

CULTIVOS DE MAÍZ Y SOJA (PUROS Y ASOCIADOS) PARA FORRAJE EN LA ZONA LITORAL CENTRO ORIENTAL DE ASTURIAS

A. MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, B. DE LA ROZA DELGADO, S. MODROÑO LOZANO, M. A. CUETO ARDAVÍN Y A. ARGAMENTERÍA GUTIÉRREZ

Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. SERIDA. Apartado 13. 33300 Villaviciosa. Asturias (España). afargamenteria@serida.org.

RESUMEN

Con el propósito de determinar el potencial productivo de la soja asociada al maíz en las condiciones de la zona costera centro oriental de Asturias, durante cuatro años se compararon diversas modalidades de cultivo para producción de forraje: maíz con soja en líneas alternas (1), líneas de maíz sobre soja sembrada a voleo (2), monocultivo convencional de maíz (3) y monocultivo de soja a voleo (4).

Comparando el cultivo puro maíz con las asociaciones (1) y (2) se obtuvo, respectivamente, una menor y mayor producción de forraje ($11,9 \text{ t} \pm 3,09 \text{ t}$ vs $10,4 \text{ t} \pm 2,12 \text{ t}$ vs. $14,6 \text{ t} \pm 2,53 \text{ t MS ha}^{-1}$). Cuando la soja se sembró en líneas, la densidad de plantas de ambas especies fue menor, mientras que cuando la siembra fue a voleo, la densidad de plantas fue óptima para el maíz, pero no para la soja, que siguió por debajo del nivel deseable. En ambos casos, se modificó muy poco la composición química del maíz.

La soja en monocultivo produjo $7,0 \text{ t} \pm 2,46 \text{ t MS ha}^{-1}$, pero su contribución en las asociaciones fue muy pequeña (solo $1,1 \text{ t} \pm 0,41 \text{ t}$ y $1,2 \text{ t} \pm 0,45 \text{ t MS ha}^{-1}$). La presencia de soja no ocasionó problemas de ensilabilidad, ni produjo una compensación por el escaso contenido proteico del maíz, a pesar de que la soja asociada presentó un valor de proteína bruta superior al que tuvo en monocultivo ($16,6 \% \pm 1,46 \%$ y $17,4 \% \pm 1,74 \%$ vs. $12,5 \% \pm 1,88 \% \text{ MS}$).

La asociación (2) resultó preferible a la (1). Su ventaja radicó en obtener la misma producción de materia seca por hectárea con una dosis de nitrógeno muy inferior a la requerida por el monocultivo de maíz y contribuir a diseminar el suelo con *Rhizobium melilotii*, que pudiera fomentar la inoculación de leguminosas de invierno sembradas posteriormente.

Palabras clave: Alternativas forrajeras, zonas húmedas, cultivo de verano.

INTRODUCCIÓN

La rotación maíz forrajero-raigrás italiano es muy empleada en las explotaciones lecheras de las zonas húmedas del Norte de España por su elevado potencial de producción de materia seca (MS) (Lloveras, 1990; López-Cedrón *et al.*, 2006; Martínez-Fernández *et al.* 2008a), superando actualmente las 20 t MS ha⁻¹ año⁻¹. Por otra parte, los forrajes obtenidos tanto en el cultivo de invierno (raigrás italiano) como en verano (maíz), ensilan sin dificultad. En el caso del maíz, el contenido energético es elevado y, si se consigue un nivel de almidón en torno al 30% MS, hay amplias facilidades para cubrir las necesidades del vacuno lechero de alta producción (National Research Council, 2001). Ello va unido a que, como en su momento óptimo de recolección alcanza un contenido en MS en torno al 30%, se facilitan las labores de ensilaje frente a forrajes con mayor humedad.

No obstante, en esta rotación también hay inconvenientes. El primero es la deficiente estabilidad aeróbica del ensilado de maíz. El segundo, y motivo del presente trabajo, consiste en que, al repetirla año tras año en una misma parcela, tiene efectos muy negativos sobre la fertilidad y otras características del suelo. Requiere 380 kg N ha⁻¹ año⁻¹ (Martínez Martínez *et al.*, 2003) y supone un abuso del cultivo de gramíneas (Martínez-Fernández *et al.*, 2008b). Por ello, diversos autores han sugerido la sustitución del raigrás italiano previo al maíz por la asociación triticale-haboncillos o haboncillos en monocultivo (Martínez-Fernández *et al.*, 2010).

Por otra parte, con el fin de facilitar la permanencia del *Rhizobium meliloti* en el suelo, resulta oportuno considerar la posibilidad de asociar alguna leguminosa al maíz forrajero. Debido a ello, se efectuaron ensayos previos con diversas leguminosas: veza común (*Vicia sativa* L. cv. 'Senda', cv. 'Vereda', cv. 'Gravesa'), veza vellosa (*Vicia villosa* Roth cv. 'Villana'); guisante (*Pisum sativum* L. cv. 'Loto, cv. 'Enorma'); haboncillos (*Vicia faba* L. cv. 'Vitabon'); alverjones (*Vicia narbonensis* L., semilla tolerada); altramuza (*Lupinus albus* L. cv. 'Marta'); yeros (*Vicia ervilia* L. cv. 'Moro') y soja (*Glycine max* L. Merr. cv. 'Tokio', cv. 'Pantoja'). De todas ellas, solamente la soja tuvo un crecimiento aceptable durante el verano asociada al maíz, en condiciones de fotoperiodo decreciente, por lo cual fue elegida para el presente trabajo (Roza-Delgado *et al.*, 1998).

Diversos autores han evaluado la posibilidad de utilización de la soja como forraje. Así por ejemplo, Jorgensen y Crowley (1971), en ensayos realizados con dicha asociación de maíz-soja para forraje, concluyen que los mejores resultados se obtienen para un 20% de soja en el forraje cosechado, con una dosis de siembra de 45 kg ha⁻¹ de semilla de la misma junto con el maíz. Tobía *et al.* (2006) resaltan que, si bien la soja es actualmente conocida como proteaginoso productora de aceite y de materia prima para piensos compuestos, su uso original en USA y Canadá fue como forraje. Lus

(2008), además de incidir en lo anterior, destaca su elasticidad ambiental, capacidad de refoliación, menores necesidades hídricas, capacidad de rebrote y aptitud para pastoreo.

Por ello, el objetivo general del presente trabajo fue determinar el potencial productivo de la soja asociada al maíz en las condiciones de la zona costera centro oriental de Asturias (región templado-húmeda dentro del Arco Atlántico).

MATERIAL Y MÉTODOS

Finca experimental, especies ensayadas y datos metereológicos del periodo de ensayo

Los ensayos se llevaron a cabo en la finca experimental de la Unidad de Producción de Leche del SERIDA de Villaviciosa (43°28'50'' lat., 5°26'27'' long., y 10 m sobre el nivel del mar), con suelo arcilloso, análisis periódico de nutrientes del mismo y registro de datos climáticos en estación meteorológica propia. Se seleccionaron parcelas llanas y colindantes, homogéneas en cuanto a resultados de análisis de suelo e historial de producción de maíz forrajero en años previos, entre las fácilmente mecanizables, con una superficie entre 0,8 y 2 ha.

Los ensayos se llevaron a cabo durante cuatro años sucesivos (1999-2002). La síntesis de las observaciones meteorológicas relativas a la época de cultivo del maíz para esos cuatro años, se muestra en la Tabla 1. Cabe destacar que dichos valores no difieren de los datos medios obtenidos a lo largo del período 1978-2007 (última actualización), dándose la mayor diferencia entre años para la precipitación total en el mes de agosto.

TABLA 1

Datos termoplumiométricos durante la época de cultivo del maíz correspondientes al periodo 1999-2002 (Media \pm desviación típica).

Weather conditions (temperature and rainfall) during maize growing season from 1999 to 2002 (mean \pm standard deviation).

| Mes | Temperatura (° C) | | | | Precipitación (mm) | Días de lluvia |
|------------|---------------------|-----------------|----------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| | Máxima | Mínima | Oscilación | Media | | |
| MAYO | 18,6 \pm 1,21 | 9,8 \pm 1,12 | 8,8 \pm 1,05 | 14,4 \pm 0,62 | 73,9 \pm 36,91 | 18,0 \pm 4,69 |
| JUNIO | 20,9 \pm 1,17 | 12,5 \pm 0,33 | 8,4 \pm 1,13 | 16,8 \pm 0,65 | 39,9 \pm 19,40 | 13,8 \pm 5,68 |
| JULIO | 23,0 \pm 0,86 | 14,3 \pm 0,41 | 8,7 \pm 0,59 | 18,6 \pm 0,67 | 43,3 \pm 20,64 | 13,0 \pm 4,08 |
| AGOSTO | 23,3 \pm 1,14 | 15,3 \pm 1,68 | 8,0 \pm 2,31 | 19,3 \pm 0,86 | 63,6 \pm 60,23 | 14,3 \pm 0,50 |
| SEPTIEMBRE | 22,2 \pm 2,36 | 12,9 \pm 1,27 | 9,3 \pm 3,07 | 17,4 \pm 0,93 | 70,3 \pm 8,36 | 14,5 \pm 7,37 |

Para todo el periodo de ensayo, se seleccionó una variedad de maíz bien adaptada edafoclimáticamente a la zona de ensayo entre las de ciclo corto (cv. 'Clarica'), para no comprometer los dos cortes de raigrás para ensilado previos a la siembra del maíz.

Con respecto a la soja, hubo dificultades para conseguir semilla de la misma variedad en cantidad suficiente para la realización de estos ensayos. De ahí que, hubo que sembrar sucesivamente las variedades 'Tokio', 'Katai', 'Imari' y 'Osumi'. Esta última, se pudo repetir en dos años sucesivos. Es decir, que en el tercer año se sembraron en subparcelas diferentes cv. 'Imari' y 'Osumi', evitándose así una confusión del efecto variedad de soja con el efecto año.

Labores agronómicas comunes a las cuatro modalidades de cultivo

Tras el segundo corte primaveral de raigrás italiano para ensilar, se efectuó laboreo convencional previo a la siembra del maíz, consistente en arado, abonado con Mg-N-P-K, dos pases cruzados de rotovator y siembra. Ésta se realizó de forma que la dosis para el maíz, en monocultivo o asociado, resultase siempre de 100 000 semillas ha⁻¹ y la de la soja de 45 kg de semilla ha⁻¹, equivalente a 250 000 semillas ha⁻¹. La semilla de maíz se utilizó siempre tratada con el insecticida imidacloprid y mezclada previamente con antraquinona. La soja, se inoculó previamente con un preparado comercial de *Rhizobium meliloti*, siguiendo instrucciones del fabricante.

Las dosis de Mg, P y K se fijaron en función del análisis de suelo realizado sobre muestras tomadas en otoño, previamente a la siembra del raigrás italiano. Fueron comunes a las cuatro modalidades de cultivo y calculadas como si siempre se tratase de monocultivo de maíz. La de N, para monocultivo de maíz, consistió en 150 kg ha⁻¹ en presiembra, más 50 kg ha⁻¹ posteriormente en cobertera con las plantas a 20 cm de altura. Para asociaciones y monocultivo de soja, se redujo a 50 kg ha⁻¹ en presiembra

La propia sembradora depositaba insecticida granulado (lindano, autorizado durante la realización de estas experiencias), junto a la semilla de maíz. Tras la siembra, se aplicó el herbicida pendimentalina a dosis de 6 L ha⁻¹ de materia activa.

Ensayos de asociación maíz-soja

Asociación de maíz con soja en líneas y monocultivo de maíz

Tras el segundo corte de primavera del raigrás italiano, dos parcelas experimentales con las características antes indicadas, se dividieron por la mitad y a cada subparcela se le asignó, al azar, monocultivo de maíz forrajero o asociación maíz-soja en líneas. Para ello, la sembradora neumática se reguló a 40 cm entre sus cuatro líneas. Para asociación, las líneas impares depositaban semilla de maíz cada 12,5 cm y, las pares, semilla de soja cada 5 cm. Resultaban así 100 000 semillas de maíz más 250 000 semillas de soja ha⁻¹.

Para monocultivo de maíz los depósitos de las líneas pares iban vacíos, resultando así solamente dos líneas de maíz a 80 cm y 12,5 cm entre semillas, equivalente a 100 000 semillas de maíz ha⁻¹.

Asociación de maíz con soja a voleo y monocultivo de soja

Tras el segundo corte de primavera al raigrás italiano, en otras dos parcelas diferentes, tras las labores preparatorias antes indicadas e incluyendo sólo 50 kg N ha⁻¹, se repartieron a voleo mediante abonadora centrífuga 45 kg ha⁻¹ de soja inoculada, a enterrar posteriormente con pase ligero de rotovalor. En la mitad de cada una, se sembró maíz forrajero en líneas de la forma indicada anteriormente (80 cm × 12,5 cm), quedando la otra mitad como monocultivo de soja.

Control de producción y contenido en principios nutritivos

El día previo a la recolección, dentro de cada media parcela de monocultivo de maíz o de asociación con soja en líneas, se delimitaron tres puntos al azar localizados respectivamente en la parte alta, media y baja de la misma, con una superficie correspondiente a la anchura total de cuatro líneas de maíz u ocho de maíz/soja (3,20 m × 7 m de longitud). En caso de asociación con soja a voleo o monocultivo de soja, se muestrearon cuadrados de 4,8 m × 4,8 m de igual manera. Se contabilizó el total de plantas de maíz y de soja incluidas dentro de cada área de muestreo, para efectuar el cálculo correspondiente a una hectárea. Se cortaron a la altura de trabajo de la cosechadora. Se pesaron por separado la parte verde de las plantas de maíz y las mazorcas y se secaron alcuotas en estufa de aire forzado de gran capacidad a 60° C, a fin de obtener la proporción mazorca parte verde en peso seco y la producción de materia seca (MS) por ha. Posteriormente se mezclaron proporcionalmente las muestras secas al aire de ambas fracciones y se molieron con un molino de cuchillas Pulverisette - 15 de Fritsch con tamiz de 0,75 mm, almacenándose en contenedores de tapa roscada hasta su análisis.

Del total de plantas de soja, se homogeneizó una cantidad de unos 5 kg en una picadora de forrajes de pequeñas dimensiones y se secó una alcuota a 60° C para determinación de MS, producción por ha de la misma y obtención de muestra seca al aire, a moler también a 0,75 mm para análisis.

El análisis de principios nutritivos consistió en la determinación de MS final a 103°C y cenizas a 550°C (Van Es y Van Deer Meer, 1980) mediante un analizador termogravimétrico, proteína bruta (PB = N Kjeldahl × 6,25) según Tecator (2002), fibra neutro detergente (FND) y digestibilidad neutro detergente-celulasa de la materia orgánica (DenzMOnde) según Riveros y Argamentaría (1987), extracto etéreo (EE) según TECATOR (1991), fibra bruta (FB) según norma ISO 6165 (2002) y fibra ácido detergente sin cenizas (FADSINCEN) según Goering y Van Soest (1970) utilizando

extractor Fibertec de TECATOR, azúcares solubles (AZUCSOL) según Hoffman (1937) y almidón (ALM) mediante analizador electroquímico (Soldado *et al.*, 2003). La capacidad tampón (CAPTAMPON) se determinó sobre materia verde original según Playne y McDonald (1966).

La digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica se estimó a partir de la DenzMOnde (DMOestndc) (Red Temática de Alimentación Animal, 2008). Expresada como materia orgánica digestible sobre materia seca (MOD), permitió el cálculo de la energía metabolizable según el M.A.F.F. (1984) en MJ kg MS⁻¹ como EMrumi(c) = 0,16 MOD. (Siglas conforme a la propuesta de normalización del Servicio de Información sobre Alimentos de la Universidad de Córdoba; Maroto *et al.*, 2008)

Análisis estadístico

Utilizando el procedimiento MIXED de SAS, se planteó un modelo lineal simple, sin interacciones, considerando factor de efecto fijo la técnica de cultivo:

- Monocultivo de maíz.
- Asociación maíz/soja en líneas.
- Asociación maíz/soja a voleo.
- Monocultivo de soja.

Y, como factores de efecto aleatorio, el año, parcela y variedad de soja.

Se determinó la influencia del primero sobre las siguientes variables dependientes en el momento previo a la recolección:

- Número de plantas totales por ha.
- Altura de las plantas de maíz.
- Producción total de materia seca por ha (t MS ha⁻¹).
- Contenido en principios nutritivos y estimaciones de digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica y de energía metabolizable.
- Capacidad tampón.

También se aplicó contraste de medias ajustadas por mínimos cuadrados según técnica de cultivo en caso de resultar significativo dicho factor de efecto fijo. Solamente se tabularon los resultados entre técnicas de cultivo para una misma especie; carece de sentido comparar maíz con soja.

RESULTADOS

Las plántulas de soja mostraron a los pocos días desde la nascencia nódulos de *Rhizobium* muy bien desarrollados. Incluso, cuando después del cultivo de maíz-soja se sembró alguna leguminosa de invierno sin inocular, sus raíces siempre presentaron también nódulos de *Rhizobium* tras la nascencia.

El maíz asociado con la soja no presentó en ningún momento síntomas de deficiencia en nitrógeno, a pesar de la sensible reducción del abonado nitrogenado, observación que cabe resaltar.

Producción de monocultivos y asociaciones

Las características productivas del maíz en monocultivo y de su asociación con soja en líneas o a voleo, puede verse en la Tabla 2.

TABLA 2

Características productivas del maíz forrajero en monocultivo y de su asociación con soja en líneas o a voleo.

Productive characteristics of conventional maize monoculture versus their association with soybean in lines or at random. (Least square adjusted means \pm standard error)

| | Monocultivo | | Asociación con soja en líneas | | Asociación con soja a voleo | | p |
|--|-------------|----------------|-------------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|------|
| Plantas totales (miles ha⁻¹) | | | | | | | |
| Maíz vs. maíz + soja | 86 | $\pm 26,0$ a | 121 | $\pm 18,8$ a | 188 | $\pm 22,9$ b | * |
| Altura del maíz (m) | 2,47 | $\pm 0,268$ ab | 2,35 | $\pm 0,165$ a | 2,99 | $\pm 0,192$ b | * |
| Producción total (t MS ha⁻¹) | | | | | | | |
| Maíz vs. Maíz+soja | 11,9 | $\pm 3,09$ | 10,4 | $\pm 2,12$ | 14,6 | $\pm 2,53$ | n.s. |

MS = Materia seca.

a,b: Valores con distinta letra en la misma fila difieren al nivel de significación (p) indicado: *: $p \leq 0,05$; n.s.: $p > 0,05$

Con respecto al monocultivo de maíz, la asociación con soja en líneas no llegó a incrementar significativamente la densidad de plantas totales a la recolección ($72 \pm 23,4$ miles ha⁻¹ para el maíz y $49 \pm 28,8$ para la soja). Su producción total de MS, tendió a ser inferior ($p = 0,0873$) y la contribución de la soja fue de $1,1 \pm 0,41$ t MS ha⁻¹.

Por el contrario, la asociación con soja a voleo, aumentó significativamente el total de plantas a la recolección ($90 \pm 25,7$ miles ha⁻¹ para el maíz y $92,1 \pm 30,2$ para la soja), así como la altura del maíz. La producción total de MS tendió a ser superior ($p = 0,0873$) y la contribución de la soja fue de $1,2 \pm 0,45$ t MS ha⁻¹.

La soja en monocultivo presentó $116 \pm 25,1$ miles de plantas ha^{-1} a la recolección y una producción de $7,0 \pm 2,46$ t MS ha^{-1} .

Adicionalmente, se observó que la asociación con soja en líneas o a voleo no modificó el número de mazorcas por planta a la recolección ($1,5 \pm 0,47$) ni el % de MS de la mazorca ($45,0 \pm 0,89$).

Principios nutritivos y capacidad tampón del maíz y la soja

Los principios nutritivos y la capacidad tampón del maíz forrajero procedente de monocultivo o de su cultivo asociado con soja en líneas o a voleo, se muestra en la Tabla 3.

TABLA 3

Composición química y capacidad tampón del maíz forrajero en monocultivo o asociado a soja en líneas o a voleo. (Medias ajustadas por mínimos cuadrados \pm error estándar).

Chemical composition and buffering capacity contents in maize monoculture compared with their association with soybean sown in alternative lines or at random. (Least square adjusted means \pm standard error)

| | Monocultivo | Asociado a soja en líneas | Asociado a soja a voleo | P |
|--|--------------------|---------------------------|-------------------------|------|
| MS (%) | 28,6 \pm 4,86 | 31,1 \pm 2,82 | 29,0 \pm 2,99 | n.s. |
| Cenizas (%MS) | 3,5 \pm 0,44 ab | 3,3 \pm 0,26 a | 4,2 \pm 0,30 b | * |
| PB (%MS) | 7,6 \pm 0,48 | 7,4 \pm 0,41 | 7,1 \pm 0,46 | n.s. |
| EE (%MS) | 2,3 \pm 0,24 | 2,2 \pm 0,23 | 2,6 \pm 0,25 | n.s. |
| FND (%MS) | 43,4 \pm 1,70 | 44,6 \pm 1,46 | 42,8 \pm 1,73 | n.s. |
| ALM (%MS) | 27,4 \pm 1,88 ab | 26,3 \pm 1,83 a | 30,0 \pm 2,14 b | * |
| AZUCSOL (%MS) | 17,4 \pm 4,01 | 18,9 \pm 3,65 | 14,9 \pm 3,99 | n.s. |
| DenzMondc (%) | 65,9 \pm 3,65 | 66,7 \pm 3,17 | 68,3 \pm 3,69 | n.s. |
| DMOestndc (%) | 73,6 \pm 1,94 | 74,0 \pm 1,68 | 74,9 \pm 1,96 | n.s. |
| EMrumi(c) (MJ kg MS ⁻¹) | 11,4 \pm 0,37 | 11,4 \pm 0,29 | 11,5 \pm 0,33 | n.s. |
| CAPTAMPON (meq NaOH kg MS ⁻¹) | 93 \pm 38,0 | 112 \pm 37,1 | 117 \pm 37,7 | n.s. |

MS = Materia seca; PB = Proteína bruta; EE = Extracto etéreo; FND = Fibra neutro detergente; ALM = Almidón; AZUCSOL = Azúcares soluble; %MS = Porcentaje sobre materia seca.

DenzMondc = Digestibilidad neutro detergente celulosa de la materia orgánica; DMOestndc = Digestibilidad de la materia orgánica en rumiantes estimada en función de la anterior.

EMrumi(c) = Energía metabolizable en rumiantes; MJ = Megajulios; CAPTAMPON = Capacidad tampón.

a,b: Valores acompañados de distinta letra en la misma fila difieren al nivel de significación (p) indicado; *: $p \leq 0,05$; n.s.: $p > 0,05$

La composición del maíz se vio muy poco afectada por la asociación con soja, que influyó sobre el contenido en cenizas y ALM, y, también tendió ($p = 0,0570$) a incrementar la CAPTAMPON.

Para el resto de los parámetros nutritivos, no hubo diferencias significativas.

Los principios nutritivos y la capacidad tampón de la soja procedente de monocultivo o de su cultivo asociado con maíz forrajero en líneas o a voleo, se muestra en la Tabla 4.

TABLA 4

Composición química y capacidad tampón de la soja en monocultivo o asociada a maíz forrajero en líneas o a voleo. (Medias ajustadas por mínimos cuadrados \pm error estándar).

Chemical composition and buffering capacity of soybean in monoculture or intercrop with maize in alternative lines or at random. (Least square adjusted means \pm standard error).

| | Monocultivo | Asociada en líneas | Asociada a voleo | p |
|---|-------------------|--------------------|-------------------|------|
| MS (%) | 27,0 \pm 3,00 b | 29,0 \pm 2,86 b | 24,0 \pm 2,98 a | * |
| Cenizas (%MS) | 10,1 \pm 0,60 b | 9,1 \pm 0,44 a | 10,3 \pm 0,61 b | * |
| PB (%MS) | 12,5 \pm 1,88 a | 16,6 \pm 1,46 b | 17,4 \pm 1,74 b | *** |
| EE (%MS) | 5,9 \pm 2,19 | 5,4 \pm 1,93 | 5,2 \pm 2,11 | n.s. |
| FND (%MS) | 45,9 \pm 1,74 b | 43,4 \pm 1,19 a | 46,2 \pm 1,59 b | * |
| ALM (%MS) | 5,4 \pm 1,07 ab | 6,1 \pm 0,87 b | 3,9 \pm 0,92 a | ** |
| AZUCSOL (%MS) | 7,5 \pm 1,03 a | 8,1 \pm 0,87 b | 6,2 \pm 1,01 a | ** |
| DenzMondc (%) | 64,5 \pm 2,06 a | 67,0 \pm 1,65 b | 63,7 \pm 1,88 a | * |
| DMOestndc (%) | 72,9 \pm 1,09 a | 74,2 \pm 0,87 b | 72,5 \pm 1,00 a | * |
| EMrumi(c) (MJ kg MS ⁻¹) | 10,5 \pm 0,16 a | 10,8 \pm 0,11 b | 10,4 \pm 0,14 a | ** |
| CAPTAMPON (meq NaOH kg MS ⁻¹) | 512 \pm 14,4 b | 466 \pm 12,1 a | 463 \pm 17,3 a | * |

MS = Materia seca; PB = Proteína bruta; EE = Extracto etéreo; FND = Fibra neutro detergente; ALM = Almidón; AZUCSOL = Azúcares solubles; %MS = Porcentaje sobre materia seca.

DenzMondc = Digestibilidad neutro detergente-celulasa de la materia orgánica; DMOestndc = Digestibilidad de la materia orgánica en rumiantes estimada en función de la anterior.

EMrumi(c) = Energía metabolizable en rumiantes; MJ = Megajulios; CAPTAMPON = Capacidad tampón.

a,b: Valores acompañados de distinta letra en la misma fila difieren al nivel de significación (p) indicado: ***, $p \leq 0,001$; **, $p \leq 0,01$; *, $p \leq 0,05$; n.s.: $p > 0,05$.

A diferencia del maíz, la soja sí vio sensiblemente afectada su composición por la técnica de cultivo. Ambas formas de asociación incrementaron la PB y redujeron la CAPTAMPON. En caso de asociación en líneas, se redujeron cenizas y FND, y,

aumentaron DenzMONdc, DMOestndc y EM. También tendió a incrementar la MS ($p = 0,0727$).

Con asociación a voleo, respecto a monocultivo de soja, disminuyó la MS y tendió a disminuir el ALM ($p = 0,0737$).

Como para la soja forrajera hay menos datos que para el maíz acerca de su composición química, se determinaron también la fibra bruta y la fibra ácido detergente sin cenizas. Resultaron, respectivamente, unas medias \pm error estándar de $24,0 \pm 0,67$ % MS y de $30,4 \pm 0,95$ % MS, sin diferencias significativas según técnica de cultivo

DISCUSIÓN

En general, el número de plantas de soja a la recolección fue muy inferior al de semillas sembradas. Este hecho, cabe imputarlo a que esta especie es aún más exigente que el maíz en cuanto a preparación del suelo para siembra. El grado de mullido deseable es difícil de alcanzar en un terreno tan arcilloso como el de la Unidad de Leche del SERIDA de Villaviciosa.

A pesar de lo anterior, los resultados obtenidos en este trabajo para la producción de soja en monocultivo se encuentran dentro del rango de las producciones obtenidas en Costa Rica y Venezuela (5 t - 13 t MS ha⁻¹), pero resultaron inferiores a las 7 t - 15 t MS ha⁻¹ de USA, según Tobía *et al* (2006). Los valores también concuerdan con las observaciones realizadas en condiciones de pastoreo en Argentina, 7 t MS ha⁻¹ según Orso (2006) y $4,5$ t - 6 t MS ha⁻¹ en tres aprovechamientos anuales según Lus (2008). Tobía *et al* (2006), señalan que una densidad inicial de 300 miles de plantas ha⁻¹, se reduce hasta 150 o menos, aunque la producción es relativamente estable en un rango de 150 a 300 miles de plantas ha⁻¹ o incluso más amplio, debido a la extraordinaria capacidad compensatoria de la soja, que a menor densidad ramifica más y genera más semilla. Todo ello, concuerda con la densidad final de plantas obtenidas en este trabajo de 116 miles de plantas ha⁻¹ frente a la siembra de 250 .

En cuanto a la producción y composición del maíz en monocultivo, concuerda con los datos obtenidos por Martínez-Fernández *et al* (2008a) con la variedad *cv.* 'Clarica'. Si comparamos los datos de producción obtenidos con la información publicada de esta variedad cuando aún estaba incluida dentro de la Lista Principal de variedades evaluadas en el Principado de Asturias (Martínez-Martínez *et al*, 2005), la mayor similitud se da con el maíz asociado con soja a voleo, no con el de monocultivo, probablemente por mayor coincidencia en el estado de maduración del grano.

En caso de asociación en líneas, el número de plantas de maíz a la recolección fue también muy inferior al deseado. Esto indica que el funcionamiento de la sembradora

neumática, con dos semillas distintas, a dosis tan diferentes y a tan poca distancia entre semillas, no resultó satisfactorio.

La tendencia a menor producción para la asociación maíz-soja en líneas, concuerda con la menor densidad de plantas a la recolección, tanto de soja como de maíz. Por el contrario, la tendencia a mayor producción con la asociación de soja a voleo cabe relacionarla con una densidad de plantas de maíz concordante con el óptimo recomendado (Martínez-Martínez *et al*, 2003) y con la mayor altura por planta.

En ambos casos (en líneas o a voleo), la contribución de la soja a la producción total de las asociaciones fue muy baja. No llegó a representar el 20% señalado como óptimo por Jorgensen y Crowley (1971). Al respecto, tenemos que la altura media de las plantas de soja fue muy inferior a la del maíz. Por tanto, en la competencia por la luz prevalece claramente este último. También es de señalar que la producción de la soja asociada coincide con el valor obtenido con similar forma de cultivo por Jiménez *et al*. (2002) en Costa Rica (1424,7 kg MS ha⁻¹). Dichos autores también señalan que se trata de un valor muy inferior a las 8,9 t MS ha⁻¹ obtenidas en monocultivo por otros investigadores costarricenses. La nodulación observada en las raicillas de las plántulas de soja y la ausencia de síntomas de carencia en N por el maíz, habiendo recibido sólo 50 kg de N ha⁻¹, concuerda con la observación de Tobía *et al*. (2006), que indican que con soja inoculada se pueden fijar hasta 150 kg ha⁻¹ de nitrógeno atmosférico.

En cuanto a la composición de la soja, los valores de MS, FND y CAPTAMPON concuerdan muy bien con los obtenidos en Costa Rica por Tobía *et al*. (2006). Los de cenizas resultan muy superiores y los de EE y PB inferiores. El contenido en PB en las asociaciones coincide con el señalado por Orso (2006) y es inferior al 24 % MS según Bartaburu (2004), para condiciones de pastoreo en Argentina.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo nos permiten establecer las siguientes conclusiones:

- Es posible el cultivo forrajero asociado de maíz y soja inoculada con *Rhizobium*, prestando mucha atención a la preparación del terreno y eligiendo un herbicida compatible para ambas especies.
- Los mejores resultados se obtienen al asociar la soja mediante reparto a voleo y pase ligero de rotovator, previamente a la siembra en líneas del maíz. Por tanto, es imprescindible contar a la recolección con cosechadora especial.
- Tanto con soja en líneas como a voleo, la contribución de la misma a la producción total fue muy pequeña. La ventaja de la asociación maíz-soja estriba

en obtener la misma cantidad de forraje total con sólo la cuarta parte del abonado nitrogenado requerido por el maíz, aportada de una sola vez en presiembra.

- La presencia de soja en la asociación no supone una reducción del contenido energético del forraje a ensilar, ni tampoco un exceso de capacidad tampón. Pero, en contrapartida, no cabe esperar un incremento muy sensible del contenido en proteína bruta, debido a la escasa participación de la soja en la asociación.
- Para incrementar la proporción de soja en el forraje a ensilar, es necesario dejar franjas de superficie con sólo monocultivo de soja a voleo, sacrificando con ello algo de producción.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria la financiación del proyecto de investigación INIA SC99-032, que dio origen al presente trabajo.

También manifiestan su agradecimiento a Alfonso Carballeda Samalea por la labor informática que llevó a cabo, y, a todo el personal de laboratorio y de campo del Área de Nutrición Animal, Pastos y Forrajes del SERIDA por las labores que han realizado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTABURU, D., 2004. Soja para pastoreo. *Revista del Plan Agropecuario. Lechería*, setiembre-2004, 34-36.
- GOERING, H. K. y VAN SOEST, P. J., 1970. *Forage Fiber Analyses* (apparatus, reagents, procedures and some applications). Agriculture Handbook N° 379. Agriculture Research Service. United States Department of Agriculture.
- HOFFMAN, W.S., 1937. A rapid photoelectric method for the determination of glucose in blood and urine. *Journal of Biological Chemistry*, **120**, 51-55.
- ISO 6865, 2002. International Standard. Aliments des animaux - Détermination de la teneur en cellulose brute - Méthode avec filtration intermédiaire.
- JIMÉNEZ, C.; PINEDA, L.; LEÓN, B.; MONTENEGRO, A., 2002. Producción de maíz y soja forrajera para ensilaje y venta parcial de la cosecha de elotes o chilotes. *Agronomía Mesoamericana*, **13**(1), 45-48.
- JORGENSEN, N.A.; CROWLEY, J.W., 1971. *Ensilaje de maíz para el ganado*. Ed. Hemisferio Sur, 51 pp. Montevideo (Uruguay).
- LÓPEZ CEDRÓN, F. X.; RUIZ-NOGUERA, B.; CONFALONE, A.; PIÑEIRO, J., 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.
- LUS, J., 2008. Soja forrajera, ¿una nueva alternativa? [http:// www.engormix.com](http://www.engormix.com)

- LLOVERAS, J., 1990. Dry matter yield and nutritive value of four summer annual crops in north-west Spain. *Grass For. Sci.*, **45**, 243-248.
- M.A.FF., 1984. *Energy allowances and feeding systems for ruminants. Reference Book 433*. Her Majesty's Stationery Office. London. UK. p 71.
- MAROTO MOLINA, F.; GÓMEZ CABRERA, A.; GUERRERO GINEL, J. E.; GARRIDO VARO, A., 2008. Propuesta para la homogenización de la información sobre alimentos: aplicación a la base de datos pastos españoles (SEEP). *Pastos*, **38** (2), 141-144.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; ROZA-DELGADO, B. de la; MODROÑO, S.; ARGAMENTERÍA, A., 2008a. Producción y contenido en principios nutritivos de prados, praderas y de la rotación raigrás italiano-maíz en la rasa marítima centro-oriental de Asturias. *Pastos*, **38** (2), 187-224.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; VICENTE, F.; ROZA-DELGADO, B de la; ARGAMENTERÍA, A., 2008b. Ensilado de haboncillos en monocultivo o asociado a triticale. *Pastos*, **38** (1), 75-90.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; SOLDADO, A.; VICENTE, F.; MARTÍNEZ, A.; DE LA ROZA-DELGADO, B. 2010. Wilting and inoculation of *Lactobacillus buchneri* on intercropped triticale-fava silage: effects on nutritive, fermentative and aerobic stability characteristics. *Agricultural and Food Science*. **19**, 302-312.
- MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, A.; PEDROL BONJOCH, N.; ALPERI PALACIO, J.; GONZÁLEZ GARCÍA, C., 2003. Cultivo del maíz para silo. SERIDA. Colección Guías Agroganaderas. Ed. KRK, 91 pp. Oviedo (España).
- MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, A.; PEDROL, N.; ALPERI, J; GONZÁLEZ –GARCÍA, C., 2005. *Varietades de maíz. Actualización año 2005*. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario y Consejería de Medio Rural y Pesca del Principado de Asturias. 16 pp. Grado. Asturias (España).
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2001. Carbohydrates. En: *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*, **37**. Seventh Revised Edition. National Academic Press. Washington, DC, (USA).
- ORSO, G., 2006. La soja para pastoreo puede ser un buen recurso forrajero para cubrir baches del verano. *Producir XXI*, **15** (181), 28-32.
- PLAYNE, M.J.; MCDONALD, P., 1966. The buffering constituents of herbage and of silage. *Journal Science Food and Agriculture*. **17**, 264-268.
- RED TEMÁTICA DE ALIMENTACIÓN ANIMAL, 2008. *Recomendaciones para el uso de la información derivada del presente banco de datos y de las regresiones obtenidas*. Disponible en <http://www.serida.org/redalan>.
- RIVEROS, E.; ARGAMENTERÍA, A., 1987. Métodos enzimáticos de la predicción de la digestibilidad in vivo de la materia orgánica de forrajes. I. Forrajes verdes. II. Henos. III. Ensilados y pajas. *Avances en Producción Animal*, **12**, 49-75.
- ROZA-DELGADO, B. de la; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; SÁNCHEZ-MIYARES, L.; FERNÁNDEZ-GARCÍA, O.; GARCÍA-PALOMA, J.A.; MEDINA-VIGIL, C.; PAJARES Y BERNALDO de QUIRÓS, G.; MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, A., 1998. INIA SC95-022.- Combinación de hierba y ensilado de maíz forrajero para producción de leche. En: *Investigación Agroalimentaria. Memoria CIATA 1998*, 61-62. Unidad de Transferencia y Coordinación. Consejería de Medio Rural y Pesca del Principado de Asturias
- SOLDADO, A.; FERNÁNDEZ, O.; MARTÍNEZ, A.; ROZA-DELGADO, B. de la., 2003. Estudio comparativo de métodos analíticos para la determinación del contenido en almidón en ensilados de maíz. En: *Pastos, Desarrollo y Conservación. Actas de la XLIII Reunión Científica de la SEEP*, 197-302. Eds. A. B. ROBLES, M^a E. RAMOS, M^a C. MORALES, E. DE SIMÓN, J. L. GONZÁLEZ, J. BOZA.
- TECATOR., 1991. *Determination of total Fat in Feed and Plant materials*. Application Note, AN 92/87.

- TECATOR, 2002. Application Note AN 300. *The determination of nitrogen according to Kjeldahl using block digestion and steam distillation*. FOSS tecator AB, 11pp. Höganäs (Suecia).
- TOBÍA, C; VILLALOBOS, E.; RICO, E., 2006. Uso del forraje de soya (*Glycine max* L. Merr.) variedad Cígras en la nutrición de los rumiantes. *X Seminario de Pastos y Forrajes*. 77-86. Costa Rica.
- VAN ES, A.J.H.; VAN DER MEER, J.M: (Eds), 1980. *Methods of analysis for predicting the energy and protein value of feeds for farm animals*. Lelystad, 106 pp. The Netherlands.

MAIZE AND SOYBEAN CROPS (IN MONOCULTURE OR IN ASSOCIATION) FOR FORAGE IN THE CENTRAL-EASTERN COASTAL AREA OF ASTURIAS

SUMMARY

In order to determine the productive potential of soybean associated with maize in the conditions of the eastern central coast of Asturias, for four years, we compared different methods of cultivation for fodder production: alternative lines of maize and soya versus to corn lines with soybeans planted at random) compared to conventional maize monoculture. Also contrasted the monoculture of soybean at random. Soybeans was inoculated with *Rhizobium* and nitrogen dose was reduced to 50 kg ha⁻¹.

The alternative lines association gave low plant densities for both species with a tendency to lower total yield. The crop associated at random allowed the optimum plant density for maize but not for soybeans, which remained below the desirable level with a tendency to increased yield (14.6 ± 2.53 vs 11.9 ± 3.09 tons DM ha⁻¹). In both, changes concerning maize nutritive composition were not significant. Yield for soybean in monoculture was 7.0 ± 2.46 tonnes DM ha⁻¹, however, their contribution to both associations was very small (1.1 ± 0.41 and 1.2 ± 0.45 tons of DM ha⁻¹). The presence of soybean did not induce ensilability problems, neither an increase of low protein content of maize, though that soybean protein associated was higher than monoculture (16.6 ± 1.46 and 17.4 ± 1.74 vs. 12.5 ± 1.88 % DM).

The maize-soybean association at random was preferable to the association in alternative lines. The advantage of the partnership was to get similar dry matter yield per ha with a nitrogen rate much lower than required by the monoculture of maize and promoting *Rhizobium* inoculation of legumes sown winter later.

Key words: Forage rotations, humid areas, summer crops