

## EVALUACIÓN DE NUEVOS CULTIVOS INVERNALES COMO ALTERNATIVA AL RAIGRÁS ITALIANO EN ROTACIONES FORRAJERAS ADAPTADAS A ZONAS TEMPLADO HÚMEDAS DEL NORTE DE ESPAÑA

EVALUATION OF NEW WINTER CROPS AS ALTERNATIVE TO ITALIAN RYEGRASS IN FORAGE ROTATION ADAPTED TO WARM HUMID AREAS NORTH OF SPAIN

M.A. GONZÁLEZ<sup>1</sup>, F. VICENTE<sup>1</sup>, B. DE LA ROZA-DELGADO<sup>1</sup>, A. SOLDADO<sup>1</sup>, S. MODROÑO<sup>1</sup>, C. GONZÁLEZ<sup>1</sup>, A. S JAIMEZ<sup>2</sup> Y A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Apdo. 13. 33300 Villaviciosa. [admartinez@serida.org](mailto:admartinez@serida.org). <sup>2</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), UAEM, Instituto Literario # 100, Col. Centro, 50000 Toluca (Estado de México) México. [amjaimenez@hotmail.com](mailto:amjaimenez@hotmail.com)

### RESUMEN

Con el propósito de mejorar la gestión de la alimentación del vacuno de leche, se están buscando alternativas al monocultivo invernal de raigrás italiano como parte de la rotación con maíz, evaluando la inclusión de leguminosas en monocultivo (habas, altramuces y trébol violeta) o asociadas con raigrás italiano u otras especies (colza, nabo francés), y manejadas con criterios de sostenibilidad ambiental (bajos inputs de fertilizantes de síntesis). El mayor aporte proteico se obtuvo con las leguminosas en monocultivo, con contenidos de 175 g PB/kg MS y 149 g PB/kg MS para habas y trébol violeta frente a los bajos aportes proteicos del raigrás italiano (62 g PB/kg MS y 85 g PB/kg MS para el primer y segundo cortes). Las habas forrajeras en monocultivo o asociadas con raigrás italiano, permitieron obtener rendimientos en materia seca, proteína y energía en el conjunto de la rotación similares al raigrás italiano, con la ventaja añadida de que concentran toda la producción en un solo corte. Por el contrario las alternativas que incluyeron al trébol violeta desde el punto de vista de la producción fueron las menos interesantes. Los altramuces, la colza y el nabo francés no resistieron las condiciones de encharcamiento y no completaron su ciclo vegetativo.

**Palabras clave:** Rendimiento productivo, leguminosas, crucíferas, estiércol, calidad nutritiva.

### SUMMARY

With the aim of improving the management of dairy cows feeding, this research work searches for alternatives to winter italian ryegrass monoculture, previous to the maize, including legumes in monoculture (beans, lupins and red clover ) or associated with italian ryegrass or other species (rapeseed, camelina). All these crops have been managed with environmental sustainability criteria (low inputs of synthetic fertilizers) to guarantee a cattle milk composition according to actual nutritional requirements. The highest protein content was obtained with legumes in monoculture, with content of 175 g CP / kg DM and 149 g CP / kg DM for beans and red clover compared to low protein amounts of Italian ryegrass (62 g CP / kg DM and 85 g CP / kg DM for the first and second cuts). Faba beans in monoculture or associated with Italian ryegrass, allowed to obtain yields in dry matter, protein and energy in the whole rotation similar to Italian ryegrass. The added advantage was that all production is concentrated in only one spring cut. However, focusing on production results the alternatives including red clover were the least interesting. Lupins, rapeseed and camelina did not complete their growth cycle due to prolonged periods of flooding.

**Key words:** Yield, legumes, cruciferous, manure, nutritive quality.

## INTRODUCCIÓN

El raigrás italiano (*Lolium multiflorum*, L.) como cultivo invernal en rotación con maíz (*Zea mays*, L.), ha ido perdiendo interés paulatinamente ya que presenta algunos inconvenientes 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) y la baja concentración de proteína bruta del conjunto de la rotación (Pereira *et al.*, 2009). Para paliar estas dificultades, surge un gran interés en toda Europa por la recuperación del cultivo de leguminosas forrajeras, ya que una mayor inclusión de leguminosas en las raciones del vacuno lechero puede facilitar la optimización de la relación entre energía y nitrógeno. Borreani *et al.* (2009) afirmaron 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.

Por otra parte, es conocido que como resultado de la asociación de familias botánicas se obtienen producciones de mayor

cantidad y calidad que con monocultivos de las mismas especies (Jolliffe, 1997), y que la utilización de residuos de cultivos de leguminosas como abono en verde puede ser efectiva para suprimir el desarrollo de malas hierbas y mantener la fertilidad del suelo (Liebman y Davis, 2000).

Teniendo en cuenta estas consideraciones previas, el objetivo de este trabajo ha sido evaluar la inclusión de tres leguminosas en monocultivo (habas, altramuces y trébol violeta) o asociadas bien con raigrás italiano (RI) o con otras especies (colza y nabo francés) como alternativas viables al monocultivo invernal del RI en rotación con el maíz forrajero (MZ) en busca de una producción abundante en primavera, con concentración energética y proteica no limitante que compensen el bajo valor proteico del maíz, que tengan rendimientos comparables o superiores al raigrás italiano y sobre todo que se puedan aprovechar en un solo corte.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los ensayos comenzaron en el otoño de 2012 y se desarrollaron en la Finca experimental que el SERIDA tiene en Grado, localidad del interior de Asturias (6° 03' 45" Oeste y 43° 22' 35" Norte) a 65msnm, sobre suelos de textura franco arcillosa. Para la ejecución del ensayo se seleccionó una parcela experimental en situación de 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 (A, B, C) en el cual la “parcela principal” la conformaron las distintas leguminosas a ensayar como sustitución del monocultivo de RI: trébol violeta (*Trifolium pratense*, L.) -TV, habas forrajeras (*Vicia faba* L.) -HAB, altramuces (*Lupinus albus* L.) -ALT y el testigo -0-. Dentro de cada parcela principal, las “subparcelas” de 5,5 m x 5,5 m, las constituyeron el RI, dos especies de crucíferas: colza (*Brassica napus*, L.) -COL y nabo francés (*Camelina sativa*, L.) -NF y un testigo -0-. Cada repetición (A, B, C), constituyó un bloque, en el que se sorteó al azar el orden de las parcelas principales (TV, HAB, ALT, 0) y de las subparcelas (RI, COL, NB, 0). De esta manera, se pretende evaluar, las especies propuestas en cultivo monofito y las asociaciones leguminosa-gramínea y leguminosa-crucífera. La subparcela correspondiente a 00, representa la vegetación espontánea en el terreno destinado a barbecho, y permite calcular por diferencia el efecto control del resto de las especies sobre la flora arvense.

Los aportes de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en el abonado de fondo se realizaron según los requerimientos del análisis previo realizado en el suelo siguiendo las recomendaciones propuestas por Martínez Fernández y Argamentería Gutiérrez (2012). Se utilizó estiércol compostado con unos aportes 9-8-9 kg de N-P-K por tonelada, a una dosis de 6t/ha. El estiércol se complementó con 115 UF de K<sub>2</sub>O en forma de cloruro de potasa del 60% para no limitar el crecimiento del raigrás. En las subparcelas de RI en monocultivo después del primer corte para ensilado en primavera (24 de abril) se aplicaron 60 UF de N/ha en forma de nitrato amónico cálcico del 27% realizando el segundo corte para ensilar siete semanas después (11 de junio).

La siembra se realizó a voleo el 5/11/2012 y las dosis de semilla se estableció en función de la especie y del tamaño y porte de las plantas, estableciéndose para los cultivos monofitos las siguientes cantidades: TV=20kg/ha; HAB= 150kg/ha; ALT= 100kg/ha; RI=40kg/ha; COL= 8kg/ha y NF= 8kg/ha. En los cultivos en los que participaron dos especies, se redujo proporcionalmente la cantidad de semilla. Los cultivos se cosecharon en la primavera de 2013 (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 dominante.

El material vegetal fue desecado en estufa (60°C, 24 h) para determinar su contenido en materia seca (De la Roza *et al.*, 2002). Las muestras secas fueron molidas a 0,75 mm y 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 de acuerdo al fraccionamiento Weende (AOAC, 1984) y Van Soest (Van Soest *et al.*, 1991). En todas las muestras se estimó el contenido en energía metabolizable (EM) según ARC (1980).

Tras la cosecha de los cultivos de invierno, en todas las parcelas elementales se sembró una variedad de ciclo corto de MZ con una densidad de siembra de 90 000 semillas/ ha para completar la rotación. En las parcelas correspondientes al monocultivo de RI, para reproducir las condiciones habituales de manejo que realizan los ganaderos en esta rotación RI-MZ, se utilizó fertilización de síntesis (125 UF de N, 144 UF de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 216 UF de K<sub>2</sub>O, previo a la siembra de maíz y 75 UF de N en cobertera) y en el resto se utili-

zó estiércol compostado en la cantidad necesaria para alcanzar las mismas dosis de fertilización según el análisis previo del estiércol. El MZ se cosechó para ensilado cuando el grano alcanzó un estado pastoso vítreo y se procedió de igual manera que con los cultivos de invierno, es decir, control de producción, determinación del contenido en materia seca y principios nutritivos y del contenido energético.

La producción, valor nutritivo y contenido energético fueron contrastados mediante análisis de varianza con el procedimiento GLM de SAS, según modelo lineal con el tipo de cultivo de invierno como factor principal (SAS, 1999)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se puede observar que el patrón de temperaturas del último año fue similar al de años anteriores. Sin embargo, la cantidad de lluvia caída, sobre todo en el invierno y comienzo de la primavera fue muy superior, con una precipitación anual acumulada de 1253 mm, de la cual el 80% se distribuyó entre Noviembre y Abril. La lluvia caída, unida a la textura franco arcillosa del suelo propiciaron largos periodos de encharcamiento debido a los cuales los ALT, la COL y el NF no pudieron completar su desarrollo. Como consecuencia, los resultados obtenidos para ALT, COL y NF no son considerados en el presente trabajo.

En la tabla I se detallan los resultados de producción, valor nutritivo y aporte energético de los cultivos invernales que completaron su ciclo productivo (RI, HAB y TV).

HAB y HAB-RI, alcanzaron producciones que no difieren significativamente a las obtenidas con los dos cortes acumulados de RI (7,0 vs 8,2 vs 8,8 t MS/ha para HAB, HAB-RI e RI respectivamente,  $p < 0,05$ ). Sin embargo estas alternativas presentan la ventaja añadida de que concentraron toda la producción en un solo corte y no precisaron aporte de N complementario como el RI. Cabe destacar que los rendimientos de los HAB fueron inferiores a los obtenidos por Martínez-Fernández *et al* (2013) en ensayos en gran parcela (9,82 vs 7,0 t MS/ha), hecho que puede ser atribuido a las adversas condiciones climatológicas del año del ensayo. Por el contrario las alternativas que incluyeron TV

fueron las menos interesantes de las ensayadas desde el punto de vista de la producción.

Con relación a la calidad nutritiva de estos forrajes, el mayor aporte proteico se obtuvo con las leguminosas en monocultivo, con contenidos de 175 g PB/kg MS y 149 g PB/kg MS para HAB y TV respectivamente frente a los bajos aportes proteicos del RI (62 g PB/kg MS y 85 g PB/kg MS para el primer y segundo cortes). Considerando los rendimientos en proteína bruta por hectárea, los mejores resultados corresponden a los HAB con 1230 kg PB/ha que prácticamente duplican los obtenidos con la producción de los dos cortes de RI (686 kg PB/ha). La asociación HAB+RI aportó en un solo corte 693 kg PB/ha, sin diferencias significativas respecto a los dos cortes de RI, pero significativamente inferior al rendimiento en proteína de los HAB en monocultivo.

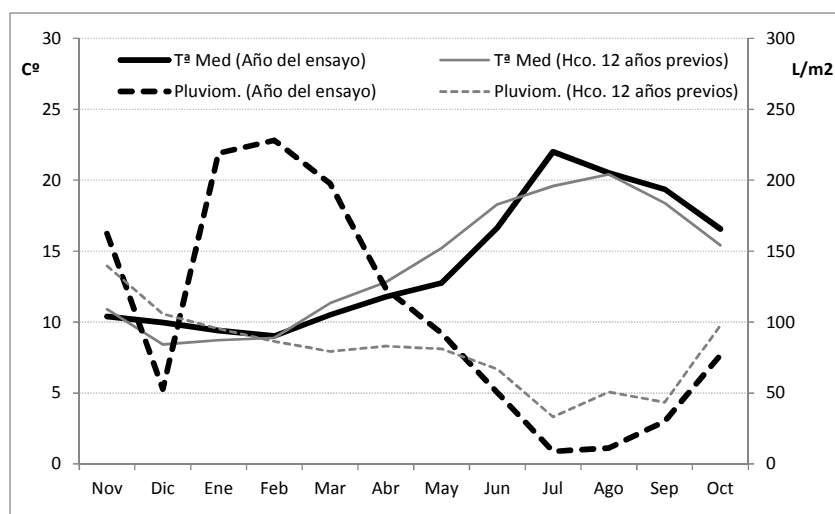


Figura 1. Temperaturas medias (°C) y lluvia acumulada (L/m²) durante el periodo de ensayo y su comparación con el histórico de los doce años anteriores.

**Tabla1. Producción, valor nutritivo y contenido energético estimado de los cultivos de invierno que completaron su ciclo vegetativo.**

	00	RI C1	RI-C2	HAB	TV	HAB + RI	TV+ RI	e.e.	P
Producción (kg MS/ha)	1916C	8833A <sup>1</sup>		7030AB	3835B	8214A	5780B	750,7	***
Materia seca (%)	22,05A	20,40A	12,71C	16,06B	14,46BC	17,51B	19,32A	1,195	***
Cenizas (%ms)	11,53	8,37	9,57	7,65	10,93	8,98	8,01	1,302	NS
Proteína bruta (%ms)	8,85B	6,20B	8,51B	17,49A	14,94A	8,84B	5,64B	1,084	***
Fibra neutro detergente (%ms)	54,97A	36,53C	56,48A	46,99B	51,42AB	55,83A	54,84A	1,732	***
Fibra ácido detergente (%ms)	26,40AB	15,16B	31,05A	31,11A	29,18AB	27,1AB	26,44AB	1,430	***
Digestibilidad in vivo (%)	65,65BC	82,61A	71,80B	57,91C	64,64BC	62,77C	63,24C	2,492	***
EM (MJ/kg MS)	9,30BC	12,11A	10,39B	8,58C	9,21BC	9,14C	9,31BC	0,417	***

00: Testigo; RI: Raigrás italiano; HAB: Habas forrajeras; TV: Trébol violeta; C1y C2: primer y segundo corte en RI; EM: Energía metabolizable; e.e.: error estándar de la media; \*\*\*:  $p < 0,0001$ ; NS: No significativo ( $p > 0,05$ ). <sup>1</sup>: Producción acumulada de dos cortes para ensilado en primavera (C1+C2)

Los mayores porcentajes de digestibilidad *in vivo* se alcanzaron con el RI, sobre todo en los forrajes de primer corte, lo que se reflejó en el aporte energético, significativamente superior al resto de las alternativas ensayadas (Tabla 1). En este sentido, el RI con un aporte en energía en los dos cortes acumulados de 98 GJ EM/ha superó al resto de alternativas, aunque cabe destacar que la asociación HAB + RI aportó 75 GJ EM/ha en un solo corte.

Con respecto al cultivo de MZ, no se apreciaron diferencias significativas en su valor nutritivo en función del cultivo de invierno precedente, aunque en las parcelas 00, en las que no hubo cultivo invernal, el maíz presentó una tendencia hacia una mayor digestibilidad (77%) y aporte energético (11,9

MJ kg/MS). Estas diferencias no compensan en ningún caso la pérdida de rendimiento en el conjunto de la rotación como se puede apreciar en la tabla 2.

Considerando los rendimientos del total de la rotación en MS, PB y energía, podemos observar que los HAB en monocultivo o asociados con RI (HAB-RI), en un solo corte y solamente con el aporte del abonado de fondo en el momento de la siembra, son comparables al raigrás italiano en dos cortes sucesivos con un aporte extra de 60UF de N en primavera. El conjunto de resultados obtenidos nos muestran que de todos los cultivos ensayados, los HAB en monocultivo o asociados con RI (HAB-RI) para rotar con el maíz, pueden ser alternativas interesantes a la rotación clásica RI- maíz.

**Tabla 2. Rendimientos en materia seca, proteína y energía de la rotación forrajera completa según cultivo de invierno que precede al maíz**

Producción	00-MZ	RI(C1+C2)-MZ	HAB-MZ	TV-MZ	HAB-RI-MZ	TV-RI-MZ	e.e.	P
kg/MS/ha	18525C	27212A	24895AB	21136BC	25886AB	18900C	1969,4	*
kg/PB/ha	1334B	2044A	2337A	1773A	1888A	1139B	216,8	*
EM (Gj/EM/ha)	215AB	308A	267AB	237AB	280A	206B	23,3	*

00: Testigo; RI: Raigrás italiano; HAB: habas forrajeras; TV: Trébol violeta; C1 y C2: primer y segundo corte en RI; MZ: maíz forrajero; EM: Energía metabolizable; e.e.: error estándar de la media; \*:  $p < 0,01$

## CONCLUSIONES

Los resultados muestran que, las habas forrajera en monocultivo o asociadas con raigrás italiano para rotar con el maíz son alternativas viables a la rotación clásica raigrás italiano- maíz, ya que a igualdad de rendimientos en materia seca, proteína y energía, requieren menos manejo porque acumulan toda la producción en un único corte y no requieren aporte complementario de nitrógeno en primavera.

## AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por INIA proyecto RTA2012-0006512-05 cofinanciado con fondos FEDER. La estancia de A.S. Jaimez fue financiada por CONACYT (México). Los autores agradecen la colaboración del personal de campo y de laboratorio del SERIDA y a la empresa Camelina Company, por la disponibilidad de semilla.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMIST. (1984) *Official methods of analysis*. Association of Official Agricultural Chemist, 14th edition, 1141 pp. (USA).

ARC (1980). The nutrient requirements of ruminant livestock. Reino Unido: Commonwealth Agricultural Bureaux, 351 pp.

BORREANI G., REVELLO A., COLOMBINI S., O'DOARDI M., PAOLETTI R. Y TABACCO E. (2009) Fermentative profiles of field pea (*Pisum sativum*), faba bean (*Vicia faba*) and white lupin (*Lupinus albus*) silages as affected by wilting and inoculation. *Animal Feed Science and Technology*, 151, 316-323.

DE LA ROZA B., MARTÍNEZ FERNÁNDEZ A. Y ARGAMENTERÍA A. (2002) Determinación de materia seca en pastos y forrajes. Temperatura de secado para análisis

sis. *Pastos*, XXXII (1), 91-104.

FERNÁNDEZ LORENZO B., CASTRO P., FLORES G., ARRÁEZ A.G. Y VALLADARES J. (2004) Estimación de la composición química del guisante (*Pisum sativum* L.) y triticale (xTriticosecale Wittm.) mediante NIRS. En: B. García Criado et al. (Eds). *Pastos y Ganadería Extensiva*, 285-290. Salamanca, España: SEEP.

JOLLIFFE P.A. (1997) Are mixed populations of plant species more productive than pure stands? *Oikos*, 80, 595-602.

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. (2012) Recomendaciones para a fertilización de praderías e Cultivos forrajeros anuales en Zonas temperado-húmedas. *Afriga*, 102, 100-110.

MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A., BENAOUA M., PRÓSPERO F. Y VICENTE F. (2013) 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*, 219-226. Badajoz, España: SEEP.

PEREIRA S., FLORES G., GONZÁLEZ ARRÁEZ A., VALLADARES J. Y FERNÁN-

DEZ LORENZO B. 2009. Variación del valor nutritivo de variedades de guisante para forraje en función de la fecha de corte. En: R. Reiné et al. (Eds). *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, 367-374. Huesca, España: SEEP.

SAS (1999) SAS (Statistical Analysis System) Institute, SAS/STAT<sup>TM</sup>. *User's guide*. North Caroline, USA: SAS Institute, Inc. 10. Carry

VAN SOEST P. J., ROBERTSON J. B. Y LEWIS B. A. (1991). Methods of dietary, neutral detergent fiber and non starch polisaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.