

# Rendimiento de materia seca y composición química de asociaciones de sorgo forrajero con leguminosas anuales<sup>1,2</sup>

Raphael W. Colbert<sup>3</sup>, Elide Valencia<sup>4</sup> y James S. Beaver<sup>5</sup>

J. Agric. Univ. P.R. 96(3-4):165-181 (2012)

## RESUMEN

El sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* L. Moench 'Nervadura marrón' o 'Brown midrib', BMR) y las leguminosas anuales Lablab (*Lablab purpureus* L. 'Rongai', L) y Mucuna (*Mucuna pruriens* L. 'Vine 90 d', M) son forrajes aptos para uso en la industria lechera de Puerto Rico, pero BMR cosechada a los 90 días suele tener bajos contenidos de proteína bruta (PB, 6%), lo cual limita su utilidad. Existe la posibilidad de incrementar la PB mediante la asociación de leguminosas con BMR, pero esta opción ha sido poco investigada. El estudio presente se realizó para comparar BMR en monocultivo y en cultivos asociados con 'Rongai' (SL) y 'Vine 90 d' (SM), además de L y M en monocultivos, en cuanto a la masa foliar total (MF), y en la composición botánica (sorgo, leguminosa y maleza) y química (PB y fracciones de fibras) a dos épocas de corte. Las parcelas experimentales (25 m<sup>2</sup>) se sembraron en febrero y agosto del 2008 en bloques completos al azar con cinco repeticiones. A cada corte se estimó la MF en áreas de muestreo de 2 m<sup>2</sup>. Los datos se analizaron usando el PROC Mixed del programa SAS, y para aquellas variables que fueron significativas (P < 0.05) se separaron las medias con la prueba DMS (0.05) de Fisher. No se encontró diferencias (abarcando componente botánico deseado más malezas) en MF total entre BMR asociado con leguminosas y BMR en monocultivo, siendo las medias 8.94, 8.81, y 8.42 Mg/ha, para BMR-'Rongai', BMR-'Vine 90 d', y BMR, respectivamente. No se verificó una diferencia global en MF entre mayo y agosto (8.1 contra 7.5 Mg/ha). El rendimiento de la leguminosa 'Rongai' (Mg/ha) no varió entre mayo y agosto (3.6 contra 3.0), pero fue menor en el cultivo asociado (2.74) que en monocultivo (3.94). La leguminosa 'Vine 90 d' tuvo el menor rendimiento de 2.8 y 1.3 Mg/ha, en mayo y agosto, respectivamente. No hubo diferencias en contenidos de FDN y FDA entre BMR-'Rongai' y BMR-'Vine 90 d' cuyos valores fueron de 60.1 y 63.9%; y 40.1 y 46.5%, respectivamente. En cambio, sí se encontraron diferencias en contenido de PB entre monocultivos y cultivos asociados, con valores para 'Rongai', 'Vine 90 d', y BMR en monocultivos de 14.1, 11.1, y 6.0%, respectivamente, mientras la PB de BMR-'Rongai' y BMR-'Vine 90 d' fue 9.8 y 9.1%, pero

<sup>1</sup>Manuscrito sometido a la Junta Editorial el 15 de diciembre de 2011.

<sup>2</sup>Este trabajo se realizó con el apoyo financiero de USDA-TSTAR 105.

<sup>3</sup>Ex estudiante graduado, Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.

<sup>4</sup>Catedrático, Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, Box 9000, Mayagüez, P.R. 00681. \*Autor para correspondencia. Tel.: 787-265-3852. E-mail: elide.valencia@upr.edu

<sup>5</sup>Catedrático, Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales.

estos últimos valores superan por tres unidades de por ciento al de BMR. En conclusión, la asociación de BMR con 'Rongai' y 'Vine 90 d' mejoró la composición química del forraje y ayudó a combatir las malezas mientras favorecieron el rendimiento de los componentes botánicos deseables.

Palabras clave: rendimiento de materia seca, masa foliar, composición química, FDN, FDA, PC, sorgo forrajero BMR, leguminosas anuales, lablab 'Rongai', mucuna 'Vine 90 días'

#### ABSTRACT

##### Dry matter yield and chemical content of forage sorghums intercropping with annual legumes

Forage sorghum [*Sorghum bicolor* L. Moench 'Brown midrib' (BMR)] and annual legumes lablab [*Lablab purpureus* L. 'Rongai' (L)] and mucuna [*Mucuna pruriens* L. 'Vine 90 d' (M)] are suitable fodder for the dairy industry in Puerto Rico, but BMR harvested at 90 days, usually has low crude protein (CP, 6%) content, which limits its usefulness. There is the possibility of increasing the CP by intercropping legumes with BMR, but this option has been only slightly investigated. This study proposes to compare BMR in monoculture and in intercropping with 'Rongai' (SL) and 'Vine 90 d' (SM), in addition to L and M in monoculture, in terms of total leaf mass (FM) and botanical components (sorghum, legumes and weeds) and chemical (CP and fiber fractions) at two harvest times. The experimental plots (25 m<sup>2</sup>) were sown in February and August 2008 in a randomized complete block design with five replications. At each harvest time, 2 m<sup>2</sup> MF area was sampled 90 days after sowing. Data were analyzed by using the MIXED procedure of SAS and mean separation tests were performed by using *F*-protected LSD at 95% level of confidence. No significant differences (combining fodder botanical component and weeds) were detected for the total MF between BMR and BMR associated with legumes in monoculture, with mean values of 8.94, 8.81, and 8.42 Mg/ha for BMR-'Rongai', BMR-'Vine 90 d', and BMR, respectively. Overall, there was no significant difference in MF between May and August (8.1 vs. 7.5 Mg/ha). 'Rongai' yield (Mg/ha) did not change between May and August (3.6 vs. 3.0) but was lower in the intercrop (2.74) than in monoculture (3.94). 'Vine 90 d' had the lowest yield of 2.8 and 1.3 Mg/ha in May and August, respectively. No differences (*P* > 0.05) in NDF and ADF content between BMR and BMR-'Rongai'-'Vine 90 d', whose values were 60.1 and 63.9% and 40.1 and 46.5%, respectively. However, differences (*P* < 0.05) were found in CP content between monoculture and intercropping, with values of 14.1, 11.1, and 6.0% for 'Rongai', 'Vine 90 d', and sole BMR, respectively, whereas the BMR-'Rongai' and BMR-'Vine 90 d' CP were 9.8 and 9.1%, but these last values exceed by three units the percentage in BMR. In conclusion, BMR intercropped with 'Rongai' and 'Vine 90 d' improved the forage chemistry and helps to control weeds while favoring the performance of desirable botanical components.

Key words: dry matter yield, mass leaf, chemical content, NDF, ADF, CP, forage sorghums BMR, annual legumes, lablab 'Rongai', mucuna 'Vine 90 d', intercropping

#### INTRODUCCIÓN

El gran reto en la ganadería moderna consiste en incrementar la producción de carne y leche, en forma acelerada y sostenible, para ga-

rantizar la demanda de la población humana a la vez que se conservan los recursos naturales y el ambiente. De esta manera se minimiza la compra de insumos químicos, se reduce la contaminación ambiental y se evita la destrucción de los recursos naturales (Giraldo, 1999). La alimentación representa el factor limitante más importante en la ganadería, y los forrajes constituyen la principal fuente de energía dietética para más de 90% de los herbívoros domésticos del mundo (Henzell, 1981). Sin embargo, en el trópico existen varios factores que dificultan lograr una producción forrajera de calidad adecuada para cumplir los requerimientos nutritivos del animal. Entre estos factores están la baja productividad y deficiencia proteica de las gramíneas nativas, y la alta incidencia de malezas invasivas.

La asociación de leguminosas con gramíneas (ALG) puede ser una alternativa sostenible para mejorar la alimentación de los rumiantes y así ayudar a la conservación del medio ambiente. Sánchez (1998), Hess y Lascano (1997) señalan que la ALG representa una opción económica para mejorar la producción animal en las regiones tropicales, y que la incorporación de leguminosas en los sistemas de manejo de forrajes es ya una práctica bastante común. A menudo, se hace difícil conseguir la ALG bien equilibrada puesto que requiere condiciones de establecimiento que mitiguen los efectos de competencia o dominio de unos componentes botánicos en particular. Para obtener el máximo beneficio de las asociaciones la proporción de leguminosa en la pradera debe estar entre 30 y 40%, ya que valores mayores o menores conducen a una disminución en el rendimiento de forraje y la producción animal (Hernández et al., 2005).

Existen pocos estudios publicados sobre el uso de esta mezcla de especies y especialmente sobre la contribución de las leguminosas para mejorar la calidad de los forrajes y aumentar la producción animal. Actualmente, la alta demanda para carne y leche, en combinación con los costos elevados de los alimentos concentrados, obligan a la búsqueda de alternativas sostenibles y eficientes en la nutrición de los rumiantes.

El objetivo de este estudio fue evaluar los sistemas de siembra en monocultivo y en asociación de las leguminosas anuales *Lablab purpureus* L. 'Rongai' y *Mucuna pruriens* L. 'Vine 90 días', y el sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* L. Moench 'Nervadura marrón' o 'Brown midrib' (BMR) en términos de composición botánica, rendimiento de materia seca (MS) y composición química [proteína bruta (PB) y fibras detergente neutro (FDN) y ácido (FDA) y hemicelulosa].

#### MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la Estación Experimental Agrícola de Isabela, Universidad de Puerto Rico, ubicada a 67.3° longitud y 18.3°

latitud, y altitud de 128 m.s.n.m. La temperatura media anual de esta zona es de 29.3° C, con una precipitación media anual de 1,524 mm. El suelo pertenece a la serie Coto (bien fino, caolinítico, isohipertérmico Eutrotox Típico). Según Gierbolini (1975) el suelo es profundo, con buen drenaje, ligeramente ácido y un poco permeable. Al principio de la investigación el análisis químico del suelo indicó un pH de 5.4 y niveles de materia orgánica (MO) de 2.6%, y niveles de fósforo, potasio y calcio de 9, 85 y 1,107 mg/kg, respectivamente. Durante el ciclo de experimentación el microclima varió según indicado en el Cuadro 1.

El experimento se inició el 15 de febrero y terminó el 14 de noviembre de 2008. Se evaluaron las leguminosas *Mucuna pruriens* 'Vine 90 días' (M) y *Lablab purpureus* 'Rongai' (L), y sorgo forrajero 'Nervadura marrón' (S). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones en parcelas divididas. Las parcelas principales representaron los sistemas de siembra (asociaciones SL, SM; monocultivos L, M y S) y las sub-parcelas, las épocas de corte (mayo y agosto, ambos practicados a forraje con 90 días de crecimiento). La superficie total del predio fue de 29 × 29 m que se dividió en 25 parcelas de 5 × 5 m cada una con seis surcos y un espacio de 1 m entre bloques.

La preparación del suelo consistió en una labranza convencional (arado y pase de una rastra) para obtener una cama de siembra ideal. Mediante una sembradora mecánica se sembró el sorgo y el lablab a 61 cm entre hileras y 10 cm entre plantas, mientras la mucuna se sembró manualmente a las mismas distancias. Se intercaló cada leguminosa entre las hileras de sorgo en asociación de cultivo. Se realizaron desyerbos manuales durante los dos primeros meses de establecimiento. No se aplicó ningún fertilizante químico debido a que el análisis de suelo indicó un nivel adecuado de MO y macro-

CUADRO 1. Condiciones climáticas en Isabela en 2008.

Periodo	Temp. max	Temp. min	Temp. med	Vel. viento (mph)	Precipitación (mm)
	-----°C-----				
Febrero	25.83	18.59	22.27	7.50	45.21
Marzo	26.05	18.06	22.17	7.48	28.45
Abril	24.56	16.08	20.60	6.29	130.05
Mayo	26.44	17.38	22.23	4.12	114.05
Junio	27.30	19.50	23.39	5.53	65.28
Julio	28.57	21.09	24.76	6.55	85.85
Agosto	28.82	20.74	24.66	5.15	129.03
Septiembre	28.14	19.65	22.52	3.34	314.20
Octubre	28.66	21.75	25.13	4.15	73.41
Noviembre	27.82	20.81	24.19	4.35	109.22
Ciclo de investigación	27.22	19.36	23.19	5.45	1094.75

elementos. Tampoco se aplicó un herbicida puesto que su manejo es difícil en la ALG.

A tres intervalos después de 90 días de crecimiento se cosechó al azar un área central de 2 m<sup>2</sup> en cada parcela. El lablab y el sorgo se cortaron a 15 cm de altura y la mucuna a ras del suelo. Luego de los primeros dos cortes se sembró de nuevo la mucuna. Se evaluó la biomasa en términos de composición botánica, rendimiento de MS y contenidos de PB, FDN y FDA. Luego de pesar cada muestra se le sacaron dos sub-muestras, una para separarse en sus componentes botánicos y la otra para análisis de laboratorio. Debido a una alta incidencia de malezas, se descartó el análisis de la última cosecha en noviembre.

Para determinar la composición botánica y el rendimiento de MS se separó manualmente una de las muestras húmedas en dos fracciones (cultivo y maleza) que se colocaron en bolsas de papel. Estas y la otra muestra usada para determinar la composición química del forraje se pesaron y se colocaron en un horno a 65° C por 48 horas, luego se pesaron nuevamente.

Una de las muestras secadas se molió en un molinillo 'Willey mill' provisto de un cedazo de 1 mm de porosidad. Se realizaron los análisis en las facilidades del Laboratorio de Nutrición Animal del Departamento de Industria Pecuaria, Recinto Universitario de Mayagüez y la Estación de Investigación en Agricultura Tropical (USDA-TARS, por sus siglas en inglés). Se determinó el porcentaje de nitrógeno, expresado en concentración de PB (N X 6.25), por el método micro-Kjeldhal (analyzer de nitrógeno Kjeltex system 1002<sup>6</sup>) (AOAC, 1990). Para análisis de los contenidos de FDN y FDA se enviaron las muestras a un laboratorio comercial (Dairy One Forage Lab, Ithaca, New York).

Los datos se sometieron a análisis de varianza (ANOVA) usando el procedimiento PROC MIXED del programa estadístico SAS versión 9.1.3 (SAS Institute, 2003). Para la separación de medias se usó una prueba de diferencia mínima significativa (DMS) (en inglés, Fisher LSD) con un intervalo de confianza de 95%. Cuando se precisó comparar una combinación de tratamientos se realizaron contrastes apropiados. También se determinaron mediante regresión lineal las diferentes relaciones entre FDN, PB, y FDA.

<sup>6</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.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rendimiento total de MS durante el experimento difirió significativamente ( $P < 0.05$ ) entre los métodos de siembra al fluctuar de 6.2 a 8.9 t/ha (Figura 1). Las leguminosas lablab y mucuna asociadas con sorgo (SL y SM) superaron significativamente a los monocultivos. El rendimiento del sorgo solo ocupa una posición intermedia entre las leguminosas en asociación y en monocultivo y no difirió ( $P < 0.05$ ) de las primeras ni de M, sino solamente de L. Si bien la producción de MS de la mucuna fue ligeramente superior a la de lablab, la diferencia no fue significativa.

Estos resultados indican que mediante la asociación del sorgo con las leguminosas lablab y mucuna es posible aumentar el rendimiento forrajero de base seca, lo que confirma que una distribución adecuada de la leguminosa en la parcela de sorgo puede ser beneficiosa. Por otro lado, en los monocultivos de leguminosas se observó que la nueva siembra de mucuna luego de la primera cosecha condujo a una ventaja (0.4 t/ha) en su rendimiento, en comparación al lablab cosechado en estado de rebrote.

En cuanto a los meses de cosecha, estos no difirieron entre sí en rendimiento total de MS, 8.1 t/ha en mayo vs. 7.5 t/ha en agosto, aunque el primero haya sobrepasado el segundo por 0.6 t/ha. Dichos resultados indican poca variación en la productividad de estos cultivos durante las épocas del año en cuestión.

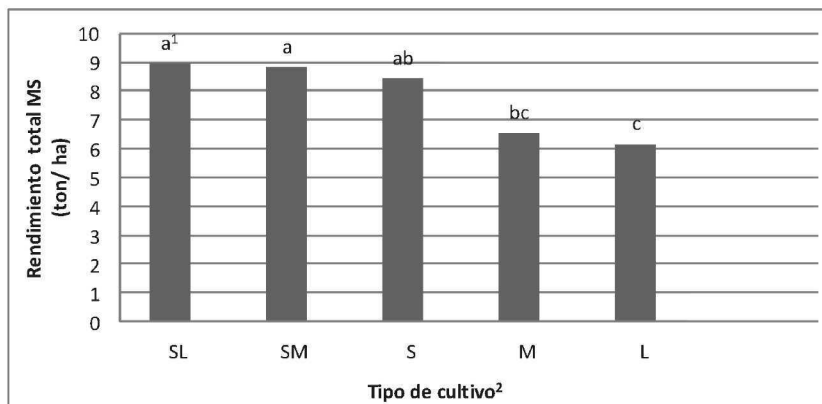


FIGURA 1. Efecto principal de tipo de cultivo sobre el rendimiento total de materia seca.

<sup>1</sup>Hay diferencia significativa entre las medias con letras distintas DMS ( $P < 0.05$ )

<sup>2</sup>S = Sorgo, L = Lablab, M = Mucuna.

La mucuna necesitó de una nueva siembra luego de la primera cosecha, mientras el lablab y el sorgo se dejaron rebrotar. Esta última práctica es la posible causa del menor rendimiento en agosto. Aproximadamente 52% de la producción total de MS se concentró en la primera cosecha. El patrón típico sería una disminución del rendimiento del sorgo luego del segundo corte y así sucesivamente. En ensayos con híbridos de sorgo forrajero, Massigoge et al. (2007) encontraron una producción de 80 a 85% de la biomasa en las dos primeras de tres cosechas. El rendimiento de los híbridos BMR varió entre 1.8 y 5.5 t/ha MS.

Sandoval (2007) obtuvo mayores rendimientos totales de 11.1 a 14.6 t/ha MS con la asociación de maíz y mucuna en dos épocas de siembras realizadas en Lajas, Puerto Rico. La tendencia fue una mayor producción de maíz en comparación al sorgo del presente experimento. Las investigaciones en dos años consecutivos de Shehu et al. (1999) indicaron rendimientos de 6.6 a 6.8 y 1.9 a 4.5 t/ha MS para los monocultivos de lablab y sorgo, respectivamente; mientras que en asociación tuvieron un rendimiento entre 5.2 y 5.4 t/ha MS. Aquellos resultados difieren de los presentes porque se usó otro cultivar de sorgo ('Bauchi short'), con un crecimiento pobre en el primer año, sin tomar en consideración la planta entera con las semillas. En aquel caso el rendimiento del monocultivo de sorgo aumentó por 3.9 t en su segundo año mientras que para la asociación el aumento fue de 0.6 t. Además, es pertinente mencionar que los valores nuestros se obtuvieron en un ciclo de investigación que abarcó dos periodos de 90 días. En términos de la materia verde (MV), la asociación SL tuvo el rendimiento más alto (37.6 t/ha) y el monocultivo de mucuna el más bajo (25.6 t/ha). Referente a la época de cosecha no se observó mucha variación en la producción forrajera, siendo el mes de mayo casi igual al de agosto (31.9 y 31.6 t/ha MV).

En cuanto al efecto de la combinación de cultivo y época de corte, el monocultivo de sorgo y sus asociaciones con lablab y mucuna tuvieron mayor producción de MS en mayo que en agosto, contrario a los monocultivos de leguminosas, que presentaron valores más altos en agosto (Figura 2). Se esperaba que el rebrote de lablab tuviera una producción menor en agosto; sin embargo, ocurrió lo contrario, aunque la diferencia entre los dos cortes no haya sido significativa. Otra tendencia interactiva que revela la Figura 2 es una marcada reducción en rendimiento de MS del cultivo SM en agosto relativo al de mayo, mientras en SL dicha reducción fue menor y semejante a la del monocultivo S.

El promedio combinado de las asociaciones de sorgo con las dos leguminosas (SL y SM) no difirió significativamente al monocultivo (S) en términos de rendimiento total de MS (Cuadro 2). Referente a la presencia de las malezas, especialmente el pasto Johnson (*Sorghum halepense*), en el forraje cosechado, las leguminosas en monocultivo tu-

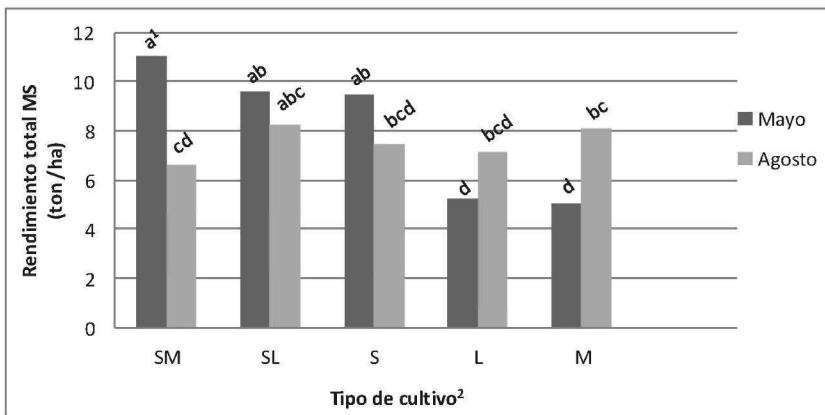


FIGURA 2. Efecto combinado sobre el rendimiento total de materia seca de los cinco cultivos en las dos épocas de cosecha

<sup>1</sup>Hay diferencia significativa entre los cultivo-época con letras distintas DMS ( $P < 0.05$ )

<sup>2</sup>S = Sorgo, L = Lablab, M = Mucuna

vieron valores más altos, con una diferencia significativa en el caso de la mucuna. Además, el monocultivo de sorgo presentó un valor mayor (1.3 t/ha), pero sin diferencia significativa en comparación a las asociaciones. En el presente estudio las leguminosas demostraron potencial para competir aun cuando las malezas abundaron. El desarrollo de las malezas se vio favorecido en las leguminosas de monocultivo, mientras que las asociaciones tendieron a resistirlas. La proporción de malezas del monocultivo de sorgo (S) solo difirió significativamente de la mu-

CUADRO 2. Rendimiento de materia seca aportada por cada uno de los componentes botánicos, S, L, M y malezas, en los cinco tipos de cultivos.

Componente Botánico	Método de cultivo					EE <sup>2</sup>
	SL <sup>1</sup>	SM	L	M	S	
	----- t/ha MS -----					
Sorgo	5.68 a <sup>3</sup>	6.26 a	NA <sup>4</sup>	NA	7.11 a	0.74
Lablab	2.74 a	NA	3.94 a	NA	NA	0.77
Mucuna	NA	1.96 a	NA	2.13 a	NA	0.77
Maleza	0.52 c	0.59 c	2.23 b	4.42 a	1.31 bc	0.50
Rendimiento total	8.94 a	8.81 a	6.17 c	6.55 bc	8.42 ab	0.71

<sup>1</sup>S = Sorgo, L = Lablab, M = Mucuna

<sup>2</sup>Error estándar de las medias

<sup>3</sup>Hay diferencia significativa entre las medias con letras distintas en la misma fila DMS ( $P < 0.05$ )

<sup>4</sup>NA = no aplica.



cuna en monocultivo (M). Las proporciones de malezas en la MS total fueron 6, 7, 36, 67 y 15%, respectivamente en SL, SM, L, M y S. Para la interpretación de estos resultados son pertinentes las investigaciones de Wiese et al. (1981) que señalaron que un solo tallo del pasto Johnson por metro de hilera cultivable redujo el rendimiento del sorgo granífero en 45 kg/ha. La fenología del sorgo se caracteriza por un desarrollo inicial lento, por lo que las malezas representan uno de los principales factores que reducen su rendimiento. En el trabajo presente las malezas aprovecharon del comportamiento poco agresivo de la mucuna ‘Vine 90 días’ para crecer, lo que no debe ocurrir con otra variedad de mucuna más competitiva. García et al. (2001) informaron que la mucuna (*Stizolobium aterrimum*) en cultivo de cobertura es efectiva para el control de malezas. Díaz-Coronel y Estupinan-Veliz (2005) evaluaron la cobertura alcanzada a los 60 a 240 días por *S. aterrimum* asociado con maíz, y observaron que a mayor cobertura menor es la presencia de malezas.

La Figura 3 también ilustra cómo variaron los componentes botánicos en el rendimiento de MS total durante el periodo de investigación. Un aumento neto de la proporción de malezas se destacó entre mayo y agosto. Temprano en el establecimiento se realizaron dos desyerbos manuales, que lograron una reducción efectiva de las malezas en mayo relativo a agosto. La diferencia entre los dos meses (2.08 t/ha) corresponde a más de una duplicación del valor anterior.

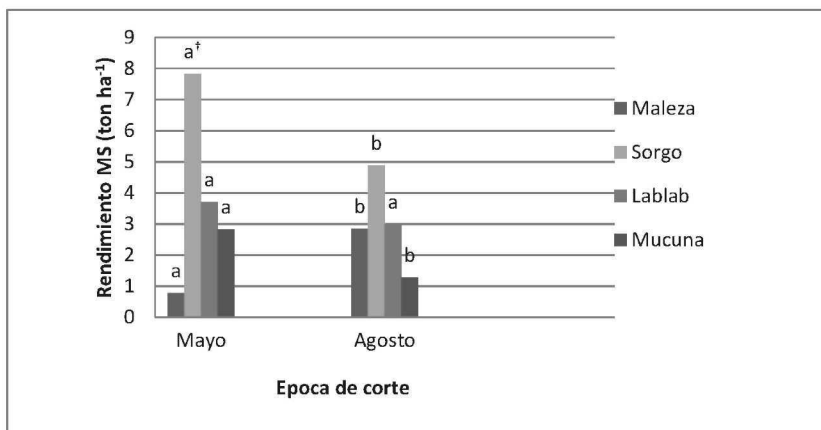


FIGURA 3. Efecto principal del mes de cosecha sobre la presencia de maleza, sorgo, lablab y mucuna en el rendimiento de materia seca.

<sup>1</sup>Hay diferencia significativa entre los cultivos-mes con letras distintas DMS ( $P < 0.05$ )

<sup>2</sup>S = Sorgo, L = Lablab, M = Mucuna

Debido a la utilización de labranza mínima para sembrar la mucuna y dejar rebrotar los otros cultivos, la invasión de malezas fue más severa en agosto, lo que afectó el rendimiento. Tiene relevancia también el aumento de la pluviometría en el intervalo de mayo hasta agosto.

La Figura 4 muestra que la combinación de cultivo y época de corte tuvo efectos muy variables sobre el componente botánico maleza. En el corte de mayo no hubo diferencia significativa entre los cinco cultivos a pesar de una gran superioridad numérica para M. Las asociaciones (SL y SM) presentaron un aumento módico en MS de maleza entre mayo y agosto, mientras en los demás tratamientos el aumento fue mucho mayor y con diferencias significativas para L y M, pero no para S, relativo a las asociaciones. Se destacó el pico de crecimiento de malezas en el cultivo M en agosto.

El tonelaje de MS aportado por los componentes botánicos sorgo, mucuna y lablab no acusó efectos significativos de los cultivos si bien la producción de cada componente considerado individualmente fue siempre superior en monocultivo que en asociación (Cuadro 2). En cuanto a la época de corte, solo el componente lablab no presentó diferencia significativa en rendimiento entre los meses mayo y agosto (3.7 y 3.0 t/ha) (Figura 3). A la segunda cosecha el rendimiento de sorgo decreció significativamente (7.8 a 4.9 t/ha) relativo al primer corte. La altura de corte de 15 cm no tuvo efecto en el rendimiento subsiguiente del lablab a pesar de que Monegat (1991) recomendó, para obtener de esta planta forrajera dos o tres cosechas, no cortar la planta por debajo de 25 cm. En el presente caso el lablab demostró una capacidad de rebrotar aceptable con alta producción de forraje. Por otro lado, la mucuna presentó

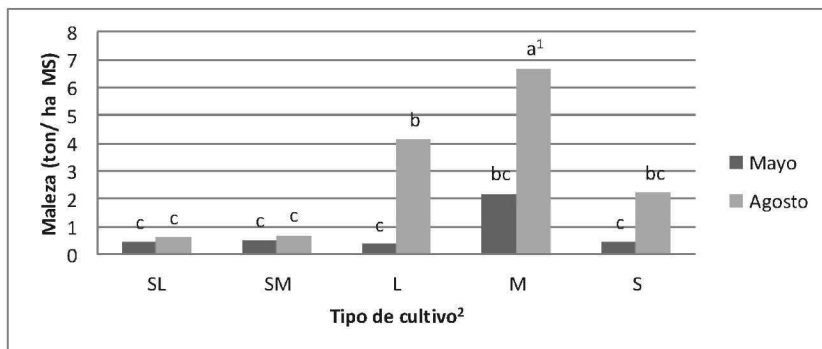


FIGURA 4. Materia seca aportada por las malezas en los cinco métodos de cultivo en las dos épocas de cosecha.

<sup>1</sup>Hay diferencia significativa entre los meses con letras distintas DMS ( $P < 0.05$ )

el rendimiento más bajo (2.8 y 1.3 t/ha) a ambas cosechas debido a una proporción importante de malezas.

En otras investigaciones, Sandoval (2007) obtuvo rendimientos entre 1.7 a 3.0 t/ha MS para mucuna en asociación con maíz; Reyes y Martínez (1997) informaron rendimientos anuales (t/ha MS) de 4.2 para mucuna, 8.7 a 10.4 para monocultivo de sorgo, y 10.3 a 11.4 para sorgo con cobertura de mucuna en un ensayo referente a fertilización. Sin embargo, los resultados presentes indican una mucuna muy poca agresiva e incapaz de competir con las malezas y dar buen rendimiento. De hecho los valores presentes de este componente se aproximan a los obtenidos localmente por Sandoval (2007).

En las gramíneas, el contenido de proteína tiende a disminuir mientras que la proporción de fibra aumenta con la madurez fisiológica de las plantas. En esta investigación el contenido porcentual de las tres fracciones fibrosas (FDN, FDA, y hemicelulosa) fue mayor ( $P < 0.05$ ) en agosto que en mayo (Figura 5). En el caso de la FDN dicho aumento entre los dos cortes fue de 55 a 68%. La Figura 6 señala que esto ocurrió en todos los tratamientos en proporciones bastante parecidas, excepto para M, en que el aumento proporcional entre meses de corte fue mayor. El efecto principal de tipo de cultivo no resultó significativo, siendo la variación entre estos de 60.1 a 63.9%. La interacción de tratamiento  $\times$  corte fue significativa ( $P < 0.05$ ) y se puede apreciar en la Figura 6.

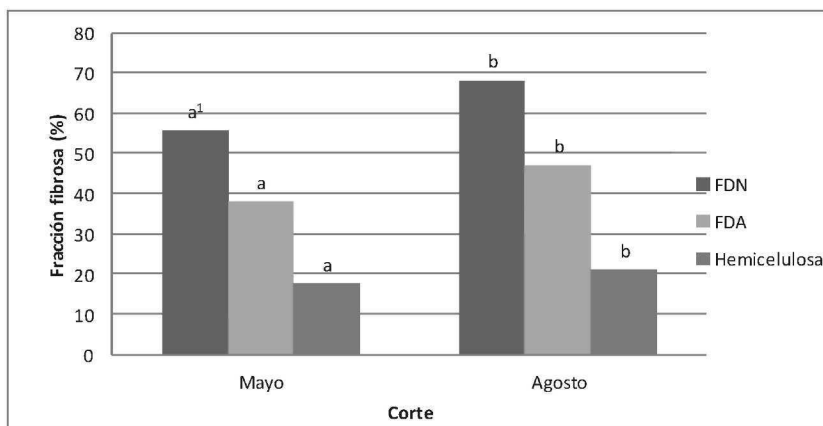


FIGURA 5. Contenido de fibra detergente neutro y ácido y hemicelulosa a través los dos meses de cosecha

<sup>1</sup>Hay diferencia significativa entre los cultivos-mes con letras distintas DMS ( $P < 0.05$ )

<sup>2</sup>S = Sorgo, L = Lablab, M = Mucuna.

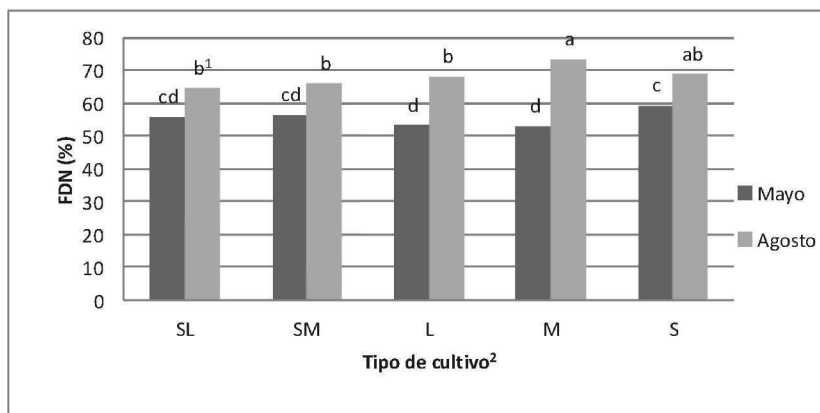


FIGURA 6. Contenido de fibra detergente neutro en el forraje en los cinco métodos de cultivo en las dos épocas de cosecha

<sup>1</sup>Hay diferencia significativa entre los tipos de cultivo con letras distintas DMS ( $P < 0.05$ )

<sup>2</sup>S = Sorgo, L = Lablab, M = Mucuna

En porcentaje de FDA, el aumento entre mayo y agosto fue de 37.9 a 47.0. En cambio los tipos de cultivo no difirieron entre sí significativamente, ni hubo interacción ( $P > 0.05$ ) de cultivo x corte. En comparación a los resultados de Massigoge et al. (2007) obtenidos con híbridos de sorgo BMR, su promedio de FDN (64.0%) se aproxima pero el de FDA (26.9%) se aleja bastante de los valores presentes. Una explicación posible para los altos contenidos de las fracciones fibrosas sería una baja acumulación de carbohidratos solubles en la planta en respuesta a factores ambientales (tales como alta temperatura) durante el crecimiento, tal como reportaron Norton y Poppi (1995). Para asegurar un bajo nivel de fibra en el sorgo, lo ideal sería un pastoreo o corte antes de la producción de granos. Sin embargo, la necesidad de obtener un balance en el ciclo de los tres cultivos (S, SL y SM) implicó cosechar cuando el sorgo llegó a un estado de madurez de 90 días (grano lechoso). El momento óptimo para el picado del sorgo de tipo tradicional es en estado de grano pastoso a duro (Mayer y Vitali, 2006), pero para los BMR la información disponible es imprecisa y se necesita evaluación adicional para definir con criterio técnico dicho momento.

Bayble et al. (2007) encontraron que el lablab tuvo contenidos porcentuales de FDN y FDA en monocultivo o asociación con pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) de 47.9 y 38.6 o 58.7 y 43.1, respectivamente. En la presente investigación, la mucuna arrojó porcentajes de 63.1 de FDN, 46.5 de FDA y 16.6 de hemicelulosa, los que sobrepasan los reportados por García López et al. (2002) de 45.4, 34.7

y 10.7, respectivamente. La alta fracción de FDN en el corte de agosto (Figuras 5 y 6) pudo deberse a la mucha maleza, incluyendo una proporción importante de pasto Johnson y de otras hojas anchas. Un mejor patrón de FDN se encontró en mayo con valores más altos en sorgo monocultivo, intermediario en asociación, y más bajo en leguminosas monocultivos. Sin embargo, el sorgo no reveló su característica BMR (que significa baja proporción de lignina) y debería contribuir a un menor porcentaje de FDA.

En relación al contenido de PB, los resultados observados en la Figura 7 indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tipos de cultivo. El lablab, la mucuna y el sorgo en monocultivo tuvieron valores de 14.1, 11.1 y 6.0%, respectivamente. La asociación con leguminosas aumentó el contenido de proteína sobre el de la gramínea pura por 3.1 y 3.8 unidades de por ciento para mucuna y lablab, respectivamente. Las asociaciones no fueron diferentes entre sí, en cambio los tres monocultivos fueron todos significativamente diferentes entre sí. La disminución en el contenido de PB de mayo a agosto fue de 3.1 puntos de por ciento en promedio.

Entre las diez combinaciones de tratamiento y época de corte el contenido máximo de proteína correspondió al monocultivo de lablab en mayo [18.0% (Figura 8)]. La asociación sorgo-mucuna tuvo mayor contenido de proteína en agosto mientras sorgo-lablab dio casi el mismo resultado en ambas épocas de corte a diferencia de los tres monocultivos en los cuales el valor de mayo superó el de agosto. En ensayos de hí-

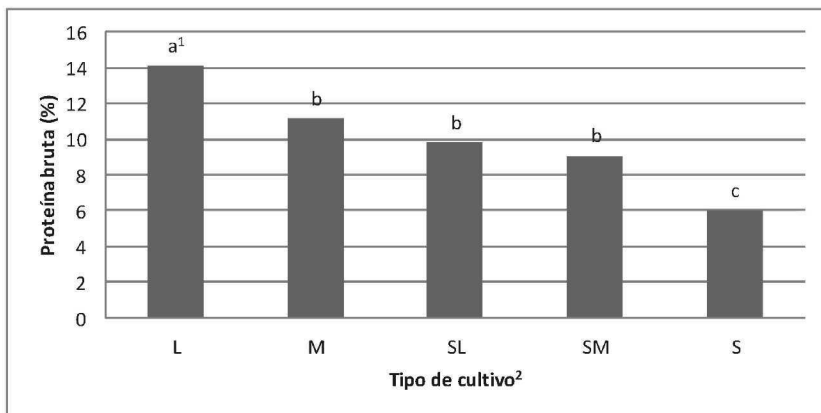


FIGURA 7. Efecto del tipo de cultivo sobre la fracción de proteína bruta en el forraje.

<sup>1</sup>Hay diferencia significativa entre los cultivos-mes con letras distintas DMS ( $P < 0.05$ )

<sup>2</sup>S = Sorgo, L = Lablab, M = Mucuna

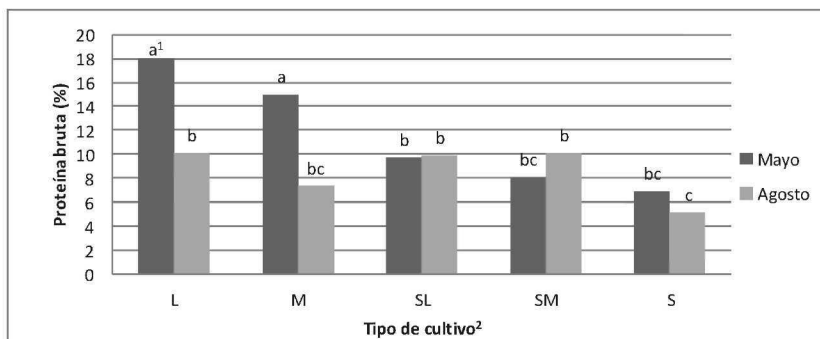


FIGURA 8. Contenido de proteína bruta del forraje en los cinco métodos de cultivo en las dos épocas de cosecha.

bridos BMR de sorgo, Massigoge et al. (2007) obtuvieron un promedio de proteína de 7.9%. Bayble et al. (2007) reportaron 17.4% PB en lablab de monocultivo luego de 90 días de siembra y 15.1% en asociación con pasto elefante. Estos resultados de otros investigadores concuerdan bastante bien con los presentes. Según NRC (2001), la concentración dietética mínima a base seca para lactancia temprana y mediana de una vaca lechera de 680 kg produciendo 20 y 35 kg de leche es de 15.5 y 14.1% PB, respectivamente. Los contenidos de PB encontrados en la presente investigación no llenaron aquel requerimiento sin suplementación, a salvo de los de leguminosas (L y M) monocultivo del corte de mayo y del lablab en promedio (lactancia mediana).

Referente a la fracción de hemicelulosa se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con valores más altos en monocultivos de sorgo (23.7%). Las asociaciones SL y SM presentaron contenidos intermedios de dicha fracción hemicelulosa (20.0 y 19.8%) mientras que las leguminosas en monocultivo (M y L) tuvieron valores más bajos y similares de 16.6 y 16.4%, respectivamente. La Figura 9 demuestra que al asociar las leguminosas con el sorgo se redujo la fracción de hemicelulosa y se aumentó el contenido de PB. Se encontró una estrecha relación lineal inversa ( $P < 0.05$ ) entre los contenidos de estas dos fracciones. La ecuación de regresión con un coeficiente de determinación de  $r^2$  de 0.87 indica que para cada aumento de 1% en la proporción de hemicelulosa la de PB disminuyó en un 0.92%, lo que no dista mucho de ser una relación 1:1.

## CONCLUSIONES

Referente al rendimiento total de materia seca ( $P > 0.05$ ) no hubo diferencia significativa entre las asociaciones (SL, SM) y el monocul-

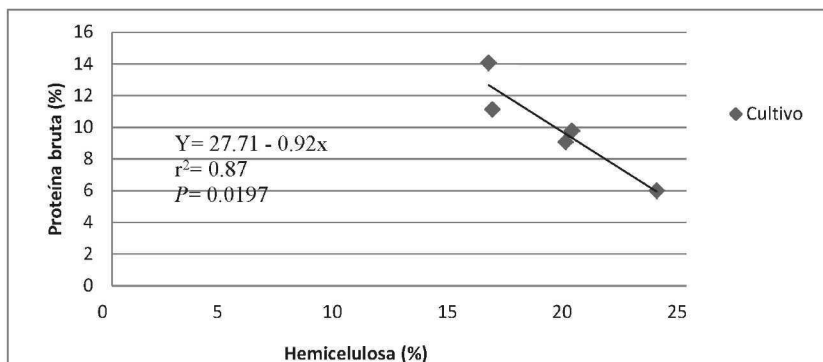


FIGURA 9. Relación lineal entre las fracciones de hemicelulosa y de proteína bruta en el forraje.

tivo de sorgo, (8.9, 8.8 y 8.4 t/ha, respectivamente); tampoco la hubo entre los meses de corte, aunque la diferencia numérica favoreció al primero por 0.6 t/ha. Las cantidades de malezas (t/ha MS) en el forraje cosechado difirieron, pasando de 1.3 en monocultivo de sorgo a 0.6 y 0.5 en las respectivas asociaciones de SM y SL. Las malezas prevalecieron mucho menos en mayo que en agosto ( $P < 0.05$ ) por menos de la mitad (0.8 contra 2.08 t/ha) El aumento observado en el rendimiento total de los monocultivos de leguminosas en agosto especialmente la mucuna, fue debido a la gran aportación de las malezas. El lablab reveló una buena capacidad de rebrote, siendo poco variable en su rendimiento luego del primer corte, con valores globales exclusivos de maleza y sorgo de 2.7 y 3.9 t/ha ( $P > 0.05$ ) en la asociación y monocultivo, respectivamente. El componente botánico mucuna (en SM y M combinado) presentó el rendimiento más bajo (2.8 y 1.3 t/ha) en los dos sucesivos periodos de cosecha debido a su comportamiento poco agresivo, que resultó en una proporción importante de malezas. Los métodos de cultivo no difirieron ( $P > 0.05$ ) entre sí en las fracciones químicas FDN (60.1 a 63.9%) y FDA (40.1 a 46.5%), pero hubo un aumento ( $P < 0.05$ ) de la FDN 55.5 a 68.0% entre mayo y agosto, mientras que los correspondientes valores para la FDA fueron de 37.9 a 47.0%. El sorgo en monocultivo tuvo un contenido de PB de 6.0%, mientras que en asociación con el lablab y la mucuna dicha fracción aumentó a 9.8 y 9.1%, respectivamente. Simultáneamente la fracción de hemicelulosa pasó de 23.7 en el monocultivo a 20.0 y 19.7% en las asociaciones. Se concluye que la asociación del sorgo BMR con las leguminosas anuales (lablab y mucuna) representa una opción prometedora para uso en la industria pecuaria del país.

## LITERATURA CITADA

- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis. 15<sup>th</sup> Edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Bayble, T., S. Melaku y N. K. Prasad, 2007. Effects of cutting dates on nutritive value of Napier (*Pennisetum purpureum*) grass planted sole and in association with Desmodium (*Desmodium intortum*) or Lablab (*Lablab purpureus*). Liv. Res. for Rural Dev. 19 (1). Disponible en inglés en: <http://www.lrrd.org/lrrd19/1/cont1901.htm>. [7 de mayo, 2009].
- Díaz-Coronel, G. y K. Estupiñán-Velíz, 2005. Maíz alternado con mucuna (*Stizolobium aterrimum*) más fertilización para el incremento del rendimiento, control de malezas y reciclaje de nutrientes para pequeños productores de la parte alta de la cuenca del río Guayas. La Revista UICT-UTEQ. Quevedo. p. 7.
- García, V. O., J. C. Hernández y A. D. Molineros, 2001. Los abonos verdes una alternativa para controlar malezas en el cultivo del maíz. Infoagro. s. l. 8 p.
- García-López, R., R. Roque y M. R. González, 2002. Forraje de mucuna (*Stizolobium aterrimum*) para alimentación de vacas Holstein. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* (36):1.
- Gierbolini, E. R., 1975. Soil Survey of Mayagüez Area of Western Puerto Rico. United States Department of Agriculture – Soil Conservation Services, Washington D. C. 20250.
- Giraldo, V. L. A., 1999. Potencial de la arborea Guácimo (*Guazuma ulmifolia*), como componente forrajero en sistemas silvopastoriles. Conferencia electrónica de la FAO sobre agroforestería para la producción animal en Latinoamérica.
- Henzell, E. F., 1981. Contribution of forages to worldwide food production: Now and in the future. pp. 42-47. In: J. A. Smith and V. W. Hays (eds.) Proc. XIV Int. Grassl. Cong., Lexington, Kentucky, Westview Press, Boulder, CO.
- Hernández, S. R., O. P. Jaime, J. G. Régul y H. Elías, 2005. Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico. *Revista Electrónica. DVET*. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revista/redvet/n050505.html>. [28 de octubre, 2009].
- Hess, H. D. y C. E. Lascano, 1997. Comportamiento del consumo de forraje por novillos en pasturas de gramínea sola y asociada con una leguminosa. *Pasturas Tropicales* 19 (2): 12-20.
- Junta de Planificación, 2006. Plan de uso de terrenos de Puerto Rico, perfil regional Región Oeste. Oficina del plan de uso de terrenos. Disponible en: [http://www.jp.gobierno.pr/Portal\\_JP/Portals/0/PUTPR/Documentos/Regi%c3%b3n%20Oeste%20FINAL.pdf](http://www.jp.gobierno.pr/Portal_JP/Portals/0/PUTPR/Documentos/Regi%c3%b3n%20Oeste%20FINAL.pdf). [26 de julio, 2009].
- Massigoge, J. I., M. Zamora y A. Melin, 2007. Evaluación de híbridos de sorgo para silo y forrajeros. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Chacra Experimental Integrada Barrow, Buenos Aires.
- Mayer, A. F. y L. Vitali, 2006. Determinación de la calidad de los sorgos para silaje. Sumario Ganadero, Bs. As., 9(9):44-50. Disponible en: [http://www.produccionanimal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_reservas/reservas\\_silos/51-sorgos\\_silaje.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/51-sorgos_silaje.pdf). [27 de junio, 2009].
- Monegat, C., 1991. Plantas de cobertura del suelo: Características y manejo en pequeñas propiedades. CIDICCO. Tegucigalpa.
- National Research Council (NRC), 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, D.C.
- Norton, B. W. y D. P. Poppi. 1995. Composition and Nutritional Attributes of Pasture Legumes. In: Tropical Legumes in Animal Nutrition; D'Mello, J. P. F. and C Devendra (Eds). CAB International, Wallingford, UK. pp 23-47



- Reyes, J. J. E. y C. O. Martínez A., 1997. Ensayo de Sustitución Mucuna-Sorgo. Investigación a nivel de unidad productiva Tecnología de producción, Proyecto Desarrollo Sostenible de los Agro ecosistemas en el Sur de Sinaloa, México.
- Sánchez, A., 1998. Leguminosas como potencial forrajero en la alimentación bovina. FONAIAP. Estación Experimental del Estado de Falcón. Venezuela. Disponible en: <http://www.Ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd50/leguminosas.html>. [20 de septiembre, 2008].
- Sandoval, B., 2007. Características Agronómicas y Nutricionales de Asociaciones de Gramíneas y Leguminosas Tropicales. Tesis MS. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, 102 p.
- SAS Institute, 2003. SAS/SAT® User's Guide, (Release 9.1) SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA.
- Shehu, Y., W. S. Alhassan, U. R. Pal y C. J. C. Phillips, 1999. The effect of intercropping *Lablab purpureus* L. with sorghum on yield and chemical composition of fodder. *J. Agro. Crop Sci.* 183 (2): 73-79.
- Wiese, A. F., F. C. Petr, E. W. Chenault y D. E. Lavoque, 1981. Effect of Shattercane, Barnyardgrass, Crabgrass and Johnsongrass on sorghum yield. *Proceedings Southern Weed Sci. Society* 34: 46.

