

# Rendimiento de forraje de *Leucaena leucocephala*, *Guazuma ulmifolia* y *Moringa oleifera* asociadas y en monocultivo en un banco de forraje

*Fodder yield of intercropping and monoculture fodder bank of **Leucaena leucocephala**, **Guazuma ulmifolia** and **Moringa oleifera***

JUDITH PETIT ALDANA<sup>1</sup>,  
FERNÁNDO CASANOVA LUGO<sup>2</sup>  
y FRANCISCO SOLORIO SANCHEZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Escuela Técnica Superior Forestal, Mérida, Venezuela, E-mail: jcpetita@ula.ve  
<sup>2</sup> Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México, E-mails: fkzanov@gmail.com, ssolorio@uady.mx

Recibido: 21-11-09 / Aceptado: 20-05-10

## Resumen

En la Península de Yucatán, la producción ganadera se ve seriamente limitada por la escasez y la mala calidad de forraje durante la estación seca, por lo que las especies arbóreas forrajeras son una opción para mitigar la baja disponibilidad de forraje. Se evaluó el rendimiento de forraje y el comportamiento dasométrico de *Leucaena leucocephala* (Lam). De Wit, *Guazuma ulmifolia* Lam. y *Moringa oleifera* Lam. en un banco forrajero en monocultivo y asociadas y durante la época seca y de lluvias. Las unidades experimentales se encuentran arregladas en un diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento, en densidades de 10.000 plantas/ha y 20.000 plantas/ha, se midieron el diámetro basal del tallo principal, altura total y el número de rebrotes por árbol. Se podaron los árboles a 1,0 m sobre el nivel suelo, correspondiendo los dos primeros cortes a la época seca y los dos últimos a la época de lluvias. En cada corte, se cuantificó el rendimiento de forraje (kg MS/ha). Se determinaron bajos incrementos en los valores de altura y diámetro, además de una capacidad moderada de recuperación en el número de rebrotes en las especies evaluadas. La asociación *G. ulmifolia* y *L. leucocephala*, obtuvo mayores rendimientos de forraje entre épocas (2.580,9 kg MS/ha) y acumulado (6.965,2 kg MS/ha), lo que indica que esta combinación es una opción viable para mejorar la producción de forraje. El rendimiento de forraje acumulado fue mayor en la época de lluvias.

**Palabras clave:** producción de forraje, especies forrajeras, crecimiento, sistemas silvopastoriles.

## Abstract

In the Yucatan Peninsula, livestock production is seriously constrained by the limited amount and poor quality of animal fodder during the dry season; and fodder tree species are an option to mitigate the low availability of forage. Dasometric behavior and fodder yield of *Leucaena leucocephala* (Lam). De Wit, *Guazuma ulmifolia* Lam. and *Moringa oleifera* Lam. in a fodder bank in monoculture and intercropping arrangement, during the dry and rainy season were evaluated. The experimental units were formed in a randomized complete block design; five treatments with four replications. Monoculture and intercropping tree density were 10,000 and 20,000 plants/ha, respectively, basal diameter of main stem, total height and number of sprouts per tree were measured. Trees were pruned 1.0 m above the ground, first two cuts in dry season and the last two in rainy season. In each cut, fodder yield (kg DM/ha) were measured. Slow increase in height and diameter with a moderate resilience in number of sprouts in the species tested was found. The intercropping *G. ulmifolia* and *L. leucocephala*, obtained higher yields of forage between seasons (2,580.9 kg DM/ha) and accumulated (6,965.2 kg DM/ha), indicating that this combination is a viable option for improving fodder production. The accumulated fodder yield was higher in the rainy season.

**Key words:** fodder production, fodder species, growth, silvopastoral systems.

## 1. Introducción

Uno de los métodos de producción de forraje es la plantación de especies arbóreas de elevado rendimiento a densidades altas, en lo que se ha llamado "bancos forrajeros". Algunas leguminosas producen alimentos muy ricos en proteínas. En ciertas

circunstancias los árboles pueden producir más forraje que los cereales utilizados para la alimentación animal, caso del algarrobo de las zonas secas del norte de África. Muchos árboles forrajeros son originarios de zonas áridas y semiáridas, donde las condiciones del medio son difíciles para el cultivo de los pastos tradicionales; y en estos casos los ani-

males no podrían sobrevivir, por lo que el pastoreo depende exclusivamente de estos árboles (National Academy of Sciences, 1979).

La utilización de árboles forrajeros en sistemas agroforestales como bancos de proteína utilizados mediante el sistema de corte y acarreo ha sido vista como alternativa tecnológica para mantener o mejorar la productividad animal y la sostenibilidad (Solorio, 2005).

En muchas zonas de los trópicos subhúmedos y semiáridos, la producción ganadera se ve seriamente limitada por la escasez y la mala calidad de forraje durante la estación seca. El bajo contenido de proteína cruda es la limitación más común de la producción ganadera de los pastos nativos y algunos sistemas se han desarrollado para complementar o mejorar la ingesta de proteína cruda de los animales que pastorean en pastos nativos mediante el acceso, ya sea por temporadas o todo el año, para ello se establecen áreas sembradas de leguminosas arbóreas tropicales que forman lo que se conoce como un banco de proteínas. Esta forma de disposición de una alta calidad de forraje para el ganado se ha utilizado con éxito utilizando *Leucaena leucocephala* como suplemento alimenticio para el ganado en pastos nativos (Solorio y Solorio, 2002).

Las especies arbóreas forrajeras juegan un papel principal en la fertilidad de los suelos ya que incorporan nitrógeno atmosférico y reciclan cantidades importantes de nutrientes por medio de producción e incorporación de hojarasca al suelo (Chikowo *et al.*, 2006; Sileshi y Mafongoya, 2007). Estudios recientes indican que cuando crecen en callejones producen aproximadamente 20 t por ha de MS al año conteniendo alrededor de 358 kg de N, 28 kg de P, 232 kg de K, 144 kg de Ca (Palm, 1995). Leguminosas como *L. leucocephala* tienen la capacidad de liberar en un tiempo corto más del 50% del contenido total de nutrimentos como el N, K y el P cuando se incorporan al suelo (Bossa *et al.*, 2005), lo cual indica la excelente calidad de la biomasa que estas especies poseen para ser utilizadas en la recuperación de suelos degradados.

Russo y Botero (2005), señalan que las especies arbustivas y arbóreas lignifican principalmente en los tallos y no tanto en las hojas, como si ocurre en la mayoría de las gramíneas tropicales utilizadas para el pastoreo. De allí, la mayor estabilidad en la calidad nutricional del follaje de las especies

leñosas a través del tiempo, por otra parte, la cantidad de biomasa producida por los árboles forrajeros en un sistema silvopastoril será función de la densidad de plantación, el arreglo, las especies, la frecuencia y altura a la que se regule el corte. La remoción total o parcial del follaje también puede influir en el tiempo de recuperación.

El objetivo de este trabajo consistió en evaluar el comportamiento dasométrico y el rendimiento de forraje de tres especies arbóreas forrajeras asociadas y en monocultivo en un banco de forraje.

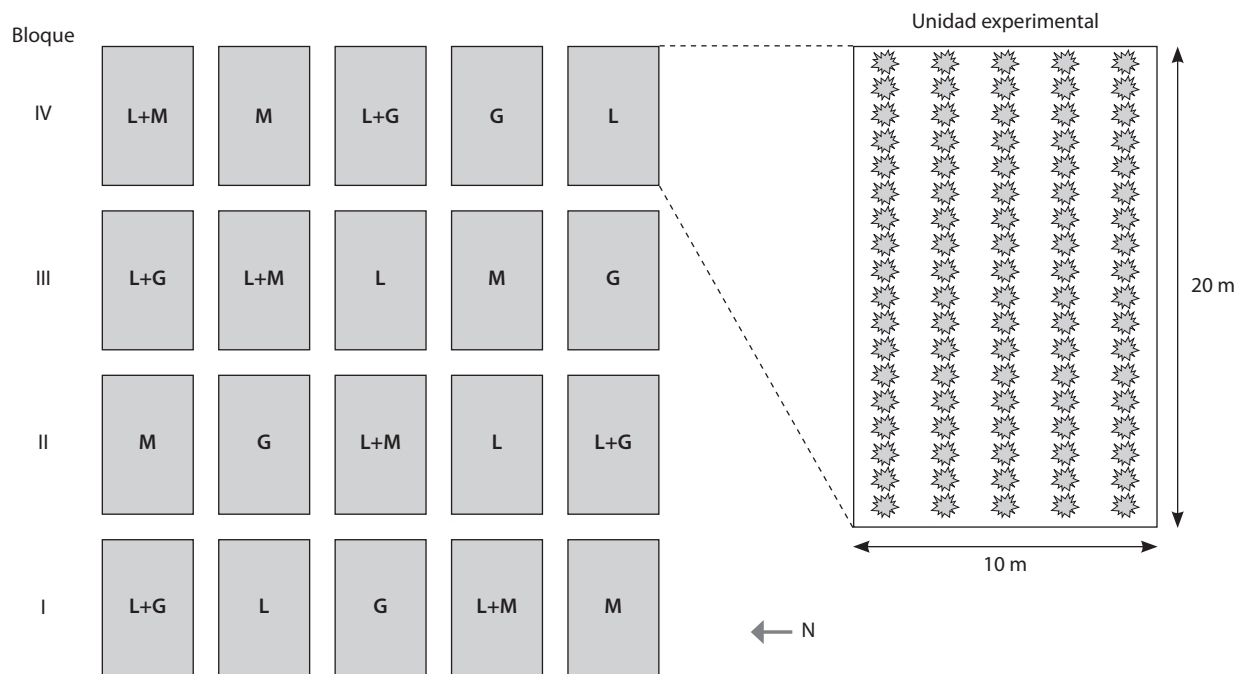
## 2. Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en el área de agroecología del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México, durante el periodo enero a octubre 2009. La zona presenta un clima  $Aw_0$  según la clasificación de Köppen con una precipitación promedio anual de 953 mm, concentrándose de junio a octubre el 82 % de las precipitaciones (García, 1988).

La temperatura media anual es de 26,5 °C, siendo el mes de abril el más caluroso donde se alcanzan temperaturas máximas de 38 °C y mínimas de 22,3 °C, el mes más frío es diciembre, con una temperatura máxima de 29,2 °C y una mínima de 18,8 °C. La humedad relativa varía de 66 %, en el mes de abril, a 85 %, en el mes de septiembre. Los suelos predominantes de esta zona son litosoles (tsek'el –nomenclatura maya-) con una moderada fertilidad con 1-1,5 % de carbono orgánico y un pH de 7,5 a 7,8, poco profundos con áreas rocosas y relativamente poco fértiles (Bautista *et al.*, 2005).

El área experimental tiene una historia de uso como sistema de corte y acarreo de forraje, el cual ha estado operando durante siete años. Las podas que se realizan son totales, en las que se remueve la mayor parte de toda la biomasa foliar (>90 % del follaje), cuatro veces al año; dos podas en época seca y dos en época de lluvias (Solorio, 2005). Las unidades experimentales se encuentran arregladas en un diseño de bloques completos al azar con 5 tratamientos y 4 bloques por tratamiento (Figura 1).

Las plantas fueron establecidas por trasplante, cuando alcanzaron 30 cm de altura aproximadamente. En total se establecieron veinte parcelas (5 parcelas por bloque) de 10 x 20 m con las especies



**Figura 1.** Arreglo experimental de las especies en estudio en el experimento. (L+M) *Leucaena leucocephala* en asociación con *Moringa oleifera*; (L+G) *Leucaena leucocephala* en asociación con *Guazuma ulmifolia*, (L) *Leucaena leucocephala* en monocultivo; (M) *Moringa oleifera* monocultivo y (G) *Guazuma ulmifolia* en monocultivo en Yucatán, México.

*L. Leucocephala* (Lam.) De Wit. *Guazuma ulmifolia* Lam. y *Moringa oleifera* Lam. ya sea en monocultivo o asociadas entre sí, fueron plantados en hileras a lo largo de la parcela, con una separación entre hileras de 2 m y entre plantas de 0,5 m, la densidad de plantas para el sistema asociado fue del doble en comparación con el monocultivo (10.000 y 20.000 plantas/ha, respectivamente), aunque la densidad por especie fue constante (10.000 plantas/ha). Cada parcela consta de cinco hileras, donde solamente tres hileras se considera la parcela útil. Así mismo, se realizan deshierbes dos veces al año y se aplica riego de auxilio en la época seca dos veces por semana.

La edad de los árboles del banco forrajero es de 7 años, para ello se realizó el conteo de sobrevivencia del ensayo y se determinó el tamaño de la muestra, mediante la fórmula de Scheaffer *et al.* (1993). Se seleccionaron en total 140 árboles y en cada unidad experimental se eligieron 5 árboles de cada especie cuando se hallaba en monocultivo y asociada, bajo el criterio de competencia completa. A cada árbol se le realizaron mediciones de diámetro basal del tallo principal (a 5 cm del suelo), altura

total (tomada a partir de la base del suelo hasta el ápice de la rama más alta del tallo principal) y el número de rebrotes por árbol.

A finales de enero y abril (época de sequía), julio y octubre (época de lluvias) de 2009 se podaron los árboles a una altura de 1,0 m sobre el nivel suelo, correspondiendo los dos primeros cortes a la época seca y los dos últimos a la época de lluvias. En cada corte, se cuantificó el rendimiento de forraje (kg MS/ha) y se tomaron muestras de follaje de aproximadamente 300g, que fueron separadas en componentes (hoja y tallo), y secadas a 60°C en una estufa de circulación de aire forzado hasta obtener un peso constante con la finalidad de cuantificar el contenido de materia seca (MS).

Los datos dasométricos y el producto de las podas se compararon mediante un análisis de varianza para medidas repetidas de acuerdo al diseño de bloques al azar con el programa Statgraphics© para Windows versión 5.1. Cuando se presentaron diferencias significativas se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey al 5% de error Tipo I.

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1 Crecimiento de los árboles

Se detectaron diferencias significativas entre las especies asociadas y en monocultivo ( $p \leq 0,05$ ). El cuadro 1, muestra la comparación múltiple, según el método de Tukey, de las medias de alturas, diámetros basales y número de rebrotes de los árboles del experimento, en cuatro ocasiones de medición.

En el cuadro 1, se observa que en la época de sequía las alturas estuvieron en el rango de 1,2 m y 1,0 m, tanto en los monocultivos como en las asociaciones. Por lo que se nota que esta variable no tuvo un efecto determinante sobre los arreglos del experimento.

Los diámetros basales presentaron diferencias significativas entre las especies estudiadas ( $p \leq 0,05$ ), se puede observar que cuando las especies se encuentran plantadas en monocultivo presentaron los mayores valores, entre 5,4 cm y 4,0 cm.

Por otra parte en las asociaciones el mayor valor correspondió a *G. ulmifolia* asociada con *L. leucocephala* y el menor a *M. oleifera* asociada con *L. leucocephala* (Cuadro 1).

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Casanova *et al.*, 2009 en un sistema agrosilvopastoril en condiciones fisiográficas similares, donde se observó que la asociación *L. leucocephala* y *G. ulmifolia*, obtuvo valores menores de altura y diámetro con respecto a las mismas especies en monocultivo, posiblemente debido a la fuerte com-

petencia entre ellas dado que poseen sistemas radicales análogos.

En cuanto al número de rebrotes, se observa que *G. ulmifolia* en monocultivo fue la especie de mayor capacidad de recuperación y la menor fue *M. oleifera*. La asociación de *G. ulmifolia* y *L. leucocephala*, fue la combinación con mejor capacidad de rebrote, a diferencia de la asociación de *M. oleifera* y *L. leucocephala*, que fue la menor (Cuadro 1).

Para la época de lluvias como se muestra el cuadro 1, se observaron diferencias significativas en las alturas de los árboles ( $p \leq 0,05$ ), *G. ulmifolia* presentó la mayor altura y *M. oleifera* la menor, cuando están en monocultivo. En las asociaciones la mayor altura correspondió a *G. ulmifolia* con *L. leucocephala* y la menor a *L. leucocephala* asociada a *M. oleifera*. Para este periodo el efecto de la variable altura también tuvo poco impacto ( $p \leq 0,05$ ).

El monocultivo de *G. ulmifolia* obtuvo el valor mayor diámetro basal, seguido de *M. oleifera* y el menor fue para *L. leucocephala*. En los arreglos asociados el mayor diámetro fue para *G. ulmifolia* con *L. leucocephala* y el menor para la asociación *M. oleifera* con *L. leucocephala*.

Asimismo, el número de rebrotes producidos fue mayor para *G. ulmifolia* en monocultivo y menor para *M. oleifera* en la misma condición, en las asociaciones *G. ulmifolia* con *L. leucocephala* tuvo mayor cantidad de rebrotes que *M. oleifera* asociada con *L. leucocephala*.

En ensayos realizados en Costa Rica, los árboles plantados en bancos forrajeros de *G. ulmifolia*

**Cuadro 1.** Variables dasométricas de especies arbóreas forrajeras asociadas y en monocultivo para la época de sequía y lluvias en Yucatán, México.

Especies	Época de Sequía			Época de Lluvias		
	Altura (m)	Diámetro (cm)	Nº Rebotes	Altura (m)	Diámetro (cm)	Nº Rebotes
<i>G. ulmifolia</i> monocultivo	1,2±0,02 <sup>a</sup>	5,4±0,15 <sup>a</sup>	33,1±2,54 <sup>a</sup>	1,4±0,05 <sup>ab</sup>	5,8±0,18 <sup>a</sup>	46,5±4,26 <sup>a</sup>
<i>G. ulmifolia</i> asociada <i>L. leucocephala</i>	1,2±0,03 <sup>a</sup>	3,8±0,24 <sup>bc</sup>	21,7±2,19 <sup>bc</sup>	1,5±0,07 <sup>a</sup>	4,6±0,22 <sup>bc</sup>	36,2±2,50 <sup>b</sup>
<i>L. leucocephala</i> monocultivo	1,2±0,03 <sup>a</sup>	4,0±0,21 <sup>bc</sup>	25,3±2,20 <sup>b</sup>	1,2±0,06 <sup>bc</sup>	4,5±0,21 <sup>bcd</sup>	24,4±1,99 <sup>c</sup>
<i>L. leucocephala</i> asociada <i>G. ulmifolia</i>	1,1±0,02 <sup>ab</sup>	3,4±0,26 <sup>c</sup>	14,3±1,23 <sup>d</sup>	1,2±0,07 <sup>c</sup>	3,9±0,26 <sup>cd</sup>	12,2±1,07 <sup>de</sup>
<i>L. leucocephala</i> asociada <i>M. oleifera</i>	1,1±0,02 <sup>ab</sup>	3,3±0,17 <sup>c</sup>	17,8±1,42 <sup>cd</sup>	1,1±0,06 <sup>c</sup>	3,9±0,14 <sup>cd</sup>	17,5±1,54 <sup>cd</sup>
<i>M. oleifera</i> monocultivo	1,0±0,02 <sup>b</sup>	4,6±0,31 <sup>c</sup>	6,4±0,79 <sup>e</sup>	1,1±0,06 <sup>c</sup>	4,9±0,31 <sup>ab</sup>	3,9±0,40 <sup>e</sup>
<i>M. oleifera</i> asociada <i>L. leucocephala</i>	1,1±0,01 <sup>b</sup>	3,2±0,24 <sup>ab</sup>	4,3±0,55 <sup>e</sup>	1,2±0,06 <sup>bc</sup>	3,7±0,22 <sup>d</sup>	3,8±0,46 <sup>e</sup>

Medias seguidas por la misma letra dentro de una columna no difieren significativamente ( $p \leq 0,05$ ).

alcanzaron alturas de 2,1 y 4,0 m y en diámetro 2,8 y 4,4 cm en lugares con calidad de sitio diferente (Catie, 2000). Por otra parte para Colombia, *G. ulmifolia* obtuvo alturas entre 1,0 y 1,9 m y diámetros entre 1,6 y 2,6 cm, asimismo *L. leucocephala* presentó alturas entre 1,6 y 3,0 m (Múnera, 2009), estos valores son superiores a los encontrados en el experimento. Por otra parte, Moreno y Narváez (2005), reportan para *M. oleifera*, valores de altura de 1,7 y 2,2 m y en diámetro de 2,3 y 2,8 cm, en una primera y segunda poda de un banco forrajero en Nicaragua, estos valores al compararlos son superiores para la altura e inferiores para el diámetro.

Comparando los dos periodos evaluados, se observó que la altura, diámetro y la capacidad de recuperación en número de rebrotes fue mayor en la época de lluvias. En forma general se puede indicar que el incremento de las variables evaluadas, entre las dos épocas del año fue muy bajo, comparado con los datos reportados en la literatura para ensayos similares (Salazar *et al.*, 1987; Catie, 1991), posiblemente debido a los regímenes de poda, a la densidad o a factores ambientales que afectan a las especies.

### 3.2 Rendimiento de Forraje

Se detectaron diferencias significativas entre épocas y entre las especies asociadas y en monocultivo ( $p \leq 0,05$ ). El cuadro 2, muestra la comparación múltiple, según el método de Tukey, de las medias de rendimiento de forraje de las especies en mono-

cultivo y asociadas en la época de sequía y lluvias y en los rendimientos acumulados para las dos épocas y las especies.

En el periodo de sequía se observa que, *G. ulmifolia* en monocultivo obtuvo el mayor rendimiento de forraje (1.876,1 kg MS/ha) y el menor *M. oleifera* (1.062,0 kg MS/ha). En las asociaciones, *G. ulmifolia* con *L. leucocephala* obtuvo el mayor valor con 2.053,6 kg MS/ha, mientras la asociación *M. oleifera* con *L. leucocephala*, el menor (74,2 kg MS/ha). Por otra parte para el periodo de lluvias se presentó la misma situación para las especies tanto en monocultivo como asociadas.

Sánchez *et al.* (2005), reportaron que el rendimiento de forraje de *L. leucocephala* al inicio y durante la época seca estuvo entre 596,8 y 1.382,4 kg MS/ha y para el periodo de lluvias estuvo entre 730,8 y 1.391,6 kg MS/ha. Estos rendimientos son menores que los obtenidos en este estudio y a los reportados en otras investigaciones (Francisco *et al.*, 1997; García *et al.*, 1997).

Moreno y Narváez (2005), en un estudio realizado en Nicaragua en dos podas en condiciones de clima tropical, reportan rendimientos de forraje de *M. oleifera*, de 1.265 y 2.327 kg MS/ha, valores superiores comparados con los resultados del presente estudio.

El rendimiento acumulado de forraje entre épocas mostró diferencias significativas y fue mayor para la época de lluvias. Por otra parte, en cuanto a especies la asociación *G. ulmifolia* y *L. leucocephala* obtuvo el mayor valor y el menor *M.*

**Cuadro 2.** Rendimiento de forraje (kg MS/ha) de tres especies arbóreas forrajeras asociadas y en monocultivo para la época de sequía y lluvias en Yucatán, México.

Especies	Sequía	Lluvias	Promedio
<i>G. ulmifolia</i> monocultivo	1876,1±441,6 <sup>a</sup>	2699,3±940,0 <sup>ab</sup>	2287,7±411,6 <sup>ab</sup>
<i>G. ulmifolia</i> asociada <i>L. leucocephala</i>	2053,6±1084,4 <sup>a</sup>	3108,1±713,2 <sup>a</sup>	2580,9±527,5 <sup>a</sup>
<i>L. leucocephala</i> monocultivo	1468,7±626,5 <sup>a</sup>	1560,7±430,2 <sup>ab</sup>	1514,7±46,0 <sup>abc</sup>
<i>L. leucocephala</i> asociada <i>G. ulmifolia</i>	813,6±455,4 <sup>ab</sup>	990,0±401,2 <sup>ab</sup>	901,8±88,2 <sup>cd</sup>
<i>L. leucocephala</i> asociada <i>M. oleifera</i>	916,5±145,8 <sup>a</sup>	810,6±201,5 <sup>ab</sup>	863,6±53,0 <sup>cd</sup>
<i>M. oleifera</i> monocultivo	1062,0±1062,0 <sup>ab</sup>	1390,7±754,3 <sup>ab</sup>	1226,4±164,4 <sup>bcd</sup>
<i>M. oleifera</i> asociada <i>L. leucocephala</i>	74,2±74,3 <sup>b</sup>	469,0±343,6 <sup>b</sup>	271,6±197,4 <sup>d</sup>

Medias seguidas por la misma letra dentro de una columna no difieren significativamente ( $p \leq 0,05$ ).

*oleifera* asociada con *L. leucocephala*, con valores de 2.580,9 y 271,6 kg MS/ha, respectivamente (Cuadro 2).

La figura 2, muestra el rendimiento acumulado de forraje por tratamiento, correspondiente al año 2009, se observa que *L. leucocephala* y *G. ulmifolia* asociadas (6.965,2 kg MS/ha) fue mayor que *G. ulmifolia* en monocultivo (4.575,4 kg MS/ha) y *L. leucocephala* en monocultivo (3.029,3 kg MS/ha), se puede inferir que la asociación puede mejorar considerablemente la producción de forraje al diferenciar dos tipos de alimentos, que podrían tener un impacto positivo en la alimentación de los rebaños.

Por otra parte en la misma figura se observa que la asociación *M. oleifera* y *L. leucocephala*, no mostró un rendimiento significativo (2.270,2 kg MS/ha), comparado cuando éstas especies están en monocultivo.

Es importante destacar que la asociación de especies leñosas puede incrementar el rendimiento y la calidad de forraje, sin embargo es importante detectar los efectos benéficos y perjudiciales entre los componentes, para minimizar la influencia de los efectos negativos en la productividad del sistema. Casanova (2007) y Casanova *et al.* (2009), señalan que la asociación de especies leñosas actúa recíprocamente de muchas formas, desde una severa competencia, hasta la complementación y/o facilitación. Incluso, donde se presenta competencia; puesto que ésta no es necesariamente negativa para el sistema en su totalidad, ya que pueden presentarse mejoras en el uso de los recursos del suelo.

#### 4. Conclusiones

Se determinaron bajos incrementos en los valores de altura y diámetro, además de una capacidad moderada de recuperación en el número de rebrotes en los dos periodos evaluados. En ambas épocas de evaluación (sequía y lluvias), la asociación *G. ulmifolia* y *L. leucocephala*, obtuvo los mayores rendimientos de forraje, consecuentemente el mayor rendimiento de forraje acumulado en el año, lo que indica que esta combinación puede ser una opción viable para mejorar la producción de forraje. El rendimiento de forraje acumulado fue mayor en la época de lluvias.

#### 5. Agradecimientos

A la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, financiadora de los estudios doctorales de la Profa. Judith Petit Aldana, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México y al personal técnico del área de forrajes del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la UADY.

#### 6. Referencias bibliográficas

- BAUTISTA, F., D. PALMA-LÓPEZ y W. HUCHIN-MALTA. 2005. Actualización de la clasificación de los suelos del estado de Yucatán. In: *Caracterización y Manejo de los Suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones Agropecuarias, Forestales y Ambientales*. F. Bautista y G. Palacio (eds.). Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán. Yucatán, México. 105-122 pp.
- BOSSA, J. R., J. F. ADAMS, D. A. SHANNON y G. L. MULLINS. 2005. Phosphorus and potassium release pattern from leucaena leaves in three environments of Haiti. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 73: 25-35.
- CASANOVA, L.F., M.A. CAAMAL, S.F.J. SOLORIO y C.J. CASTILLO. 2009. Comportamiento agronómico de *Leucaena leucocephala* y *Guazuma ulmifolia* asociadas y en monocultivo. 1<sup>er</sup> Congreso Internacional de Agronomía Tropical y 2<sup>do</sup> Simposio Nacional Agroalimentario. 28 al 30 de septiembre de 2009. Villahermosa, Tabasco, México.
- CASANOVA, L. F. 2007. Efecto de la poda sobre la biomasa foliar y radicular en especies leñosas en monocultivo y asociación. Trabajo de grado. Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Yucatán, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Yucatán. Mérida, México. 265 p.
- CATIE, 1991. *Leucaena leucocephala (Lam de Wit): especie de árbol de uso múltiple en América Central*. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. Serie Técnica N° 166. Turrialba, Costa Rica. 60 p.
- CATIE, 2000. *Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina*. Volumen I. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 44 p.
- CHICOWO, R., P. MAPFUMO, P.A. LEFFELAAR y K.E. GILLER, K.E. 2006. Integrating legumes to improve N cycling on smallholder farms in sub-humid Zimbabwe: resource quality, biophysical and

- environmental limitations. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 76: 219-231.
- FRANCISCO, G., L. SIMÓN L. y M. SOCA. 1997. Efecto de tres alturas de corte en el rendimiento de biomasa de *Leucaena leucocephala* CV. CNIA-250. *Pastos y forrajes* 21 (4): 25-47.
- GARCÍA, A.L., T. CLAVERO, R. RAZZ, D. ESPARZA, O. MAVARES y L. TERAN. 1997. Efecto de diferentes láminas de riego sobre el crecimiento vegetativo de la *Leucaena leucocephala*. (Lam.) De Wit. *Rev. Fac. Agron.* 17: 78-89.
- GARCÍA, E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlos a las condiciones de la República Mexicana*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 298 p.
- MORENO, J.C. y O.J. NARVAEZ. 2005. Evaluación de la producción de forraje de *Moringa oleifera* (Lam), *Cnidocolus aconitifolium* (Mill) L.M. Johnst y *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit, para banco proteico en Pacora, San Francisco Libre. Trabajo de grado. Ciencias Forestales, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. 52 p.
- MÚNERA, J. 2009. Establecimiento y evaluación de *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala* y *Guazuma ulmifolia*, como bancos de proteína en la región de Santafé de Antioquia (bs-T). En línea: <http://www.agronet.gov.co> [Consultado: 02/01/2010].
- NATIONAL ACADEMIC OF SCIENCES. 1979. *Tropical legumes: resources for the future*. NAS, Washington D.C., USA. 331 p.
- PALM, C.A. 1995. Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants. *Agroforestry systems* 30: 105-124.
- RUSSO, R. y R. BOTERO. 2005. El componente arbóreo como recurso forrajero en los sistemas silvopastoriles. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda, EARTH, San José, Costa Rica. En línea: <http://www.produccion-animal.com.ar> [Consultado: 02/01/2010].
- SÁNCHEZ, A., C. ROMERO, C. ARAQUE y R. FLORES. 2005. Producción de materia seca de *Leucaena leucocephala* a diferentes edades de corte y épocas del año bajo un sistema de riego artesanal. *Zootecnia Tropical* 23 (1): 45-62.
- SALAZAR, R., W. PICADO y L. UGALDE. 1987. *Comportamiento de la Leucaena en Costa Rica*. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, Serie Técnica N° 115. Turrialba, Costa Rica. 50 p.
- SILESHI, G. y P.L. MAFONGOYA. 2007. Quantity and quality of organic inputs from coppicing leguminous trees influence abundance of soil macrofauna in maize crops in eastern Zambia. *Biology Fertility Soils* 43: 333-340.
- SOLORIO, F.J. y B. SOLORIO. 2002. Integrating fodder trees in to animal production systems in the tropics. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 1: 1-11.
- SOLORIO, S. F. J. 2005. Soil fertility and nutrient cycling in pure and mixed fodder bank systems using leguminous and non/leguminous shrubs. PhD Thesis, Institute of Atmospheric and Environment Science, Edinburgh, Scotland. 200 p.
- SCHEAFFER, R. L., W. MENDENHALL y L. OTT. 1993. *Elementos de muestreo*. Grupo Editorial Iberoamericana. México. 321 p.