

# Áreas con potencial para el establecimiento de árboles forrajeros en el centro de Chiapas

## Potential areas for establishment of forage trees in central Chiapas, Mexico

Heriberto Gómez Castro<sup>a</sup> José Nahed Toral<sup>b</sup>, Assefaw Tewelde<sup>c</sup>, René Pinto Ruiz<sup>a</sup>,  
Jaime López Martínez<sup>d</sup>

### RESUMEN

El objetivo fue ubicar geográficamente la presencia de especies leñosas forrajeras y analizar nutricionalmente sus follajes; caracterizar edafo-climáticamente los sitios de muestreo y delimitar espacialmente otras áreas con características similares, en el centro de Chiapas, México. Se realizaron 72 muestreos en ocho diferentes transectos, registrando la presencia de las 14 especies leñosas promisorias en los sitios y sus coordenadas geográficas por medio de un posicionador geográfico (GPS); se identificaron áreas y se elaboraron mapas con la ayuda de sistemas de información geográfica. La concentración de proteína cruda en los follajes arbóreos fue buena (94 a 238 g/kg MS); la de fibras fue regular (FDN= 275 a 590 g/kg MS; FDA= 191 a 358 g/kg MS) y la de fenoles totales fue aceptable (3 a 42 g/kg MS), al igual que la de taninos condensados (0 a 128.4 g/kg MS). En más del 50 % de los muestreos estuvieron presentes *Guazuma ulmifolia*, *Acacia milleriana*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala* y *Enterolobium cyclocarpum*. La extensión de las áreas edafoclimáticas potenciales para cultivar leñosas forrajeras varió de 394,552 a 413,586 ha para *E. cyclocarpum* y *G. ulmifolia* respectivamente, siendo Villaflores el municipio con mayor área potencial. *G. ulmifolia*, *G. Sepium* y *L. Leucocephala* son especies que además de tener buenas características nutricionales y ser bien conocidas por los productores, poseen una amplia capacidad de adaptación a las condiciones de suelo y clima del centro de Chiapas, de tal forma que son especies viables para ser consideradas en el establecimiento de sistemas agrosilvopastoriles intensivos en la región.

**PALABRAS CLAVE:** Árboles forrajeros, Agrosilvopastoril, Edafoclimático.

### ABSTRACT

Forage tree species in central Chiapas, Mexico, were geographically located, their foliage nutritionally analyzed and their locations edaphoclimatically characterized to spatially delimit other areas in the region with similar characteristics. Fourteen promising forage tree species were identified at 72 sampling sites in eight transects. The sites' geographic coordinates were taken and used to generate maps of soil and climate conditions to determine those compatible with the edaphoclimatic requirements of the studied forage trees. Tree foliage crude protein values ranged from 9.4 to 24 %, (94 a 238 g/kg DM); neutral detergent fiber from 275 to 590 g/kg DM; acid detergent fiber from 191 to 358 g/kg DM; total phenolics from 3 to 42 g/kg DM; and condensed tannins from 0 to 128.4 g/kg DM. The species *Guazuma ulmifolia*, *Acacia milleriana*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala* and *Enterolobium cyclocarpum* were present in more than 50 % of the samples. Areas identified for potential planting fluctuated between 394,552 ha for *E. cyclocarpum* and 413,586 ha for *G. ulmifolia*. Villaflores municipality had the highest percentage of potential areas and Villa Corzo the lowest. Of the five most common species, *G. ulmifolia*, *G. sepium* and *L. leucocephala* have good nutritional characteristics, are well known by ranchers and are highly adaptable to the soil and climate conditions of central Chiapas. As a result, they are the most viable species for use in the establishment of intensive silvopastoral systems in the region.

**KEY WORDS:** Forage trees, Agrosilvopastoral systems, Edaphoclimate.

Recibido el 12 de mayo de 2004 y aceptado para su publicación el 5 de agosto de 2005.

<sup>a</sup> Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad Autónoma de Chiapas. Apdo. Postal 73, Villaflores, Chiapas, México. 30470. hgomez@yahoo.com. Correspondencia con el primer autor.

<sup>b</sup> El Colegio de la Frontera Sur.

<sup>c</sup> Universidad Autónoma de Tamaulipas.

<sup>d</sup> Campo Experimental del Centro de Chiapas, INIFAP.

La producción de cereales en monocultivo para abastecer a la población humana y a la ganadería intensiva, así como la expansión de la ganadería extensiva, han contribuido fuertemente a la deforestación bosques y selvas en América Latina<sup>(1)</sup>. Con frecuencia la ganadería extensiva se practica en tierras no aptas para establecer praderas u otros cultivos, lo que ha provocado su degradación y abandono.

Un ejemplo de lo anterior ocurre en Chiapas, donde la mayor parte de su territorio es de aptitud forestal. Sin embargo, el crecimiento poblacional y la demanda de alimentos promueve la ampliación de tierras para uso agropecuario a costa de áreas de bosques y selvas, por lo que el 40.2 % de ellas presenta diferentes grados de perturbación<sup>(2)</sup>.

Debido a la tala inmoderada y los incendios forestales, en Chiapas se pierde anualmente alrededor de 50 mil hectáreas de suelo en procesos erosivos, dando como resultado que el 35.7 % de la superficie estatal presente algún grado de erosión, lo cual abate la productividad<sup>(3)</sup>.

En el Centro de Chiapas la producción bovina es de doble propósito y predominan los sistemas de manejo extensivo y semi-extensivo con baja productividad<sup>(4)</sup>. Ante esta situación, se requiere promover la intensificación de uso del suelo con sistemas agrosilvopastoriles integrados, con base en el ordenamiento territorial<sup>(5)</sup>. Las tecnologías agrosilvopastoriles incluyen árboles forrajeros, frutales y maderables en los sistemas ganaderos, por lo que contribuyen a la reforestación y restauración de áreas degradadas. Un elevado número de especies arbóreas forrajeras son consideradas de mediana a alta calidad, por lo que constituyen una fuente alterna de alimento para los animales durante el estiaje<sup>(6)</sup>, favorecen la protección del suelo y las fuentes de agua, mejoran el reciclaje de nutrientes y contribuyen a la conservación de la biodiversidad. La suplementación con forraje arbóreo con alto contenido de proteína mejora la degradabilidad de los forrajes fibrosos, como el rastrojo de maíz<sup>(7)</sup>, recurso abundante y muy utilizado para la alimentación de bovinos en la región de estudio.

Deforestation in Latin America has been markedly accelerated by monoculture cereal production for human consumption and intensive ranching, as well as the growth of extensive ranching<sup>(1)</sup>. The latter is often done on lands inappropriate for establishing grasslands or other crops, leading to their degradation and eventual abandonment.

The state of Chiapas, Mexico, is a good example of this process. Most of its territory is suitable for forests, but population growth and consequent increased demand for food have led to expansion of agricultural land uses. This has compromised its forests to the point where 40.2 % now exhibit different levels of disturbance<sup>(2)</sup>. In addition, uncontrolled timber harvest and forest fires cause an annual soil loss of about 50,000 ha from erosional processes, and consequently 35.7 % of the State's surface area suffers some degree of erosion, which compromises productivity<sup>(3)</sup>.

Cattle production in central Chiapas is dual-purpose and largely done using low productivity, extensive or semi-extensive management systems<sup>(4)</sup>. To increase productivity and efficiency, land use needs to be intensified with integrated agrosilvopastoral systems based on land use organization<sup>(5)</sup>. Agrosilvopastoral technologies include use of forage; fruit and wood trees within cattle ranching systems intended to reforest and restore degraded areas. Many forage tree species are considered to be medium to high nutritional quality, and can thus constitute an alternative animal feed source during the dry season<sup>(6)</sup>. They also aid in protecting soils and water sources, improve nutrient recycling and contribute to preserving biodiversity. In addition, high-protein tree forage improves degradability when added to fibrous forage, like corn stover<sup>(7)</sup>, which is abundant and widely used as cattle feed in Chiapas.

Planning the use of promising ligneous forage species in agronomic systems (e.g. live fences, trees dispersed in pastures, protein banks) requires cartographic analysis and spatial analysis of edaphoclimatic conditions to define relatively homogenous areas<sup>(8)</sup>. Research of this type has been done previously in different parts of Mexico to identify potential areas for production of

Planificar el cultivo de especies leñosas promisorias en arreglos agronómicos (cerros vivos, árboles dispersos en potreros y bancos de proteína, entre otros) requiere del análisis cartográfico y espacial de las condiciones edafoclimáticas para definir áreas relativamente homogéneas<sup>(8)</sup>. Algunos esfuerzos realizados en diferentes regiones de México se han encaminado a identificar áreas con potencial para la producción de especies vegetales comerciales como maíz, frijol, trigo y arroz<sup>(9)</sup>.

Con esta orientación, la presente investigación tuvo por objetivo ubicar geográficamente la presencia de especies leñosas forrajeras y analizar nutricionalmente sus follajes; caracterizar edafoclimáticamente los sitios de muestreo y delimitar espacialmente otras áreas con características similares, en el Centro de Chiapas, México.

El estudio se realizó en los municipios de Ocozocoautla, Villaflores, Villacorzo, Berriozabal, Tuxtla Gutiérrez y Suchiapa pertenecientes a la depresión central de Chiapas, México. Estos municipios se encuentran ubicados entre los 16° 00' y 17° 00' N y 93° 00' y 93° 30' O. El clima predominante en la región es el cálido subhúmedo (Aw), con distinta precipitación pluvial (Awo, Aw1 y Aw2), que fluctúa entre 800 y 1,500 mm anuales, y prevalece una temperatura media de 20 a 25° C. La mayor parte de los seis municipios se encuentra en altitudes que van de 500 a 1,000 msnm<sup>(10)</sup>. La vegetación original fue selva baja caducifolia, pudiéndose encontrar selva mediana por arriba de los 800 msnm. Los tipos de suelos predominantes son, en orden de importancia, litosoles (36 % del área), regosoles (27.7 %) y luvisoles (16.4 %)<sup>(10)</sup>.

Para conocer la frecuencia de las leñosas forrajeras seleccionadas se recorrieron ocho transectos (Figura 1), realizándose en ellos 72 puntos de muestreo en sitios con un radio aproximado de 50 m y 10 km de distancia entre uno y otro, registrándose en ellos la frecuencia de aparición de dichas especies, y las coordenadas (latitud y longitud) de cada sitio de muestreo por medio de un posicionador geográfico (GPS).

Mediante análisis de laboratorio del follaje (hoja+tallo < 5 mm) se determinó el contenido de

commercial vegetable species such as maize, beans, wheat and rice<sup>(9)</sup>.

The present study was intended to geographically locate ligneous forage tree species in central Chiapas, Mexico, nutritionally analyze their foliage, produce edaphoclimatic characterizations of the sample sites and spatially delimit other areas in the region with similar characteristics.

The study area included the municipalities of Ocozocoautla, Villaflores, Villa Corzo, Berriozabal, Tuxtla Gutiérrez and Suchiapa (16° 00', 17° 00' N; 93° 00', 93° 30' W), all located in the central valleys of the state of Chiapas, Mexico. Regional climate is warm dry (Aw) with varying rainfall (Awo, Aw1 and Aw2). Annual mean rainfall ranges from 800 to 1,500 mm, and average mean temperature varies from 20 to 25 °C. Most of the studied municipalities are at altitudes between 500 and 1000 m asl<sup>(10)</sup>. The original vegetation in the area was tropical dry forest with subhumid forest above 800 m asl. Predominant soil types (in descending order of importance) are: Litosols (36 % of area); Regosols (27.7 %); and Luvisols (16.4 %)<sup>(10)</sup>.

The frequency of selected ligneous forage species was determined by surveying a total of eight transects (Figure 1). Among these, samples were

Figura 1. Ubicación de los transectos para la caracterización de especies leñosas forrajeras en el Centro de Chiapas

Figure 1. Location of ligneous forage species characterization transects in central Chiapas, Mexico



proteína cruda (PC) de acuerdo a las técnicas correspondientes<sup>(11)</sup>; así también, para la fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA),<sup>(12)</sup> y presencia de fenoles totales y taninos condensados<sup>(13)</sup>.

La base de datos se desarrolló en el Campo Experimental Centro de Chiapas del INIFAP, georeferenciando 32 variables de tipo climático, edáfico y topográfico. Entre otras variables se encuentran, la temperatura, la precipitación y la evaporación, las fases física y química del suelo, la textura y unidad del suelo, la altitud y la pendiente. Esta base se digitalizó usando el sistema de información geográfica con el software ARC/INFO, y las cartas edafológicas del estado de Chiapas a una escala de 1:250,000 del INEGI. La información topográfica y altitudinal se basó en el modelo de elevación digital del INEGI, ubicando un punto cada 900 m. Los datos climáticos se tomaron de las 150 estaciones localizadas en el estado de Chiapas, pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional.

Con las coordenadas obtenidas en los sitios de muestreo y una base de datos del INIFAP, se identificaron los rangos de altitud, precipitación pluvial, temperatura, tipo y textura del suelo. Posteriormente, estos rangos sirvieron para acotar geográficamente las áreas con características favorables para el crecimiento de las especies leñosas forrajeras y para elaborar los mapas. La ubicación de las áreas con potencial para establecer las especies predominantes se obtuvo utilizando un programa específico<sup>(14)</sup>.

De más de 60 especies leñosas forrajeras identificadas en la misma región<sup>(15)</sup>, los productores reconocen (mediante nombres locales o comunes), y utilizan sólo las 14 que se presentan en el Cuadro 1; además, estas especies son las que se han encontrado con mayor frecuencia en la región<sup>(15)</sup>. Las especies *Guazuma ulmifolia*, seguida por *Acacia milleriana*, *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala* fueron las de mayor frecuencia, en tanto que los usos más generalizados de las especies en estudio son suministro de forraje, leña y para cercos vivos. *Bauhinia unguilata* fue la especie con menor frecuencia de uso; sin embargo, es una de

taken at 72 sites, each encompassing a 50 m radius and placed at a distance of 10 km from other sampling sites. At each site the frequency of each selected species was recorded and the site's coordinates (longitude/latitude) taken with a geographic positioning system (GPS).

Laboratory analysis was done of foliage samples (leaf+stem <5 mm) to determine crude protein (CP)<sup>(11)</sup>; neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF)<sup>(12)</sup>; total phenolics (TP) and condensed tannins(CT)<sup>(13)</sup>.

The database was developed at the Central Chiapas Experimental Field of the National Institute of Forestry and Livestock Research (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias - INIFAP) by georeferencing 32 climatic, edaphic and topographic variables, including temperature, precipitation, altitude and slope. This data was digitalized with a geographic information system (GIS) using the ARC/INFO software and 1:250,000 scale edaphological maps of Chiapas from the National Institute of Statistics, Geography and Computing (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática - INEGI). Topographical and altitude data were based on an INEGI digital elevation model with a point every 900 m. The climate data used was generated by the National Meteorological System (Servicio Meteorológico Nacional) at its 150 stations in Chiapas.

The altitude, rainfall, temperature, soil type and texture ranges were identified using the sampling site coordinates and an INIFAP database. These ranges were then used to geographically delimit areas with characteristics favorable to the growth of ligneous forage species and generate maps. A specific program was used to locate areas for potential establishment of the dominant species<sup>(14)</sup>.

Of the more than sixty ligneous forage species identified in the region<sup>(15)</sup>, ranchers recognize (with local or common names) and use only the fourteen listed in Table 1, which are also those found most frequently in the region<sup>(15)</sup>. The most frequent species was *Guazuma ulmifolia*, followed by *Acacia milleriana*, *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala*, and the most common uses were as



Cuadro 1. Predominancia y usos de las principales especies forrajeras más comunes en el centro de Chiapas

Table 1. Frequency and main uses of common forage tree species in central Chiapas, Mexico

Local name(s)	Scientific Name	Frequency in samples (%)	Uses
Caulote, Cumulote	<i>Guazuma ulmifolia</i>	90.3	2,3,4,5,6,7
Quebracho, Quiebracha	<i>Acacia milleriana</i>	73.6	2,3,6,7
Matarraton, Cuchunuc	<i>Gliricidia sepium</i>	72.2	1,2,3,4,7
Guash, Guaje	<i>Leucaena leucocephala</i>	62.5	2,3,6,7
Guanacaste	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	59.7	2,3,6,7
Guamuchil	<i>Pithecellobium dulce</i>	45.8	2,3,7
Guachipilin	<i>Diphysa robinoides</i>	40.3	2,3,7
Amate	<i>Ficus glabrata</i>	34.7	3,5,6,7
Espino blanco, Cuquet	<i>Acacia pennatula</i>	20.8	2,3,4,6,7
Huizache	<i>Acacia farnesiana</i>	19.4	2,3,4,7
Pitillo, Machtetito, Pito	<i>Erythrina goldmanii</i>	15.3	1,2,3,6,7
Maluco	<i>Genipa americana</i>	15.3	1,2,3,7
Guaje blanco	<i>Albizzia caribaea</i>	13.9	3,7
Pie de venado, Flor de murciélago	<i>Bauhinia unguolata</i>	4.2	2,3,4,6,7

Use codes: 1 = human food; 2 = live fence; 3 = fuel; 4 = medicinal (human); 5 = medicinal (animal); 6 = tools; 7 = forage.

las que presenta mayor diversidad de usos. Aunque las 14 especies son bien conocidas por los productores, estos no las cultivan. Algunas de ellas aún existen en áreas de acahuals y son ramoneadas por los animales en época de sequía.

Tal y como otros autores han reportado<sup>(15)</sup>, existe una gran diversidad de especies leñosas con potencial forrajero en las unidades de producción ganadera de la región. Estas especies son reconocidas por los productores por nombre común y el follaje es utilizado eventualmente para la alimentación animal. El uso sistemático de estas especies leñosas forrajeras requiere de su propagación en los pastizales ya existentes, mediante diferentes arreglos agronómicos. Esta es una alternativa al establecimiento convencional de praderas con gramíneas en monocultivo, que ha empobrecido la biodiversidad existente en las áreas de sucesión vegetal, observadas en diferentes lugares de América Latina<sup>(16)</sup>. La diversidad y predominancia de las especies estudiadas en este trabajo podría estar relacionada con la confluencia y acción

forage, fuel and live fences. The least used species was *Bauhinia unguolata*, though it was also the species with the widest diversity of uses. All fourteen species are well known to ranchers, and none are cultivated, though some still exist in areas of secondary vegetation and are grazed by livestock in the dry season.

The region's cattle ranches are known to have a wide variety of ligneous species potentially useful as forage<sup>(15)</sup>, many of which are known by ranchers and used as animal feed. Systematic use of these species requires their planting in existing pastures with different agronomic strategies. This is an alternative to establishment of traditional, gramínea monoculture pastures and the consequent degradation of existing biodiversity in vegetal succession areas, as has been observed throughout Latin America<sup>(16)</sup>. The studied species' diversity and predominance may be linked to the confluence and action of permanent factors such as rainfall, soil type, altitude and other environmental factors, including human activity. Most of these species

permanente de factores tales como precipitación pluvial, tipo de suelo, la altitud y otros factores ambientales, incluyendo la actividad humana. Es importante resaltar que una mayoría de estas especies forma parte de la familia *Fabaceae*, las cuales han tenido una mayor difusión como especies forrajeras por las ventajas que éstas tienen, no obstante, también existen especies no leguminosas con mediana calidad nutritiva, pero con otras características deseables, como el no ser caducifolias (*G. ulmifolia*) y aportar grandes cantidades de forraje.

La amplia capacidad de adaptación y dominancia de *G. ulmifolia* a las características edafoclimáticas de la región<sup>(17)</sup>, así como el que su madera no sea considerada de mucho valor, han contribuido a que se mantenga presente en la región. Uno de los usos más comunes de *G. ulmifolia* es como leña, lo cual coincide con lo reportado en otros trabajos<sup>(18)</sup>, donde se menciona que en Colombia ese es el uso más generalizado que se le da, por su facilidad para rajarse y secarse, además de que resiste la pudrición, da buenas brasas y produce poco humo. Con respecto a la predominancia de las especies, este trabajo coincide con otro reportado<sup>(19)</sup>, en que *G. ulmifolia* fue la especie más frecuente en el centro de Chiapas.

La composición química del follaje de las leñosas se muestra en el Cuadro 2. Se observa que la mayor parte de las especies presentan alto contenido de proteína, con valores que fluctúan entre 94 y 240 g kg<sup>-1</sup> de MS, sobresaliendo *Acacia farnesiana*, *Erythrina goldmanii*, *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala*, cuyos follajes alcanzan niveles superiores a 200 g kg<sup>-1</sup> de MS.

Las concentraciones de FDN fluctuaron de 275 (*L. leucocephala*) a 452 g kg<sup>-1</sup> MS (*P. dulce*), los contenidos de FDA, tuvieron un rango de 191 (*L. leucocephala*) a 358 g kg<sup>-1</sup> MS (*A. pennatula*). Los componentes antinutricionales variaron de 3 a 42 g kg<sup>-1</sup> MS en el caso de fenoles totales (FT) para *G. sepium* y *B. unguolata*, respectivamente, y de nulos hasta 128 g kg<sup>-1</sup> MS para el caso de *L. leucocephala* en lo que respecta a taninos condensados (TC). Por sus altos valores de PC y bajos niveles de fracciones de fibra, *G. sepium*, *D. robinoides*, *L. leucocephala*

forman parte de la *Fabaceae* familia, ampliamente utilizadas como especies forrajeras debido a sus ventajas nutricionales, aunque especies no leguminosas (e.g. *G. ulmifolia*), a pesar de su menor calidad nutritiva, pueden tener otras ventajas como no ser caducifolias y producir grandes cantidades de forraje.

La capacidad de *G. ulmifolia* de adaptarse a las edafoclimáticas características de la región, su predominancia<sup>(17)</sup>, y el que su madera no sea valiosa han ayudado a mantenerla en la región. Uno de los usos más comunes de *G. ulmifolia* en la región es como combustible, lo cual coincide con otros reportes que indican que este es el uso más común en Colombia porque es fácil de dividir y secar, resiste la pudrición, produce buenas brasas y genera poco humo<sup>(18)</sup>. La predominancia reportada aquí es similar a otro estudio<sup>(19)</sup> que indica que es la especie más común en el centro de Chiapas.

La mayoría de las especies estudiadas tienen un alto contenido de CP (94 a 240 g kg<sup>-1</sup> DM), con *Acacia farnesiana*, *Erythrina goldmanii*, *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala* teniendo más de 200 g kg<sup>-1</sup> DM (Tabla 2). El contenido de fibra detergente neutro (NDF) varió entre 275 (*L. leucocephala*) y 452 g kg<sup>-1</sup> DM (*P. dulce*), mientras que el contenido de fibra detergente ácido (ADF) varió entre 191 (*L. leucocephala*) y 358 g kg<sup>-1</sup> DM (*A. pennatula*). El contenido de polifenoles totales (TP) varió entre 3 (*G. sepium*) y 42 g kg<sup>-1</sup> DM (*B. unguolata*), y los taninos condensados (CT) fueron tan bajos como 0 en algunos casos y tan altos como 128 g kg<sup>-1</sup> DM (*L. leucocephala*).

De las catorce especies, *G. sepium*, *D. robinoides*, *L. leucocephala* y *A. caribacea* destacan por su alto contenido de CP y bajos niveles de fibra. No se observó una tendencia a un mayor contenido de CP entre las familias porque *A. milleriana* y *A. pennatula*, ambas de la familia *Fabaceae*, tienen niveles bajos similares a los de las especies de familias no leguminosas.

Las características químicas de las especies forrajeras locales pueden mejorar la producción animal, especialmente cuando el forraje disponible es de baja calidad, y aún más en la temporada seca<sup>(20)</sup>. El alto contenido de CP de las especies locales realmente permite que los animales ganen peso<sup>(21)</sup> y aumenten la producción de leche<sup>(22,23)</sup>. El contenido promedio de CP en las especies forrajeras estudiadas es mucho mayor que el contenido de CP de las pasturas de la región, que normalmente no excede

Cuadro 2. Composición química del follaje de leñosas de mayor uso forrajero en el centro de Chiapas (g/kg MS)

Table 2. Chemical composition of ligneous foliage most commonly used as forage in central Chiapas (g/kg DM)

Scientific Name	CP	NDF	ADF	TP	CT
<i>Guazuma ulmifolia</i>	104.0	425.0	295.0	28.0	47.1
<i>Acacia milleriana</i>	118.0	427.0	285.0	35.0	73.0
<i>Gliricidia sepium</i>	238.0	385.0	247.0	3.0	0
<i>Leucaena leucocephala</i>	201.0	275.0	191.0	3.0	128.4
<i>Phitecollobium dulce</i>	196.0	452.0	293.0	6.0	0
<i>Diphysa robinoides</i>	187.0	317.0	232.0	6.0	14.9
<i>Acacia pennatula</i>	125.0	590.0	358.0	28.0	39.7
<i>Acacia farnesiana</i>	240.0	421.0	267.0	10.0	45.0
<i>Erythrina goldmanii</i>	228.0	431.0	288.0	6.0	1.5
<i>Genipa americana</i>	94.0	377.0	309.0	9.0	2.70
<i>Albizzia. Caribaea</i>	166.0	367.0	310.0	9.0	0.0
<i>Bauhinia unguolata</i>	132.0	424.0	265.0	42.0	ND

CP = crude protein; NDF = neutral detergent fiber; ADF = acid detergent fiber; TP = total phenolics; CT = condensed tannins.

y *A. caribacea* son los que destacan. No existió la tendencia a un mayor contenido de PC entre familias, sobre todo en lo referente a las leguminosas, ya que algunas especies de la familia *Fabaceae* (*A. milleriana* y *pennatula*) presentaron valores bajos y similares a las especies de otras familias.

Las características químicas de las especies forrajeras locales pueden mejorar los niveles productivos de animales en pastoreo, particularmente por el hecho de que la fuente forrajera disponible es de baja calidad, especialmente en época seca<sup>(20)</sup>. El alto contenido de proteína de las arbóreas locales hace posible que animales en condiciones de pastoreo aumenten tanto su ganancia de peso<sup>(21)</sup>, como su producción de leche<sup>(22,23)</sup>. Así, la concentración promedio de PC encontrada en los follajes arbóreos evaluados supera ampliamente al contenido de PC de los pastos de la región, que normalmente no exceden del 10 % y digestibilidades entre 45 a 60 %<sup>(24)</sup>. La mayoría de las especies poseen valores de PC superiores al 12 %, contenido recomendado por algunos autores para la elección de especies leñosas forrajeras<sup>(25)</sup>.

Los valores promedio de fibra contenidas en las especies fueron regulares (FDN = 40.7 %; FDA =

10 % with digestibilities of 45 to 60 %<sup>(24)</sup>. Indeed, most of the studied species had CP contents greater than 12 %, the minimum recommended for use of ligneous forage species as feed<sup>(25)</sup>.

Average fiber content values were regular (NDF = 40.7 %; ADF = 27.8 %) with a wide range similar to other reports for ligneous foliage<sup>(26)</sup>. Fiber content is significant because a high ADF in forage is associated with low rumen digestibility levels, while high NDF is linked to lower feed intake<sup>(27)</sup>.

Both *L. leucocephala* and *Acacia milleriana* had high CT and TP contents. These antinutritional factors can affect bacterial enzymatic activity and considerably reduce rumen degradation<sup>(20)</sup>. Differences in CT and TP concentration can be attributed to variations in environmental conditions, soil type, plant nutrition, plant growth stage<sup>(28)</sup> and species. Tannin structure and quantity in these components can also determine their nutritional effects since CT in forages has been linked to drops in voluntary feed intake<sup>(29)</sup> and apparent digestibility of DM, OM, CP and fiber<sup>(30)</sup>.

Clear differences between species were observed in chemical composition. These differences in

27.8 %) con una amplio rango de variación, característica observada también en otros estudios en follajes de leñosas<sup>(26)</sup>. Estos valores son importantes, ya que una alta concentración de FDA en forrajes ha sido asociada con bajas digestibilidades a nivel ruminal, mientras que una alta concentración de FDN se asocia con un menor consumo de alimento<sup>(27)</sup>.

Por su alto contenido en TC y FT es importante tomar en cuenta particularmente a *L. leucocephala* y *Acacia mileriana*, ya que estos factores antinutricionales afectan la actividad enzimática de las bacterias, disminuyendo considerablemente su degradación ruminal<sup>(20)</sup>. Las diferencias en la concentración de TC y FT podría ser atribuido a variación en las condiciones ambientales, tipo de suelo, nutrición de la planta, estado de crecimiento de la misma<sup>(28)</sup> y la especie. Asimismo, la cantidad y estructura de los taninos presentes en dichos componentes pueden determinar sus efectos nutricionales, ya que los TC en forrajes han sido asociados con una reducción del consumo

nutritional quality can lead to differences in the contribution of degradable nitrogen in the rumen, energy for microbial protein synthesis and nutrient flow to post-rumen sites for organism use<sup>(31)</sup>.

The edaphoclimatic data for the fourteen studied species (Table 3) show that the five species (i.e. *G. ulmifolia*, *A. milleriana*, *G. sepium*, *L. Leucocephala* and *Enterolobium cyclocarpum*) identified in more than 50 % of the sample sites had broad altitude, temperature and rainfall ranges and are adapted to different soil textures and types. The less frequent species, such as *Bauhinia unguolata* and *Albizzia caribaea*, had tighter ranges for these variables and are less adapted to different soil textures and types.

The broad altitude, temperature and rainfall ranges of *G. ulmifolia*, *G. sepium* and *L. leucocephala* manifest their ability to develop in a wide variety of climates and soils. These three species were also recorded in eight of the ten soil types in the region and can adapt to high temperatures. In the case of *L.*

Cuadro 3. Rangos edafoclimáticos de las principales especies arbóreas forrajeras en el centro de Chiapas

Table 3. Edaphoclimatic ranges for main forage tree species in central Chiapas

Local Name (s)	Scientific Name	Altitude (m)	Temperature (°C)	Rainfall (mm)	Soil type	Soil Texture
Caulote, Cuaulote	<i>Guazuma ulmifolia</i>	410 - 1094	20.3 - 26.9	860.9 - 2599.9	1,2,3,4,5,6,7,8	1,2,3
Quebracho, Quiebracha	<i>Acacia milleriana</i>	410 - 735	22.0 - 24.0	1416.3 - 2542.5	1,2,3,4,5,6,7,8	1,2,3
Matarraton, Cuchunuc	<i>Gliricidia sepium</i>	410 - 1094	20.3 - 26.9	860.9 - 2599.9	1,2,3,4,5,6,7,8	1,2,3
Guash, Guaje	<i>Leucaena leucocephala</i>	410 - 1061	20.3 - 26.9	860.9 - 2597.0	1,2,4,5,6,7,8	1,2,3
Guanacaste	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	427 - 942	20.3 - 26.9	860.9 - 2599.9	1,2,3,4,5,6,7,8	1,2,3
Guamuchil	<i>Pithecellobium dulce</i>	410 - 800	22.0 - 26.9	860.9 - 2564.5	1,2,3,4,5,6,7,8	1,2,3
Guachipilin	<i>Diphysa robinoides</i>	432 - 977	21.2 - 26.9	894.6 - 2599.9	1,2,3,4,5,6,8	1,2,3
Amate	<i>Ficus glabrata</i>	432 - 800	22.0 - 26.9	883.4 - 2599.9	1,2,3,4,5,6,7,8	1,2,3
Espino blanco, Cuquet	<i>Acacia pennatula</i>	417 - 907	20.9 - 26.1	896.3 - 2564.4	2,4,5,6,7,8	2,3
Huizache	<i>Acacia farnesiana</i>	410 - 880	20.9 - 26.6	860.9 - 2045.6	1,2,4,5,6,7,8	2,3
Pitillo, Machetito, Pito	<i>Erythrina goldmanii</i>	549 - 805	22.0 - 26.9	894.6 - 2552.6	1,3,4,5,8	1,2,3
Maluco	<i>Genipa americana</i>	541 - 821	22.2 - 26.9	916.7 - 2564.5	1,2,4,5,6,7	1,2,3
Guaje blanco	<i>Albizzia caribaea</i>	590 - 977	21.3 - 24.0	894.6 - 2599.9	4,5,6,7,8	2,3
Pie de venado, Flor de murciélago	<i>Bauhinia unguolata</i>	564 - 600	22.2 - 24.0	1416.3 - 2542.5	1,4,6	2

Soil type codes: 1 = Cambisol; 2 = Feozem; 3 = Fluvisol; 4 = Litosol; 5 = Luvisol; 6 = Regosol; 7 = Redzina; 8 = Vertisol.

Soil texture codes: 1 = course; 2 = medium; 3 = fine.



voluntario<sup>(29)</sup> y de la digestibilidad aparente de la MS, MO y PC y fibra<sup>(30)</sup>.

Los resultados de la composición química encontrados en el presente estudio muestran diferencias claras entre especies individuales. Estas diferencias en la calidad nutritiva entre especies arbóreas podría dar como resultado diferencias en el aporte de nitrógeno degradable en el rumen y energía para la síntesis de proteína microbiana, así como en el flujo de nutrientes a sitios post-ruminales para la utilización animal<sup>(31)</sup>.

En el Cuadro 3 se muestran los rangos edafoclimáticos de las 14 leñosas forrajeras en estudio. Se observa que las especies identificadas en más del 50 % de los muestreos (*i.e.* *G. ulmifolia*, *A. milleriana* *G. sepium*, *L. Leucocephala* y *Enterolobium cyclocarpum*) presentan rangos amplios de altitud, temperatura y precipitación y, están adaptadas a diversas texturas y tipos de suelo. Las especies menos frecuentes como *Bauhinia unguolata* y *Albizzia caribaea* presentan rangos reducidos para las mismas variables, y menor adaptación a diferentes texturas y tipos de suelos.

La amplitud en los rangos de altitud, temperatura y precipitación de las especies *G. ulmifolia*, *G. sepium* y *L. leucocephala*, muestra la capacidad que tienen éstas para desarrollarse en una variedad de suelos y climas. Estas tres especies se localizaron en ocho de los diez tipos de suelo existentes en la región, y tienen la capacidad de adaptarse a altas

*leucocephala*, this ability can be explained by its radicular system, which can adapt to rocky and even clay soils, though acidic soils do limit its growth<sup>(32)</sup>.

Estimates were made of the area in which each of the five species found in over 50 % of the samples could be established, which varied from 394,552 ha for *Enterolobium cyclocarpum* to 413,586 ha for *G. ulmifolia*. The latter species, in fact, had such broad altitude, temperature, rainfall, soil texture and soil type ranges that the values for all the remaining 13 studied species fell within them (Table 3). Given this, the cartographic analysis was done by choosing the five most frequent species (Table 4). The municipality with the lowest percentage of area in which these five species could be established was Villa Corzo, while that with the highest percentage was Villaflores. Overall, the 413,586 ha on which these species can potentially be planted accounts for 47 % of the 880,360 ha accounted for by the six studied municipalities.

Figure 2 is a regional map showing the 413,586 ha with potential for cultivation of *G. ulmifolia*, *Acacia milleriana*, *G. Sepium*, *L. Leucocephala* and *Enterolobium cyclocarpum*. This surface accounts for 47 % of the total area (880,360 ha) encompassed by the six studied municipalities.

Similar results for the establishment of different *Leucaena* varieties have been reported for Central America<sup>(33,34)</sup> and northern Mexico<sup>(32)</sup>. They are generally found below 1200 m asl in areas with more

Cuadro 4. Área potencial para el establecimiento de leñosas forrajeras y porcentaje territorial que ocupan por municipio  
Table 4. Potential area for establishment of ligneous forage trees and percentage of area by municipality

Municipality	<i>Guazuma</i>		<i>Acacia milleriana</i>		<i>Gliricidia sepium</i>		<i>L. leucocephala</i>		<i>E. cyclocarpum</i>	
	Area (ha)	%	Area (ha)	%	Area (ha)	%	Area (ha)	%	Area (ha)	%
Villaflores	111618	90.5	111618	90.5	111618	90.5	111537	90.5	108054	87.7
Villa Corzo	134460	33.3	134136	33.3	134460	33.3	134379	33.3	133488	33.1
Ocozocoautla	107892	43.5	104733	42.2	107892	43.5	107487	43.4	95823	38.6
Tuxtla	28026	67.9	28026	67.9	28026	67.9	28026	67.9	27783	67.3
Berriozabal	15795	52.5	15795	52.5	15795	52.5	15714	52.2	10935	36.3
Suchiapa	15795	44.4	15795	44.4	15795	44.4	15795	44.4	15228	42.8
Total	413586		410103		413586		412938		394551	

temperaturas. En el caso de *L. leucocephala* lo anterior se puede explicar por la capacidad de su sistema radicular, que se puede adaptar desde suelos rocosos hasta arcillosos, aunque los suelos ácidos son una limitante para su desarrollo<sup>(32)</sup>.

Se cuantificó la superficie potencial para el establecimiento de las especies presentes en más del 50 % de los muestreos; esta superficie varió de 394,552 ha para *Enterolobium cyclocarpum* hasta 413,586 ha para *G. ulmifolia*. Como se observa en el Cuadro 3, *G. Ulmifolia* tiene los rangos más amplios en temperatura, precipitación, temperatura, tipo y textura de suelo, de tal forma que las características edafoclimáticas de las 13 especies restantes se ubican dentro de este rango. Con base en ello se seleccionaron las cinco especies con mayor presencia, a las cuales se les efectuó el análisis cartográfico.

En el Cuadro 4 se presenta el área potencial de las cinco especies arbóreas por municipio. El menor porcentaje de la superficie municipal con potencial para el establecimiento de las leñosas antes mencionadas, se encontró en el municipio de Villacorzo, mientras que el municipio con mayor porcentaje fue Villaflores.

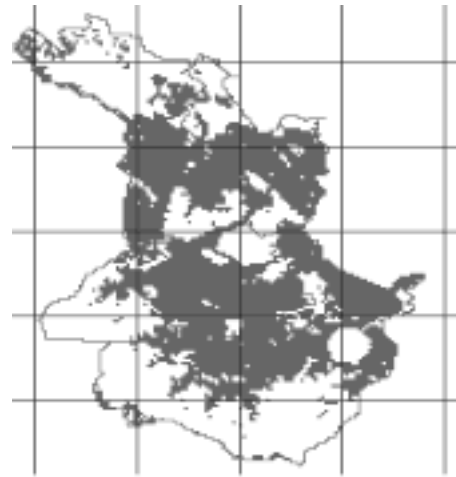
En la Figura 2 se presenta un mapa regional representando las 413,586 ha potenciales para el cultivo de *G. ulmifolia*, *Acacia milleriana*, *G. Sepium*, *L. Leucocephala* y *Enterolobium cyclocarpum*, lo cual corresponde al 47 % del área total de los seis municipios en estudio (880,360 ha).

Estudios en Centroamérica<sup>(33,34)</sup> y en el noreste de México<sup>(32)</sup> reportan características similares en cuanto a los sitios de localización de diferentes variedades de *Leucaena*, encontrándose por lo general por debajo de los 1,200 msnm, en sitios con más de 500 mm de lluvia, con temperaturas entre 20 y 29.9 °C y en suelos con pH por arriba de 5.5.

*G. ulmifolia*, *G. Sepium* y *L. Leucocephala* son tres especies bien conocidas por los productores, cuyo follaje cuenta con buenas características nutrimentales, y la planta tiene un amplio potencial adaptativo en la región de estudio. Aproximadamente el 47 % de los seis municipios en estudio

Figura 2. Área potencial para el establecimiento de *Guazuma ulmifolia* (caulote) en seis municipios del centro de Chiapas

Figure 2. Potential area for establishment of *Guazuma ulmifolia* (caulote) in six municipalities in central Chiapas, Mexico



■ Potential area = 413,586 ha

Note: This area includes the potential areas of *Acacia milleriana*, *Gliricidia sepium*, *L. Leucocephala* and *E. Cyclocarpum*.

than 500 mm annual rainfall, temperatures between 20 and 29.9 °C and soils with pH higher than 5.5.

Of the five most frequent species, *G. ulmifolia*, *G. sepium* and *L. leucocephala* are well known by ranchers, have foliage with good nutritional characteristics and a broad adaptive potential in the study area. As mentioned above, almost half the overall area of the six studied municipalities is apt for planting of these species, meaning they are very promising for use in silvapastoral systems in central Chiapas. Nonetheless, each species does have some limiting factors, like the inability of *L. leucocephala* to grow in acidic soils. *Enterolobium cyclocarpum* and *Acacia milleriana* also have very high adaptive potential and are already used by ranchers as livestock feed.

Villaflores and Ocozocoautla municipalities have the best environment for planting and growth of the five most promising forage tree species and

cuentan con ambientes aptos para su establecimiento. Ello permite considerar su uso en prácticas silvopastoriles en la región del centro de Chiapas. No obstante, hay que tomar en cuenta restricciones particulares para cada especie, por ejemplo, en el caso de *L. Leucocephala* se deben evitar los suelos ácidos. En el caso de *Enterolobium cyclocarpum* y *Acacia milleriana*, además de tener gran capacidad adaptativa, sobresale el uso que le dan los productores como alimento para animales.

Los municipios de Villaflores y Ocozocoautla tienen gran aptitud para el establecimiento y desarrollo de las especies que son promisorias, por lo que es importante considerarlos en la planeación regional para el establecimiento de sistemas silvopastoriles. La ubicación de las áreas potenciales para el establecimiento de las especies antes mencionadas, puede contribuir en la planeación de programas de desarrollo silvopastoril regional sin correr riesgos de disturbios en la vegetación original y el suelo. Las características edáficas y climáticas que requieren las especies estudiadas son importantes para recomendar su propagación a una zona específica, ya que estos rangos podrían implicar la diferenciación de especies promisorias por zonas ecológicas.

Se concluye que son 14 las especies arbóreas forrajeras que los productores del centro de Chiapas utilizan eventualmente para alimentar a sus animales; en su mayoría son naturalizadas, y cuentan con un alto potencial nutritivo para su utilización sistemática en sistemas agrosilvopastoriles de la región. Los follajes de *G. sepium*, *D. robinoides*, *P. dulce*, *G. americana* y *E. goldmanii*, presentan el mejor balance nutrimental, particularmente en cuanto a PC, FDN, FDA, FT y TC, lo que hace que estas especies sean promisorias; además, la predominancia de las mismas en rangos edafoclimáticos amplios les confiere un alto potencial para mejorar la eficiencia de uso de la tierra. Además de que el 47% de la superficie total de los seis municipios estudiados cuenta con potencial para el establecimiento de estas especies arbóreas forrajeras, lo cual permite planificar el desarrollo de sistemas agrosilvo-pastoriles en diferentes diseños agronómicos.

should be considered in regional planning of silvopastoral systems. Identification of potential areas for planting of these species can help in planning regional silvopastoral development programs that run no risk of disturbing the original vegetation and soils. The edaphic and climatic characteristics required by the studied species are important for recommending their propagation in specific zones since their ranges can lead to differentiation of these promising species by ecological zones.

In conclusion, fourteen forage tree species are used by ranchers in central Chiapas to feed their animals; most of these trees are naturalized to the region and have high nutritional potential for systematic use in regional agrosilvopastoral systems. The foliages of *G. sepium*, *D. robinoides*, *P. dulce*, *G. americana* and *E. goldmanii* have the best nutritional balance in terms of CP, NDF, ADF, TP and CT, making them especially promising as animal feed. These species are also dominant over a broad edaphoclimatic range, giving them a high potential to improve land use efficiency. Identification of the 47 % of the six studied municipalities that could be used to establish these forage tree species will allow planning of agrosilvopastoral system development using different agronomic designs.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the Agronomy and Science Research and Postgraduate Studies Division of the Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) and the Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH) for their support of this research.

*End of english version*

---

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la División de Estudios de Posgrado e Investigación en Agronomía y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

(CONACYT) y a la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH) por los diversos tipos de apoyos brindados para la realización del presente trabajo.

## LITERATURA CITADA

- Serrao EAS, Toledo JM. The search for sustainability in Amazonian pastures. Anderson AB editor New York: Columbia University Press; 1990.
- SARH. Inventario Nacional Forestal. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, D F. 1991.
- INEGI. VII Censo agrícola ganadero. Estado de Chiapas, 1991. Resultados definitivos. Tomo I y II. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México. 1994;26-31, 1078-1105.
- Gómez CH, Tewelde A, Nahed TJ. Análisis de los sistemas ganaderos de doble propósito en el centro de Chiapas, México. *Arch Latinoam Prod Anim* 2002;10(3):175-183.
- Murgueitio E, Calle Z. Diversidad biológica en sistemas de ganadería bovina en Colombia. *Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Estudio FAO sobre producción y sanidad animal.* 1999;(143):53-88.
- Makkar HPS, Blummel M, Becker K. Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidones or polyethylene glycols and tannins and their implication in gas production and true digestibility in vitro techniques. *British J Nutrition* 1995;73:897-913.
- Kabatange MA, Shayo CM. Rumen degradation of maize stover as influenced by *Leucaena* hay supplementation. *Livest Res Rural Develop* (Colombia) 1991;3(2):19-22.
- Spain M, Gualdron R. Degradación y rehabilitación de pasturas. In. Mem. VI Reunión del Comité Asesor de la RIEPT. "Establecimiento y renovación de pasturas" Veracruz, Mex. 1988.
- Ortiz VM, Martínez PR, Aveldaño SR, Moreno SR, Moreno SF. Determinación del potencial productivo de especies vegetales para el estado de Puebla. INIFAP. Cholula, Puebla. SARH. 1992:95.
- INIFAP. Base de requerimientos edafoclimáticos de especies forrajeras. Reunión Regional de Especialistas en Forrajes del Pacífico Sur. Oax. Oaxaca. 1997.
- A.O.A.C. Official methods of analysis. 15th ed. Washington, D.C. U.S.A. 1980.
- Vant-Soest PJ, Robertson JB. Analysis of Forages and Fibrous foods. Cornell University. E.U. Laboratory manual for animal science. 1985.
- Domínguez, G. Métodos fotoquímicos para laboratorio. México: Ed. Limusa;1979.
- IDRISI. User's Guide. Version 4.0, Eastman, R.J. Clark University, Worcester. 1992.
- Pinto RR, Ramirez-Aviles L, Ku-Vera JC, Rodríguez S, Barrientos M, Gómez CH. Árboles, arvenses y enredaderas de uso forrajero en el silvopastoreo del Centro de Chiapas, México. En: Mem. IV Taller internacional silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". Indio Huatey, Cuba. 2000.
- Sánchez MD. Sistemas Agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. En: Mem. Conferencia electrónica. Agroforestería para la producción animal en América latina. FAO, Roma. 1998, [en línea]: <http://www.cipav.org.co/cipav/conf/faconf.htm>. Consultado Julio 22, 2002.
- Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América central. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico N° 86. Turrialba, Costa Rica. 1986.
- Giraldo JLA. Potencial del guacimo (*Guazuma ulmifolia*) en sistemas silvopastoriles. En: Mem. Conferencia electrónica. Agroforestería para la producción animal en América latina. FAO, Roma. 1998:295-308.
- Vázquez TE. Concentración mineral de especies forrajeras de la Frailesca, Chiapas [tesis licenciatura]. Mexico: Universidad Autónoma de Chiapas; 1995.
- Kaitho RJ. Nutritive value of browses as protein suplement(s) to poor quality roughages [doctoral thesis]. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Agricultural University; 1997.
- Wahyuni SY, Komara ES, Yates NG, Obst JM, Lowry JB. The performance of Ongole cattle offered either grass, sundried *Leucaena leucocephala* or varying proportions of each. *Trop Anim Prod* 1982;7:275-283.
- Saurez S, Rubio J, Franco C, Vera R, Pizarro EA, Amezcuita MC. *Leucaena leucocephala*: production and composition of milk and selection of ecotypes by grazing animals. *Pasturas Tropicales* 1987;9:11-17.
- Saucedo J, Alvarez FJ, Jiménez N, Arriaga AA. *Leucaena leucocephala* as a supplement for milk production on tropical pastures with dual purpose cattle. *Trop Anim Prod* 1980;6:284.
- Leng RA. Drought-feeding strategies-theory and practice. Australia: Penambul Books; 1986.
- Flores OI, Bolivar DM, Botero JA, Ibrahim MA. Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajero para la suplementación de rumiantes en el trópico. *Livest Res Rural Develop* 1998;10(1):1-10.
- Khazal K, Boza J, Orskov ER. Assesment of phenolics related antinutritive effects in mediterranean browse: a comparison between the use of the *in vitro* gas production technique with or without insoluble polyvinylpyrrolidone or nylon bag. *Anim Feed Sci Technol* 1994;49:133-149.
- Fahey GG, Berger LL. Carbohydrate nutrition in ruminants. In: Church DC editor. The ruminant animal digestive physiology and nutrition. Prentice Hall NJ; 1988;269-297.
- Makkar HPS, SINGH B. Distribution of condensed tannins (proanthocyanidins) in various fibre fractions in young and mature leaves of some oak species. *Anim Feed Sci Technol* 1991;32:253-260.
- Barry TN, Duncan SJ. The role of condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep. 2. Voluntary intake. *Br J Nutr* 1984;51:485-491.
- Muhammed S, Stewart CS, Acamori T. Effects of tannic acid on cellular degradation. Adhesion and enzymatic activity of rumen microorganisms. *Proc Soc Nutr Physiol* 1994;3:174.
- Mupangwa JF, Ngongont NT, Topps JH, Ndlou P. Chemical composition and dry matter degradability profiles of forage legumes *Cassia rotundifolia* cv. Wynn, *Lablab purpureus* cv. Highworth and *Macroptilium atropurpureum* cv. Siritar at 8 weeks of growth (pre-anthesis). *Anim Feed Sci Technol* 1997;69:167-178.
- Foroughbackhch PR, Hauad MLA. Potencial forrajero de tres especies de *Leucaena* en el noreste de México: respuesta a diferentes espaciamientos. Facultad de Ciencias Forestales U.A.N.L. Linares, Nuevo León, México. Reporte científico N° 12. 1989.
- Salazar R. *Leucaena diversifolia* y *Leucaena leucocephala* en Costa Rica. *Silvoenergía* 1986;(18):4.
- Camacho P. Consideraciones de sitio y manejo para predicción de crecimiento de *Leucaena leucocephala*. En: Salazar R editor. Manejo y aprovechamiento de plantaciones forestales con especies de uso múltiple. IUFRO, Guatemala. 1989;387-407.