

# Composición botánica, rendimiento y características fermentativas de asociaciones de lablab (*Lablab purpureus* L.) y crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) con maíz amarillo (*Zea mays* L.) para la producción de ensilaje<sup>1,2</sup>

David Zavala<sup>3</sup>, Elide Valencia<sup>4\*</sup>, Paul F. Randel<sup>5</sup> y Rafael Ramos-Santana<sup>6</sup>

J. Agric. Univ. P.R. 95(3-4):133-149 (2011)

## RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo ideal para ensilar por sus altos niveles de carbohidratos fermentables, pero su mayor limitante para el uso en la alimentación humana y animal es su baja concentración de proteína bruta (PB). Una alternativa para aumentar la PB en el maíz para ensilar es mediante su asociación con leguminosas anuales. Este estudio consistió en intercalar las leguminosas anuales lablab (*Lablab purpureus*) y crotalaria (*Crotalaria juncea*) con dos maíces de grano amarillo, HR-ORO y QPM, y en medir su efecto sobre el rendimiento de materia seca (RMS), la composición botánica del forraje fresco, los contenidos de PB, fibras detergente neutro y ácido (FDN y FDA) y los productos de fermentación de los ensilajes resultantes. El experimento se realizó en la Subestación Experimental de Isabela, Puerto Rico, entre los meses de septiembre y diciembre de 2009 en un suelo Oxisol. El diseño experimental fue de parcelas divididas con arreglo factorial 2 x 3 con cuatro repeticiones por tratamiento, siendo la parcela principal los tipos de maíz y las sub-parcelas las leguminosas y el monocultivo. Comparada con el maíz en monocultivo, la proporción media de maleza en el cultivo disminuyó de 31.08 a 13.64% en las asociaciones, a la misma vez que el RMS aumentó de 8,216 a 10,068 kg/ha. El contenido de materia seca (MS) de los ensilajes fue mayor ( $P < 0.05$ ) en monocultivo (26.05%) que en asociación con lablab (24.30%), mientras la

<sup>1</sup>Manuscrito sometido a la Junta Editorial el 26 de mayo de 2011.

<sup>2</sup>Este trabajo de investigación se realizó con fondos del programa "Tropical and Sub-tropical Agricultural Research" (TSTAR-125). Se agradece al Dr. James Beaver y al Dr. Elide Valencia por proveer la semilla utilizada en el estudio.

<sup>3</sup>Ex Estudiante Graduado, Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales, Box 9000, Universidad de Puerto Rico-Mayagüez, Mayagüez, PR 00681.

<sup>4</sup>Catedrático, Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales, Box 9000, Universidad de Puerto Rico-Mayagüez, Mayagüez, PR 00681. \*Autor para correspondencia; Tel. 787-265-3855; E-mail elide.valencia@upr.edu.

<sup>5</sup>Nutricionista Animal, Departamento de Industria Pecuaria.

<sup>6</sup>Catedrático, Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales.

PB de los ensilajes aumentó de 9.5% (monocultivo) a 10.6% (asociaciones). El contenido global de FDN en los ensilajes fue de 53.56% y la FDA incrementó de 32.68% en monocultivo a 37.26% cuando se incluyó una leguminosa. Los valores globales de los ensilajes fueron: pH, 3.75; porcentaje de ácidos láctico, acético y totales, 6.96, 2.53 y 9.40, respectivamente; y proporción N-NH<sub>3</sub>/N total, 5.55%, con poco efecto de los tratamientos sobre estas variables, indicativas de ensilajes bien conservados. Las asociaciones maíz-leguminosa beneficiaron el combate de maleza y el RMS en el campo e incrementaron el contenido de PB en los ensilajes sin afectar el proceso fermentativo.

Palabras clave: QPM, HR-ORO, lablab, crotalaria, asociaciones, ensilaje

#### ABSTRACT

Botanical composition, yield and fermentative characteristics of lablab (*Lablab purpureus* L.) and sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.) with yellow corn (*Zea mays* L.) for silage production

Corn (*Zea mays* L.) is an ideal crop for silage because of its high levels of fermentable carbohydrates, but its major limitation for use in human and animal feeding is its low crude protein (CP) concentration. An alternative to increase CP in corn silage is through its association with annual legumes. This study involved intercropping two annual legumes, lablab (*Lablab purpureus*) and sunn hemp (*Crotalaria juncea*), with two yellow corn cultivars (HR-ORO and QPM) to assess the effect on dry matter yield (DMY); botanical composition of forage; CP, neutral and acid detergent fiber (NDF and ADF) contents; and fermentation products upon ensiling. The experiment was conducted in the Experimental Substation at Isabela, Puerto Rico, between September and December 2009 in an Oxisol soil. The experimental design was a split plot with 2 x 3 factorial; the main plots were the corn cultivars, and the subplots were the legume-corn associations and corn monoculture, with four replicates per treatment. Compared with that in corn monoculture, the mean incidence of weeds in the crop decreased from 31.08 to 13.64% in the associations, as the DMY increased from 8,216 to 10,068 kg/ha. The dry matter (DM) content of the silages was higher ( $P < 0.05$ ) in monoculture (26.05%) than in association with lablab (24.30%), whereas CP increased from 9.5% (monoculture) to 10.6% (association). The overall content of NDF in the silage was 53.56%, and that of ADF increased from 32.68% in monoculture to 37.26% with legume inclusion. The overall values of the silages were pH, 3.75; percentages of lactic, acetic and total acids, 6.96, 2.53, and 9.40; and proportion N-NH<sub>3</sub>/N total, 5.55%. There was little effect of the treatments on these variables, which is indicative of well-preserved silage. Corn-legume associations benefited weed control and DMY in the field, and increased the CP content of silage without affecting the fermentation process.

Key words: corn, lablab, sunn hemp, associations, silage

#### INTRODUCCIÓN

Los forrajes son importantes recursos alimentarios en el mundo entero como material vegetal que contiene altas proporciones de carbohidra-

tos estructurales. Los animales omnívoros, incluido el ser humano, están muy limitados en su capacidad de utilización de estos carbohidratos, por lo que su mayor utilidad radica en la alimentación de los rumiantes y no rumiantes herbívoros (Ghanbari-Bonjar, 2000). En condiciones tropicales tanto los sistemas de producción de leche como los de carne se basan mayormente en la utilización de pasturas. Para aumentar la cantidad y mejorar la calidad de la biomasa vegetal comestible, existe la opción de emplear mejores forrajeras (Elizondo y Boschini, 2002). El maíz (*Zea mays* L.) es una excelente opción para dicho propósito por su alta productividad y capacidad de adaptarse a zonas ecológicas donde ciertos pastos no se adaptan (Fuentes et al., 2003).

El ensilaje de maíz es una práctica muy empleada en América continental, sobre todo en los Estados Unidos y Argentina, además de ser muy común en los países europeos (Amador y Boschini, 2000). Se destaca por sus altos niveles de energía digerible, pero su mayor limitante es la baja concentración de PB (Darby y Lauer, 2002). Las alternativas de incrementar el contenido proteico a través del mejoramiento genético y la utilización de fertilizantes nitrogenados no han tenido mucho éxito (Wilkins, 2000; Pirela, 2005). Otra posible opción para incrementar la PB en el ensilaje es el uso del cultivo de maíz en asociación con leguminosas (Contreras-Govea et al., 2006).

Las características sobresalientes de las leguminosas justifican su inclusión como fuente de proteína en sistemas de forrajes conservados, con énfasis en los ensilajes. El presente estudio tiene como objetivos evaluar la composición botánica y rendimiento de MS de dos cultivares de maíz asociados con dos leguminosas anuales, lablab (*Lablab purpureus*) y crotalaria (*Crotalaria juncea*), y determinar la composición química y calidad nutritiva de ensilajes de dichas asociaciones, en el noroeste de Puerto Rico.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Subestación Experimental Agrícola de Isabela (18° 30' Latitud Norte y 67°00' Longitud Oeste) a una altura de 128 msnm. La precipitación pluvial anual media es de 1,675 mm, con una temperatura media de 25° C, y con fluctuaciones entre 19 y 29 °C. La siembra se llevó a cabo en un suelo Oxisol de la serie Coto (Tepic Eutruxtox) con pH de 5.42 y contenido de MO de 2.64%. Se realizó labranza convencional (10 días antes de la siembra), que constó de un pase de arado a 45 cm de profundidad y luego un pase de rastra y de rotocultivador para triturar el suelo.

El experimento consistió en elaborar ensilajes de seis combinaciones de forrajes abarcando un maíz amarillo de alta calidad proteica (QPM)

y un híbrido amarillo (HR-ORO) en monocultivo, y asociados con las leguminosas anuales lablab o crotalaria 'Tropic Sun'. Los tratamientos consistieron de las seis combinaciones descritas a continuación:

- T1: Maíz oro monocultivo
- T2: Maíz oro + lablab
- T3: Maíz oro + crotalaria
- T4: QPM amarillo monocultivo
- T5: QPM amarillo + lablab
- T6: QPM amarillo + crotalaria.

La siembra se realizó el 11 de septiembre de 2009, utilizando semillas de las siguientes procedencias: maíz QPM amarillo (99% de germinación) del programa de mejoramiento genético de la Estación Experimental Agrícola, que se realiza en la Subestación Experimental de Isabela; maíz híbrido HR-ORO (93% de germinación) de una casa comercial localizada en la Ciudad de Guatemala; lablab y crotalaria (73 y 80% de germinación, respectivamente) del programa de pastos y forrajes de la Estación Experimental Agrícola, que se realiza en varias subestaciones experimentales de la Universidad de Puerto Rico.

Para la siembra se utilizó una sembradora Flex 71 John Deere<sup>7</sup> de dos hileras. La distancia entre hileras fue de 90 cm, y entre plantas fue de 15 cm para el maíz y lablab. Al momento de intercalar las leguminosas se pasó la sembradora a mitad del surco quedando una distancia de 45 cm entre maíz y leguminosa. En el caso de la crotalaria, por ser la semilla más pequeña, se utilizó otro disco para sembrar y el espaciamiento entre plantas fue de 7 cm aproximadamente. Se estimó el área total experimental en 0.26 ha. El diseño experimental fue de parcelas divididas con arreglo factorial  $2 \times 3$  y cuatro repeticiones, siendo las parcelas principales los tipos de maíces (QPM amarillo y HR-ORO) y las sub-parcelas el control (maíz en monocultivo) y las asociaciones de lablab y crotalaria.

Durante el período de crecimiento de los cultivos no se regó ni se desyerbó el área experimental, pero se aplicaron insecticidas para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). La primera aplicación fue 32 días después de la siembra; se asperjó Thiodan (Endosulfan) a la concentración de 2.5 ml/L. La segunda aplicación fue con Dipel (*Bacillus thuringiensis*) a razón de 1.2 g/L a los 45 días después de la siembra. El ensayo se monitoreó semanalmente, hasta observar

<sup>7</sup>Los nombres de compañías y de marcas registradas sólo se utilizan para proveer información específica y su uso no constituye garantía por parte de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico, ni endoso sobre otros productos o equipo que no se mencionan.

un estado lechoso pastoso del grano de maíz que indicó el momento preciso para cosechar y ensilar los cultivos de maíz con sus respectivas mezclas.

A los 83 días después de la siembra se midió y recolectó el material forrajero de maíz y sus asociaciones en un área de 1 m<sup>2</sup>. El material recolectado de cada una de las repeticiones de cada tratamiento se pesó con una balanza de campo (Pelouze® modelo 7820). De cada repetición se extrajeron dos muestras representativas de aproximadamente 500 g cada una. Una de estas se secó en horno de aire forzado (65° C/72 horas) y luego se utilizó para la determinación de MS; la otra se utilizó para determinar composición botánica (separando manualmente maíz, leguminosa y malezas).

Para el proceso de ensilaje el material de cada una de las repeticiones de cada tratamiento se cortó manualmente con machete y luego se trituró (1 a 2 cm) en una máquina Ferry Mac de 16 HP modelo SC183 NS-B00297. El material triturado se introdujo en micro-silos con capacidad de 15 litros, se compactó manualmente hasta llenar el micro-silo y se selló herméticamente. Al final hubo cuatro micro-silos por tratamiento, haciendo un total de 24, los cuales se guardaron a temperatura ambiente (26° C).

El contenido de los micro-silos se mantuvo bajo fermentación por 43 días. Al abrir cada micro-silo se tomó y pesó, en balanza eléctrica (Denver Instrument® XP600), tres muestras compuestas de aproximadamente 500 g. Dos de las muestras se colocaron en bolsas plásticas de cierre hermético (Ziploc®, 946 ml) y se congelaron. La tercera muestra se colocó en bolsa de tela y se secó en un horno de aire forzado (65° C/72 horas), y posteriormente se molió en un molino eléctrico Wiley para pasar por un tamiz de 1 mm de porosidad. Las muestras molidas se depositaron en bolsas plásticas herméticas (Nasco Whirl-Pak®, 355 ml), debidamente identificadas, y se almacenaron en un lugar protegidas de la humedad.

De las muestras congeladas en duplicado se cogió un lote para analizar y se dejó el otro juego de muestras como seguridad. Tanto las muestras congeladas como las secas se enviaron a un laboratorio comercial (Dairy One Forage Lab, Ithaca, NY) para análisis de los productos de fermentación (los ensilaje) y contenido de FDN y FDA (las muestras secas). El protocolo de muestreo del ensilaje y manejo de las muestras siguió los estándares establecidos por el citado laboratorio de forrajes.

Se cuantificaron las variables rendimiento de materia seca (RMS), y composición botánica (proporción de maíz, leguminosa y maleza) previo al proceso de ensilado. También el contenido de MS, PB, FDN y FDA, pH, ácido láctico, ácido acético, razón ácido láctico: ácido acético, ácido propiónico, ácido butírico, ácido isobutírico, ácidos totales, amonio proteína equivalente y amonio nitrógeno total de los ensilajes de maíz y sus combinaciones con las leguminosas anuales.

Los datos recopilados se digitaron en hojas electrónicas de Excel para ser acondicionados según un diseño de parcelas divididas con el paquete estadístico SAS versión 9.1 para Windows (SAS Institute, 2002). Se realizaron pruebas de heterogeneidad de varianzas para los efectos de maíces, leguminosas y su interacción para elegir el modelo que mejor se ajustó, según el criterio de máxima verosimilitud restringida (-2 res log likelihood). Para las variables respuestas correspondientes a PB, ácido láctico y proporción ácido láctico: acético, el modelo que mejor ajustó fue con heterogeneidad de varianzas en el efecto maíz, mientras para las demás variables se ajustó el modelo con varianzas homogéneas. Se utilizó PROC MIXED (SAS Institute, 2002) para detectar diferencias en las variables respuestas de RMS, composición botánica, valores nutritivos y características fermentativas del ensilaje de maíz y sus asociaciones. El tipo de maíz, tipo de leguminosa y la interacción maíz\*leguminosa se consideraron como efectos fijos, y el bloque y maíz\*bloque como efectos aleatorios. Las pruebas de tipo 3 para efectos fijos y los efectos principales significativos fueron realizadas mediante LSMEANS de SAS (SAS Institute, 2002). Se usó la prueba de Tukey (P = 0.05) y la opción pdiff adjust para comparación de medias, mediante la macro PDMIX800 (Saxton, 1998). El modelo estadístico para el presente experimento se describe a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \gamma_k + \gamma\alpha_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Variable dependiente

$\mu$  = Promedio general estimado

$\alpha_i$  = Factor A (tipo de maíz)

$\beta_j$  = Factor B (leguminosa anual)

$\alpha\beta_{ij}$  = Efecto de la interacción entre el nivel *i*-ésimo del factor A y el nivel *j*-ésimo del factor B (tipo de maíz por leguminosa anual)

$\gamma_k$  = Efecto del *k*-ésimo bloque

$\gamma\alpha_{ik}$  = Error de la parcela completa (Factor A)

$\varepsilon_{ijk}$  = Error aleatorio correspondiente a la repetición *l*-ésima y al nivel *i*-ésimo del factor A y el nivel *j*-ésimo del factor B (error sub-parcela).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Rendimiento de materia seca*

El RMS no reflejó efecto significativo del tipo de maíz (P = 0.32), a pesar de una diferencia numérica de 1,194 kg MS/ha a favor del híbrido HR-ORO sobre el cultivar QPM (10,048 vs. 8,854 kg MS/ha) (Cuadro

1). Estos resultados se asemejan a los encontrados por Oramas y Vivas (2006) de una diferencia en producción de MS de 2,600 kg/ha entre el híbrido Dekalb 888 y la variedad ICA305. Tampoco hubo un efecto significativo ( $P = 0.13$ ) al asociar las leguminosas anuales, al obtener producciones de biomasa que fluctuaron entre 8,216 y 10,264 kg MS/ha (Cuadro 1). Alfonso et al. (1997) también evaluaron cuatro leguminosas cobertoras asociadas con maíz en un suelo Oxisol, sin determinar diferencias significativas en la producción de biomasa entre los límites de 7,800 a 12,950 kg MS/ha. Al igual que en el estudio presente, dichos autores observaron que la inclusión de las leguminosas resultó en un aumento numérico en el RMS. No se verificó una interacción significativa ( $P = 0.80$ ) entre los efectos del tipo de maíz (M) y las leguminosas anuales (L) (Cuadro 1).

*Composición botánica*

En el Cuadro 1 se presenta el efecto de incluir cada leguminosa en las siembras de maíz combinadas sobre la composición botánica. Relativo al monocultivo hubo una disminución significativa ( $P < 0.05$ ) en la proporción de malezas de más de 15 puntos porcentuales cuando se asoció con leguminosas.

El Cuadro 2 demuestra que para ambos maíces la asociación con lablab o crotalaria resultó ventajosa en la reducción de maleza. Los datos combinados de ambos maíces (Cuadro 1) mostraron promedios de 13.58 y 13.70% de maleza al incluir crotalaria y lablab, respectivamente, comparado con 31.08% para los monocultivos. Por lo tanto, la inclusión de las leguminosas disminuyó la incidencia de malezas entre 17 y 18 puntos porcentuales (Cuadro 1). Este resultado apoya el señalamiento

CUADRO 1. *Efecto de dos tipos de maíces y dos leguminosas anuales sobre el rendimiento de materia seca y composición botánica a los 83 días.*

Variable/ Efectos	Maíz		Leguminosa			Interacción M*L <sup>1</sup>
	ORO	QPMA	Monocultivo	Lablab	Crotalaria	
Rendimiento (kg MS/ha)	10,048 a <sup>2</sup>	8,854 a	8,216 a	10,264 a	9,873 a	NS <sup>3</sup>
Maleza (%)	18.03 a	20.87 a	31.08 a	13.70 b	13.58 b	NS
Maíz (%)	69.14 a	62.92 a	68.92 a	69.47 a	59.70 a	NS
Crotalaria (%)	7.85 a	9.96 a	0.00	0.00	26.72	NS
Lablab (%)	4.98 a	6.24 a	0.00	16.83	0.00	NS

<sup>1</sup>M\*L = maíz\*leguminosa.

<sup>2</sup>Dentro de la misma fila y efecto, promedios seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas  $P < 0.05$ .

<sup>3</sup>NS = No significativo.

CUADRO 2. Rendimiento de materia seca y composición botánica de las distintas combinaciones de maíz y leguminosas anuales.

Maíz	Leguminosa	Rendimiento MS	Maleza	Maíz	Crotalaria	Lablab
		kg/ha	-----%			
ORO	Monocultivo	8,485 a <sup>1</sup>	27.52 a	72.48 a	0.00	0.00
ORO	Lablab	11,203 a	12.26 a	72.81 a	0.00	14.93
ORO	Crotalaria	10,457 a	14.31 a	62.14 a	23.55	0.00
QPM	Monocultivo	7,948 a	34.63 a	65.37 a	0.00	0.00
QPM	Lablab	9,325 a	15.15 a	66.13 a	0.00	18.72
QPM	Crotalaria	9,289 a	12.84 a	57.26 a	29.90	0.00

<sup>1</sup>Dentro de la misma columna, promedios seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes  $P < 0.05$ .

de Valenzuela y Smith (2002) de que, por su rápido crecimiento, este tipo de leguminosas anuales ayudan a la supresión de las malezas.

#### Contenido de materia seca

En el Cuadro 3 se observa que hubo diferencias ( $P < 0.05$ ) entre los tipos de maíz, HR-ORO y QPM, en el contenido de MS en los ensilaje de los tratamientos en que cada uno tuvo participación (como monocultivo y en asociación con cada una de las leguminosas) con promedios de 24.38 y 26.08%, respectivamente. Además, se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el porcentaje de MS de los ensilajes al comparar la inclusión de lablab (24.30%) contra los dos maíces como monocultivo (26.05%), pero no entre la inclusión de las dos leguminosas

CUADRO 3. Porcentaje de materia seca, proteína bruta, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido de ensilajes de dos tipos de maíz y dos leguminosas anuales.

Parámetro/ Efecto	Maíz		Leguminosa			Interacción M*L <sup>1</sup>
	ORO	QPM	Monocultivo	Lablab	Crotalaria	
	-----%					
MS <sup>2</sup>	24.38 a <sup>3</sup>	26.08 b	26.05 a	24.30 b	25.34 ab	NS <sup>4</sup>
PB <sup>5</sup>	10.48 a	10.06 a	9.52 b	10.55 a	10.73 a	NS
FDN <sup>6</sup>	53.76 a	53.24 a	52.63 a	53.11 a	54.73 a	NS
FDA <sup>7</sup>	35.89 a	35.58 a	32.68 a	35.39 ab	39.14 b	NS

<sup>1</sup>M\*L = maíz\*leguminosa; <sup>2</sup>MS = materia seca; <sup>3</sup>Dentro de la misma fila y efecto, promedios seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes  $P < 0.05$ ; <sup>4</sup>NS= No significativo; <sup>5</sup>PB = proteína bruta; <sup>6</sup>FDN = fibra detergente neutro; <sup>7</sup>FDA = fibra detergente ácido

anuales (Cuadro 3). A pesar del citado efecto de la inclusión de lablab, el porcentaje de MS de sus ensilajes compara favorablemente con resultados publicados por otros autores (Karlen et al., 1985; Soto et al., 2002) de valores entre 23 y 25% para maíz ensilado en estado de grano pastoso, y se considera que la inclusión de las leguminosas anuales siempre dio resultados aceptables.

*Proteína bruta*

No se encontraron diferencias significativas ( $P = 0.29$ ) en porcentaje de PB entre los ensilajes basados en H-ORO y en QPM, pero sí entre los ensilajes de las dos leguminosas en asociación con ambos maíces en comparación con los monocultivos (10.6, 10.7 y 9.5% para lablab, crotalaria y monocultivo, respectivamente) (Cuadro 3). Colbert (2009) reportó valores de PB en la asociación de sorgo con lablab de 10.0% comparado con el sorgo en monocultivo (6.0%), valores cuya tendencia son congruentes con los del presente estudio. Por otro lado, Armstrong et al. (2008) y Contreras-Govea et al. (2009a) asociaron maíz con lablab para la producción de ensilaje y obtuvieron valores de PB más bajos, de 6.9 y 7.8%, respectivamente, relativos al presente caso (10.6%). La interacción maíz por leguminosa no fue significativa ( $P = 0.17$ ), aunque se pueden apreciar algunas diferencias entre las medias de los seis tratamientos (Cuadro 4). La combinación HR-ORO con crotalaria presentó el mayor contenido de PB (11.2%) comparada con 9.4% del maíz HR-ORO en monocultivo. Esta diferencia de 18.9 g PB/kg aplicada a gran escala puede llegar a representar una diferencia económicamente sustanciosa. Los valores de PB obtenidos en esta investigación son adecuados para suplir algo más que las necesidades proteicas mínimas

CUADRO 4. Porcentaje de materia seca, proteína bruta, fibra neutro y ácido detergente en ensilajes de las distintas asociaciones de maíz y leguminosas anuales.

Maíz	Leguminosa	MS <sup>1</sup>	PB <sup>2</sup>	FDN <sup>3</sup>	FDA <sup>4</sup>
		-----%-----			
ORO	Monocultivo	25.14 a <sup>5</sup>	9.36 a	53.50 a	31.58 a
ORO	Lablab	23.38 a	10.83 b	52.73 a	35.10 a
ORO	Crotalaria	24.63 a	11.25 b	55.38 a	41.00 a
QPM	Monocultivo	26.95 a	9.68 ab	52.08 a	33.78 a
QPM	Lablab	25.22 a	10.27 ab	53.50 a	35.68 a
QPM	Crotalaria	26.06 a	10.22 ab	54.15 a	37.28 a

<sup>1</sup>MS = materia seca; <sup>2</sup>PB = proteína bruta; <sup>3</sup>FDN = fibra detergente neutro; <sup>4</sup>FDA = fibra detergente ácido; <sup>5</sup>Dentro de la misma columna, promedios seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas  $P < 0.05$ .

de mantenimiento de un rumiante. Según Church (1993) un 7% de proteína en la dieta a base seca garantiza nitrógeno suficiente para una fermentación microbiana efectiva en el rumen.

#### *Fibra detergente neutro y fibra detergente ácido*

No se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), entre ensilajes basados en HR-ORO y QPM, en el contenido de FDN (53.8 y 53.2%) (Cuadro 3). Estos valores de FDN son más bajos que los obtenidos por Prieto (2007) de 58.3% a los 77 días y 59.5% para ensilajes de maíz cortados a los 84 días después de la siembra, lo que puede atribuirse a las distintas condiciones ambientales y de fertilización entre los dos estudios. Por su parte, la inclusión de leguminosas anuales tampoco mostró diferencia significativa ( $P = 0.46$ ) en el porcentaje de FDN, relativo a los monocultivos (52.6%) aunque tendió a subir un poco en presencia de la crotalaria (54.7%) (Cuadro 3) Estos valores son más bajos que el 60% FDN encontrado en la asociación de sorgo y lablab por Colbert (2009). Los datos presentes se asemejan a los obtenidos por Salinas y Crespín (2010) al determinar el porcentaje de FDN de los respectivos ensilados provenientes de mezclas de sorgo (*Sorghum bicolor*) con vigna (*Vigna sinensis*) y canavalia (*Canavalia ensiformis*) de 54.3 y 57.5%, respectivamente.

La concentración de FDN de los forrajes tiende a ser inversamente proporcional al consumo voluntario, porque el efecto de relleno del forraje depende de su contenido de pared celular y la velocidad de digestión y pasaje de la misma en el rumen. Por lo tanto, un bajo porcentaje de FDN en los forrajes es deseable (Eskandari et al., 2009).

La FDA representa una fracción de los forrajes de digestibilidad muy variable. Esta contiene lignina y sílice que son dos compuestos indigeribles, y la celulosa que puede ser también poco digerible si está altamente lignificada. Por lo tanto, valores bajos de FDA generalmente significan alta digestibilidad y aporte de energía (Eskandari et al., 2009).

Al comparar ensilajes de las asociaciones de leguminosas anuales con ambos tipos de maíz y los de monocultivo se encontró una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), en el porcentaje de FAD entre los ensilajes con crotalaria (39.1%) y los de monocultivo (32.7%) (Cuadro 3). En cambio, el porcentaje de FDA no fue significativamente ( $P > 0.05$ ) distinto entre los ensilajes de las dos leguminosas (Cuadro 3). Sandoval (2007) encontró valores un poco más altos de FDA en ensilajes de maíz en monocultivo que los valores con inclusión de mucuna (*Mucuna pruriens*), siendo las medias de 50.5 y 45.5% respectivamente. Esta diferencia con el resultado presente podría deberse al tipo de leguminosa utilizada en la asociación.

*pH*

No se encontró diferencia significativa ( $P = 0.50$ ) en pH entre los ensilajes de los dos maíces, siendo los valores de 3.76 y 3.74 para HR-ORO y QPM, respectivamente (Cuadro 5). Tampoco se encontró una interacción entre maíz y leguminosa. Oramas y Vivas (2006) observaron valores de pH de 3.72, 3.77 y 3.75 para ensilajes de los híbridos de maíz DeKalb 888 y Pioneer 3041 y la variedad ICA 305, respectivamente. Los ensilajes se pueden evaluar por sus características cualitativas (olor, color y textura) así como por sus características cuantitativas, de las cuales el pH es un buen indicador del patrón de fermentación (Chaverra y Bernal, 2000). Por su parte, la inclusión de leguminosas ejerció un efecto significativo ( $P < 0.05$ ) sobre el pH del ensilado, observándose valores de 3.71 para el monocultivo de maíz comparado con 3.79 de las combinaciones con crotalaria (Cuadro 5).

Estos resultados difieren de los valores de pH mayores de 4.0 obtenidos por Díaz et al. (2009) para ensilajes de maíz DK Feed RR2 en asociación con soja A 7321 RG (*Glycine max*). Existe cierta divergencia de opinión entre autores referente a la fijación de los valores de pH indicativos de ensilaje de buena calidad; algunos proponen valores menores de 4.2 (Ojeda et al., 1997) y otros menores de 4.0 (Argüelles, 1982; Dairy One, 2007a). Ciertamente cualesquiera de las distintas combinaciones de maíz con leguminosas evaluadas en este estudio entran en esa categoría.

CUADRO 5. Características fermentativas de ensilajes provenientes de dos tipos de maíz y asociación con leguminosas anuales.

Parámetro/Efecto	Maíz		Leguminosa			Interacción
	ORO	QPM	Monocultivo	Lablab	Crotalaria	
pH	3.76 a <sup>2</sup>	3.74 a	3.71 b	3.75 ab	3.79 a	NS <sup>3</sup>
Á. láctico (%)	7.06 a	6.65 a	6.67 a	7.19 a	6.72 a	NS
Á. acético (%)	2.77 a	2.30 a	2.17 a	2.59 a	2.85 a	NS
Á. láctico/A. acético	2.72 a	3.77 a	3.34 a	3.40 a	3.01 a	NS
Á. totales (%)	9.84 a	8.95 a	8.86 a	9.78 a	9.56 a	NS
APE <sup>4</sup> (%)	0.57 a	0.58 a	0.52 a	0.53 a	0.67 a	NS
ANT <sup>5</sup> (%)	5.39 a	5.72 a	5.40 ab	5.02 b	6.23 a	NS

<sup>1</sup>M\*L = maíz\*leguminosa; <sup>2</sup>Dentro de la misma fila y efecto promedios seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes  $P < 0.05$ ; <sup>3</sup>NS= No significativo; <sup>4</sup>APE = amonio proteína equivalente; <sup>5</sup>ANT = amonio nitrógeno total.

*Productos de fermentación**Ácidos orgánicos en general*

Las concentraciones de ácido láctico, ácido acético, relación ácido láctico: ácido acético y ácidos totales no difirieron significativamente entre los ensilajes de los dos tipos de maíz ( $P = 0.36$ ), ni con la inclusión o no de leguminosa ( $P = 0.50$ ), ni hubo interacción ( $P = 0.20$ ) entre estos factores al respecto (Cuadro 5). Los promedios de ácido láctico fueron 7.1% y 6.7% para los ensilajes de HR-ORO y QPM, respectivamente, y 6.7, 7.2 y 6.7% para los de monocultivo e inclusión de lablab y crotalaria, respectivamente (Cuadro 5).

*Ácido láctico*

El desarrollo del perfil de un buen ensilaje muestra rápidamente un incremento en el ácido láctico por medio de las bacterias ácido lácticas presentes en la materia prima (Woolford y Pahlow, 1998), y altos niveles del mismo que deberían mantenerse durante todo el periodo de almacenamiento (Collin y Owens, 2003). Contreras-Govea et al. (2009a) reportaron concentraciones de ácido láctico de 5.1, 5.2, 5.6 y 5.3% para ensilajes provenientes de maíz como monocultivo, maíz asociado con mucuna, con lablab y con frijol corredor escarlata (*Phaseolus coccineus*), respectivamente. Estos son valores un poco menores que los del presente estudio (Cuadros 5 y 6).

En ambos estudios la inclusión de leguminosa tendió a elevar la concentración de ácido láctico. Lógicamente, se espera una buena calidad de ensilaje derivada de cultivos que tienen una elevada población de bacterias ácido lácticas epifíticas y suficientes carbohidratos fermentables para servirle de sustrato (Woolford y Pahlow, 1998). Como regla general,

CUADRO 6. Características fermentativas de ensilajes provenientes de las distintas asociaciones maíz y leguminosas anuales.

Maíz	Leguminosa	pH	AL <sup>1</sup>	AA <sup>2</sup>	AL/AA <sup>3</sup>	AT <sup>4</sup>	APE <sup>5</sup>	ANT <sup>6</sup>
			%	%		%	%	%
ORO	Monocultivo	3.70 a <sup>7</sup>	6.98 a	2.22 a	3.02 a	8.61 a	0.43 a	4.57 a
ORO	Lablab	3.75 a	7.57 a	3.07 a	2.49 a	10.64 b	0.54 ab	4.99 a
ORO	Crotalaria	3.83 a	7.27 a	3.01 a	2.65 a	10.28 ab	0.74 b	6.61 a
QPM	Monocultivo	3.73 a	6.98 a	2.11 a	3.66 a	9.10 ab	0.61 ab	6.24 a
QPM	Lablab	3.75 a	6.81 a	2.10 a	4.30 a	8.91 ab	0.54 ab	5.05 a
QPM	Crotalaria	3.75 a	6.17 a	2.69 a	3.37 a	8.85 ab	0.60 ab	5.86 a

<sup>1</sup>AL = ácido láctico; <sup>2</sup>AA = ácido acético; <sup>3</sup>AL/AA = proporción ácido láctico: ácido acético; <sup>4</sup>AT = ácidos totales; <sup>5</sup>APE = amonio proteína equivalente; <sup>6</sup>ANT = amonio nitrógeno total; <sup>7</sup>Dentro de la misma columna, promedios seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas  $P < 0.05$

si un ensilaje presenta valores de ácido láctico mayores de 4.0% de la MS se considera de buena calidad (Collin y Owens, 2003; Dairy One, 2007a). Todos los ensilajes del presente estudio, provenientes tanto de monocultivo de maíz así como asociados con las leguminosas alcanzaron más de 6.0% de ácido láctico y cumplen ampliamente este estándar de calidad.

#### *Ácido acético*

Los promedios de ácido acético para ensilajes del híbrido HR-ORO y el cultivar QPM fueron 2.8 y 2.3% de la MS, respectivamente. Con inclusión de crotalaria se obtuvo un valor mayor de 2.8% (Cuadro 5). Las bacterias productoras de ácido acético juegan un rol importante en el deterioro aeróbico del ensilaje; por lo tanto es de importancia conocer el contenido del acetato (Woolford y Pahlow, 1998).

Contreras-Govea et al. (2009b) encontraron concentraciones de ácido acético en ensilajes que variaron entre 1.1 y 2.0% de la MS y notaron la tendencia predominante ascendente en dicho valor al agregar leguminosa al cultivo de maíz. En el Cuadro 6 se observa que la combinación que obtuvo el mayor contenido de ácido acético fue la de HR-ORO y lablab (3.1%). Este resultado supera al valor obtenido por Contreras-Govea et al. (2009a) por una unidad porcentual. Según la literatura, el contenido de ácido acético indicativo de un ensilaje de buena calidad no debe pasar de un 3% en la MS (Dairy One, 2007a), aunque otros investigadores fijan el límite en un 2.5% (Chaverra y Bernal, 2000). De tomar como índice de calidad solo la variable ácido acético, a tres de los ensilajes del presente estudio se les asignaría mediana calidad (Cuadro 6).

#### *Proporción ácido láctico: ácido acético*

La proporción de ácido láctico: ácido acético no difirió significativamente ( $P > 0.05$ ) entre ensilajes de los dos tipos de maíz, ni con la inclusión o no de leguminosa. Tampoco hubo interacción entre los factores antes mencionados (Cuadro 5).

Contreras-Govea et al. (2009a) determinaron relaciones de ácido láctico: ácido acético de 4.9, 4.5, 4.5 y 4.9 para ensilajes de maíz en monocultivo, maíz asociado con mucuna (*Mucuna pruriens*), con lablab (*Lablab purpureus*), y con frijol corredor escarlata (*Phaseolus coccineus*), respectivamente. Aquellos valores superan plenamente a los obtenidos en el presente estudio debido a menores contenidos relativos de ácido acético. Se ha sugerido que un ensilaje de buena calidad puede tener una relación ácido láctico: ácido acético entre los límites de 1.6 a 3.0 (Dairy One, 2007a).

#### *Ácidos totales*

Referente al contenido de ácidos totales (Cuadro 5) los ensilajes del híbrido HR-ORO superaron a los del cultivar QPM (9.8 y 9.0% de la

MS) mientras que los ensilajes con la inclusión de leguminosa superaron a los de monocultivo (8.9 vs 9.8 y 9.6%), pero estas diferencias no alcanzaron significación ( $P > 0.05$ ). En el Cuadro 6, se observan valores de los seis tratamientos que van desde 8.6 a 10.6%, pertenecientes al ensilaje de maíz HR-ORO en monocultivo y HR-ORO con lablab, respectivamente. Según los estándares del laboratorio de forraje Dairy One (Dairy One, 2007a), el contenido de ácidos totales indicativo de un ensilaje de buena calidad puede variar entre 7.0 y 12.0% de la MS, según lo cual cualifican todos los ensilajes de la presente investigación.

#### *Amonio proteína equivalente (APE)*

Se encontró una mínima diferencia no significativa entre los dos maíces ( $P = 0.94$ ), en el contenido de APE en los ensilajes (Cuadro 5). Los promedios para HR-ORO y QPM fueron de 0.57 y 0.58% de MS. Sin embargo, los efectos de inclusión de leguminosa ( $P = 0.06$ ) y la interacción maíz\*leguminosa ( $P = 0.06$ ) se acercaron al nivel ( $P = 0.05$ ) de significación en esta característica. Los valores de APE correspondientes a los monocultivos, y a la inclusión de lablab y de crotalaria fueron de 0.52, 0.53 y 0.67% de la MS, respectivamente, por lo que la inclusión de crotalaria tuvo el mayor efecto sobre el APE. Al comparar los seis tratamientos se encontró una única diferencia en APE entre el ensilaje proveniente de HR-ORO monocultivo y el de HR-ORO en asociación con crotalaria (0.43 vs 0.74% de la MS; Cuadro 6).

El APE es un modo de expresar el contenido de nitrógeno no proteico (NNP), el cual, aunque no sea de proteína verdadera, representa compuestos que suministran nitrógeno que puede ser utilizado para formar la proteína microbiana en el rumen (Dairy One, 2007b). El APE no ha sido muy usado hasta ahora en estudios de producción y caracterización de perfiles de fermentación de ensilajes, pero arroja valores típicos de 0.77% para ensilajes con contenido de MS menor de 26%, y de 0.72% para aquellos con 26 a 28% de MS (Dairy One, 2007a).

#### *Relación nitrógeno amoniacal / nitrógeno total ( $N-NH_3/N$ )*

No existió efecto significativo ( $P = 0.43$ ) del tipo de maíz sobre la relación nitrógeno amoniacal / nitrógeno total expresada como porcentaje (ANT) de los ensilajes. Las medias fueron de 5.4 y 5.7% para HR-ORO y QPM, respectivamente (Cuadro 5). Se encontró un efecto positivo significativo ( $P = 0.05$ ) de la inclusión de crotalaria, lo que resultó en ANT de 6.2% comparado con los monocultivos (5.4%) y los ensilajes con lablab (5.0%; Cuadro 5). Contreras-Govea et al. (2009b) reportaron valores de ANT que variaron desde 3.0 a 4.4% de la MS, siendo el menor valor para un ensilaje proveniente de maíz como monocultivo y el mayor de la asociación de maíz con lablab en una proporción de 20:80.

Tales resultados, aun con con la alta proporción de leguminosa, siguen siendo menores que los del presente estudio. No se verificó una interacción maíz\*leguminosa significativa ( $P = 0.06$ ), pero sí una tendencia a interactuar entre estos factores. El ensilaje de maíz HR-ORO en monocultivo tuvo el menor ANT (4.6%) y la asociación maíz HR-ORO con crotalaria el mayor (6.6%; Cuadro 6).

Los ensilajes con bajos contenidos de nitrógeno amoniacal son el resultado de una buena fermentación láctica. Por el contrario, los que tienen alta proporción de  $N-NH_3/N$  reportan efectos de fermentaciones secundarias afectando la proteína y llevadas a cabo por bacterias del genero *Clostridium* (Chaverra y Bernal, 2000).

Contreras-Govea et al. (2009a) observaron valores de ANT de 3.5, 3.8, 3.6 y 3.4% de la MS para ensilajes elaborados de maíz como cultivo único, maíz con frijól mucuna, con frijól lablab, y con frijól corredor es-carlata, respectivamente. Se considera la ANT como el indicador más útil de la eficacia de la preservación del ensilaje y la ocurrencia o no de fermentaciones secundarias en el proceso. Los ensilajes bien conservados contienen menos del 10% del N-total como  $N-NH_3$  (Chaverra y Bernal, 2000; Collin y Owens, 2003). Aunque los valores de ANT de los ensilajes del presente estudio están encima por dos unidades porcentuales de lo reportado por Contreras-Govea et al. (2009a), siempre ameritan ser catalogados como ensilajes bien conservados.

### CONCLUSIONES

Las asociaciones de maíz (HR-ORO y QPM) con leguminosas anuales (lablab o crotalaria) incrementaron numérica pero no significativamente el RMS comparado con los monocultivos; sin embargo, la reducción en la incidencia de malezas en el cultivo sí fue significativa. El ensilaje elaborado en micro-silos con maíz HR-ORO y la asociación maíz-lablab mostraron los menores contenidos de MS. La inclusión de las leguminosas incrementó los contenidos de PB y FDA. El pH y la ANT fueron mayores en los ensilajes provenientes de la mezcla maíz-leguminosa que en los ensilajes de maíz en monocultivo, pero no se vio un efecto sobre la preservación del ensilaje. Los demás productos de fermentación no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. De las dos leguminosas evaluadas, la crotalaria fue la que tuvo mayores efectos en la fermentación, pero en todo caso el pH final y el perfil de productos de fermentación estuvieron dentro de los límites que se consideran normales para ensilajes bien conservados. Los resultados presentes apoyan la hipótesis de que las leguminosas anuales asociadas con maíz aportan proteína adicional al ensilaje y tienen efectos insignificantes sobre las características fermentativas.

## LITERATURA CITADA

- Alfonso, C., M. Riverol, P. Porras, E. Cabrera, J. Llanes, J. Hernández y V. Somoza, 1997. Las asociaciones maíz-leguminosa: Su efecto en la conservación de la fertilidad de los suelos. *Agronomía Mesoamericana* 8(1): 65-73.
- Amador, L. A. y C. Boschini, 2000. Fenología productiva y nutricional de maíz para la producción de forraje. *Agronomía Mesoamericana* 11(1):171-177.
- Argüelles, G., 1982. Carta Ganadera. Vol 1 No. 4, Bogotá.
- Armstrong, K. L., K. A. Albrecht, J. G. Lauer y H. Rilay, 2008. Intercropping corn with lablab bean, velvet bean, and scarlet runner bean for forage. *Crop Science* 48:371-379.
- Chaverra, G. H. y E. J. Bernal, 2000. El ensilaje en la alimentación del ganado vacuno. IICA. Editores Tercer Mundo, Bogotá. 153 pp.
- Church, D. C., 1993. The ruminant animal digestive physiology and nutrition. Waveland Press Inc, Prospect Heights, IL. 564 pp.
- Colbert, R. W., 2009. Composición botánica y química de asociaciones de sorgo forrajero y leguminosas anuales. M.S. Tesis, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, PR, 66 pp.
- Collin, M. y V. N. Owens, 2003. Preservation of forage as hay and silage. *En*: R. F. Barnes, C. J. Nelson, M. Collins y K. J. Moore (eds). Forages, an introduction to grassland agriculture. Iowa State University Press. Ames, IA. pp. 443-470.
- Contreras-Govea, F. E., K.A. Albrecht y R. E. Muck, 2006. Spring yield and silage characteristic of kura clover, winter wheat, and in mixture. *Agron. J.* 98:781-787.
- Contreras-Govea, F. E., R. E. Muck, K. L. Armstrong y K. A. Albrecht, 2009a. Nutritive value of corn silage in mixture with climbing beans. *Animal Feed Science and Technology*. 150: 1-8.
- Contreras-Govea, F. E., R. E. Muck, K. L. Armstrong y K. A. Albrecht, 2009b. Fermentability of corn-lablab bean mixture from different planting densities. *Animal Feed Science and Technology* 149: 298-306.
- Dairy One, 2007a. Fermentation report. [http://www.dairyone.com/Forage/services/Forage/Fermentation\\_Report.pdf](http://www.dairyone.com/Forage/services/Forage/Fermentation_Report.pdf)
- Dairy One, 2007b. Understanding and significance of forage analysis results. <http://www.dairyone.com/Forage/Factsheet/ForageAnalysis.htm>
- Darby, H.F. y J.G. Lauer, 2002. Planting date and hybrid influence on corn forage yield and quality. *Agro. J.* 94: 281-289.
- Díaz, M. G., W. D. Kuttel, R. López., H. Peltzer y O. Caviglia, 2009. Producción de biomasa de silaje de maíz y soja en intercultivos en surco. [http://www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/produccion\\_vegetal/maiz/evaluacion\\_manejo/20214\\_091105\\_prod.htm](http://www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/produccion_vegetal/maiz/evaluacion_manejo/20214_091105_prod.htm)
- Elizondo, J. y C. Boschini, 2002. Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido. *Agronomía Mesoamericana* 13(1):13-17.
- Eskandari, H., A. Ghanbari y A. Javanmard, 2009. Intercropping of cereal and legumes for forage production. *Notulae Scientia Biologicae* 1(1):7-13.
- Fuentes, J., A. Cruz, L. Castro, G. Gloria, S. Rodríguez y B. Ortiz de la Rosa, 2003. Evaluación de variedades e híbridos de maíz (*Zea mays* L.) para ensilado. *Agronomía Mesoamericana* 12(2):193-197.
- Ghanbari-Bonjar, A., 2000. Intercropped wheat (*Triticum aestivum*) and bean (*Vicia faba*) as a low-input forage. PhD Thesis, Wye College, University of London.
- Oramas, W. C. y N. J. Vivas, 2006. Evaluación de dos híbridos y una variedad de maíz (*Zea mays*) en monocultivo y en asociación con frijol (*Phaseolus vulgaris*), para ensilaje. Tesis Agrozootecnista. Universidad del Cauca, Colombia. 78 pp.

- Pirela, M. F., 2005. Valor nutritivo de los pastos tropicales. *En*: C. González-Stagnaro, E. Soto-Belloso (eds.). Manual de ganadería doble propósito. Ediciones Astro Data, S.A. Maracaibo, Venezuela. pp 176 -182.
- Prieto, P. R. J., 2007. Efecto en el manejo de nitrógeno sobre características agronómicas, composición química y fermentativa de híbridos de maíz a diferentes edades de corte. M.S. Tesis, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, PR. 77 pp.
- Salinas, M. F. M. y E. A. Crespín P., 2010. Evaluación productiva y nutricional de los cultivos de frijol canavalia (*Canavalia ensiformis*), frijol vigna (*Vigna sinensis*) y sorgo (*Sorghum bicolor*) variedades CENTA S-2 y RCV y su asocio para la alimentación de ganado. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de El Salvador, El Salvador. 126 pp.
- Sandoval, C. B., 2007. Caracterización agronómica y nutricional de asociaciones de gramíneas y leguminosas tropicales. M.S. Tesis, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, PR. 90 pp.
- SAS Institute, 2002. The SAS system for Windows: Version 9.1. SAS Inst., Cary, NC.
- Saxton, A. M., 1998. A macro for converting means separation output to letter grouping in PROC MIXED, Paper 230. P.1243-1246. *En*: Proc. 23rd Annual SAS User Group Intl. Conf. SAS Inst., Cary, NC.
- Soto, P., E. Jahn y S. Arredondo, 2002. Población y fertilización nitrogenada en un híbrido de maíz para ensilaje en el Valle Central Regado, Chile. *Agricultura Técnica* 62:255-265.
- Valenzuela, H. y J. Smith, 2002. "Tropic Sun" Sunnhemp. University of Hawaii Honolulu (HI). Sustainable Agriculture; SA-GM-11: 3 pp.
- Wilkins, R. J., 2000. Forages and their role in animal systems. *En*: D.I. Givens, E. Owed, R.F.E. Axford y H.M. Omed (eds.) Forage Evaluation in Ruminant Nutrition, pp. 1-14 - CAB International.
- Woolford, M. K. y G. Pahlow, 1998. The silage fermentation. *En*: B. J. B. Wood (ed.) Microbiology of Fermented Food. Blackie Academic and Professional. London, UK. pp. 73-102.