

ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN ANIMAL

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Producción de forraje y respuesta de cabras en crecimiento en arreglos silvopastoriles basados en *Guazuma ulmifolia*, *Leucaena leucocephala* y *Crescentia cujete*

Forage production and growing goats' response under silvopastoral systems based on Guazuma ulmifolia, Leucaena leucocephala and Crescentia cujete

Gustavo Rodríguez Fernández¹, Belisario Roncallo Fandiño²¹ M.V.Z. Investigador. Corpoica C.I. Motilonia, Agustín Codazzi, Cesar, Colombia. grodriguezfc@corpoica.org.co² M.V.Z. MSc. Investigador Máster. Corpoica, C.I. Motilonia, Agustín Codazzi, Cesar, Colombia. broncallo@corpoica.org.co

Fecha de recepción: 15-04-2013

Fecha de aceptación: 20-05-2013

ABSTRACT

Grass monoculture, besides being unnatural to goat's natural eating habits, exhibits low forage production during the dry season, with negative impacts on animal productivity. This research aimed to determine the productive advantages of silvopastoral system arrangements in goat production. A completely randomized design with repeated measurements through time was used. Six treatments were evaluated: kikuyina grass monoculture (*Bothriochloa pertusa*) and guinea grass monoculture (*Panicum maximum* cv. Tanzania) as control groups; guacimo (*Guazuma ulmifolia*) based silvopastoral arrangement; calabash (*Crescentia cujete*) based silvopastoral arrangement; lead tree (*Leucaena leucocephala*) based silvopastoral arrangement; and a mixed based silvopastoral arrangement (guacimo, calabash and leucaena). The information was processed with analysis of variance. The results showed increased forage production in silvopastoral arrangements vs. *Bothriochloa pertusa* monoculture. The greater increase in height ($p < 0.05$) at 9-14 months of age, was obtained with the leucaena silvopastoral arrangement. All silvopastoral arrangements showed forage yield advantages compared to *B. pertusa*. The higher dry matter production of guinea grass is highlighted. Overall weight gain of the growing goats was low; nevertheless, a differential response between treatments was observed. Silvopastoral arrangements had the highest ($p < 0.05$) weight gain (22.5 to 33.6 g/animal per day) relative to the guinea grass monoculture (13.2 g/animal per day). The growing goats had higher percentages of estrus and pregnancy in the mixed system (66.7%) and those based on guacimo (66.7%) and on lead tree (55.6%).

Key words: goats, animal performance, weight gain, monoculture, silvopastoral systems.

RESUMEN

El monocultivo de gramíneas, además de no ajustarse a los hábitos alimenticios naturales de los caprinos, presenta una deficiente producción de forraje durante la época de sequía, con repercusiones negativas sobre la productividad animal. Se determinaron las ventajas productivas de los arreglos silvopastoriles para sistemas de producción caprinos. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con medidas repetidas en el tiempo. Se evaluaron seis tratamientos: monocultivo de pasto kikuyina (*Bothriochloa pertusa*) y monocultivo de pasto guinea (*Panicum maximum* cv. Tanzania) como testigos; y cuatro arreglos basados en guácimo (*Guazuma ulmifolia*); totumo (*Crescentia cujete*); leucaena (*Leucaena leucocephala*); y mixto (guácimo, totumo, leucaena). Las informaciones obtenidas se sometieron a análisis de varianza. Los resultados revelaron mayor producción de forraje en los arreglos silvopastoriles en relación con el monocultivo de *Bothriochloa pertusa*. El mayor ($p < 0,05$) crecimiento en altura, de 9 a 14 meses de edad, correspondió a leucaena. Los arreglos asociados presentaron ventajas en producción de forraje comparado con *B. pertusa*. Se destaca la más alta producción de materia seca de pasto guinea. La ganancia de peso de las cabras en crecimiento fue baja; sin embargo, se observó una respuesta diferenciada por los tratamientos. Los arreglos silvopastoriles presentaron las mayores ($p < 0,05$) ganancias de peso (22,5 a 33,6 g/animal al día) en relación con el monocultivo pasto guinea (13,2 g/animal al día). Las cabras en crecimiento presentaron mayores porcentajes de celo en los tratamientos mixto (66,7%), y los basados en guácimo (66,7%) y en leucaena (55,6%).

Palabras claves: caprinos, desempeño animal, ganancia de peso, monocultivo, sistemas silvopastoriles.

INTRODUCCIÓN

Los déficits hídricos presentados en la región Caribe seca (de 600 a 1500 mm/año) conducen a una baja producción de biomasa de las gramíneas adaptadas y predominantes, ocasionando una deficiente oferta de alimento para los animales entre ellos los caprinos, con notables repercusiones sobre la producción y reproducción de los rebaños; además, la calidad de las gramíneas en el trópico se reduce considerablemente en las épocas de sequías, acarreando problemas de nutrición que se reflejan finalmente en la disminución de los ingresos de los productores.

De otra parte, en los sistemas de producción modales de la región la única fuente de alimento para los rumiantes es el pastoreo con amplio predominio del monocultivo de gramíneas, lo cual no se ajusta a los hábitos alimenticios naturales de los caprinos y ovinos, quienes demandan el consumo de especies vegetales diversas.

La introducción de árboles y arbustos en los potreros pretende mejorar la oferta de alimento, principalmente durante la época de sequía debido a que son especies adaptadas a las condiciones de suelo y clima de la región lo que permite garantizar con alta probabilidad su sobrevivencia, persistencia y crecimiento de moderado a relativamente rápido. La producción animal estará favorecida con el incremento en la oferta de follaje de estas especies de comprobada palatabilidad y de moderado a alto valor nutricional, proporcionando condiciones favorables para el incremento de la respuesta productiva de los animales.

La inclusión de especies nativas brinda la posibilidad de mejorar el conocimiento del potencial productivo de un recurso forrajero que forma parte del patrimonio genético y que puede contribuir con soluciones tecnológicas demandadas por los productores. Es limitado el conocimiento sobre la productividad del *Crescentia cujete* y *Guazuma ulmifolia* asociados con diferentes gramíneas tropicales (Manríquez, 2010).

En los arreglos silvopastoriles se presentan interacciones de diversa complejidad y magnitud, las cuales son determinantes en sus funciones; los factores abióticos (luz, agua, nutrientes, temperatura, etc.) y bióticos (animales, plantas, organismos vivos edáficos, otros agentes vivos, etc.) interactúan de diversas formas, produciendo efectos variables (Fernández *et al.*, 2007; Rusch y Skarpe, 2009). Para administrar en forma sostenible la diversidad

biológica, es importante entender los factores que influyen en la habilidad de los organismos para coexistir dentro de un área determinada (Abbott, 2006).

El objetivo del presente trabajo fue diseñar, aplicar y evaluar arreglos silvopastoriles basados en *G. ulmifolia*, *C. cujete* y *L. leucocephala* para el sistema de producción caprina con el propósito de determinar cuál ofrece mayores ventajas productivas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el centro de investigación Motilonia, localizado a 10°11'N y 73°15'O, ubicada en el municipio Agustín Codazzi (Cesar), perteneciente a la zona agroecológica Cj y clasificada según Holdridge como formación vegetal bosque seco tropical.

Diseño de los arreglos silvopastoriles

Los arreglos a evaluar se diseñaron con base en fuentes secundarias registradas en informaciones de la literatura, en conocimientos obtenidos previamente en la región, en los problemas a resolver y en los objetivos trazados.

Tratamientos evaluados

Los tratamientos evaluados fueron los siguientes: 1. monocultivo de pasto kikuyina (*Bothriochloa pertusa*) predominante en la zona (mb); 2. Monocultivo de pasto guinea (*Panicum maximum* cv. Tanzania) (mp); 3. Arreglo basado en guácimo (*G. ulmifolia*) (ag); 4. Arreglo basado en totumo (*C. cujete*) (ac); 5. Arreglo basado en leucaena (*L. leucocephala*) (al); 6. Arreglo mixto basado en guácimo, totumo y leucaena.

En los arreglos evaluados, las especies arbóreas se ubicaron espacialmente 2 m de distancia entre ellas, en filas dobles de 1 m entre surcos; las dobles filas se separaron por un espacio de 4 m donde se estableció *Panicum maximum* cv. Tanzania. En el tratamiento mixto, se intercalaron dobles filas de cada especie.

En todos los tratamientos que involucraron especies arbóreas, se utilizó la misma disposición espacial y la siembra se realizó en la misma época, con una densidad poblacional de 600 plantas por repetición (3000 m²), las cuales se establecieron en dirección este-oeste, con el propósito de hacer el mejor aprovechamiento de la luz solar y minimizar la posible competencia por este factor.

Cada tratamiento se estableció en un área total de 9000 m², es decir, cada repetición tuvo una extensión de 3000 m²; el área total experimental fue de 5,4 hectáreas.

Establecimiento, manejo de los viveros y trasplante

El proceso se inició en el primer semestre del año con el establecimiento de los viveros de las especies arbóreas que formaron parte de los distintos tratamientos; posteriormente, al inicio del período de lluvias, los materiales se trasplantaron a los sitios definitivos de acuerdo con los diseños preestablecidos.

Se realizó la siembra de las diferentes especies en bolsas plásticas con capacidad de un kilogramo de suelo. La desinfección del suelo se realizó ubicando el suelo bajo carpa de polipropileno expuesta al sol durante tres semanas (solarización); en el proceso de establecimiento y manejo del vivero se implementó la siembra, resiembras, riego, control de malezas y de insectos hasta cuando las plantas alcanzaron el crecimiento necesario para realizar el trasplante al sitio definitivo y las condiciones de humedad del suelo lo permitieron.

Se sembraron dos semillas de guácimo y leucaena en cada bolsa a una profundidad de 0,2 a 0,5 cm, previa inclusión en agua en punto de ebullición durante 3-4 minutos; la semilla de totumo se sembró a 0,5 cm de profundidad sin sumersión en agua caliente.

Análisis químico y físico del suelo

En el inicio se realizó un análisis químico completo en el perfil de 0 a 50 cm de profundidad, para lo cual se aplicaron los métodos descritos en el manual de suelos del ICA (1989).

En el análisis físico se determinaron en el laboratorio la textura, por el método del hidrómetro, la densidad aparente, por el método del anillo de volumen conocido, la porosidad mediante las densidades real y aparente, y la infiltración por la técnica de los anillos infiltrómetros; todas las determinaciones se realizaron en tres repeticiones.

Pruebas de germinación de las semillas de las arbóreas

Se realizaron pruebas de germinación en las dos especies nativas, utilizando cuatro repeticiones y 100 semillas por repetición. Las semillas para las pruebas de germina-

ción del totumo (*C. cujete*) y del guácimo (*G. ulmifolia*) se cosecharon entre 15 y 20 días antes de iniciar el estudio. En las dos especies, las semillas sin escarificar de frutos maduros, se utilizaron en las pruebas, y en el caso de guácimo también se realizó una prueba con las semillas después de introducir las durante 3 a 4 minutos en agua hirviendo y posterior retiro de la sustancia mucilaginosa que la recubre, mediante lavado con agua. La toma de información se realizó a los 10, 17 y 24 días después de la siembra.

Crecimiento de las arbóreas

Para determinar el crecimiento de las arbóreas se evaluó la altura y el diámetro del tallo de estas especies a los seis meses de trasplantadas al sitio definitivo, tiempo en el cual tenían una edad de nueve meses teniendo en cuenta los tres meses de desarrollo de las plantas en el vivero; la evaluación se realizó en el período comprendido del mes 9 al 14.

Producción de materia seca, composición botánica y valor nutricional del forraje

Antes de iniciar el pastoreo

Antes de iniciar el pastoreo se realizó un experimento para determinar la producción de materia seca y valor nutricional del forraje a las 8, 12 y 16 semanas de corte, aplicando un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones.

Durante el pastoreo de las cabras en crecimiento

Una vez establecidos los materiales, se practicó un corte de uniformización y se evaluaron en sitios fijos seleccionados al azar, las siguientes variables:

- Composición botánica: en cinco sitios de cada tratamiento se determinó en períodos de mínima y máxima precipitación, aplicando la metodología descrita por Toledo y Shultz-Kraft (1982).
- Valor nutricional: se determinó en las arbóreas y gramíneas en épocas de mínima y máxima precipitación en los diferentes tratamientos. Se evaluó el contenido de materia seca (AOAC, 2005), proteína cruda por el método de Kjeldahl (AOAC, 2005), fibra detergente neutro (Van Soest *et al.*, 1991), extracto etéreo (AOAC, 2005) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (Tilley y Terry, 1963).
- Producción de materia seca: en todos los materiales forrajeros se determinó la producción de materia seca en épocas de máxima y de mínima precipitación, según metodología descrita por t'Mannetje (1978);

el material cosechado en las arbóreas se separó en las fracciones comestibles y no comestibles. La fracción fina o comestible se consideró la conformada por follaje, pecíolos y tallos menores de 6 mm de grosor. Con base en la producción de materia seca obtenidas en las distintas especies se determinó una relación gramíneas:arbóreas en los tratamientos.

Respuesta animal

En la evaluación de la respuesta animal se utilizó un diseño experimental completamente al azar con medidas repetidas en el tiempo. Cincuenta y cuatro cabras en crecimiento provenientes de la misma área geográfica, homogéneas en sus características de peso, edad, condición reproductiva vacía y cruce racial se distribuyeron al azar en seis tratamientos, utilizando nueve animales por tratamiento.

A los animales seleccionados se les aplicó un plan de control de parásitos gastrointestinales y de prevención contra enfermedades infectocontagiosas; así mismo, se hizo manejo de pezuñas. Durante la fase experimental se suministró sal mineralizada y agua a voluntad.

En el experimento, los animales se pesaron individualmente cada catorce días, previo ayuno de doce horas. Se realizó un diagnóstico de preñez inicial utilizando un equipo de ultrasonido a cada una de las cabras en crecimiento involucradas en el experimento; se hicieron observaciones diarias para detectar la presentación de calores y se realizó un diagnóstico de preñez con el equipo de ultrasonido para confirmar la gestación a los noventa días.

A los reproductores se les realizó evaluación reproductiva mediante análisis espermático antes de la fase de apareamiento, la cual consistió en la inclusión diaria de estos en todos los tratamientos durante 30 días; los reproductores se mantuvieron apartados del rebaño en potreros distanciados a 250 metros de las cabras en crecimiento involucradas en el experimento.

Las cabras en crecimiento pastorearon en las áreas asignadas para cada tratamiento utilizando un sistema rotacional con períodos de descanso y ocupación según la época evaluada. En la época de mínima precipitación se utilizó una rotación de nueve días de ocupación y 72 de descanso, usando nueve áreas de pastoreo de 1000 m² cada una; en la época de máxima precipitación se utilizó

una rotación de nueve días de ocupación y 45 de descanso, en seis áreas experimentales de 1000 m² cada una.

Las informaciones de ganancia de peso e indicadores reproductivos obtenidas se analizaron con estadística descriptiva y varianza, aplicando el test de Tukey a un nivel de 5% de probabilidad en la comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis físico-químico del suelo

El análisis químico inicial del suelo revela un bajo contenido de materia orgánica, sodio, magnesio, manganeso y cinc; presenta una concentración media de potasio y boro, y altos contenidos de fósforo, calcio, hierro, cobre y azufre; el pH se cataloga ligeramente ácido (tabla 1). Los resultados indican, en términos de textura y de propiedad química, que son representativos de los suelos de la microrregión valle del Cesar.

Tabla 1. Análisis químico del suelo en el lote seleccionado. Centro de investigación Motilonia

Indicadores	Resultados
Textura	Franco arcilloso
pH	6,25
Materia orgánica (%)	1,41
Fósforo (ppm)	123,4
Azufre (ppm)	43,4
Calcio (meq/100 g suelo)	6,1
Magnesio (meq/100 g suelo)	1,41
Potasio (meq/100 g suelo)	0,27
Sodio (meq/100 g suelo)	0,48
Saturación bases	8,26
Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	0,67
Sodio (%)	5,81
Hierro (ppm)	75,3
Boro (ppm)	0,34
Cobre (ppm)	7,56
Manganeso (ppm)	2,40
Cinc (ppm)	1,3

La densidad aparente de 1,58 g/cm³, la porosidad de 39,5% y la infiltración de 2,0 mm/hora para un suelo de textura franco arcillosa y materia orgánica de 1,41 % (tabla 2), revelan un suelo con un grado de compactación media que requiere ser recuperado con labranza profunda y adición de abono verde. Sin embargo, se optó por la siembra directa por varias razones: 1. La compactación no es severa. 2. Se puede disminuir los costos que implica la preparación con cinceles debido a que la investigación está dirigida a un sistema de producción de economía campesina. 3. En el transplante al sitio definitivo de las arbóreas es necesario remover el suelo en la apertura de los huecos para la siembra y por tanto hay un aflojamiento y dispersión de las partículas de suelo. 4. Los árboles y las gramíneas son aportantes indirectos de materia orgánica mediante la excreción en las heces de este compuesto y complementan la función biológica que a mediano plazo contribuyen a mejorar las condiciones físico-químicas del suelo.

Tabla 2. Densidad aparente, porosidad e infiltración del suelo. Centro de Investigación Motilonia, Codazzi, Cesar

Profundidad (cm)	0-50
Promedio densidad aparente (g/cm³)	1,58
Promedio porosidad (%)	39,5
Infiltración (mm/hora)	2,0

Pruebas de germinación

Los resultados revelan una tendencia de mayor porcentaje de germinación de las semillas de totumo comparada con las de guácimo en los tres tiempos de realizada la toma de información. En ambas especies se observó un mejoramiento de la germinación en función del tiempo, siendo mayor a los 17 y 24 días, en relación con 10 días.

Tabla 3. Prueba de germinación de las semillas de *C. cujete*, *G. ulmifolia* sin escarificar y *G. ulmifolia* escarificada

Tiempo de lectura	<i>Crescentia cujete</i>	<i>G. ulmifolia</i> sin escarificar	<i>G. ulmifolia</i> escarificada
10 días	86,0 ± 2,64 b	29,8 ± 2,62 b	55,3 ± 5,12 c
17 días	91,0 ± 3,55 a	41,3 ± 4,99 a	71,7 ± 9,35 b
24 días	94,0 ± 2,58 a	44,3 ± 4,34 a	82,0 ± 2,16 a

Medias con la misma letra en las columnas son similares, prueba de DMS al 5%.

De otra parte, la germinación de las semillas de guácimo mejoró con el tratamiento de sumergirla en agua caliente y el retiro de la sustancia mucilaginoso con agua (tabla 3).

El promedio total obtenido en las tres informaciones tomadas en la prueba de germinación de *C. cujete* (90,3%) fue superior a la presentada por las semillas de *G. ulmifolia* sin escarificar (38,4%) y escarificada (69,3%). Los resultados en los porcentajes de germinación de *G. ulmifolia* escarificada son similares a los reportados en otros estudios: 70% – 80% (García *et al.*, 2009) y 75% - 80% (CATIE, 2003). En pruebas de germinación con semilla de guácimo sin tratamiento de escarificación la tasa de germinación es baja (Villarruel *et al.*, 2007; Hermosillo *et al.*, 2008), así como se evidenció en el presente trabajo; sin embargo, Manríquez *et al.*, (2007) sugieren que cinco minutos en agua a 80 °C es un tratamiento suficiente para garantizar una buena germinación.

Crecimiento de las arbóreas

El crecimiento tuvo un comportamiento diferente en cada especie; en el período evaluado el incremento en altura fue de 155, 115 y 101 cm en leucaena, totumo y guácimo, respectivamente; el mayor crecimiento en altura a los 14 meses de edad ($p < 0,05$) correspondió a leucaena; las diferencias encontradas en esta variable no fueron significativas ($p > 0,05$) entre totumo y guácimo. Los incrementos en altura en este período equivalen a 31, 23 y 20,2 cm/mes en leucaena, totumo y guácimo, respectivamente (tabla 4).

En esta investigación, el crecimiento del guácimo registrado en altura, en el período de 36 a 56 semanas fue superior a los datos reportados por Ascencio (2008) con esta especie a las 47 semanas de edad, quien registró alturas de 127,3±35,3; 118,0±22,8; 77,1±17,6; 76,7±19,2 cm en cuatro localidades diferentes; no obstante, en ambos estudios la variable altura sigue un incremento lineal.

Tabla 4. Altura (cm) de arbóreas establecidas en arreglos silvopastoriles. Centro de Investigación Motilonia, Codazzi, Cesar

Mes	Leucaena	Totumo	Guácimo	Leucaena + Guinea	Totumo + Guinea	Guácimo + Guinea
9	139 ^a	96 ^c	97 ^c	118 ^b	102 ^c	98 ^c
10	214 ^a	135 ^d	130 ^d	195 ^b	148 ^c	138 ^{cd}
11	272 ^a	165 ^c	172 ^c	233 ^b	178 ^c	163 ^c
12	274 ^a	174 ^c	174 ^c	238 ^b	182 ^c	166 ^c
13	288 ^a	201 ^d	184 ^e	262 ^b	221 ^c	181 ^e
14	294 ^a	211 ^{cd}	198 ^{de}	270 ^b	224 ^c	189 ^e

Medias seguidas en sentido horizontal por letras diferentes son significativas, prueba de Tukey a un nivel de 5%.

En lo que respecta al incremento del diámetro del tallo en este mismo período (de 9 a 14 meses) se observa que el menor crecimiento ($p < 0,05$) se obtuvo en leucaena (1,7 cm); los mayores incrementos se presentaron en totumo (2,9 cm) y guácimo (2,7 cm) (tabla 5). Los incrementos relacionados corresponden a 0,58, 0,54 y 0,34 cm/mes en totumo, guácimo y leucaena, respectivamente.

Ascencio (2008) reportó variaciones en el diámetro del guácimo en las cuatro localidades donde se desarrolló el estudio ($3,3 \pm 1,0$; $2,7 \pm 0,8$; $2,2 \pm 0,6$; $2,1 \pm 0,6$ cm), siendo en una de ellas similar al observado en el presente trabajo; la misma tendencia registró Múnera (2009), con valores de 1,58, 2,21 y 2,64 cm, a las 23, 29 y 35 semanas de edad. En esta variable se sigue un incremento lineal.

Las diferencias observadas en el crecimiento en la altura y en el diámetro entre los distintos materiales es atribuido a un efecto genético de cada especie y a la interacción con el medio ambiente.

Producción de materia seca

La producción de materia seca a las ocho semanas de edad de rebrote fue similar en todas las especies evaluadas ($p > 0,05$); a las 12 semanas fue similar ($p > 0,05$) en los tratamientos basados en las especies guácimo, leucaena y en el tratamiento mixto (guácimo, totumo y leucaena); la especie totumo presentó la menor producción por hectárea. A las 16 semanas, el guácimo registró la mayor ($p < 0,05$) producción de materia seca por hectárea, seguida por leucaena, el tratamiento mixto y el totumo (tabla 6).

La alta producción de materia seca del guácimo corrobora el potencial forrajero de esta especie nativa no leguminosa (Carmona, 2007, Manríquez *et al.*, 2011, Giraldo, 1998) como otra alternativa forrajera para utilizar en sistemas de producción de rumiantes (Villa *et al.*, 2009). El totumo (*C. cujete*) se ha identificado como una arbórea forrajera de uso actual o potencial en sistemas silvopastoriles en zonas tropicales (Russo y Botero, 2005).

Tabla 5. Diámetro de tallo (cm) de arbóreas establecidas en arreglos silvopastoriles. Centro de Investigación Motilonia, Codazzi, Cesar

Mes	Leucaena	Totumo	Guácimo	Leucaena + Guinea	Totumo + Guinea	Guácimo + Guinea
9	1,4 ^b	1,7 ^a	1,8 ^a	0,9 ^c	1,8 a	1,5 ^b
10	2,1 ^c	2,5 ^b	2,9 ^a	2,0 ^c	2,9 a	2,8 ^a
11	2,8 ^c	3,6 ^b	4,0 ^a	2,4 ^d	3,5 ^b	3,6 ^b
12	2,8 ^c	3,8 ^{ab}	4,1 ^a	2,3 ^d	3,7 ^b	3,7 ^b
13	2,8 ^b	4,4 ^a	4,2 ^a	2,7 ^b	4,3 a	4,1 ^a
14	3,1 ^b	4,6 ^a	4,5 ^a	3,0 ^b	4,4 ^a	4,3 ^a

Medias seguidas en sentido horizontal por letras diferentes son significativas, prueba de Tukey a un nivel de 5%.

Tabla 6. Producción de materia seca (kg/ha) de la fracción comestible en los diferentes tratamientos evaluados

Tratamiento	Edad de rebrote (semanas)		
	8	12	16
Guácimo	352,7	625,0ab	1311,6a
Leucaena	305,1	728,8a	1135,5b
Totumo	235,7	281,7b	689,2d
Mixto arbóreas	195,0	602,1ab	1031,4c

Medias seguidas en sentido vertical por letras diferentes son significativas, prueba de Tukey a un nivel de 5%.

Composición química

En todas las edades de rebrote evaluadas, la leucaena presentó la mayor concentración de proteína cruda comparada con las demás especies. La concentración de proteína disminuye a medida que aumenta el tiempo de rebrote; esta tendencia guarda similitud con el comportamiento normal de especies gramíneas tropicales, en las cuales se presenta una correlación negativa entre estas dos variables.

En la presente investigación la leucaena y el guácimo presentaron contenidos de proteína inferiores a los reportados en el estudio de Sosa *et al.* (2004), en el cual indicaron contenidos de 30% y 19% de proteína cruda en estas especies forrajeras, respectivamente. Sin embargo, los contenidos de proteína cruda en la leucaena fueron superiores a los registrados en el estudio de Pinto *et al.* (2004), donde se determinó una concentración de 10,4% para la leucaena; entre tanto, el contenido proteico del guácimo en el presente estudio fue inferior al revelado (20,1%) por Pinto *et al.* (2004). La variación en los contenidos de proteína cruda encontradas en estas especies en los diferentes estudios está influenciada

principalmente por diferencias determinadas por la especie y la edad de madurez de la planta.

Respecto al contenido de proteína cruda del guácimo, varios autores (Ascencio, 2008; López, 2008) registraron contenidos de 12,0% a 19,0% y de 14,0% a 17,0%, respectivamente, los cuales coinciden con los obtenidos en el presente estudio. La concentración de proteína cruda de la leucaena en las edades de 8 y 12 semanas de rebrote está acorde con los resultados registrados en el estudio de Carmona (2007), en el cual reporta contenidos entre 25% y 28%.

La evolución de la concentración de proteína cruda de las 8 a las 16 semanas de rebrote presenta una reducción de su contenido en 2,6%, 1,8% y 5,3% en el guácimo, totumo y leucaena, respectivamente. Aunque se observa descenso en la concentración de este nutriente en función de la edad de rebrote, puede afirmarse que la diferencia no es marcada, teniendo en cuenta que se comparan plantas con diferencias de 56 días de rebrote. Comparadas con las gramíneas tropicales, se aprecia que se deteriora menos su contenido de proteína en función del tiempo de rebrote.

En las especies evaluadas, la concentración de fibra detergente neutro (FDN) aumentó a medida que se incrementó la edad de rebrote. El totumo presentó los mayores contenidos en comparación con la leucaena y el guácimo en todas las edades evaluadas. El efecto de la madurez y la especie son factores identificados que afectan la concentración de fibra detergente neutro en forrajes de campo (Carmona, 2007) (tabla 7).

La leucaena, el guácimo y el totumo establecidas en el arreglo mixto (agcl) presentaron un comportamiento similar en cuanto a sus contenidos de materia seca y proteína cruda comparadas con los tratamientos donde se establecieron como especies arbóreas únicas (mb, mp y ag) (tabla 8).

Tabla 7. Contenido de proteína cruda (PC) y fibra detergente neutro (FDN) de las especies arbóreas a las 8, 12 y 16 semanas de rebrote en épocas de lluvia

Especie	8 semanas		12 semanas		16 semanas	
	PC (%)	FDN (%)	PC (%)	FDN (%)	PC (%)	FDN (%)
Guácimo	17,5	36,6	16,2	40,8	14,9	41,6
Totumo	15,8	48,4	14,9	48,8	14,0	52,8
Leucaena	25,4	31,4	25,4	33,8	20,1	36,2
Mixto arbóreas	18,8	40,1	18,4	45,1	17,1	43,9

Tabla 8. Contenido de materia seca de especies arbóreas a las 8, 12 y 16 semanas de rebrote en época de lluvias

Especies	Materia seca		
	8 semanas	12 semanas	16 semanas
Guácimo	17,5	16,2	14,9
Totumo	15,8	14,9	14,0
Leucaena	25,4	25,4	20,1
Mixto arbóreas	18,8	18,4	17,1

La leucaena presentó el mayor contenido de extracto etéreo en todas las edades, pero registró la menor digestibilidad de la materia seca al compararse con las demás especies evaluadas. La menor digestibilidad *in vitro* de la materia seca de *L. leucocephala*, a pesar de tener menores contenidos de fibra detergente neutro, en comparación con las demás especies se puede atribuir a los contenidos de compuestos secundarios como saponinas y taninos que afectan la degradabilidad de la materia seca y la proteína cruda en el rumen (Pamo *et al.*, 2007), (tabla 9).

Composición botánica

Se observa predominio de las gramíneas, que oscila entre 74,86% y 86,95%; las arbóreas aportaron de 10,14% a 24,95%, y las leguminosas nativas herbáceas y las malezas representan máximo 5,12%. En el tratamiento testigo, las gramíneas representan 49,37% y las malezas 48,95%. Las gramíneas guinea, kikuyina, ángleton y estrella están presentes en diferentes proporciones en los tratamientos evaluados (figura 1).

Es importante resaltar que las especies arbóreas evaluadas en el proyecto demostraron tolerancia a la sequía y a las altas precipitaciones presentadas en la ejecución del

proyecto, revelada por el crecimiento y la producción de forraje en las condiciones climáticas adversas.

Producción de materia seca en época de mínima precipitación en la evaluación con animales

En esta fase, la producción de materia seca presentó variaciones en los diferentes tratamientos; en el monocultivo de pasto guinea (*Panicum maximum*) se obtuvo la mayor ($p < 0,05$) producción de materia seca, en relación con los arreglos basados en guácimo, totumo, mixto y kikuyina (tabla 10).

La producción de materia seca del componente arbóreo varió según la especie; la mayor producción se obtuvo en la leucaena, comparado con el guácimo y el totumo; en el arreglo mixto, la producción de materia seca/ha fue de 464,7 kg, siendo el aporte de leucaena de 25,7%, la del guácimo de 15,3% y la del totumo de 5,1% (tabla 10).

La proporción porcentual de gramíneas:arbóreas varió en los diferentes arreglos; se resalta la contribución de materia seca de las arbóreas en esta época, con el aporte desde 27,2% hasta 65,5% del total de la materia seca en los tratamientos (tabla 10).

Tabla 9. Contenido de extracto etéreo (EE) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) de especies arbóreas a las 8, 12 y 16 semanas de rebrote en épocas de lluvia

Especie	8 semanas		12 semanas		16 semanas	
	EE (%)	DIVMS (%)	EE (%)	DIVMS (%)	EE (%)	DIVMS (%)
Guácimo	2,7	77,0	3,0	72,2	3,0	65,2
Totumo	2,0	75,2	1,0	72,4	2,0	67,3
Leucaena	4,0	70,4	4,0	65,5	4,0	62,2
Mixto arbóreas	2,3	73,0	1,6	70,3	3,0	69,7

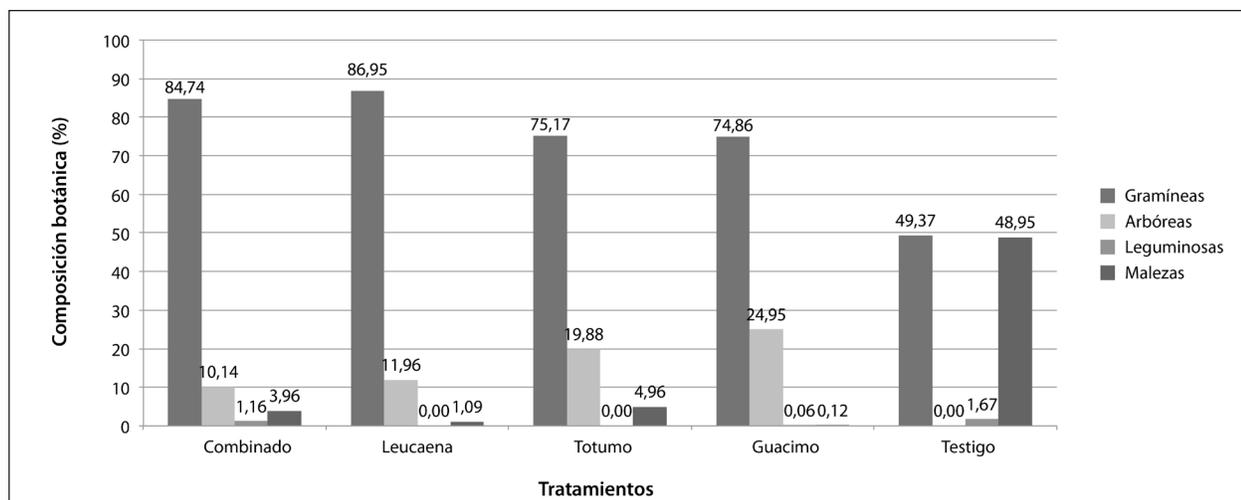


Figura 1. Composición botánica en praderas asociadas con diferentes especies arbóreas nativas

Tabla 10. Producción de materia seca (kg/ha) en la época de mínima precipitación en los diferentes tratamientos

Tratamientos	Promedio producción arbóreas (kg MS/ha)	Promedio producción gramíneas (kg MS/ha)	Total producción (kg MS/ha)	Proporción gramíneas:arbóreas
Guinea	-	3475,7	3475,7 a	100:0
Kikuyina	-	653,3	653,3 b	100:0
Totumo	268,3	718,3	986,7 b	72,8:27,2
Guácimo	500,0	794,3	1294,3 b	61,4:38,6
Leucaena	1271,3	669,7	1941,0 ab	34,5:65,5
Mixto arbóreas	465,0	542,3	1007,0 b	53,9:46,1

Medias seguidas en las columnas por letras diferentes son significativas, prueba de DMS a un nivel del 5%.

Producción de materia seca en época de máxima precipitación en la evaluación con animales

En la época de máxima precipitación se observó en general un incremento de la producción de materia seca de las gramíneas comparada con el período de mínima precipitación; el incremento correspondió a 69,7 y 41,5% en el monocultivo de *Panicum maximum* y *Bothriochloa pertusa*, respectivamente; entre tanto, el pasto *P. maximum* asociado a las arbóreas presentó un promedio de incremento de 227,5%. De otra parte, el promedio de producción de materia seca del conjunto de especies de hoja ancha, se redujo en 28,3%; el comportamiento del rendimiento de las especies involucradas en los arreglos está asociado a las altas precipitaciones.

En la época de máxima precipitación, la producción de

materia seca presentó variaciones entre los diferentes tratamientos; en el monocultivo de pasto guinea (*P. maximum*) se obtuvo la mayor ($p < 0,05$) producción de materia seca en relación con los otros arreglos. El arreglo mixto donde intervinieron intercaladas las tres especies arbóreas (leucaena, guácimo y totumo) asociadas con pasto guinea y el arreglo basado en leucaena presentaron producciones superiores ($p < 0,05$) a las obtenidas con *Bothriochloa pertusa*. Las diferencias en los valores obtenidos en los arreglos silvopastoriles no fueron significativos ($p > 0,05$).

La producción de materia seca del componente arbóreo varió según la especie; en el arreglo mixto, la producción de materia seca/ha fue de 440,0 kg, siendo el aporte de leucaena de 9,3%, guácimo de 4,6% y del totumo de 2,6% del total producido.

La proporción porcentual de gramíneas:arbóreas obtenida en los arreglos presentó comportamientos diferentes en las épocas de mínima y máxima precipitación; las especies arbóreas contribuyeron entre 8,8% y 25,3% del total de la materia seca producida (tabla 11).

García *et al.* (2009), en una evaluación integral en 12 especies con potencial forrajero para caprinos en pastoreo y en confinamiento, considerando variables agronómicas en condiciones de vivero y de campo y asociadas a la calidad de los forrajes, determinaron que las arbóreas con mayores perspectivas de uso fueron: *Morus alba*, *Chlorophora tinctoria*, *G. ulmifolia*, *Pithecellobium pedicellare*, *L. leucocephala* y *Cordia alba*.

Aparentemente, *G. ulmifolia* y *C. cujete* no se asocian adecuadamente con *P. maximum* cv. Tanzania, debido al ritmo de crecimiento rápido de la gramínea y al período más prolongado de recuperación de estas arbóreas; por esto se dificulta sincronizar el momento óptimo de aprovechamiento. La leucaena ofrece un rebrote más rápido que el guácimo y el totumo.

Ganancias de peso de las cabras en crecimiento

En las ganancias de peso diarias por animal y durante el período experimental, se observaron tendencias disímiles que oscilan desde 13,2 (testigo pasto guinea) a 33,6 gramos/animal al día (basado en leucaena). Las mayores ganancias de peso ($p < 0,05$) se obtuvieron en los tratamientos basados en leucaena, totumo, en el arreglo mixto y monocultivo de kikuyina, tres de ellos, presentaron una importante proporción de materia seca proveniente de las arbóreas en ambas épocas. Las menores ($p < 0,05$)

ganancias de peso se obtuvieron en el monocultivo de guinea.

Medina (1994), utilizando cabras jóvenes en pastoreo de un sistema silvopastoril de guácimo asociado con guinea, obtuvo ganancias de peso diario de 71 gramos por animal; así mismo, López (2008) registró incrementos de peso en ovinos de 50 gramos/animal al día.

En términos generales, las ganancias de peso obtenidas en el presente trabajo se consideran bajas, lo cual puede atribuirse posiblemente al limitado potencial genético para este indicador en los animales experimentales y al exceso de lluvias presentado en la región debido al fenómeno de la niña (2170,3 mm); no obstante, se observa una respuesta diferenciada por los tratamientos, los cuales presentan una oferta de forraje alta en términos de cantidad.

Las menores ganancias de peso obtenidas en el testigo guinea comparado con la kikuyina pueden atribuirse al mayor ritmo de crecimiento de la primera, la cual alcanza la madurez fisiológica en menor tiempo, influyendo sobre el consumo y la digestibilidad (tabla 12).

Curva de crecimiento

Las curvas de incremento de peso, a través del tiempo, reflejan menores índices de crecimiento del tratamiento basado en pasto guinea, el cual fue más manifiesto al final del experimento; en los otros tratamientos se observa la misma tendencia con diferencias no significativas ($p > 0,05$) (figura 2).

Tabla 11. Producción de materia seca (kg/ha) en la época de máxima precipitación en los diferentes tratamientos

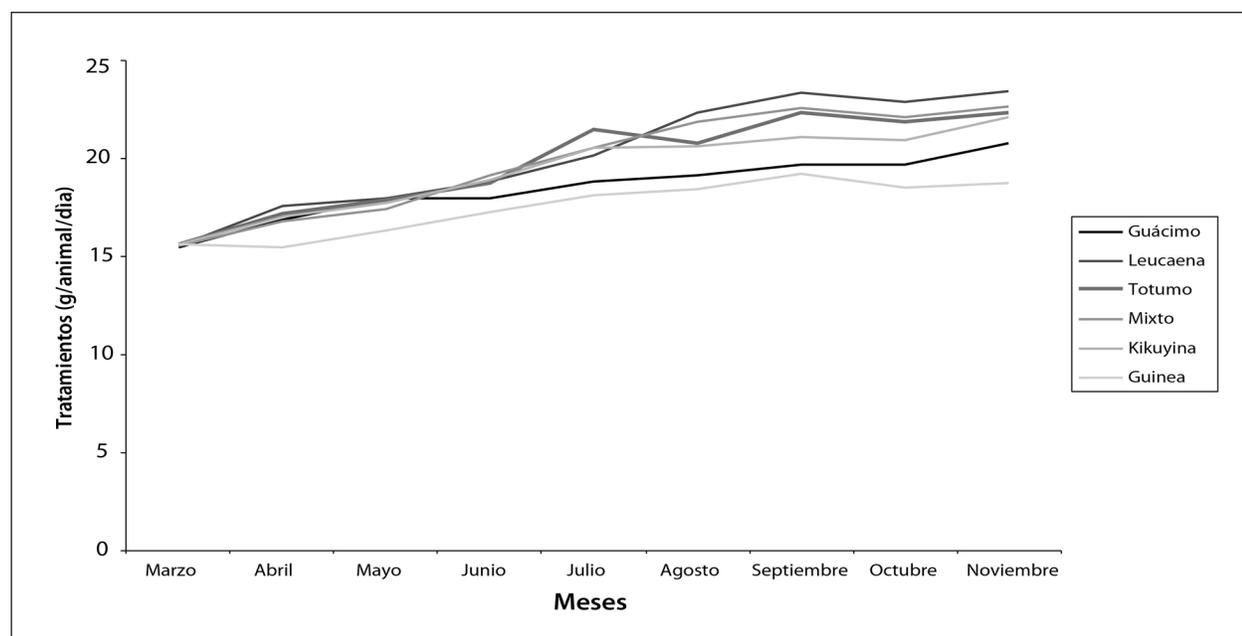
Tratamientos	Promedio producción arbóreas (kg MS/ha)	Promedio producción gramíneas (kg MS/ha)	Total producción (kg MS/ha)	Proporción gramíneas:arbóreas
Guinea	-	5897,0	5897,0 a	100:0
Kikuyina	-	924,3	924,3 c	100:0
Totumo	216,0	2244,0	2460,0 bc	91,2:8,8
Guácimo	315,0	2087,0	2402,7 bc	86,9:13,1
Leucaena	823,7	2371,3	3195,0 b	74,2:25,3
Mixto arbóreas	440,0	2219,7	2659,7 b	83,5:16,5

Medias seguidas en la columna por letras diferentes son significativas, prueba de DMS a un nivel del 5%.

Tabla 12. Ganancia de peso de cabras en crecimiento en arreglos silvopastoriles

Tratamientos	Promedio peso inicial (kg)	Promedio peso final (kg)	Ganancia (kg)	Ganancia de peso diaria (g/animal)
Guinea	15,66	18,78	3,12	13,2 b
Kikuyina	15,66	22,11	6,45	27,3 a
Totumo	15,66	22,33	6,67	28,3 a
Guácimo	15,44	20,75	5,31	22,5 ab
Leucaena	15,55	23,47	7,92	33,6 a
Mixto arbóreas	15,55	22,69	7,14	30,3 a

Medias seguidas en la columna por letras diferentes son significativas, prueba de DMS a un nivel del 5%.

**Figura 2.** Curvas de crecimiento de cabras en arreglos silvopastoriles

Presentación de celo

La presentación del celo aparentemente estuvo influenciada por los tratamientos; el mayor número de hembras apareadas se presentó en los tratamientos basados en *G. ulmifolia* (66,7%) y en el arreglo mixto (66,7%). En el tratamiento basado en *L. leucocephala* se presentó celo en 55,6% de los animales; los tratamientos con *C. cujete*, *B. pertusa* y *P. maximum* registraron los menores valores (44,4%) (tabla 13).

Tabla 13. Presentación de celo de cabras en crecimiento

Tratamientos	Presentación de celo (%)
Guinea	44,4
Kikuyina	44,4
Totumo	44,4
Guácimo	66,7
Leucaena	55,6
Mixto arbóreas	66,7

CONCLUSIONES

La leucaena presentó el mayor crecimiento en altura y el menor incremento en el diámetro del tallo a los 14 meses de edad comparada con el totumo y el guácimo. A las 8 semanas de rebrote, la producción de materia seca/ha fue similar en todas las especies arbóreas; a las 12 semanas, el totumo presentó la menor producción; a las 16 semanas, el guácimo registró la mayor producción de materia seca/ha.

En todas las edades evaluadas, la leucaena registró la mayor concentración de leucaena cruda y la menor DIVMS respecto a las demás especies; la contribución de las arbóreas en cuanto a calidad forrajera desempeñó un papel importante en la oferta de nutrientes para los animales.

En los arreglos silvopastoriles se observó un predominio de las gramíneas en comparación con el aporte de las arbóreas; en la época de verano, la proporción porcentual de gramíneas:arbóreas varía en los diferentes arreglos y se resalta que los sistemas asociados presentan sus mayores ventajas en época de sequía.

En general, las ganancias de peso se consideran bajas, lo cual puede atribuirse posiblemente al limitado potencial genético para esta variable en los animales experimentales y al exceso de lluvias presentadas en la región; no obstante, se observa una respuesta diferenciada por los tratamientos. Los arreglos silvopastoriles presentaron las mayores ganancias de peso respecto al monocultivo *P. maximum* cv. Tanzania y los mejores porcentajes de estro comparados con los testigos.

Se recomienda continuar con investigaciones relacionadas con la rotación adecuada de potreros que involucren estos arreglos; así como con sistemas mixtos de producción (bovinos, caprinos) para determinar un mejor aprovechamiento de la oferta forrajera.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, asistentes de investigación Carlos Gamarra Gamarra, Ángel Alberto Martínez Durán, Julio Ramos Frago y los operarios de investigación Said Rodríguez Pabón y Teobaldo Charris Bolaño.

REFERENCIAS

- Abbott LB. 2006. Grassland ecology and Diversity. In: Grassland ecosystems, endangered species and sustainable ranching in the México. Basurto, X; Hadley, D; eds. Bordelanes: Conference proceedings. p 11-16.
- Ascencio RL. 2008. Caracterización de especies leñosas en sistemas ganaderos de los municipios de Tlapacoyan, Misantla y Martínez de la Torre, Veracruz, México. Tesis para optar el título de Maestría en Ciencias. Programa de Agricultura Tropical Sostenible. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 119 p.
- Association of Analytical Communities (AOAC). 2005. Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Communities.
- Carmona AJC. 2007. Efecto de la utilización de arbóreas y arbustivas forrajeras sobre la dinámica digestiva en bovinos. Revista Lasallista de Investigación. 4(001).
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 2003. Árboles de Centroamérica. Un Manual para Extensionista. Turrialba, Costa Rica. 1077 p.
- Fernandez ME, Gyenge JE, Schlichter TK. 2007. Balance of competitive and facilitative effects of exotic trees on a native Patagonian grass. *Plant Ecology* 67-76.
- García D, Medina M, Cova L, Clavero T, Torres A, Perdomo D, Santos O. 2009. Evaluación integral de recursos forrajeros para rumiantes en el estado Trujillo, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (La Luz)* 26:555-582.
- Giraldo LA. 1998. Potencial de la arbórea guácimo (*Guazuma ulmifolia*) como componente forrajero en sistemas silvopastoriles. Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Conferencia electrónica de la FAO.
- Hermosillo Y, Aguirre R, Gómez A, Jacobo R, Ramos A. 2008. Combinación de métodos para germinación y emergencia de germoplasma forrajero en obtención de plantas para sistemas silvopastoriles en Nayarit. In: IV Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoril. Universidad de Colima, México. p 133-136.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 1989. Manual de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Manual de Asistencia Técnica No. 47. Bogotá.
- López HMA, Rivera LJA, Ortega R, Escobedo M, Magaña M, Sanguinés G, Sierra V. 2008. Contenido nutritivo y factores antinutricionales de plantas nativas forrajeras del norte de Quintana Rôo. *Técnica Pecuaria en México* 46:205-215.
- López HVM. 2008. Composición química y consumo voluntario de guácimo (*Guazuma ulmifolia*) y pasto Taiwan (*Pennisetum purpureum*) por ovinos tropicales. Tesis de grado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Guerrero, Guerrero, México. 63 p.
- Manríquez L. 2010. Establecimiento, calidad del forraje y productividad de un sistema silvopastoril intensivo bajo pastoreo de bovinos y ovinos en el trópico bajo pastoreo de bovinos y ovinos en el trópico subhúmedo. Tesis para optar el grado de Doctor en ciencias en agroforestería tropical. Veracruz, México.

- Manríquez ML, López S, Pérez P, Ortega E, López Z, Villaruel M. 2011. Agronomic and forage characteristics of *Guazuma ulmifolia*. Tropical and Subtropical Agro ecosystems 14(2).
- Medina JM. 1994. Observaciones sobre el consumo de guácimo (*Guazuma ulmifolia*) Tigüilote (*Cordia dentata*) y pasto guinea (*Panicum maximum*) por cabras semiestabuladas. In: Benavides JE (ed.) Árboles y arbustos forrajeros en América central. CATIE, Costa Rica. V 1: 249-256.
- Múnera DJF. 2009. Establecimiento y evaluación de la *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala* y *Guazuma ulmifolia*, como banco de proteína de la región de Santafé de Antioquia (bs-T) http://agronet.gov.co/www.docs_si2/20061127104537Gliricidia%20leucaena%20guazuma%20banco%20proteinas.pdf. Consultado: 29 de diciembre, 2012. 15 p.
- Pamo ET, Boukila B, Fonteh FA, Tendonkeng F, Kana JR, Nanda AS. 2007. Nutritive value of some grasses and leguminous tree leaves of the Central region of Africa. Animal Feed Science and Technology 135:273-282.
- Pinto R, Gómez H, Martínez B, Hernández A, Medina F, Ortega L, Ramírez L. 2004. Especies forrajeras utilizadas bajo pastoreo en el centro de Chiapas. Universidad de Colima. Avances en investigación agropecuaria 8(2).
- Rusch G, Skarpe C. 2009. Procesos ecológicos asociados con el pastoreo y su aplicación en sistemas silvopastoriles. Agroforestería de las Américas 47:12-19.
- Russo O, Botero R. 2005. El componente arbóreo como recurso forrajero en los sistemas silvopastoriles. Escuela de Agricultura de la región húmeda. San José, Costa Rica.
- Sosa REE, Pérez RD, Ortega RL, Zapata BG. 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. Técnica Pecuaria en México 42(002). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- t'Mannetje L. 1978. Measuring quantity of grassland vegetation. Measuring quantity of grassland vegetation and animal production, Bulletin No. 52. Berkshire, UK; Hurley. pp. 63-90.
- Tilley JM, Terry RA. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. Journal of the British Grassland Society 28:104-111.
- Toledo JM, Schultzer-Kraft R. 1982. Metodología para la evaluación, agronómica de pastos tropicales. En: Toledo JM, editor. Manual para la evaluación agronómica; Red Internacional de Evaluación de pastos tropicales. Cali, Colombia; CIAT. pp 21-110.
- Van Soest PJ, Robertson J, Lewis M. 1991. Methods for dietary fiber, neutral fiber and no starch polysaccharides in relation to nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597.
- Villa HA, Nava TME, López OS, Vargas LS, Ortega JE, López F. 2009. Utilización del guácimo (*Guazuma ulmifolia*) como fuente de forraje en la ganadería bovina extensiva del trópico mexicano. Tropical and Subtropical Agroecosystems 10(2):253-261.
- Villarruel FM, Morales G, López O, Santiz G. 2007. Paquete tecnológico para el empleo de *Guazuma ulmifolia* Lam., una estrategia ecológica y productiva. XX Reunión científica – tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz. IX Simposio Internacional y IV congreso nacional de agricultura sostenible. Veracruz, México. 5 p.