani et al., 2009).

Las HB mantuvieron su porte erguido hasta el momento de la cosecha. Esto significa que, con tallas a veces superiores a 1,50 m, deben lignificar sus tallos para soportar el peso, a diferencia del resto de forrajes ensayados, que alcanzaron menor talla en el caso de AL, o mantuvieron su consistencia herbácea durante todo su ciclo vegetativo. Este hecho se refleja en el menor porcentaje de digestibilidad de las HB frente al RI (54,59 % vs 74,61 % respectivamente, $p < 0,001$). Los mayores porcentajes de digestibilidad *in vivo* se alcanzaron con el RI sin diferencias con AL en monocultivo o en asociación y con TV en monocultivo. El mayor aporte energético se obtuvo así mismo con el RI y con el AL y NF, tanto en monocultivo como asociados entre sí.

En la Tabla 2 se muestran los rendimientos medios por hectárea para los dos años de estudio en materia orgánica digestible (MOD), proteína bruta (PB) y energía metabolizable

TABLA 1. Yield, nutritive value and estimated energy content of winter crops during the agronomical years 2012-2013 and 2013-2014.

(EM). Los mejores rendimientos en PB corresponden a HB con 1059 kg PB/ha, que superan significativamente ($p < 0,05$) a los obtenidos con la producción de proteína acumulada de los dos cortes de RI (715 kg PB/ha). Las asociaciones HB+RI y HB+NF aportaron en un solo corte 853 y 893 kg PB/ha respectivamente, numéricamente superiores respecto a los dos cortes de RI pero sin diferencias significativas. En este ensayo el RI, con un aporte en energía en los dos cortes acumulados de 86 GJ EM/ha, superó significativamente ($p < 0,05$) al resto de alternativas a excepción de HB+RI, que aportó 67 GJ EM/ha, en un solo corte ($p > 0,05$). Cuando se consideran los rendimientos en MOD solamente las habas asociadas con RI pueden competir con el RI en monocultivo. Considerando estos resultados en conjunto, podemos confirmar que los cultivos forrajeros mixtos de HB+RI, además de abaratar los costes de producción, proporcionan una buena calidad de forraje (Anil et al., 1998).

	kg PB/ha	kg MOD/ha	GJ EM/ha
RI (1C+2C)	715	5209	86
OLxONL	211 ***	1253 ***	20 ***
HB	1059 *	3223 ***	52 ***
AL	785 ns	2888 **	46 **
TV	441 ns	1679 ***	27 ***
NF	206 **	996 ***	16 ***
HB+RI	853 ns	4188 ns	67 ns
HB+NF	893 ns	3239 ***	52 *
AL+RI	487 ns	2768 **	45 **
AL+NF	606 ns	2557 ***	41 ***
TV+RI	367 *	3312 ***	53 ***
TV+NF	338 ns	1841 ***	29 ***
rsd	192,5	941,3	14,4

Todas las alternativas se comparan estadísticamente frente al RI. Los rendimientos del RI se han calculado ponderando los resultados de los dos cortes (1C+2C) realizados en primavera.

RI: Raigrás italiano; OLxONL: Vegetación espontánea; HB: Haba forrajera; AL: Altramuz blanco; TV: Trébol violeta; NF: Nabo francés; PB: Proteína bruta; MOD: Materia orgánica digestible; EM: Energía metabolizable.

rsd: desviación estándar residual; ***: $p \leq 0,001$; **: $p \leq 0,01$; *: $p \leq 0,05$; ns: no significativo ($p > 0,05$).

TABLA 2. Rendimientos en proteína, materia orgánica digestible y energía de los cultivos de invierno en los años agronómicos 2012-2013 y 2013-2014.

TABLA 2. Protein, digestible organic matter and energy yields of winter crops during the agronomical years 2012-2013 and 2013-2014.

En la Tabla 3 se detallan los parámetros de ensilabilidad de los forrajes evaluados en función de sus contenidos en MS después de 24 h de prehenificación, azúcares solubles (AZSOL) y capacidad tampón (CT). Como era esperable, el contenido en azúcares solubles de las leguminosas en monocultivo fue inferior al del RI ($p < 0,001$). Los mayores contenidos en AZSOL corresponden a RI en monocultivo o en asociación con AL o TV. La CT de HB tanto en monocultivo como en asociación no difiere estadísticamente del RI mientras que el AL en monocultivo o en asociación y el TV en asociación presentan valores significativamente inferiores al RI.

	MS prehenificada	AZSOL	CT	IE	Ensilabilidad
RI (1C+2C)	222	238	360	-6	Media
OLxONL	235 ns	117 ***	207 ***	38	Alta
HB	165 ns	97 ***	284 ns	22	Media-alta
AL	219 ns	87 ***	179 ***	49	Alta
TV	215 ns	98 ***	275 ns	15	Media-alta
NF	217 ns	170 ns	316 *	5	Media
HB+RI	178 ns	137 ***	299 ns	17	Media-alta
HB+NF	152 ns	70 ***	355 ns	-5	Media
AL+RI	258 ns	207 ns	196 ***	46	Alta
AL+NF	241 ns	93 ***	176 ***	47	Alta
TV+RI	292 *	283 ns	244 *	28	Alta
TV+NF	368 ***	90 ***	275 **	-16	Media
rsd	37,0	37,8	45,5		

Todas las alternativas se comparan estadísticamente frente al RI. La ensilabilidad del RI se ha calculado ponderando los resultados de los dos cortes (1C+2C) realizados en primavera.

RI: Raigrás italiano; OLxONL: Vegetación espontánea; HB: Haba forrajera; AL: Altramuz; TV: Trébol violeta; NF: Nabo francés; MS: Materia seca (g/kg); AZSOL: Azúcares solubles (g/kg MS); CT: Capacidad tampón (mmol NaOH/kg MS). IE: Índice de ensilabilidad (según Martínez-Fernández *et al.*, 2013b; Alta: E>28; Media-alta: 9<IE≤28; Media: -28<IE≤9). rsd: desviación estándar residual; ***: $p < 0,001$; **: $p < 0,01$; *: $p < 0,05$; ns: no significativo ($p > 0,05$).

TABLA 3. Características de ensilabilidad de los cultivos de invierno. Años agronómicos 2012-2013 y 2013-2014.

TABLE 3. Ensilability characteristics of winter crops. Agronomical years 2012-2013 and 2013-2014.

Ácidos grasos	RI	TV	HB	AL	NF	TV+RI	HB+RI	AL+RI	TV+NF	HB+NF	AL+NF	e.e
Caproico	0,028	<LC	<LC	<LC	0,640***	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,0870
Caprílico	0,014	0,012ns	0,121***	0,068**	0,060*	0,020ns	0,035ns	0,019ns	0,012ns	0,041ns	0,043ns	0,0124
Pelargónico	0,002	<LC	<LC	<LC	0,004ns	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,0022
Cáprico	0,016	0,021ns	0,183**	0,025ns	0,139*	0,033ns	0,049ns	0,014ns	0,014ns	0,071ns	0,018ns	0,0363
Laurico	0,183	0,066*	0,727***	0,240ns	0,082ns	0,232ns	0,268ns	0,145ns	0,082ns	0,254ns	0,209ns	0,0342
Mirístico	0,422	0,533ns	0,966**	0,729ns	0,749ns	0,583ns	0,580ns	0,531ns	0,450ns	0,503ns	0,573ns	0,1229
Pentadecílico	0,089	0,138ns	0,501***	0,195*	0,209*	0,147ns	0,297***	0,126ns	0,139ns	0,326***	0,151ns	0,0349
Palmitico	19,936	19,112ns	30,253***	24,536ns	25,975**	20,360ns	22,145ns	19,395ns	18,443ns	22,241ns	20,970ns	1,5660
Palmitoleico	0,448	0,106**	0,709ns	0,613ns	0,824**	0,226ns	0,797**	0,438ns	0,181*	0,742*	0,622ns	0,0859
Margárico	0,065	0,095ns	0,260***	0,131**	0,121*	0,112ns	0,133**	0,087ns	0,097ns	0,171***	0,088ns	0,0171
Esteárico	0,548	1,037*	2,556***	1,650***	1,301***	0,848ns	1,629***	1,409***	1,226**	1,916***	1,016ns	0,1575
Oleico	0,900	3,080*	1,897ns	2,542ns	3,624**	1,715ns	1,671ns	2,724*	4,263***	1,845ns	1,438ns	0,6068
Vaccénico	0,134	0,285ns	0,286ns	0,341*	0,459***	0,243ns	0,185ns	0,294ns	0,375*	0,162ns	0,176ns	0,0693
Araquídico	0,043	0,051ns	0,452***	0,122*	0,163***	0,074ns	0,249***	0,096ns	0,066ns	0,286***	0,077ns	0,0244
Linoleico	11,068	21,243***	25,932***	14,684ns	17,979**	16,010*	18,737***	16,501*	24,205***	21,158***	11,623ns	1,5580
γ -Linolénico	0,073	0,116ns	0,120ns	0,102ns	0,168*	0,119ns	0,149ns	0,111ns	0,094ns	0,122ns	0,108ns	0,0269
α -Linolénico	65,848	54,105**	35,039***	53,977**	47,506***	59,226ns	53,074***	58,071ns	50,354***	50,164***	62,848ns	2,7300
Saturados	21,343	21,065ns	36,710***	27,695*	29,441***	22,408ns	25,384ns	21,822ns	20,530ns	25,808ns	23,144ns	1,7230
Insaturados	78,471	78,935ns	63,983***	72,260*	70,559**	77,538ns	74,611ns	78,138ns	79,471ns	74,192ns	76,815ns	1,7280

RI: Raigrás italiano; TV: Trébol violeta; HB: Haba forrajera; AL: Altramuz; NF: Nabo francés;

e.e.: error estándar de la media; <LC: Por debajo del nivel de cuantificación; ***: $p < 0,001$; **: $p < 0,01$; *: $p < 0,05$; ns: no significativo ($p > 0,05$)

No se consideran los datos de colza (CO) en monocultivo ni asociada con otras especies (AL+CO; TV+CO; HB+CO)

TABLA 4. Perfil de ácidos grasos (g/100 AG) de las alternativas forrajeras evaluadas (monocultivo o en asociación) y comparación estadística con el monocultivo de raigrás italiano. (Datos correspondientes al segundo año del ensayo).

Según los índices de ensilabilidad (IE) definidos por Martínez-Fernández *et al.* (2013b), el proceso de fermentación durante el ensilado se desarrollaría adecuadamente en todas las alternativas ensayadas que son clasificadas desde media a alta ensilabilidad. El AL fue clasificado como una especie de alta ensilabilidad, tanto en monocultivo como asociado con otras especies (AL+RI, AL+NF). Aunque presentó menor contenido en AZSOL que el resto de leguminosas ensayadas, con 87 g/kg MS, su baja capacidad tampón (179 mmol NaOH/kg MS) en el momento de la cosecha le garantiza una correcta fermentación durante el proceso de ensilado. Por el contrario, el NF presentó contenido en AZSOL elevado (170 g/kg MS), pero debido a su elevada CT (316 mmol NaOH/kg MS) se clasificó como un forraje de media ensilabilidad tanto en monocultivo como asociado con haba y trébol.

La evaluación del perfil de ácidos grasos de las alternativas ensayadas muestra que los principales AG en las especies forrajeras evaluadas son los ácidos linoleico, α -linolénico, palmítico y oleico (Tabla 4). En general, ninguna de las alternativas ensayadas mejora al RI en relación con la proporción de ácidos grasos insaturados. Contrariamente a lo esperado, la proporción de α -linolénico ($\Omega 3$) resultó significativamente superior ($p < 0,001$) en RI que en las leguminosas o en NF. Por el contrario, la concentración de ácido linoleico y γ -Linolénico ($\Omega 6$) en RI fue inferior ($p < 0,001$) al de las otras especies estudiadas, especialmente a HB y TV en monocultivo o en asociación con NF, a excepción del AL o la asociación AL+NF. En este sentido cabe destacar que la ingesta por las vacas de forrajes ricos en ácido linoleico causa un incremento lineal de la producción de CLA en la leche (Morales-Almaráz *et al.*, 2010) al ser éste el primer derivado de la biohidrogenación del ácido

TABLE 4. Fatty acids profiles (g/100 AG) of the forage alternatives evaluated (monoculture or mixtures) and their statistical comparison with the Italian ryegrass monoculture. (Data for the second year of the trial).



Aspecto general de los cultivos invernales de raigrás italiano y haba forrajera en ensayo en pequeña parcela.

Overview of the Italian ryegrass and the fava bean in experimental plots.

linoleico en el rumen. En comparación al RI las alternativas ensayadas no disminuyeron la ratio $\Omega 6/\Omega 3$. Los monocultivos de HB y NF presentaron un nivel más elevado de ácido palmítico que RI (30,25; 25,98 y 19,94 g/100 AG respectivamente, $p < 0,001$), mientras que los cultivos asociados no mostraron diferencias significativas con el monocultivo de RI. Los mayores contenidos de ácido oleico se obtuvieron con TV y NF en monocultivo y su asociación (NF+TV).

CONCLUSIONES

Los resultados muestran que la colza no es una alternativa viable en las condiciones edafológicas ensayadas. En cuanto al resto de especies evaluadas, teniendo en cuenta las producciones, rendimientos en materia seca, materia orgánica digestible, proteína, energía, características de ensilabilidad y perfil de ácidos grasos, podemos concluir que de todos los cultivos ensayados, las habas forrajeras en monocultivo o asociadas con raigrás italiano en condiciones de manejo sostenible y aprovechada en un solo corte, son una clara alternativa al raigrás italiano como cultivo de invierno para rotar con maíz, ya que a igualdad de rendimientos en materia seca, proteína y energía, requieren menos manejo al acumular toda la producción en un único corte, y no requieren aporte complementario de nitrógeno en primavera.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por INIA proyecto RTA2012-00065-05-01 cofinanciado con fondos FEDER. Silvia Baizán es beneficiaria de un contrato de personal investigador predoctoral en formación FPI-INIA y FSE. Los autores agradecen la colaboración del personal de apoyo del SERIDA, a la Finca La Orden y a la empresa Camelina Company, por la disponibilidad de semillas de altramuza y nabo francés respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGEGNEHU G., GHIZAW A. Y SINEBO W. (2006) Yield performance and land-use efficiency of barley and fava bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal of Agronomy*, 25(3), 202-207.
- AGEGNEHU G., GHIZAW A. Y SINEBO W. (2008) Yield potential and land use efficiency of wheat and fava bean mixed intercropping. *Agronomy for Sustainable Development*, 28(2), 257-263.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (1980) *The nutrient requirements of ruminant livestock*. Reino Unido: Commonwealth Agricultural Bureaux, 351 pp.
- AGRO-EUROPA (2011) Nº 1.148 del 31 de enero de 2011.
- ÁLVAREZ PINILLA A. Y PÉREZ MÉNDEZ J.A. (2010) *Acciones de Futuro para el Sector Lechero en la Cornisa Cantábrica*. Oviedo, España: Centro Nacional de Competencia Tecnológica de la leche, 65 pp.
- ANIL L., PARK J., PHIPPS R.H. Y MILLER F.A. (1998) Temperate intercropping of cereals for forage: a review of the potential for growth and utilization with particular reference to the UK. *Grass and Forage Science*, 53, 301-317.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMIST (1984) *Official methods of analysis*. E.E.U.U.: Association of Official Agricultural Chemist, 14th edition, 1141 pp.
- BAIZÁN S., VICENTE F., GONZÁLEZ M.A., GONZÁLEZ C., DE LA ROZA B., SOLDADO A. Y MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A. (2015) Leguminosas forrajeras en monocultivo o en asociación con otras especies como alternativa viable al cultivo invernal de raigrás italiano para rotar con maíz. En: Cifre J. et al. (Eds). *Pastos y Forrajes en el siglo XXI*, pp. 225-231. Palma de Mallorca, España. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- BONJEAN A. Y LE GOFFIC F. (1999) La cameline -*Camelina sativa* (L.) Crantz-: une opportunité pour l'agriculture et l'industrie européennes. *Oléagineux. Corps Gras Lipides*, 6, 28-34.
- BORREANI G., REVELLO A., COLOMBINI S., O'DOARDI M., PAOLETTI R. Y TABACCO E. (2009) Fermentative profiles of field pea (*Pisum sativum*), fava bean (*Vicia faba*) and white lupin (*Lupinus albus*) silages as affected by wilting and inoculation. *Animal Feed Science and Technology*, 151, 316-323.
- CHAPAGAIN T. Y RISEMAN A. (2015) Nitrogen and carbon transformations, water use efficiency and ecosystem productivity in monocultures and wheat-bean intercropping systems. *Nutrient Cycling Agroecosystems*, 101(1), 127-121.
- DE LA ROZA B., MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A. Y ARGAMENTERÍA A. (2002) Determinación de materia seca en pastos y forrajes. Temperatura de secado para análisis. *Pastos*, XXXII(1), 91-104.
- DE LA ROZA B., MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A., SOLDADO A. Y ARGAMENTERÍA A. (2004) Evolución de la producción y ensilabilidad de la asociación triticale - haboncillos, según estado de desarrollo. En: García B. et

- al.* (Eds) *Pastos y Ganadería Extensiva*, pp. 273-278. Salamanca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- 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.
- DOLTRA J. Y OLESEN J.E. (2013) The role of catch crops in the ecological intensification of spring cereals in organic farming under Nordic climate. *European Journal of Agronomy*, 44, 98-108.
- FERNÁNDEZ LORENZO B., CASTRO P., FLORES G., GONZÁLEZ-ARRÁEZ A. Y VALLADARES J. (2004) Estimación de la composición química del guisante (*Pisum sativum* L.) y triticale (*x Triticosecale* Wittm.) mediante NIRS. En: García B. *et al.* (Eds). *Pastos y Ganadería Extensiva*, pp. 285-290. Salamanca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- GONZÁLEZ M.A., VICENTE F., DE LA ROZA DELGADO B., SOLDADO A., MODROÑO S., GONZÁLEZ C., JAIMEZ A.S Y MARTÍNEZ FERNÁNDEZ A. (2014) Evaluación de nuevos cultivos invernales como alternativa al raigrás italiano en rotaciones forrajeras adaptadas a zonas templado húmedas del norte de España. En: Busqué J. *et al.* (Eds). *Pastos y PAC 2014-2020*, pp. 311-318. Potes, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- GONZÁLEZ-HIDALGO J.C., BRUNETTI M. Y DE LUIS M. (2010) Precipitation trends in Spanish hydrological divisions, 1946-2005. *Climate Research*, 43, 215-228.
- GRUNDY A.C., MEAD A. Y BURNSTON S. (1999) Modelling the effect of cultivation on seed movement with application to the prediction of weed seedling emergence. *Journal of Applied Ecology*, 36, 663-678.
- GUERRERO GARCÍA A. (1999) Cultivos herbáceos extensivos. Ediciones Mundi-Prensa.
- HAUGGAARD-NIELSEN H., JORNSGAARD B., KINANE J. Y JENSEN E. (2008) Grain legume-cereal intercropping: the practical application of diversity, competition and facilitation in arable and organic cropping systems. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 23, 3-12.
- 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.
- JOLLIFFE P.A. (1997) Are mixed populations of plant species more productive than pure stands? *Oikos*, 80, 595-602.
- LI L., YANG S., LI X., ZHANG F. Y CHRISTIE P. (1999) Interspecific complementary and competitive interactions between maize and fava bean. *Plant and Soil*, 212(2), 105-114.
- LIEBMAN M. Y DAVIS A.S. (2000) Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. *Weed Research*, 40 (1), 27-47.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A. Y ARGAMENTERÍA 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: SERIDA. 280 pp.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A., BENAOUA M., PRÓSPERO F. Y VICENTE F. (2013a) Comportamiento agronómico de la asociación forrajera haba-colza como alternativa invernal sostenible al raigrás italiano. En: Olea L. *et al.* (Eds). *Los Pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades*, pp. 219-226. Badajoz, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A., DE LA ROZA B., SOLDADO A. Y ARGAMENTERÍA A. (2005) Evaluación de producción y valor nutritivo de las habas forrajeras como alternativas al raigrás italiano utilizadas como cultivo de invierno en rotación con el maíz. En: De la Roza B. *et al.* (Eds). *Producciones agroganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural*, pp. 681-688. Gijón, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A., SOLDADO A., DE LA ROZA B., VICENTE F., GONZÁLEZ M.A. Y ARGAMENTERÍA A. (2013b) Modelling a quantitative ensilability index adapted to forages from wet temperate areas. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11(2), 455-462.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A., SOLDADO A., VICENTE F., MARTÍNEZ-MARTÍNEZ A. Y DE LA ROZA B. (2010) Wilting and inoculation of *Lactobacillus buchneri* on intercropped triticale fava silage: effects on nutritive, fermentative and aerobic stability characteristics. *Agricultural and Food Science*, 19, 302-312.
- MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, A. PEDROL N. Y ALPERI J. (2003) Siembra de praderas. Guías Agroganaderas. Oviedo, España: SERIDA y KRK. 89 pp.
- MORALES-ALMARÁZ E., SOLDADO A., GONZÁLEZ M.A., MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A., DOMÍNGUEZ-VARA I., DE LA ROZA B. Y VICENTE, F. (2010) Improving the Fatty Acid Profile of Dairy Cow Milk by combining grazing with feeding on total mixed ration. *Journal of Dairy Research*, 77, 225-230.
- PALMQUIST D.L. Y JENKINS T.C. (2003) Challenges with fats and fatty acid methods. *Journal of Animal Science*, 81, 3250-3254.
- PEETERS A., PARENTE G. Y LE GALL A. (2006) Temperate Legumes: key-species for sustainable temperate mixtures. *Grassland Science in Europe*, 11, 205-219.
- PEREIRA S., FLORES G., GONZÁLEZ-ARRÁEZ A., VALLADARES J., FERNÁNDEZ-LORENZO B. (2009) Variación del valor nutritivo de variedades de guisante para forraje en función de la fecha de corte. En: Reiné R. *et al.* (Eds). *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, 367-374. Huesca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- PILGERAM A.L., SANDS D.C., BOSS D., DALE N., WICHMAN D., LAMB P., LU C., BARROWS L., KIRKPATRICK M.,

- THOMPSON B. Y JOHNSON D. (2007) *Camelina sativa*, A Montana Omega-3 and Fuel Crop. En: Janick J. y Whipkey A. (Eds.) *Issues in new crops and new uses*, pp. 129-131. Alexandria (VA), EEUU: ASHS Press.
- 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.
- PUTNAM D.H., BUDIN J.T., FIELD L.A. Y BREENE W.M. (1993) Camelina: A promising low-input oilseed. En: Janick J. y Simon J.E. (Eds). *New crops*, pp. 314-322. Nueva York, EEUU: Wiley.
- R CORE TEAM. (2014) *R: A language and environment for statistical computing*. Viena, Austria: R foundation for Statistical Computing.
- ROS C., SÁNCHEZ F., MARTÍNEZ V., LACASA C.M., HERNÁNDEZ A., TORRES J., GUERRERO M.M. Y LACASA A. (2016) El cultivo de brásicas para biosolarización reduce las poblaciones de *Meloidogyne incognita* en los invernaderos de pimiento del Sudeste de España. *ITEA*, 112, 109-126.
- SCHUSTER A. Y FRIEDT W. (1998) Glucosinolate content and composition as parameters of quality of Camelina seed. *Industrial Crops and Products*, 7, 297-302.
- STEINFELD H., GERBER P., WASSENAAR T., CASTEL V., ROSALES M. Y DE HAAN C. (2009) *La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones*. Iniciativa para Ganadería, Medio Ambiente y Desarrollo (LEAD). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- 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.
- VANCE C.P., UHDE-STONE C. Y ALLAN D.L. (2003) Phosphorus acquisition and use: Critical adaptations by plants for securing a non renewable resource. *New Phytologist*, 157 (3), 423-447.
- ZUBR J. (1997) Oil-seed crop: *Camelina sativa*. *Industrial Crops and Products*, 6, 113-119.