

PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE GUAJE (*Leucaena* spp.) ASOCIADO CON ZACATE (*Brachiaria brizantha*) PARA OVEJAS EN PASTOREO*

FORAGE PRODUCTION OF GUAJE (*Leucaena* spp.) ASSOCIATED WITH GRASS (*Brachiaria brizantha*) TO SHEEP GRAZING

Yamili Benítez-Bahena¹, Ambrosio Bernal-Hernández¹, Enrique Cortés-Díaz², Gil Vera Castillo^{1§} y Fernando Carrillo Anzures³

¹División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco, km 38.5. Chapingo, México. C. P. 56230. Tel. 01 595 9521672. (yalex12@hotmail.com), (bocho144@hotmail.com). ²Centro Regional Universitario del Anáhuac. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco, km 38.5. Chapingo, México. C. P. 56230. Tel. 01 595 9521672. (ecodia@yahoo.com.mx). ³Campo Experimental Valle de México. INIFAP. Carretera Los Reyes-Texcoco, km. 13.5. Coatlinchán, Texcoco, Estado de México. C. P. 56250. Tel. 01 595 9542877. (carrillo.fernando@inifap.gob.mx). [§]Autor para correspondencia: veragil@colpos.mx.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar la densidad de plantación del guaje (*Leucaena collinsii* y *Leucaena leucocephala*) asociado con la gramínea *Brachiaria brizantha* var. Libertad en un sistema silvopastoril, a través de la cantidad y calidad de forraje ofrecido y su efecto en la ganancia diaria de peso de ovejas en pastoreo de 2006 a 2008. Los tratamientos evaluados fueron tres densidades de plantación del guaje (5 000, 3 333 y 2 500 plantas ha⁻¹). Las evaluaciones se hicieron en época de lluvias y en época de secas; para forraje ofrecido, asignación diaria de forraje, forraje rechazado, grado de cosecha, tasa de desaparición de forraje y ganancia diaria de peso. Se determinó proteína cruda en forraje ofrecido y forraje rechazado. La producción de forraje del guaje fue mayor con *Leucaena leucocephala*; esta gramínea mostró mejor producción de forraje en época de lluvias con 2 500 plantas ha⁻¹ y mayor cantidad de forraje rechazado en época de lluvias con 3 333 plantas ha⁻¹; la asignación diaria de forraje fue mayor en época de lluvias con 2 500 plantas ha⁻¹. El tratamiento con *Leucaena collinsii*, el grado de cosecha presentó una tendencia mayor con 2 500 plantas ha⁻¹ en época de secas; la tasa de desaparición de forraje mostró una tendencia mayor con 2 500 plantas ha⁻¹ en época de lluvias. El guaje mostró mayor contenido de proteína cruda con *Leucaena leucocephala* en época de secas. El contenido de proteína cruda del forraje ofrecido de la gramínea mostró una tendencia mayor en

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the plantation density of guaje (*Leucaena collinsii* and *Leucaena leucocephala*) related to the poaceae *Brachiaria brizantha* var. Libertad in a system of forest shepherding, through the amount and quality of forage obtained and its effect on the daily weight gain in grazing sheep from 2006 to 2008. The treatments evaluated were three plantation densities of guaje (5 000, 3 333 and 2 500 plants ha⁻¹). Evaluations were carried out in rainy and dry seasons for forage offered, for daily forage allocation, forage rejected, harvest index, forage disappearance rate and daily weight gain. The raw protein was calculated in forage offered and rejected. The production of guaje forage was greater with *Leucaena leucocephala*, which displayed a better forage production in rainy seasons, with 2 500 plants ha⁻¹ and a greater amount (3 333 plants ha⁻¹) of forage rejected in the rainy season; daily forage allocation was greater in the rainy season (2 500 plants ha⁻¹). In treatments with *Leucaena collinsii*, the harvest index displayed a greater trend (2 500 plants ha⁻¹) in the dry season; the forage disappearance rate had a higher tendency (2 500 plants ha⁻¹) during the rainy season. The guaje displayed a higher raw protein content with *Leucaena leucocephala* in the dry season. The raw protein content of the forage containing this guaje was higher during the rainy

* Recibido: febrero de 2010
Aceptado: septiembre de 2010

época de lluvias con 5 000 plantas ha⁻¹. Los resultados permiten recomendar una densidad de 5 000 plantas ha⁻¹ de guaje, ya que con esta densidad se logró un efecto positivo en la ganancia diaria de peso de los ovinos en pastoreo.

Palabras clave: *Brachiaria brizantha* var. Libertad, *Leucaena collinsii*, *Leucaena leucocephala*, densidad de plantación, ganancia de peso.

INTRODUCCIÓN

El impacto negativo al suelo, agua y vegetación por los sistemas tradicionales de producción animal, justifica el estudio a través del establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles, en pro del desarrollo de una ganadería sostenible con los recursos naturales (Krishnamurthy, 2004); ya que la ganadería es una de las actividades principales que se desarrollan en los trópicos secos, por la escasa temporada de lluvia que se presenta, esta influye en la poca cantidad disponible de forraje para la alimentación del ganado, lo cual repercute negativamente en las familias que dependen económicamente de la ganadería, al tener que disponer de recursos económicos para la compra de alimento en épocas secas.

Las leguminosas arbóreas se usan con frecuencia, como amortiguador para sobreponerse a las interrupciones en la alimentación del ganado que surgen de las variabilidades del clima (Krishnamurthy, 2004). Las leguminosas producen forraje en cantidad y calidad suficiente durante la época de sequía, para obtener ganancia en peso del animal o el animal sobreviva a condiciones drásticas sin la aportación de alimento adquirido por el productor. La *Leucaena* spp. es una de más de 200 especies de leguminosas arbóreas usadas en los sistemas agroforestales como forraje; es una planta de gran importancia en la producción pecuaria, ya que provee forraje de alta calidad, es muy persistente y se recupera velozmente al pastoreo, tolera las sequías además es consumida rápidamente por el ganado (Krishnamurthy, 2004).

Una de las actividades a considerar en el establecimiento de un sistema silvopastoril, es la determinación de la densidad de plantación dada por el espacio horizontal y vertical que habrá entre planta y planta; esto definirá el número total de árboles que se desarrollarán en un área definida, para que los componentes del sistema de árbol, pasto y animal interaccionen positivamente; de tal manera que se cumplan los objetivos del sistema. La mayoría de los trabajos realizados involucran densidades de siembra para pastoreo

seasons (5 000 plants ha⁻¹). The results help recommend a density of 5 000 plants ha⁻¹ of guaje, since this density has a positive effect on the daily weight gain of the grazing sheep.

Key words: *Brachiaria brizantha* var. Libertad, *Leucaena collinsii*, *Leucaena leucocephala*, plant density, weight gain.

INTRODUCTION

The negative impact that traditional animal production systems have on the soil, water and vegetation justifies the study, through the establishment and management of shepherding systems, in favor of the development of sustainable stockbreeding with natural resources (Krishnamurthy, 2004); because stockbreeding is one of the main activities carried out in the dry tropics, the scarce rainfall has an influence on the little available forage for feeding cattle, which has a negative repercussion on the families that depend on stockbreeding for subsistence, since they have to rely on money for purchasing food in the dry seasons.

Tree legumes are frequently used as a buffer for overcoming interruptions in the feeding of cattle that arise from weather variations (Krishnamurthy, 2004). Legumes produce enough quality forage for the dry season so that the animal gains weight or survives harsh conditions without the need of food purchased by the farmer. *Leucaena* spp. is one of over 200 tree legume species used in agroforestry systems as forage; it is a highly important plant, since it provides high quality forage, it is very resistant and quickly recovers from grazing, it is drought tolerant and is quickly eaten by cattle (Krishnamurthy, 2004).

When establishing a shepherding system, it is worth determining the density of the plantation given by the horizontal and vertical space between each plant; this will define the total number of trees that will be planted in a specified area, so the trees, grass and animals, which are components of the systems, interact positively, helping achieve the aims of the system. Most investigations involve plantation densities for sheep shepherding, although little research has been carried out on sheep. The aim of this investigation was to evaluate the density of plantation of *Leucaena collinsii*

con bovinos; sin embargo, pocos son los trabajos que se han realizado con ovinos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la densidad de plantación de *Leucaena collinsii* Britton & Rose y *Leucaena leucocephala* Lam de Wit asociadas con zacate (*Brachiaria brizantha* var. Libertad) para pastoreo con ganado ovino.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó de 2006 a 2008, en el ejido el Limón, municipio de Tepalcingo, Morelos. Los tratamientos consistieron en tres densidades de plantación (5 000, 3 333 y 2 500 plantas ha⁻¹) del guaje (*Leucaena collinsii* Britton & Rose y *Leucaena leucocephala* Lam de Wit), asignadas completamente al azar con tres repeticiones cada una. La unidad experimental estuvo constituida por una parcela de 256 m² (16*16 m), con siete callejones de zacate de 2 m de ancho. La distancia entre plantas de *Leucaena* spp. fue de acuerdo a la densidad probada.

El área experimental fue barbechada y surcada; la siembra del zacate Libertad fue realizada el 6 de agosto de 2006, en forma manual a chorrillo, las semillas fueron depositadas en surcos a 2 cm de profundidad con densidad de 6 kg ha⁻¹. La *Leucaena* spp. utilizada fue producida en vivero en el lugar de trabajo; se sembró el 2 de mayo de 2006; el trasplante de *Leucaena* spp. se realizó el 12 y 13 de agosto de 2006 en forma manual, en cepa común de 20 cm por lado a distancia variable, según el tratamiento.

El terreno fue cercado para evitar que animales fuera del experimento consumieran o destruyeran la plantación. Asimismo fueron cercadas las 18 unidades experimentales con malla borreguera, con el fin de evitar que las ovejas se salieran fuera de las parcelas experimentales. Se utilizaron un total de 18 ovejas, las cuales fueron identificadas con aretes para facilitar su manejo. El peso total de las ovejas fue equitativo en cada unidad experimental.

En diciembre de 2006 se realizó el primer pastoreo en periodo de sequía; la parcela se dividió en 18 unidades experimentales haciendo tres repeticiones con seis tratamientos, por tanto el pastoreo se realizó con la secuencia de las repeticiones de tal forma que las repeticiones uno (R1), se pastorearon primero y luego la segunda (R2) para terminar con la tercera repetición (R3) en el último momento. El segundo pastoreo se realizó en la época de lluvias en julio de 2007, repitiendo el mismo procedimiento que se efectuó en el primer pastoreo.

Britton & Rose and *Leucaena leucocephala* Lam of Wit related to grass (*Brachiaria brizantha* var. Libertad) for sheep grazing.

MATERIALS AND METHODS

This investigation was carried out between 2006 and 2008, in the el Limón cooperative, in the municipality of Tepalcingo, Morelos. Treatments consisted of three plantation densities (5 000, 3 333 and 2 500 plants ha⁻¹) of guaje (*Leucaena collinsii* Britton & Rose and *Leucaena leucocephala* Lam of Wit), randomly assigned with three repetitions each. The experimental unit was composed of a 256 m² (16*16 m) field, with seven grass alleys of 2 m wide. The distance between *Leucaena* spp. plants was established according to the density tested.

The experimental area was fallowed and furrowed, the Libertad grass was planted on August 6th. 2006 by hand; seeds were placed in two cm deep holes, in a density of 6 kg ha⁻¹. The *Leucaena* spp. used was placed in a greenhouse in the workplace; planting was carried out on May 2nd. 2006; the transplant of *Leucaena* spp. was carried out on August 12 and 13, 2006, by hand in a common stump, measuring 20 cm on each side at a variable distance, according to the treatment.

The land was fenced to avoid animals not belonging to the experiment eating or destroying the plantation. Likewise, the 18 experimental units were fenced, to avoid sheep leaving the experimental fields. A total of 18 sheep were used, which were tagged for easier handling. The total weight of the sheep was equitable for each experimental unit.

In December 2006, the first grazing in a dry season took place; the field was divided into 18 experimental units, with three repetitions for six treatments, therefore grazing was carried out with the sequence of the repetitions, so that repetition one (R1), was grazed first, then the second one (R2) and ending in the third one (R3). The second grazing was carried out in the rainy season in July 2007, using the same procedure as for the first grazing.

Before and after each grazing, an evaluation was made for forage offered (FO) and rejected (FR), daily forage allocation (DFA), harvest index (HI), and forage disappearance rate (FDR). In order to determine the amount of FO, it was used

Antes y después de cada pastoreo, se evaluó forraje ofrecido (FO) y rechazado (FR), asignación diaria de forraje (ADF), grado de cosecha (GC), tasa de desaparición de forraje (TDF). Para determinar la cantidad de FO, se utilizó la técnica de doble muestreo o rendimiento comparativo descrita por Gardner (1967); Haydock y Shaw (1975). La ADF se calculó utilizando la fórmula: $ADF = \text{forraje ofrecido} \times 100 / \text{peso vivo total} \times \text{periodo de ocupación}$. El GC se calculó utilizando la fórmula de Solano y Coronado (1979). La TDF se estimó utilizando la fórmula modificada de Stuth *et al.* (1981).

Todos los animales involucrados en el estudio fueron pesados antes de iniciar y después de finalizar cada pastoreo. Para esto se usó una báscula de reloj con capacidad de 200 kg. A partir de estos datos se obtuvo la ganancia diaria de peso (GDP) por animal por día usando la ecuación: $GDP = \text{diferencia en peso del animal} / \text{tiempo transcurrido entre dos pesajes consecutivos}$.

Para el secado de las muestras de forraje ofrecido y rechazado, se utilizó una estufa de circulación de aire forzado a una temperatura de 55 °C por 48 h hasta obtener peso constante. Las muestras de forraje seco fueron molidas en molino tipo Wiley modelo 4 con criba de 1 mm. El forraje molido fue utilizado para determinar el contenido total de nitrógeno por el método de Microkjedhal y para determinar el contenido de proteína, este valor se multiplicó por el factor 6.25 (AOAC, 1975).

El análisis estadístico consistió en determinar el comportamiento de las interacciones entre las variables respuesta, utilizando un modelo mixto con un diseño completamente al azar en arreglo factorial. Todos los modelos estadísticos fueron analizados usando el procedimiento para un modelo general lineal (PROC GLM), especificado en el paquete estadístico SAS (1987). Las comparaciones de medias fue usando el procedimiento específico para la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Forraje ofrecido de *Leucaena* spp.

La cantidad de forraje ofrecido (FO) de *Leucaena* spp., mostró efecto ($p = 0.0188$) en la interacción especie-época. *Leucaena leucocephala* logró mayores rendimientos que *Leucaena collinsii* (Cuadro 1), se atribuye a una posible diferencia en la respuesta de las especies a condiciones ambientales en que estuvieron expuestas durante cada pastoreo.

the double sample technique or comparative yield described by Gardner (1967); Haydock and Shaw (1975) was used. FAD was calculated using the formula: $FAD = \text{forage offered} \times 100 / \text{total live weight} \times \text{period of occupation}$. HI was calculated using the formula by Solano and Coronado (1979). FDR was calculated using the modified formula by Stuth *et al.* (1981).

All the animals used were weighed before the start and after the end of each grazing, using a scale for up to 200 kg. With these data, the daily weight gain (DWG) was obtained for each animal per day, using the equation: $GDP = \text{difference in weight of the animal} / \text{time between two weightings}$.

The samples of offered and rejected forage were dried in a drying oven, at 55 °C for 48 h until a constant weight was reached. The samples of dry forage were grinded in a Wiley 4 grinder with a 1 mm sieve. The ground forage was used to determine the total nitrogen using the Microkjedhal method, and to determine the protein content, this value was multiplied by the factor 6.25 (AOAC, 1975).

The statistical analysis consisted in determining the behavior of the interactions between the response variables, using a mixed model with a completely random design in a factorial arrangement. All statistical models were analyzed using the procedure for a linear general model (PROC GLM), specified in the SAS (1987) statistical package. Averages were compared using the specific procedure for Tukey's range test ($\alpha = 0.05$).

RESULTS AND DISCUSSION

Leucaena spp. forage offered

The amount of *Leucaena* spp. forage offered (FO) showed an effect ($p = 0.0188$) on the species-season interaction. *Leucaena leucocephala* obtained higher yields than *Leucaena collinsii* (Table 1), which could be due to a possible difference in the response of the species to environmental conditions they were exposed to during each grazing.

Pound and Martínez (1985), mention that the yield depends on many factors. The highest yields are obtained when adequate varieties are used, as well as optimum soil,

Cuadro 1. Forraje ofrecido de *L. leucocephala* y *L. collinsii* con diferentes densidades y épocas del año.
Table 1. *L. leucocephala* and *L. collinsii* forage offered in different densities and times of the year.

Especie	Densidad (plantas ha ⁻¹)			Probabilidad
	5 000	3 333	2 500	
	Forraje ofrecido, materia seca (kg ha ⁻¹)			Pr> f
<i>Leucaena leucocephala</i>	14.05	12	8.28	<0.05
<i>Leucaena collinsii</i>	11.1	9.33	7.95	>0.05
Pr> f	0.09	0.12	0.83	
Época lluviosa	14.53	10.53	7.33	<0.05
Época seca	11.6	09.9	9	>0.05
Pr> f	0.09	0.34	0.11	
	Época del año			
Especie	Época lluviosa		Época seca	Pr> f
<i>Leucaena leucocephala</i>	12.36		10.3	0.05
<i>Leucaena collinsii</i>	8.85		10	0.24
Pr> f	0.02		0.86	

Pound y Martínez (1985) mencionan que el rendimiento depende de muchos factores; los rendimientos máximos se obtienen cuando se usan variedades adecuadas y donde las condiciones edáficas, climáticas y de manejo son óptimas. Estos resultados son similares a los obtenidos por Brewbaker y Hutton (1979) quienes aseguraron que el potencial forrajero de *Leucaena collinsii* es bueno, ya que *Leucaena collinsii* presenta mayor número de pinnas por hoja pero sus pínulas son más pequeñas; mientras que para *Leucaena leucocephala* es excelente, porque presenta pocas pinnas por hoja (4-9) con pínulas muy grandes (8-24 mm) (Barrientos *et al.*, 1987).

También se encontró mayor cantidad de FO de *Leucaena* spp. en época de lluvias que en época de secas (Cuadro 1); esto se debe que en época de lluvias la temperatura y la precipitación fueron altas, lo cual permitió un mejor crecimiento y desarrollo de las hojas; por el contrario, en época de secas hubo una escasa precipitación, causando que la planta sufriera estrés hídrico provocando así la inhibición del crecimiento, estos resultados coinciden con los encontrados por Becerra (1984). Las lluvias fueron favorables, ya que en esta época se concentró mayor precipitación manteniendo suficiente turgencia para el crecimiento de las células (Sanderson *et al.*, 1997); aunado con temperatura e intensidad de luz favorable que aumentaron la asimilación de carbohidratos y actuaron directamente sobre el crecimiento (Muslera y Ratera, 1991).

Dorantes (1997) menciona que las altas temperaturas afectan todo proceso metabólico asociado con el crecimiento de la planta, es por eso que las temperaturas elevadas y los altos

weather and handling conditions. These results are similar to those obtained by Brewbaker and Hutton (1979), who stated that the potential for forage of *Leucaena collinsii* is good, since it has a greater number of pinnaes per leaf, yet its folioles are smaller, whereas for *Leucaena leucocephala* it is excellent, since it has few pinnaes per leaf (4-9) with large folioles (8-24 mm) (Barrientos *et al.*, 1987).

More *Leucaena* spp. FO was found in the rainy season than in the dry season (Table 1), due to high rainfall and temperature, which contributed to the growth of the leaves; on the other hand, in the dry season there was hardly any rain, leading the plants to water stress, causing growth inhibition; these results coincide with Becerra (1984). Rains were favorable, since it was in this season that greater rainfall was concentrated, leaving enough swelling for cell growth (Sanderson *et al.*, 1997); along with favorable temperatures and light intensity that increased carbohydrate assimilation and acted directly upon growth (Muslera and Ratera, 1991).

Dorantes (1997) mentions that high temperatures affect the entire metabolic process of the plant related to its growth, which is why high temperatures and high light intensity cause a rapid sprouting of new leaves, considering the soil is humid enough. On the other hand, in the dry season, the weather conditions (light, water, rainfall and temperature) were less favorable for plant growth, and as a consequence, production was less.

niveles de intensidad lumínica causan rebrote rápido de nuevas hojas; siempre y cuando haya suficiente humedad en el suelo. En cambio, en época de secas las condiciones ambientales (luz, agua, precipitación y temperatura) fueron menos favorables para el desarrollo de las plantas y en consecuencia la producción fue menor.

Becerra (1984) obtuvo una producción de forraje de *Leucaena* a un año de establecida con una densidad de 20 000 plantas ha⁻¹ de 1.92 y 0.95 t ha⁻¹ de materia seca en época de lluvias y en época de secas respectivamente.

Forraje ofrecido de zacate libertad

La cantidad de FO del zacate Libertad mostró mayor producción ($p < 0.05$) en época de lluvia (Cuadro 2). Lo anterior es debido que con lluvias las condiciones ambientales fueron más favorables para el desarrollo de las plantas, a diferencia de la época seca en donde estas condiciones cesaron su crecimiento. Terrazas (1990) encontró que *Brachiaria brizantha* en época de lluvias presentó un rendimiento de 19.8 t ha⁻¹ de materia seca mientras que en época seca fue de 0.5 t ha⁻¹ de materia seca.

Becerra (1984) obtained a *Leucaena* forage production system one year after establishing it, with a density of 20 000 plants ha⁻¹, with 1.92 and 0.95 t ha⁻¹ of dry matter in the rainy season and dry season, respectively.

Grass Libertad forage offered

The amount of grass Libertad FO showed a greater production ($p < 0.05$) during the rainy season (Table 2). This is due to the fact that with the rains, weather conditions were more favorable for plant growth, unlike in the dry season, in which these conditions detained growth. Terrazas (1990) found that *Brachiaria brizantha* had a yield of de 19.8 t ha⁻¹ of dry matter in the rainy season, whereas in the dry season, it was 0.5 t ha⁻¹ of dry matter.

Likewise, Peralta (1990); Borgonio and Palma (2007) stated that Libertad grass produced the most forage (8.8 and 5.5 t ha⁻¹ of dry matter) in the rainy season. Likewise, Costa *et al.* (1991) evaluated three forage grasses related to five legumes in seasons of high and low rainfall; most showed a greater forage yield in the rainy season.

Cuadro 2. Forraje ofrecido de zacate Libertad en diferentes densidades y épocas del año.
Table 2. Grass Libertad forage offered in different densities and seasons.

Especie	Densidad (plantas ha ⁻¹)			Probabilidad
	5 000	3 333	2 500	
Forraje ofrecido, materia seca (kg ha ⁻¹)				Pr> f
<i>Leucaena leucocephala</i>	2 842	3 161	4 655	>0.05
<i>Leucaena collinsii</i>	3 720	4 017	3 931	>0.05
Pr> f	0.61	0.62	0.67	
Época lluviosa	4 781	5 280	6 012	>0.05
Época seca	1 781	1 898	2 591	>0.05
Pr> f	0.001	0.004	0.004	
Época del año				
Especie	Época lluviosa	Época seca		Pr> f
<i>Leucaena leucocephala</i>	5 201	1 904		0
<i>Leucaena collinsii</i>	5 503	2 275		0
Pr> f	0.78	0.73		

Asimismo Peralta (1990); Borgonio y Palma (2007) anunciaron que el zacate Libertad concentró en época de lluvias la mayor producción de forraje (8.8 y 5.5 t ha⁻¹ de materia seca). Del mismo modo Costa *et al.* (1991) evaluaron tres gramíneas forrajeras asociadas

When comparing the forage of grass Libertad under different *Leucaena* plantation densities, there was a trend ($p = 0.7495$) to increase as density decreased, with this trend being more consistent in *L. leucocephala* (Table 2).

con cinco leguminosas, en periodos de máxima y mínima precipitación, la mayoría de estas expresaron mayor rendimiento de forraje en época lluviosa.

Al comparar la producción de forraje del zacate Libertad bajo diferentes densidades de plantación de *Leucaena*, se observó una tendencia ($p=0.7495$) a incrementar conforme se redujo la densidad, siendo más consistente dicha tendencia en *L. leucocephala* (Cuadro 2).

Se presentó mayor producción de forraje en tratamientos donde las densidades de plantación de *Leucaena* fueron bajas, ya que existió un mayor espacio disponible para el desarrollo de la gramínea así como mayor intensidad de luz. Shelton *et al.* (1987) mencionan que la sombra es factor decisivo en la producción de forraje por gramíneas asociadas a plantaciones. Ramón y Téllez (2006) obtuvieron rendimientos en la misma especie mayores a 10 t ha⁻¹ de materia seca, con 5 kg ha⁻¹ de semilla sembrada en 5 cortes al año.

Asignación diaria de forraje

El Cuadro 3, muestra la asignación diaria de forraje (ADF) durante todo el periodo experimental (invierno y verano) para cada tratamiento.

Cuadro 3. Asignación diaria de forraje de *L. leucocephala* y *L. collinsii* en diferentes densidades y épocas del año.
Table 3. Daily *L. leucocephala* and *L. collinsii* forage allocation in different densities and seasons.

Especie	Densidad (plantas ha ⁻¹)		
	5 000	3 333	2 500
Asignación diaria de forraje, materia seca (kg ha ⁻¹ día ⁻¹)			
<i>Leucaena leucocephala</i>	8.9	10.4	15.2
<i>Leucaena collinsii</i>	12.5	13.1	13.4
Época lluviosa	12.7	14.1	15.2
Época seca	9.5	10.9	13.4
Especie	Época del año		
	Época lluviosa	Época seca	
<i>Leucaena leucocephala</i>	13.1	09.9	
<i>Leucaena collinsii</i>	14.3	11.7	

Hubo mayor asignación de forraje en tratamientos con *L. collinsii* a densidades de 5 000 y 3 333 plantas ha⁻¹, mientras que tratamientos con *L. leucocephala* fue a densidades de 2 500 plantas ha⁻¹. Para todos los tratamientos se incrementó la asignación de forraje conforme se redujo la densidad de

There was more forage production in treatments in which *Leucaena* plant densities were low, since there was more room for the growth of the grass, as well as higher light intensity. Shelton *et al.* (1987) mention that shade is a decisive factor in grass forage production related to plantations. Ramón and Téllez (2006) obtained yields in the same species of over 10 t ha⁻¹ of dry matter, with 5 kg ha⁻¹ of seeds sown in five cuts per year.

Daily forage allocation

Table 3 shows the daily forage allocation (DFA) for the duration of the experiment (winter and summer) for each treatment.

There was a greater allocation of forage in treatments with *L. collinsii*, at densities of 5 000 and 3 333 plants ha⁻¹, whereas a treatment with *L. leucocephala*, the density was 2 500 plants ha⁻¹. For all treatments, DFA was increased as the *Leucaena* plant density fell. This can be explained by the amount of forage allocated, since it increased as the *Leucaena* plant density fell. The results show that in the rainy season there was a greater forage allocation (Table 3), since in this season, plants grow better and quicker, bringing about a greater production.

Harvest index

The harvest index (HI) showed a tendency ($p=0.8094$) to increase in the dry season, which is an effect of allocating less forage in the rainy season (Tables 3 and 4).

plantación de *Leucaena*. Lo cual se puede explicar con la cantidad de forraje ofrecido, ya que éste último aumentó conforme se redujo la densidad de plantación de *Leucaena*. Los resultados muestran que en época lluviosa se presentó mayor asignación de forraje (Cuadro 3), ya que en ésta estación del año las plantas se desarrollan mejor y crecen más rápido, originando así mayor producción.

Grado de cosecha

El grado de cosecha (GC) presentó una tendencia ($p=0.8094$) a ser mayor en época seca respecto a época lluviosa, lo cual es un efecto de menor asignación de forraje presentado en esta época (Cuadros 3 y 4).

In the dry season Libertad grass was five months old, and its yield was low, and therefore, the sheep ate most of the forage allocated to satisfy their nutritional requirements. The same applied to Aguilar and Hernández (1997), who obtained a greater HI in treatments with lower DFA, since it implied a lower possibility of selection and a greater pressure of grazing on the field.

Holmes (1989) mentions that the consumption of forage by the animals is conditioned by factors such as forage quality, amount of animals, forage allocation, and the characteristics of each animal; this consumption is also claimed to be affected or favored by the established allocation and the plant density or growth stage.

Cuadro 4. Grado de cosecha de *L. leucocephala* y *L. collinsii* en diferentes densidades y épocas del año.
Table 4. Harvest index for *L. leucocephala* and *L. collinsii* in different densities and seasons.

Especie	Densidad (plantas ha ⁻¹)			Probabilidad
	5 000	3 333	2 500	
	Grado de cosecha (%)			Pr> f
<i>Leucaena leucocephala</i>	55	49	58	>0.05
<i>Leucaena collinsii</i>	57	58	54	>0.05
Pr> f	0.84	0.34	0.67	
Época lluviosa	55	52	50	>0.05
Época seca	57	56	62	>0.05
Pr> f	0.84	0.64	0.22	
	Época del año			
Especie	Época lluviosa		Época seca	Pr> f
<i>Leucaena leucocephala</i>	50		58	0.34
<i>Leucaena collinsii</i>	54		59	0.54
Pr> f	0.64		0.9	

En época seca el zacate Libertad se encontró a cinco meses de establecido y su rendimiento fue bajo, por tal razón las ovejas consumieron la mayor parte del forraje asignado con el propósito de cubrir sus requisitos alimenticios. De igual manera, Aguilar y Hernández (1997) quienes obtuvieron mayor GC en tratamientos donde fue menor la ADF, ya que implicó menor posibilidad de selección y una mayor presión de pastoreo sobre la pradera.

Holmes (1989) menciona que el consumo del forraje por animal está condicionado por factores como: calidad del forraje, carga animal, asignación del forraje, por características propias del animal y su manejo; además

The HI showed a tendency ($p= 0.6074$) to be higher, with 2 500 plants ha⁻¹ (Table 4). This could be due to the fact that in low *Leucaena* plantation densities, forage allocation was lower, and the sheep tended to eat more Libertad grass forage.

Forage disappearance rate

The forage disappearance rate (FDR) showed a greater tendency ($p= 0.9388$) in the rainy seasons (Table 5), due to greater forage allocation. According to Poppi *et al.* (1987) forage allocation is one of the most important factors that affect the consumption rate in grazing animals.

indica que este consumo es afectado o favorecido por la asignación establecida así como la densidad y estado de desarrollo de la planta.

El grado de cosecha presentó una tendencia ($p=0.6074$) a ser mayor con 2 500 plantas ha^{-1} (Cuadro 4). Lo anterior pudo ser posible debido que en densidades bajas de plantación de *Leucaena*, la asignación de forraje por ésta fue menor y el animal tuvo la tendencia a consumir más forraje de zacate Libertad.

Tasa de desaparición de forraje

La tasa de desaparición de forraje (TDF) mostró una tendencia ($p=0.9388$) mayor en época lluviosa (Cuadro 5), ya que presentó mayor asignación de forraje. De acuerdo a Poppi *et al.* (1987) la asignación de forraje, es uno de los factores más importantes que afectan la tasa de ingestión en animales en pastoreo.

Among the different plantation densities, a tendency ($p=0.7197$) was observed to reduce FDR as the density of *Leucaena* trees increased; this tendency was clearer in *L. collinsii*, unlike *L. leucocephala*, since it initially dropped, but when growing from 3 333 to 5 000 plants ha^{-1} , FDR increased (Table 5).

This could be due to the treatments with a lower *Leucaena* tree density created more space available for the plant's proper growth; this brought about a greater amount of forage offered, and therefore FDR was also greater.

According to Fernández and Orcasberro (1982), as the offered forage increases, the bite is bigger and the FDR increases; in contrast, as the forage availability drops, the animal only maintains the consumption level by increasing grazing time, although this increase is sometimes insufficient to make up for the drop in consumption.

Cuadro 5. Tasa de desaparición de forraje de *L. leucocephala* y *L. collinsii* en diferentes densidades y épocas del año.
Table 5. *L. leucocephala* and *L. collinsii* forage disappearance rate in different densities and seasons.

Especie	Densidad (plantas ha^{-1})			Probabilidad
	5 000	3 333	2 500	
	Tasa de desaparición de forraje, materia seca (kg 100 kg de peso vivo $^{-1}$ día $^{-1}$)			Pr> f
<i>Leucaena leucocephala</i>	4.53	5.15	9.13	>0.05
<i>Leucaena collinsii</i>	7.38	7.96	7.83	>0.05
Pr> f	0.5	0.51	0.76	
Época lluviosa	6.8	6.95	8.22	>0.05
Época seca	5.12	6.17	8.75	>0.05
Pr> f	0.61	0.81	0.88	
Época del año				
Especie	Época lluviosa	Época seca		Pr> f
<i>Leucaena leucocephala</i>	6.66	5.87		0.77
<i>Leucaena collinsii</i>	7.97	7.47		0.85
Pr> f	0.67	0.6		

Entre las diferentes densidades de plantación se observó una tendencia ($p=0.7197$) a disminuir la TDF, conforme se aumentó la densidad de árboles de *Leucaena*; esta tendencia fue más clara en *L. collinsii* no así en *L. leucocephala*, ya que inicialmente disminuyó, pero al pasar de 3 333 a 5 000 plantas ha^{-1} la TDF aumentó (Cuadro 5).

Raw protein content in *Leucaena* spp.

The raw protein (RP) content in *Leucaena* spp., was greater ($p=0.0139$) in *L. leucocephala* (Table 6), due to *L. leucocephala* displaying a greater production of forage (leaves) than *L. collinsii*, and since the highest RP content

Lo anterior pudo deberse que los tratamientos con menor densidad de árboles de *Leucaena*, originaron mayor espacio disponible para el buen desarrollo de la gramínea; esto propició una mayor cantidad de forraje ofrecido y por lo tanto la TDF también fue mayor.

De acuerdo con Fernández y Orcasberro (1982), a medida que se aumenta el forraje en oferta, el tamaño de bocado es más grande y TDF aumenta, en forma contraria a medida que disminuye la disponibilidad de forraje, el animal sólo mantiene el nivel de consumo aumentando el tiempo de pastoreo, aunque tal aumento a veces es insuficiente para compensar la disminución de la ingesta.

Contenido de proteína cruda en *Leucaena* spp.

El contenido de proteína cruda (PC) en *Leucaena* spp. fue mayor ($p=0.0139$) en *L. leucocephala* (Cuadro 6). Lo cual se debió que *L. leucocephala* mostró mayor producción de forraje (hojas) respecto a *L. collinsii* y como el mejor contenido de PC se concentra en las hojas, ésta fue superior a *L. collinsii*.

is found in the leaves, this was greater than *L. collinsii*. Also, most of the quoted bibliography stated that *L. leucocephala* had the greatest RP content in comparison to other *Leucaenae*, with 170-340 g kg⁻¹ of dry matter concentrated in young, undignified leaves and stems (Hill, 1971; Brewbaker, 1972; NAS, 1977; Jones and Jones, 1979; Castillo *et al.*, 1989; Sánchez, 1992; Ruiz *et al.*, 1994).

In the dry season, RP content was greater ($p=0.0139$) than in the rainy season (Table 6). This can be explained by the age of the forage, which was of five months in the dry season, and therefore its quality and RP content was greater. Hughes *et al.* (1981) state that as the forage increases, the protein content decreases, and cellulose increases, thus reducing the nutritional value of the forage. In this sense, Barrientos *et al.* (1987) reported RP values in *Leucaena* leaves between 240 and 320 g kg⁻¹ of dry matter in the dry season and 190 to 290 g kg⁻¹ of dry matter in the rainy season.

Cuadro 6. Contenido de proteína cruda de *L. leucocephala* y *L. collinsii* en diferentes densidades y épocas del año.
Table 6. Content of raw protein in *L. leucocephala* and *L. collinsii* in different densities and seasons.

Especie	Densidad (plantas ha ⁻¹)			Probabilidad
	5 000	3 333	2 500	
Contenido de proteína cruda (g kg materia seca ⁻¹)				Pr> f
<i>Leucaena leucocephala</i>	174	214	200	>0.05
<i>Leucaena collinsii</i>	173	148	065	<0.05
Pr> f	0.99	0	0.01	
Época lluviosa	152	165	165	>0.05
Época seca	238	230	235	>0.05
Pr> f	0	0	0	
Época del año				
Especie	Época lluviosa	Época seca		Pr> f
<i>Leucaena leucocephala</i>	176	257		0
<i>Leucaena collinsii</i>	146	212		0
Pr> f	0	0		

Además la mayoría de la literatura citada enunció que *L. leucocephala* fue la que mejor contenido de PC presentó respecto a otras *Leucaenas*, con un contenido de proteína de 170-340 g kg⁻¹ de materia seca concentrándose en hojas y tallos jóvenes no lignificados (Hill, 1971; Brewbaker, 1972; NAS, 1977; Jones y Jones, 1979; Castillo *et al.*, 1989; Sánchez, 1992; Ruiz *et al.*, 1994).

Content of RP in the FO of grass

The content of RP in the FO of Libertad grass was greater ($p<0.05$) in the rainy season (Table 7), due to the temperature and rainfall being greater, allowing a greater amount of sprouting, with high leaf content. In grasses, the RP content changes every season, due to differences in the

En época seca el contenido de PC fue mayor ($p=0.0139$) que en época de lluvias (Cuadro 6). Lo cual se explica con la edad del forraje, ya que en época seca la planta tenía cinco meses de establecida y por lo tanto su calidad y contenido de PC fue mayor. Hughes *et al.* (1981) mencionan a medida que crece el forraje, el contenido de proteína disminuye mientras que la celulosa aumenta, esto reduce el valor nutritivo del forraje. En este sentido Barrientos *et al.* (1987) reportaron valores de PC en hojas de *Leucaena* entre 240 y 320 g kg⁻¹ de materia seca en época seca y de 190 y 290 g kg⁻¹ materia seca en época lluviosa.

Contenido de PC del FO de la gramínea

El contenido de PC de FO del zacate Libertad fue mayor ($p<0.05$) en época de lluvias (Cuadro 7), esto se debió que la temperatura y precipitación fueron mayores y permitieron una mayor cantidad de rebrotes con un alto contenido de hoja. En las gramíneas, el contenido de PC cambia con la estación del año debido a diferencias en su estado fenológico y condiciones climáticas. Cuando las condiciones ambientales (humedad, luz y temperatura) son óptimas para el buen crecimiento de las plantas, hay mayor producción de hojas que propicia mayor valor nutritivo (Hacker y Minson, 1981).

phenological state and weather conditions. When the weather conditions (humidity, light and temperature) are optimum for the proper plant growth, there are more leaves, which bring about a greater nutritional value (Hacker and Minson, 1981).

However, Terrazas (1990) found that the Insurgente grass, 42 days after sprouting, had 8.45% RP during the rainy season.

There was no clear trend between species and densities, but in the treatments with *L. leucocephala*, it was greater ($p=0.0647$) than densities of 3 333 plants ha⁻¹, and for treatments with *L. collinsii*, densities were of 2 500 plants ha⁻¹ (Table 7). This was possible due to the edaphic conditions of the field being different between treatments, in some, the soil was deeper and with more organic matter, whereas in others, the soil was rockier, bringing out the differences in plant growth, and therefore a difference in its RP content. Also, at low *Leucaena* densities, there was more space for the grass to grow, and environmental factors, such as light, water and temperature brought about a better sprouting of foliage with many leaves and better quality.

Cuadro 7. Contenido de proteína cruda de zacate Libertad en distintas densidades y épocas del año.
Table 7. Raw protein content in Libertad grass in different densities and seasons.

Especie	Densidad (plantas ha ⁻¹)			Probabilidad
	5 000	3 333	2 500	
	Contenido de proteína cruda (g kg materia seca ⁻¹)			Pr > f
<i>Leucaena leucocephala</i>	40.4	45.9	41.5	> 0.05
<i>Leucaena collinsii</i>	44.4	37.5	43.8	> 0.05
Pr > f	0.32	0.06	0.56	
Época lluviosa	46.9	45.3	43.6	> 0.05
Época seca	38	38.1	41.7	> 0.05
Pr > f	0	0	0.41	
	Época del año			
Especie	Época lluviosa	Época seca		Pr > f
<i>Leucaena leucocephala</i>	46.5	38.7		0
<i>Leucaena collinsii</i>	44	39.9		0.03
Pr > f	0.33	0.66		

Sin embargo, Terrazas (1990) encontró que el zacate Insurgente a 42 días del rebrote presentó valores 8.45% de proteína cruda durante la época de lluvias.

No se observó ninguna tendencia clara entre especies y densidades, pero los tratamientos con *L. leucocephala* fue mayor ($p=0.0647$) a densidades de 3 333 plantas ha⁻¹,

Daily weight gain

Table 8 shows the tendency ($p>0.05$) on the sheep to lose weight during the dry season. This could be due to *L. leucocephala* producing more and better quality forage; although the PR content offered by the grass was better in the rainy season; in the dry season there

mientras que para tratamientos con *L. collinsii* fue a densidades de 2 500 plantas ha⁻¹ (Cuadro 7). Esto se debió posiblemente que las condiciones edáficas de la parcela no fueron semejantes en los tratamientos, en algunos hubo suelo más profundo y con mayor contenido de materia orgánica, mientras que en otros el suelo fue más pedregoso, propiciando así diferencias en el desarrollo de la planta y con ello una diferencia en su contenido PC; además a densidades bajas de *Leucaena* existió mayor espacio disponible para el desarrollo de la gramínea, en donde los factores ambientales tales como luz, agua, temperatura, propiciaron un mejor rebrote de follaje con alto contenido de hoja y con mejor calidad.

Ganancia diaria de peso

En el Cuadro 8 se presenta la tendencia ($p>0.05$) sobre las ovejas que perdieron menos peso en época de secas. Lo cual se atribuye que *L. leucocephala* presentó mayor cantidad y calidad de forraje; aunque el contenido de proteína cruda ofrecida por el zacate fue mejor con lluvias; en época seca se presentó menor asignación, que provocó una menor selectividad y por tanto mayor consumo por parte del animal originando así menor pérdida de peso.

was less allocation, which caused less selectivity and therefore less consumption by the animals, causing lower weight loss.

Fernández and Orcasberro (1981) point out that forage availability has an influence on grazing. As the amount of forage in the field decreases, animals increase their activity in an attempt to consume a constant amount of energy to satisfy their needs. In sheep, the forage level in which consumption starts to drop rapidly is 1.1 at 4 t ha⁻¹ dry matter (Muslera and Ratera, 1991).

There was a tendency ($p=0.81$) of daily weight gain to drop with the density of *Leucaena* plants, (Table. 8); this was due to the amount of forage offered by *Leucaena*, since as the plant density increased, so did forage production, with a greater contribution of RP than grass (Tables 6 and 7). These results coincide with Aguilar and Hernández (1997), who found that the production per animal increased with forage allocation, which caused the animal to eat unlimitedly, and be more selective eating forage with greater nutritional value.

Cuadro 8. Ganancia diaria de peso de ovejas en diferentes tratamientos y épocas del año.
Table 8. Daily weight gain of sheep in different treatments and seasons.

Especie	Densidad (plantas ha ⁻¹)			Probabilidad
	5 000	3 333	2 500	
	Ganancia diaria de peso (g animal ⁻¹ día ⁻¹)			Pr > f
<i>Leucaena leucocephala</i>	5	-23	-40	> 0.05
<i>Leucaena collinsii</i>	29	-34	-63	> 0.05
Pr> f	0.81	0.91	0.82	
Época lluviosa	-2.2	-13	-40	> 0.05
Época seca	36	-44	-64	> 0.05
Pr> f	0.41	0.51	0.61	
	Época del año			
Especie	Época lluviosa		Época seca	Pr > f
<i>Leucaena leucocephala</i>	-18		-21	0.93
<i>Leucaena collinsii</i>	-19		-26	0.85
Pr> f	0.98		0.94	

Fernández y Orcasberro (1981) señalan que la disponibilidad de forraje ejerce una influencia sobre la actividad de pastoreo. A medida que disminuye la cantidad de forraje presente en el pastizal, los animales aumentan su actividad por un intento de mantener un consumo constante de energía que satisfaga sus necesidades. En ovinos, el nivel de

RECOMMENDATIONS

A homogenization cut is recommended for *Brachiaria brizantha* var. Libertad in the rainy season four weeks before grazing begins, to bring about high levels of better quality forage offered.

forraje a partir del cual el consumo comienza a disminuir rápidamente es de 1.1 a 4 t ha⁻¹ materia seca (Muslera y Ratera, 1991).

Hubo la tendencia ($p=0.81$) que la ganancia diaria de peso disminuyó conforme se redujo la densidad de plantación de *Leucaena* (Cuadro 8); esto se debió a la cantidad de forraje ofrecido por *Leucaena*, ya que conforme se incremento la densidad de plantación mayor fue la producción de forraje, con un mayor aporte de PC respecto a la gramínea (Cuadro 6 y 7). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Aguilar y Hernández (1997) quienes encontraron que la producción por animal se incrementó conforme se aumentó la asignación de forraje, lo que originó que el animal no presentara límites en el consumo y que existiera una mayor selectividad, obteniendo forraje de mejor valor nutritivo.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un corte de homogenización para *Brachiaria brizantha* var. Libertad cuatro semanas antes de iniciar el pastoreo en época de lluvias, con el objetivo de propiciar elevadas masas de forraje ofrecido y de mejor calidad.

Leucaena leucocephala mostró mayor cantidad y mejor calidad de forraje que *Leucaena collinsii*; por lo tanto, se recomienda el uso de *Leucaena leucocephala* como leguminosa forrajera, en un sistema silvopastoril debido a su producción y calidad.

CONCLUSIONES

La cantidad y calidad de forraje producido por las leguminosas *Leucaena leucocephala*, *Leucaena collinsii* y la gramínea *Brachiaria brizantha* var. Libertad dependieron de la época y la densidad de plantación.

La producción de forraje en ambas especies, así como un efecto positivo en la ganancia diaria de peso de los ovinos en pastoreo fue superior en época de lluvias y en densidades de plantación de 5 000 plantas ha⁻¹; mientras que su calidad fue mejor en época de secas y en densidades de plantación de 3 333 plantas ha⁻¹ con *L. leucocephala* y 5 000 plantas ha⁻¹ con *L. collinsii*.

La producción de forraje del zacate Libertad fue superior con *Leucaena collinsii* en ambas épocas; mientras que su calidad fue mejor con *Leucaena leucocephala* para época lluviosa y con *Leucaena collinsii* para época seca.

Leucaena leucocephala showed amounts of forage and of better quality than *Leucaena collinsii*, therefore, the use of *Leucaena leucocephala* is recommended as a forage legume in a shepherding system due to its production and quality.

CONCLUSIONS

The amount and quality of forage produced with legumes *Leucaena leucocephala*, *Leucaena collinsii* and *Brachiaria brizantha* var. Libertad depended on the season and the density of plantation.

The production of forage of both species, as well as a positive effect on the daily weight gain in sheep was higher in the rainy season and in plant densities of 5 000 plants ha⁻¹; its quality was higher in the dry season and in densities of 3 333 plants ha⁻¹ with *Leucaena leucocephala* and 5 000 plants ha⁻¹ with *Leucaena collinsii*.

The production of forage with Libertad grass was higher with *Leucaena collinsii* in both seasons, while its quality was better with *Leucaena leucocephala* for the rainy season and *Leucaena collinsii* for the dry season.

End of the English version



LITERATURA CITADA

- Aguilar, M. N. y Hernández, V. S. 1997. Comportamiento de una pradera de zacate ovillo (*Dactylis glomerata*) y de ovinos en pastoreo a tres cargas animal. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 74 p.
- Association of Official Analytic Chemist (AOAC). 1975. Official methods of analysis of the association of official analytic chemist. Washington, D. C. 130-131 pp.
- Barrientos, A.; Castillo, E.; Crespo, G.; Febles, G.; González, S. B.; Jordán, H.; López, M.; Monzote, M. y Ruiz, T. E. 1987. *Leucaena* una opción para la alimentación bovina en el trópico y subtrópico. Instituto de Ciencia Animal, del Ministerio de Educación Superior. La Habana, Cuba. 182 p.

- Becerra, B. J. 1984. Efecto de la altura y frecuencia de corte en la producción de forraje de guaje o *Leucaena* (*L. leucocephala*). Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 29 p.
- Borgonio, M. M. y Palma, T. C. 2007. Producción y calidad de forrajeras tropicales en siembras puras. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 80 p.
- Brewbaker, J. 1972. Varietal variation and yield trials of *Leucaena* (Koa Haole) in Hawaii. Agic. Exp. Stn. University of Hawaii Res. Bull. 166-290 pp.
- Brewbaker, J. L. and Hutton, E. M. 1979. *Leucaena* versatile tropical tree legume *In*: new agricultural crops. Westview Press Boulder. Colorado, USA. 207 p.
- Castillo, E.; Ruiz, T.; Puentes, R. y Lucas, E. 1989. Producción de carne bovina en área marginal con guinea (*Panicum maximum*) y guaje (*Leucaena leucocephala*). *In*: comportamiento animal. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 23:137-142.
- Costa, N. I.; Gonçalves, C. A. e Oliveira, J. R. C. 1991. Avalicao Agronômica de gramíneas e leguminosas forrajeras asociadas em Rondônia, Brasil. Pasturas Tropicales. 13(3):35-38.
- Dorantes, J. J. 1997. Evaluación de la inclusión de diferentes leguminosas en la asociación avena-ballico bajo pastoreo en invierno en Chapingo, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 73 p.
- Fernández, R. S. y Orcasberro, R. 1981. Importancia del valor nutritivo de los forrajes en la nutrición ovina. Curso sobre nutrición ovina. FES-Cuautitlán, UNAM. México. 15-19 pp.
- Fernández, R. S. y Orcasberro, R. 1982. Los forrajes en la alimentación de los ovinos. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 80 p.
- Gardner, A. L. 1967. Estudio sobre los métodos agronómicos para la evaluación de las pasturas. IICA- Zona sur. Montevideo, Uruguay. 80 p.
- Hacker, J. B. and Minson, D. J. 1981. The digestibility of plant parts herbage. Herb. Abstr. 51(9):460-482.
- Haydock, K. P. and Shaw, N. H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. August. J. Exp. Agríc. Anim. Husb. 15:663-671.
- Hill, G. D. 1971. *Leucaena leucocephala* for pastures in the tropics. Herb. Abstr. 41(2):111-119.
- Holmes, W. 1989. Grazing management in: grass its production and utilization. Edit. Blackwell Scientific Publication. Oxford, USA. 130-172 pp.
- Hughes, H. D.; Heath, M. E. y Metcalfe, D. S. 1981. Forrajes: la ciencia de la agricultura basada en producción de zacates. Edit. Continental. Distrito Federal, México. 365 p.
- Jones, R. J. and Jones, R. M. 1979. Beef production from nitrogen fertilizer grasses. CSIRO, Australia. Tropical Crops and Pastures Divisional Report. 1-41 pp.
- Krishnamurthy, J. A. 2004. Agroforestería en desarrollo: el campo y el potencial de las leguminosas arbóreas en la agroforestería. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 17-21 pp.
- Muslera, E. P y Ratera, G. C. 1991. Praderas y forrajes (producción y aprovechamiento). Edit. Mundi-Prensa. Madrid, España. 673 p.
- National Academy of Sciences (NAS). 1977. *Leucaena* promising forage and tree crop for the tropics National Academy of Sciences 2101. Constitution Av. Washington, USA. 204-220 pp.
- Peralta, M. A. 1990. Pasto insurgente *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) Stapf. para incrementar la producción de carne y leche en el trópico mexicano. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Oaxaca, Oaxaca. 21 p.
- Poppi, O. P.; Hughes, T. P. and Huillier, P. J. 1987. Intake of pasture by grazing ruminants. *In*: feeding livestock on pasture. Nicol, M. A. De. Soc. Anim. Prod. Ocasional publication. New Zeland. 10:55-63.
- Pound, B. y Martínez, L. 1985. *Leucaena*: su cultivo y utilización. Edit. Corripio, C. por A. Santo Domingo, República Dominicana. 120-121 pp.
- Ramón, A. y Téllez, F. 2006. Establecimiento de forrajeras en la sierra de Huautla Morelos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Zootecnia. Chapingo, México. 92 p.
- Ruiz, T. E.; Castillo, E.; Alonso, J. y Febles, G. 1994. Algunos factores que influyen en la producción de biomasa en sistemas silvopastoriles del trópico. IV Reunión Nacional Sobre Sistemas Agro y silvopastoriles. Colima, México. 347-360 pp.

- Sánchez, R. R. 1992. Guía para cultivar *Leucaena* como recurso forrajero en la planicie costera de Nayarit. SARH, INIFAP. Centro de Investigación Pacífico Centro. Campo Experimental "El Macho", Tecuala, Nayarit. México. Folleto para productores. Núm. 1. 3-19 pp.
- Sanderson, M. A.; Stair, D. W. and Hussey, M. A. 1997. Physiological and morphological responses of perennial forages to stress. *Adv. Agron.* 59:171-224.
- Statistical Analysis System (SAS). 1987. SAS-SAT user's guide. Release 6.03, SAS Institute, Cary North Carolina, USA.
- Shelton, H. M.; Humphreys, L. R. and Betello, C. 1987. Pastures in the plantations of Asia and the pacific. Australia. 159-168 pp.
- Solano, V. V. y Coronado, G. E. 1979. Efecto de la asignación de forraje sobre la producción, utilización y selectividad en una pradera permanente, bajo riego en Chapingo, México. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 132 p.
- Stuth, J. W.; Kirbi, D. R. and Chmielewsky, R. E. 1981. Effect of herbage allowance on the efficiency of defoliation by animal. *Grass Forage Sci.* 36(1):9-15.
- Terrazas, P. J. G. 1990. Guía para el establecimiento del pasto Insurgente en el estado de Nayarit. Campo Experimental El Verdineño, INIFAP. Sauta, Nayarit. Folleto. Núm. 1. 18 p.