



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS VERACRUZ

POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

ESTABLECIMIENTO, CALIDAD DEL FORRAJE Y PRODUCTIVIDAD DE UN SISTEMA SILVOPASTORIL INTENSIVO BAJO PASTOREO DE BOVINOS Y OVINOS EN EL TRÓPICO SUB-HÚMEDO

LEONOR YALID MANRÍQUEZ MENDOZA

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

DOCTORA EN CIENCIAS

TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ.

2010

La presente tesis titulada: **Establecimiento, calidad del forraje y productividad de un sistema silvopastoril intensivo bajo pastoreo de bovinos y ovinos en el trópico sub-húmedo**, realizada por la alumna: **Leonor Yalid Manríquez Mendoza**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS

AGROECOSISTEMAS TROPICALES

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA: _____

DRA. SILVIA LOPEZ ORTIZ

ASESOR: _____

DR. PONCIANO PEREZ HERNANDEZ

ASESOR: _____

DR. EUSEBIO ORTEGA JIMENEZ

ASESOR: _____

DR. ZENON GERARDO LOPEZ TECPOYOTL

ASESOR: _____

DR. OCTAVIO RUIZ ROSADO

Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, 29 de junio de 2010

ESTABLECIMIENTO, CALIDAD DEL FORRAJE Y PRODUCTIVIDAD DE UN SISTEMA SILVOPASTORIL INTENSIVO BAJO PASTOREO DE BOVINOS Y OVINOS EN EL TRÓPICO SUB-HÚMEDO

Leonor Yalid Manríquez Mendoza, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2010

Los objetivos de esta investigación fueron conocer a) las características agronómicas del árbol *Guazuma ulmifolia* Lam.; b) su desarrollo en el trópico sub-húmedo de la zona Central de Veracruz; c) su calidad nutricional; d) su producción de forraje asociada a las gramíneas *Digitaria decumbens* Stent, *Brachiaria brizantha* A. Richard Staf y *Panicum maximum* Jacquin en un sistema silvopastoril; y e) la producción de carne de bovinos y ovinos en pastoreo de ese sistema. Se realizó una revisión de documentos sobre el avance en la investigación del potencial forrajero de *G. ulmifolia*. Se determinaron las curvas de crecimiento de *G. ulmifolia* de 17 a 47 semanas de edad en cuatro sitios; se midió la productividad (materia seca) en cada asociación guácimo-gramínea y la producción de carne en dos tratamientos de pastoreo: mixto (bovinos y ovinos) y simple (ovinos), durante las tres épocas del año. La investigación sobre *G. ulmifolia* no ha sido sistemática y existen vacíos en el conocimiento sobre su manejo y efecto en la productividad animal; la rusticidad de esta especie se manifestó en establecerse rápidamente en campo y mostrar un crecimiento lineal a lo largo del año, aún durante el periodo de sequía. La asociación *G. ulmifolia-D. decumbens* fue la más productiva (51.5 t MS ha⁻¹ año⁻¹) y la calidad nutrimental del árbol fue superior al pasto en las tres asociaciones; la mayor cantidad de carne se produjo en el sistema de pastoreo mixto (444.35 kg ha⁻¹ año⁻¹) que en el simple (321.7 kg ha⁻¹ año⁻¹). Se concluye que *G. ulmifolia* es de fácil establecimiento en campo y tiene características forrajeras aceptables para asociarse con pastos tropicales en sistemas silvopastoriles; los cuales pueden ser productivos a lo largo de todo el año bajo pastoreo intensivo de bovinos y ovinos, tanto en pastoreo simple como simultáneo.

Palabras clave: *Guazuma ulmifolia* Lam., Sistema silvopastoril, pastoreo mixto.

ESTABLISHMENT, FORAGE PRODUCTION AND QUALITY OF AN INTENSIVE SILVOPASTORAL SYSTEM TO FEED CATTLE AND SHEEP IN THE SUB-HUMID TROPICS

Leonor Yalid Manríquez Mendoza, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2010

The objectives of this research were to investigate a) the agronomical characteristics of the tree *Guazuma ulmifolia* Lam., b) the growth of this species in a sub-humid tropical area in central Veracruz, c) the nutritional forage quality and productivity of a silvopastoral system with *G. ulmifolia* associated with *Digitaria decumbens* Stent, *Brachiaria brizantha* A. Richard Staf and *Panicum maximum* Jacquin, and d) the production of meat from cattle and sheep in this system. A literature review on the potential of *G. ulmifolia* as a forage resource was initially performed. The growth rates of the tree from age 17 to 47 weeks in four different sites were assessed, the productivity (dry matter) of the three tree-grass associations in the silvopastoral system was measured, and meat production was assessed in two treatments: mixed grazing by cattle and sheep and single species grazing by sheep, during three seasons. The management of *G. ulmifolia* has not been systematically investigated and little is known on the techniques for growing and managing the species as a crop and the effects of the forage on animal performance. Because of its rusticity, the tree established rapidly in the field and showed linear growth over the year during this study. The most productive tree-grass association was *G. ulmifolia*-*D. decumbens* (51.5 t MS ha⁻¹ yr⁻¹), the tree forage quality was greater than grass in all associations, and more meat production was achieved with the mixed (583 kg ha⁻¹ yr⁻¹) than with the single species treatment (164 kg ha⁻¹ yr⁻¹). *G. ulmifolia* can be rapidly established in the field and has good forage quality to be associated with tropical grasses in silvopastoral systems. As well, these systems can be productive all year under intensive mixed species and single species grazing with cattle and sheep.

Keywords: *Guazuma ulmifolia* Lam., Grazing-browsing, Silvopastoral system, Forage nutritional quality

DEDICATORIA

A Dios

Por darme la luz necesaria para seguir mi camino, llenando vacíos con salud, conocimiento y amor.

A mi madre:

Aurelia Mendoza Farfán (†), por el ejemplo de superación en cualquier momento de la vida, evadiendo todo por el amor de sus hijos.

A mis hermanos:

Pedro, Heriberto (†), Mauro, Isidro (†) e Irene, con el cariño de siempre, por su apoyo en mis decisiones y su amor fraternal.

A mis adorables sobrinos:

Omar, Marisol, Angélica, Grisol, Alejandra, Mayra, Mauro, Itzel, Alan, Alexis, Yalid (†), Carito (†) y Andrea por que han sido mi fuente de inspiración en todo momento de mi vida.

A mis compañeras de generación:

Concepción del Carmen Ahuja Aguirre, María de la Luz Aguilar Rojas y María Teresa Patricia Pulido Salas, por su amistad, atenciones y comprensión en este proceso lleno de experiencias y enriquecimiento profesional y personal

A mis maestros e integrantes de mi Consejo Particular con respeto y admiración

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados, por haberme dado la oportunidad de ingresar a una institución ocupada por la conservación de recursos naturales, y por haber contribuido, de manera especial, en mi formación académica de postgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo financiero de este proyecto, al otorgarme una BECA para llevar a cabo mis estudios doctorales. Así como al Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT-convocatoria 2005 por el financiamiento de la investigación a través del proyecto 12294/2005. Evaluación del pastoreo mixto en un sistema silvopastoril gramínea-guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.).

A la Dra. Silvia López Ortiz, por su dirección en el desarrollo de este proyecto y por la motivación hacia el desarrollo de mayores capacidades académicas.

Al Dr. W. Bruce Campbell, por su ayuda en la traducción del resumen y artículo para su publicación correspondiente.

Al Dr. Ponciano Pérez Hernández, por su asesoría y sabios consejos para concluir este trabajo.

A los Doctores Eusebio Ortega Jiménez, Z. Gerardo López Tecpoyotl y Octavio Ruiz Rosado, por el asesoramiento recibido durante el desarrollo de mi tesis doctoral.

Al Dr. Juan Burgueño, por su apoyo en la parte estadística en mi proyecto de investigación.

Al Dr. Arabel Elías Iglesias, Lic. Idania Scull y Félix R. Herrera, por su apoyo académico en el Departamento de Química Analítica del Instituto de Ciencia animal de la Habana, Cuba.

A la Dra. Bertha Chongo y familia por todo su apoyo académico y atenciones durante mi estancia en Cuba.

A todos mis amigos por su amistad y apoyo en el desarrollo de mi proyecto: Maribel Calderón Zurita, Virginia Oros, Noyola, Irene del Angel Guzmán, Eloísa Ortega Vargas, Adán Villa Herrera, Irma Julieta González Acuña, Fritz Paul Lang Ovalle, Luis Carlos Alvarado Gómez, Martín Palomares García, Agustín Estrada García, Jacobo Nieto Matus, Sergio Contreras Gallardo, Víctor Manuel López Hernández, Juan Lara Bautista, Ricardo Martínez Martínez, Marcelo Bautista Tolentino, Rafael Hernández Eugenio, Mauricio Velásquez Martínez, Guadalupe Arcos Medina y E. Iván Hernández Moreno.

A los trabajadores del *Campus Veracruz* por las facilidades y apoyo brindado durante la realización de este proyecto, por su amabilidad y comprensión en el arduo trabajo de campo, al personal Administrativo, Laboratorio de suelos, Ganadería, Laguna y Borreguera.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1. Planteamiento del problema	1
2. Objetivo general.....	4
3. Hipótesis general	4
4. Revisión de literatura	5
4.1. Características agronómicas y forrajeras del guácimo (<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.).....	5
4. 2. Características deseables en los árboles forrajeros.....	6
4.3. Aspectos generales de la botánica y biología del guácimo	7
4.4. Propagación del guácimo.....	8
4.5. Consideraciones para el establecimiento del guácimo en campo	11
4.6. Manejo del guácimo en sistemas de producción.....	12
4.7. Calidad forrajera del guácimo	14
4.8. Consumo de <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	16
4.9. Presencia de <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. en sistemas de producción	18
4.10. Principales productos y servicios de <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.....	19
5. Literatura citada	20
CAPITULO I. CURVAS DE CRECIMIENTO DE <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. EN EL TRÓPICO SUB-HÚMEDO DE VERACRUZ, MÉXICO.	29
1.1. Introducción	30
1.2. Materiales y métodos.....	31
1.2.1. Área experimental.....	31
1.2.2. Arreglo espacial y establecimiento de plantas en campo.....	33
1.2.3. Evaluación del crecimiento de <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	33
1.2.4. Análisis estadístico.....	34
1.3. Resultados y discusión	35
1.3.1. Desarrollo de las plantas.....	35
1.3.2. Crecimiento de plantas.....	44
1.3.3. Asociación del variables dasométricas con temperatura y precipitación.....	45
1.4. Conclusiones	48

1.5. Literatura citada	48
------------------------------	----

CAPITULO II. CONTENIDO NUTRICIONAL DEL FORRAJE EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL INTEGRADO POR *Guazuma ulmifolia* Lam. Y LAS GRAMINEAS *Digitaria decumbens* Stent, *Brachiaria brizantha* A. Richard Staf Y *Panicum maximum* Jacquin..... 51

2.1. Introducción	52
2.2. Materiales y métodos.....	53
2.2.1. Sitio experimental.....	53
2.2.2. Manejo del sistema silvopastoril.....	53
2.2.3. Recolección de muestras	54
2.2.4. Análisis bromatológico	55
2.3. Resultados y discusión	56
2.3.1. Composición química del árbol	56
2.3.2. Composición química de las gramíneas.....	59
2.3.3. Composición química de las asociaciones árbol-gramíneas.....	61
2.3.4. Metabolitos secundarios presentes en <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	64
2.4. Conclusiones	64
2.5. Literatura citada	65

CAPITULO III. EVALUACIÓN DE UN SISTEMA SILVOPASTORIL BAJO PASTOREO SIMULTÁNEO DE BOVINOS Y OVINOS EN LA ZONA CENTRO DE VERACRUZ. 69

3.1 Introducción	69
3.2. Materiales y métodos.....	71
3.2.1. Localización del estudio	71
3.2.2. Sistema silvopastoril	71
3.2.3. Tratamientos y animales examinados	72
3.2.4. Procedimiento experimental.....	72
3.2.5. Análisis estadístico	74
3.3. Resultados y discusión	74
3.3.1. Biomasa total disponible anual y por época	74

3.3.2. Ganancia de peso de los animales en dos tratamientos de pastoreo	78
3.4. Conclusiones	80
3.5. Literatura citada	82
DISCUSIÓN GENERAL DE RESULTADOS	86
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES	88
1. Conclusiones	88
2. Recomendaciones	88

LISTA DE CUADROS

		Página
Cuadro 1.	Producción de biomasa de guácimo en diferentes sistemas de manejo.....	13
Cuadro 2.	Características edáficas, climáticas y fisiográficas de los sitios evaluados.....	31
Cuadro 3.	Características físicas y químicas del suelo en cuatro sitios en los que se sembró <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam., en Veracruz, México.....	32
Cuadro 4.	Valores estimados de los parámetros y estadísticas asociadas de las ecuaciones de predicción para la variable altura (cm), de plantas de <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. entre 17 y 47 semanas de edad. Los árboles se establecieron en cuatro sitios que diferían en condiciones edáficas y climáticas. Los valores se ajustaron a un modelo $Y = \beta_0 + \beta_1 x_i + e$	37
Cuadro 5.	Valores estimados de los parámetros y estadísticas asociadas de las ecuaciones de predicción para la variable diámetro de copa (cm), de plantas de <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. entre 17 y 47 semanas de edad. Los árboles se establecieron en cuatro sitios que diferían en condiciones edáficas y climáticas. Los valores se ajustaron a un modelo $Y = \beta_0 + \beta_1 x_i + e$	39
Cuadro 6.	Valores estimados de los parámetros y estadísticas asociadas de las ecuaciones de predicción para la variable diámetro de tallo (cm), de plantas de <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. entre 17 y 47 semanas de edad. Los árboles se establecieron en cuatro sitios que diferían en condiciones edáficas y climáticas. Los valores se ajustaron a un modelo $Y = \beta_0 + \beta_1 x_i + e$	40
Cuadro 7.	Valores estimados de los parámetros y estadísticas asociadas de las ecuaciones de predicción para la variable ramas primarias (No.), de plantas de <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. entre 17 y 47 semanas de edad. Los árboles se establecieron en cuatro	

	sitios que diferían en condiciones edáficas y climáticas. Los valores se ajustaron a un modelo $Y = \beta_0 + \beta_1 x_i + e$	42
Cuadro 8.	Valores de las variables dasométricas (Media \pm DE) de <i>G. ulmifolia</i> Lam. a 47 semanas de edad. Los árboles se establecieron en cuatro sitios que diferían en condiciones edáficas y climáticas.....	45
Cuadro 9.	Asociación de variables climáticas con variables dasométricas de <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam... a 47 semanas de edad. Los árboles se establecieron en cuatro sitios que diferían en condiciones edáficas y climáticas.	46
Cuadro 10.	Asociación entre altura y otras variables dasométricas de <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	47
Cuadro 11.	Características químico-nutricionales del follaje de <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. (GUUL) en un sistema silvopastoril con <i>Digitaria decumbens</i> Stent (DIDE), <i>Brachiaria brizantha</i> A. Richard Staf (BRBR) o <i>Panicum maximum</i> Jacquin (PAMA), a 30 días de edad del rebrote, en tres épocas del año..	57
Cuadro 12.	Características químico-nutricionales del follaje de <i>Digitaria decumbens</i> Stent (DIDE), <i>Brachiaria brizantha</i> A. Richard Staf (BRBR) y <i>Panicum maximum</i> Jacquin (PAMA), de un sistema silvopastoril con <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. (GUUL), a 30 días de edad del rebrote, en tres épocas del año.	60
Cuadro 13.	Consumo aparente del ganado en un sistema silvopastoril integrado por <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. (GUUL), <i>Digitaria decumbens</i> Stent (DIDE), <i>Brachiaria brizantha</i> A. Richard Staf (BRBR) o <i>Panicum maximum</i> Jacquin (PAMA), a 30 días de edad del rebrote, en tres épocas del año.....	62
Cuadro 14.	Características químico-nutricionales del follaje de <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. (GUUL) asociado con <i>Digitaria decumbens</i> Stent (DIDE), <i>Brachiaria brizantha</i> A. Richard Staf (BRBR) o <i>Panicum</i>	

maximum Jacquin (PAMA), en un sistema silvopastoril, a 30 días de edad del rebrote, en tres épocas del año. Las proporciones del árbol y las gramíneas se calcularon en base al consumo aparente de bovinos y ovinos en pastoreo simultáneo del sistema silvopastoril..... 63

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Frutos maduros de <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam	9
Figura 2.	Semilla escarificada de <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.....	9
Figura 3.	Plantas de <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. reproducidas mediante acodos aéreos.....	10
Figura 4.	Setos compuestos de <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. y <i>Digitaria</i> <i>decumbens</i> Stent.....	12
Figura 5.	Incremento de la altura de plantas de <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. de 17 a 47 semanas de edad, en cuatro sitios que diferían en condiciones edáficas y climáticas, durante las tres épocas del año. Los valores se ajustaron a un modelo $Y = \beta_0 + \beta_1 x_i + e \dots \dots$	36
Figura 6.	Incremento del diámetro de copa de plantas de <i>Guazuma</i> <i>ulmifolia</i> Lam. de 17 a 47 semanas de edad, en cuatro sitios que diferían en condiciones edáficas y climáticas, durante las tres épocas del año. Los valores se ajustaron a un modelo $Y = \beta_0 + \beta_1$ $x_i + e \dots \dots \dots$	38
Figura 7.	Incremento del diámetro de tallo (cm) de plantas de <i>Guazuma</i> <i>ulmifolia</i> Lam. de 17 a 47 semanas de edad, en cuatro sitios que diferían en condiciones edáficas y climáticas, durante las tres épocas del año. Los valores se ajustaron a un modelo $Y = \beta_0 + \beta_1$ $x_i + e \dots \dots \dots$	40
Figura 8.	Incremento del número de ramas primarias de plantas de <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. de 17 a 47 semanas de edad, en cuatro sitios que diferían en condiciones edáficas y climáticas, durante las tres épocas del año. Los valores se ajustaron a un modelo Y $= \beta_0 + \beta_1 x_i + e \dots \dots \dots$	41
Figura 9.	Incremento del número de ramas secundarias de plantas de <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. de 17 a 47 semanas de edad, en cuatro sitios que diferían en condiciones edáficas y climáticas, durante las tres épocas del año. Los valores se ajustaron a un modelo Y	

	$= \beta_0 + \beta_1 x_i + e$	43
Figura 10.	Biomasa total disponible en un sistema silvopastoril bajo pastoreo de ovinos (simple) y simultáneo de bovinos y ovinos (mixto), durante las tres épocas del año. El sistema silvopastoril estaba compuesto por las asociaciones <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. (GUUL) con <i>Digitaria decumbens</i> Stent (DIDE), <i>Brachiaria brizantha</i> A. Richard Staf (BRBR) o <i>Panicum maximum</i> Jacquin (PAMA).....	75
Figura 11.	Biomasa total disponible en un sistema silvopastoril bajo pastoreo de ovinos (simple) y simultáneo de bovinos y ovinos (mixto), durante las tres épocas del año. El sistema silvopastoril estaba compuesto por las asociaciones <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. con <i>Digitaria decumbens</i> Stent (DIDE), <i>Brachiaria brizantha</i> A. Richard Staf (BRBR) o <i>Panicum maximum</i> Jacquin (PAMA).....	p76
Figura 12.	Ganancia de peso en un sistema silvopastoril bajo pastoreo de ovinos (simple) y simultáneo de bovinos y ovinos (mixto), durante las tres épocas del año. El sistema silvopastoril estaba compuesto por las asociaciones <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. con <i>Digitaria decumbens</i> Stent, <i>Brachiaria brizantha</i> A. Richard Staf y <i>Panicum maximum</i> Jacquin.....	79
Figura 13.	Peso acumulado del ganado en un sistema silvopastoril bajo simple de ovinos (simple) y simultáneo de bovinos y ovinos (mixto) durante las tres épocas del año. El sistema silvopastoril estaba compuesto por las asociaciones <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. con <i>Digitaria decumbens</i> Stent, <i>Brachiaria brizantha</i> A. Richard Staf y <i>Panicum maximum</i> Jacquin.....	81

LISTA DE ACRÓNIMOS

AOAC	Official methods of analysis.
BRBR	<i>Brachiaria brizantha</i>
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CC	Contenido celular
Cel	Celulosa
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
Cz	Cenizas
DIDE	<i>Digitaria decumbens</i>
DMS	Digestibilidad de materia seca
EMB	Encyclopédie Méthodique, Botanique
FAD	Fibra detergente ácida
FDN	Fibra detergente neutro
GUUL	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Hem	Hemicelulosa
ICA	Instituto de Ciencia Animal
Lig	Lignina
MO	Materia orgánica
MS	Materia seca
PAMA	<i>Panicum maximum</i>
PC	Proteína cruda
SAS	Statistical Analysis System

INTRODUCCIÓN GENERAL

En América Central y el Caribe existen especies nativas de árboles y arbustos que poseen un gran potencial para la producción de forraje (Benavides, 1994). Muchas de estas especies tienen un valor nutricional superior a las gramíneas (Enríquez *et al.*, 1999) y pueden producir una elevada cantidad de biomasa comestible. La escasez de pastos durante la época seca hace más difícil la alimentación del ganado, por lo que los productores requieren de otras alternativas como son las plantas nativas, que pueden tener gran resistencia, rusticidad y persistencia durante la época crítica de escasez de humedad (Giraldo, 1998). Tanto la producción de biomasa como su calidad nutricional son importantes para su utilización en sistemas silvopastoriles (Esqueda y Tosquy, 2007); para aumentar la capacidad de carga e incrementar la eficiencia de utilización de los pastos; mejorar la ganancia de peso por animal y por unidad de superficie, y minimizar los ciclos de crecimiento del ganado (Acosta *et al.*, 2003). Motivo por el cual el presente estudio se enfoca al análisis integral de un sistema silvopastoril.

1. Planteamiento del problema

La estacionalidad de la producción de gramíneas en el trópico ha generado la necesidad de buscar otras alternativas forrajeras. El cultivo de árboles nativos en los potreros de regiones ganaderas, mejora la calidad del pasto y permite satisfacer las demandas nutrimentales del ganado en las distintas etapas de su crecimiento, durante las diferentes épocas del año, principalmente en la época crítica cuando la producción de pasto disminuye (Febles y Ruiz, 2008).

Guazuma ulmifolia Lam. (guácimo) es una especie arbórea forrajera, originaria de América tropical, se encuentra desde México hasta Ecuador (CATIE, 1991), se caracteriza por su rusticidad (factores climáticos y edáficos), resistencia (ramoneo), persistencia (chapeo, quema), calidad y producción de follaje (Villarruel y Ruiz, 2004); su sistema radical profundo hace posible la retención de agua y la utilización eficiente de los nutrimentos (López, 2008). Ha sido utilizado con los mismos propósitos en diferentes países de América Latina como: Nicaragua (Zamora *et al.*, 2001; Sánchez *et*

al., 2005) por su fruto, follaje y distribución natural en todos los hábitats; Panamá (Cerrud, 2002) principalmente por su uso en cercas vivas; en Cuba (Acosta *et al.*, 2003) observaron el guácimo en sistemas silvopastoriles en diferentes tipos de suelo; en Colombia (Giraldo, 1999) los sistemas silvopastoriles se encuentran en proceso de regeneración natural, han desarrollado en mayor cantidad especies forrajeras como *G. ulmifolia*, Cañahuate (*Tabebuia chrysea*), Orejero (*Enterolobium cyclocarpum*) y Carbonero (*Calliandra calothyrsu*).

La información existente sobre el potencial forrajero de *G. ulmifolia* es abundante, sin embargo, no está sistematizada y aparentemente existen vacíos de conocimiento acerca de su manejo agronómico; existe escasa información respecto a su reproducción, tiempo adecuado para trasplante a campo y su desarrollo durante el primer año de establecimiento. No se conoce la productividad del guácimo asociado con diferentes pastos tropicales, ni la productividad de un sistema de guácimo-pasto bajo pastoreo simple o mixto.

Los árboles nativos son una fuente importante de forraje para el ganado, sobre todo en regiones con época de estiaje prolongada. Algunas especies arbóreas son de rápido crecimiento y buena calidad nutricional, además de tener la capacidad de producir forraje durante la época seca, cuando la producción de pastos es baja generando la necesidad de producir forraje. Guácimo tiene un alto potencial forrajero y del que aún se conoce poco sobre su manejo agronómico. Aunque esta especie aparece en muchos estudios de diagnóstico de especies forrajeras en diversos sitios y asociaciones de vegetación, existe escasa información publicada sobre su adecuado manejo agronómico para ser cultivado como árbol forrajero. Existe suficiente información sobre el valor nutricional del guácimo, aunque la suplementación y la respuesta animal con esta especie han sido poco estudiadas.

El sistema silvopastoril es una asociación natural o deliberada de uno o de varios componentes leñosos (arbustivos y/o arbóreos) dentro de especies de gramíneas, leguminosas y herbáceas para su utilización con rumiantes en pastoreo (Botero y

Russo, 1999); las arbóreas presentan mayor producción de follaje durante periodos más prolongados que las gramíneas (Nahed, 2002); Lozano *et al.* (2006) demostraron que el pastoreo en este sistema incrementa el rendimiento y calidad del forraje, al obtener mayor ganancia diaria de peso en ovinos y bovinos. Sánchez *et al.* (2007) indican que los sistemas agroforestales son más productivos y económicamente más rentables que los sistemas de monocultivo. Enríquez *et al.* (1999) mencionan varias gramíneas adaptadas al trópico mexicano, con posibilidades de integrarse a los sistemas silvopastoriles: Pangola (*Digitaria decumbens* Stent), Jaragua (*Hiparrhenia rufa* (NES) Stapf), Llanero (*Andropogon gayanus* Kunth), Insurgente (*Brachiaria brizantha* A. Richard Stapf), Chontalpo (*Brachiaria decumbens* Stapf), Pará (*Brachiaria mutica*), Estrella de África (*Cynodon dactylon*) y Tanzania (*Panicum maximum* Jacquin).

El pastoreo mixto permite el aprovechamiento simultáneo de una misma unidad de suelo con animales de distintas especies (Hardy, 2000). La buena utilización del forraje en un sistema mixto es debido al consumo del material sucio por el ovino, al ser este alimento rechazado por el vacuno cuando se utiliza un sistema de pastoreo simple (Mendiola *et al.*, 2007). Otro aspecto importante es el manejo de la rotación de potreros en sistemas silvopastoriles (Bagnis y Bavera, 2005); con especies animales como el borrego Pelibuey y ganado Criollo Lechero Tropical, en el trópico son una opción para incrementar la ganancia de peso de los animales.

Debido a que la producción de forraje en la zona donde se realizó el estudio, es estacional, también se consideró que el sistema podría mantener su producción durante todo el año, al proporcionarle agua y los nutrimentos necesarios, el agua sería proporcionada por un sistema de riego por microaspersión, alimentado por hidroarrietes cuyo funcionamiento no requiere energía externa.

La interacción de todos estos componentes, daría paso a un sistema integrado de manejo de los recursos agua, suelo, plantas y animales, al que denominamos sistema silvopastoril intensivo de alta eficiencia.

2. Objetivo general

El objetivo general fue determinar la producción de forraje por unidad de superficie y la composición botánica del sistema silvopastoril integrado por Guácimo (*Guazuma mifolia* Lam.) asociado a las gramíneas tropicales Pangola (*Digitaria decumbens* Stent), Insurgente (*Brachiaria brizantha* A. Richard Staf) o Tanzania (*Panicum maximum* Jacquin) y cuantificar la ganancia de peso de bovinos y ovinos en pastoreo simultáneo y de ovinos en pastoreo simple, en este sistema.

3. Hipótesis general

El sistema silvopastoril con Guácimo (*Guazuma mifolia* Lam.) asociado a las gramíneas tropicales Pangola (*Digitaria decumbens* Stent), Insurgente (*Brachiaria brizantha* A. Richard Staf) o Tanzania (*Panicum maximum* Jacquin), produce mayor cantidad de forraje por unidad de superficie, con mejor calidad nutricional y por consiguiente la ganancia de peso de bovinos y ovinos en pastoreo simultáneo es superior al pastoreo simple de ovinos en el mismo sistema.

Con base a lo anterior, la presente investigación tuvo cuatro objetivos particulares: 1) determinar cuáles son las características agronómicas de *G. ulmifolia* Lam. (Artículo enviado y aceptado para su publicación a *Tropical and Subtropical Agroecosystems*), 2) conocer el crecimiento del guácimo en el trópico durante las diferentes épocas del año, 3) evaluar la calidad de sistemas silvopastoriles con la asociación de *G. ulmifolia* y algunos pastos tropicales mejorados de mayor uso en el trópico, y 4) conocer la productividad del sistema silvopastoril guácimo-pasto bajo pastoreo mixto de ovinos y bovinos y pastoreo simple de ovinos.

La presente tesis consta de una introducción general, tres capítulos, conclusiones y recomendaciones generales. La introducción general presenta el planteamiento del problema, la importancia de los árboles forrajeros en sistemas donde la producción de forrajes es estacional, características generales del árbol, conceptos generales que están incluidos en esta tesis, el objetivo general y la hipótesis general, y los temas de

investigación en los capítulos del 1 al 3 se presentan: 1) Las curvas de crecimiento de *Guazuma ulmifolia* Lam. en el trópico sub-húmedo de Veracruz, México; 2) El contenido nutricional del forraje en un sistema silvopastoril integrado por *Guazuma ulmifolia* Lam. y las gramíneas Pangola (*Digitaria decumbens* Stent), Insurgente (*Brachiaria brizantha* A. Richard Staf) o Tanzania (*Panicum maximum* Jacquin); 3) Evaluación de un sistema silvopastoril bajo pastoreo simultáneo de bovinos y ovinos en la zona Centro de Veracruz.

4. Revisión de literatura

4.1. Características agronómicas y forrajeras del guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.)

El objetivo fue analizar la literatura existente sobre la presencia, el manejo y la calidad forrajera del guácimo en sistemas productivos en rumiantes domésticos. Esta arbórea pertenece a la familia Sterculiaceae, género *Guazuma* y especie *ulmifolia* (CATIE, 2006). Los nombres comunes que recibe son guácimo, guázamo, caulote, pixoy, guácimo de ternero, majagua de toro, yaco y granadillo. Es característica de zonas con estación seca bien definida, con vegetación sabanoide y en potreros de áreas cálido-húmedas (Nieto *et al.*, 2006), aunque también se desarrolla en ecosistemas más húmedos. En la zona Centro de Veracruz, México, esta especie ha evolucionado en regiones donde la precipitación es estacional y muy marcada, con periodos de sequía hasta de ocho meses (López *et al.*, 2006); crece en espacios abiertos, orillas de carreteras, ríos, dentro de cultivos, pastizales y en vegetación secundaria (López *et al.*, 2006; Ascencio, 2008).

El guácimo es considerado un árbol multipropósito por la gran variedad de productos y servicios que brinda en la agricultura, ganadería, industria cosmética y medicina. Berenguer *et al.* (2007) mencionan sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas y antihipertensivas; Alonso-Castro y Salazar-Olivo (2008) resaltan las antidiabéticas; se utiliza en la industria cosmética y en la elaboración de dulces, bebidas, tortillas, atole y pinole (EMB, 2007); en la forestería sirve de cerco vivo, sombra y descanso para el ganado (Torres *et al.*, 2006); el follaje como fuente de proteína en sistemas pecuarios

(López *et al.*, 2006); como paisaje proporciona la estructura de protección para la flora, fauna y las fuentes de agua enriqueciendo los suelos (Beetz, 2001; Jiménez y Hernández, 2001), ayudando a conservar los recursos naturales. Su madera blanda es utilizada en la manufactura de artesanías y elaboración de utensilios como mangos de herramientas, construcción de casas, muebles, postes, reparación de instalaciones pecuarias, es fuente de combustible como leña y carbón (Giraldo *et al.*, 1995; Nieto *et al.*, 2006). Por lo anterior, *G. ulmifolia* se considera una especie forrajera importante en las regiones tropicales con baja precipitación y productividad (Giraldo *et al.*, 1995; López *et al.*, 2003). El objetivo de la presente revisión es presentar información relevante con respecto a la presencia, el manejo y la calidad forrajera del guácimo en sistemas productivos con rumiantes domésticos.

4. 2. Características deseables en los árboles forrajeros

Los árboles considerados con potencial forrajero deben poseer ciertas características para ser capaces de adaptarse al medio y prolongar su vida útil, y cumplen con algunas características (Benavides, 1998; Febles y Ruiz, 2008), las cuales se pueden agrupar de la manera siguiente:

1) Características agronómicas

- a) Crecimiento rápido
- b) Adaptación a suelos de baja fertilidad
- c) Resistencia a quemas, enfermedades y plagas de plantas asociadas
- d) Producción de abundante hojarasca de rápida mineralización
- e) Producción de biomasa en época seca
- f) Alta producción de semillas y fácil propagación
- g) Alta tasa de sobrevivencia al trasplante al campo

2) Capacidad de asociación

- a) Asociación con otras arbóreas y gramíneas
- b) Poseer sistema radical profundo
- c) Permitir el crecimiento de otras plantas bajo su dosel

3) Respuesta a defoliación

- a) Respuesta adecuada a podas y ramoneo frecuente
- b) Alta producción de rebrotes después de la defoliación

4) Valor nutricional y consumo

- a) Mayor velocidad de pasaje de la digesta en rumen
- b) Alto valor nutritivo
- c) Aceptable y palatable para el ganado
- d) Bajo contenido de metabolitos secundarios sin afectar consumo voluntario
- e) Aumento en índices productivos y reproductivos de los animales

4.3. Aspectos generales de la botánica y biología del guácimo

El guácimo es un árbol de porte medio, aunque se ha reportado altura de hasta 25.0 m, y el diámetro del tallo puede alcanzar 0.80 m (EMB, 2007). Es un árbol muy ramificado, con copa abierta, redondeada y extendida; sus hojas son alternas y simples, de 3.0 a 13.0 cm de largo por 1.5 a 6.5 cm de ancho, con forma ovalada o lanceolada, margen aserrado y color verde oscuro, rasposas en el haz y sedosas en el envés. Sus flores están distribuidas en panículas de 2 a 5 cm de largo, tienen forma de estrella y son blanco-amarillentas, con tinte castaño y olor dulce, con diámetro de 5 mm. Su tronco es casi recto, ramificado desde la base con ramas largas extendidas horizontalmente y a veces colgantes; tiene corteza externa fisurada color pardo grisáceo, mientras que la corteza interna es fibrosa, amarillenta a pardo rojiza, con sabor dulce a astringente (Francis, 1991). Los frutos tienen forma de cápsula de 3 a 4 cm de largo, con numerosas protuberancias cónicas en la superficie y son café oscuro a negro; cuando están maduros tienen olor y sabor dulce (EMB, 2007). Las semillas son de consistencia dura, con forma de lenteja, su tamaño es menor a 1 mm, y de color pardo, aunque éste puede cambiar; el número de semillas por fruto es muy variable, desde 51 a 63 (Viveros *et al.*, 2004), otro rango es de 40 a 80 semillas y su cantidad no está relacionada con su longitud y diámetro (Leyva, 2003; Viveros *et al.*, 2004). En Veracruz, México, esta especie ha producido hasta 705 frutos kg⁻¹ (Viveros *et al.*, 2004).

En Costa Rica se ha señalado que florece de marzo a abril (Giraldo, 1999), en Puerto Rico de abril a octubre (Francis, 1991), y en México de mayo a septiembre (Nieto *et al.*, 2006). La fructificación ocurre en México en el trópico seco en época de secas (Contreras *et al.*, 1995; Palma y Román, 2003; Manríquez *et al.*, 2007) o casi todo el año, especialmente de septiembre a abril; en Nicaragua ocurre de febrero a mayo durante la época seca (Zamora *et al.*, 2001). La maduración de los frutos del guácimo varía según las características climáticas del sitio, mientras que en los bosques mixtos de Brasil maduran en agosto y septiembre, éstos permanecen en el árbol hasta noviembre (De Araujo *et al.*, 1999), y en México de marzo a diciembre. El guácimo es un árbol caducifolio; sus hojas empiezan a envejecer durante la época seca por periodos de distinta duración; en algunos climas son periodos cortos (EMB, 2007), o largos pero el tiempo dependerá principalmente de la duración de la época seca. La senescencia de sus hojas ayuda a incrementar la disponibilidad de agua, luz y nutrimentos (Ortega, 2009).

4.4. Propagación del guácimo

El guácimo puede propagarse de manera sexual (semillas) y asexual (material vegetativo). El método más usado de reproducción es mediante semillas, se ha probado que es la mejor forma de propagación de este árbol (Villarruel *et al.*, 2007).

Con respecto a la propagación sexual, la dispersión natural de semillas de guácimo se da mediante el consumo del fruto maduro por aves y mamíferos, entre estos últimos principalmente murciélagos y el ganado (Ferguson *et al.*, 2007). Esta forma de dispersión permite que las semillas germinen fácilmente. Para la propagación controlada del guácimo, el primer paso es la recolección de frutos maduros (Figura 1), que puede hacerse directamente del árbol o del suelo, en este último caso siempre y cuando los frutos no estén infestados de larvas (Manríquez *et al.*, 2007). Los frutos se parten y las semillas se extraen con golpes suaves o con ayuda de un objeto de punta roma (tijeras); después, las semillas se limpian retirando todos los residuos de la fruta. La época de recolección de semillas varía de acuerdo a la región, ya que según las

condiciones climáticas sucede la maduración de los frutos (Giraldo *et al.*, 1995; Ku *et al.*, 1998; Calderón y Lara, 2007).



Figura 1. Frutos maduros de *Guazuma ulmifolia* Lam.

En condiciones naturales la tasa de germinación de las semillas de guácimo es baja (Villarruel *et al.*, 2007; Hermosillo *et al.*, 2008), ya que requieren un proceso de escarificación para lograr altos porcentajes de germinación. Para hacer la escarificación, Sánchez *et al.* (2004) sugieren sumergir las semillas de guácimo en agua a 100 °C durante 10 seg y remojarlas en agua a temperatura ambiente durante 24 h. Sin embargo, Villarruel *et al.* (2007) recomiendan remojar las semillas en agua a 80 °C por 8 a 10 min y dejarlas en agua a temperatura ambiente por 24 ó 36 h, lo que asegura una germinación del 95 %, aunque también 5 min en agua a 80 °C es suficiente (Manríquez *et al.*, 2007). Después de este tratamiento las semillas se lavan con agua corriente hasta retirar el mucílago, lo que puede hacerse usando un pedazo de malla mosquitera; finalmente, se secan a la sombra (Figura 2).

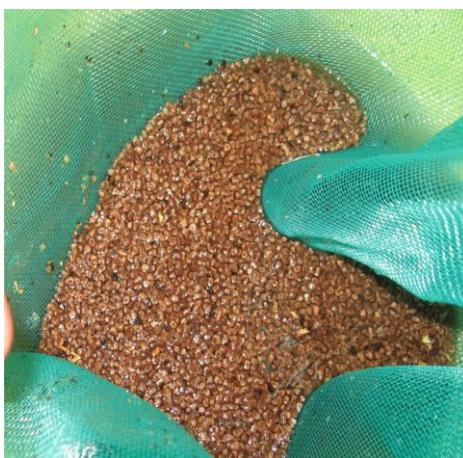


Figura 2. Semilla escarificada de *Guazuma ulmifolia* Lam.

Las semillas germinan de 4 a 8 días después de sembradas, y se pueden germinar en bolsas o en semillero; en ambos casos necesitan sombra durante la germinación. Si son germinadas en semillero, cuando la plántula produce dos hojas verdaderas (aproximadamente ocho días después de germinada) se traspasa a bolsas de polietileno con tierra (López *et al.*, 2006). Se le debe proporcionar a la plántula media sombra, riego diario durante ocho días y posteriormente cada tercer día, con la finalidad de estimular el crecimiento leñoso en tallo y ramas. Se puede fertilizar con N-P-K en proporción 10-30-10, de 3 a 4 g por planta (Villarruel y Ruiz, 2004).

No existen datos sobre el manejo de las plantas de guácimo en vivero, solo Tamayo y Orellana (2006) en Yucatán y Manríquez *et al.* (2007) en la zona Centro de Veracruz reportan que la germinación en vivero se realiza en mayo, uno a dos meses antes de iniciar la época de lluvias, con la finalidad de que las plantas obtengan de 20 a 30 cm de altura, estarán listas para trasplantarse entre junio y julio, cuando inicia la época de lluvias.

En cuanto a la propagación asexual, Villarruel *et al.* (2007) obtuvieron 35 % de supervivencia en la reproducción de guácimo mediante acodos aéreos (Figura 3), y lograron 42 % de supervivencia al propagarlo por medio de estacas de 20 cm de longitud y 1 cm de diámetro, utilizando un sustrato con 65 % de suelo y 37.5 % de composta.



Figura 3. Plantas de *Guazuma ulmifolia* Lam. reproducidas mediante acodos aéreos

4.5. Consideraciones para el establecimiento del guácimo en campo

Para establecer un sistema de producción de guácimo, ya sea en vivero o directo en campo, debe tomarse en cuenta el clima, la época de lluvias, el tipo de suelo y su pendiente (Tamayo y Orellana, 2006). Existen pocos reportes en la literatura referentes a las condiciones y requerimientos para el trasplante del guácimo al campo. Según Villarruel *et al.* (2005) el guácimo se puede trasplantar a los tres o cuatro meses de edad, cuando la planta ha alcanzado una altura de 38 cm. Manríquez *et al.* (2007) indican que también se puede hacer cuando las plantas tienen entre 1 y 2 meses de edad, y 20 a 30 cm de altura. El CATIE (1991) menciona que la planta se debe transportar protegida del aire y del sol. La siembra de los arbolitos se debe realizar durante la época de lluvias, preferentemente al inicio, para que tengan oportunidad de desarrollarse durante todo el periodo de lluvias (Manríquez *et al.*, 2007). A este respecto, Tamayo y Orellana (2006) reportaron 100 % de supervivencia de guácimo establecido en sitios con 1,200 mm anuales de precipitación en Yucatán, México.

El arreglo espacial de los árboles de guácimo en el campo depende del propósito y tipo de sistema deseado; se han establecido en arreglos en forma de setos simples o dobles (Tamayo y Orellana, 2006; Villa, 2009), o bien bajo un diseño en tres bolillo o marco real (Villarruel *et al.*, 2007). Se ha reportado la siembra con espacio de 1.0 y 1.5 m entre plantas con callejones de 1.5 m, en bancos de forraje (López *et al.*, 2006), o en callejones de 4.0 m (Figura 4) en un sistema silvopastoril (Villa, 2009); Tamayo y Orellana (2006) lo han cultivado a espacio de 1.25 m entre plantas.



Figura 4. Setos compuestas de *Guazuma ulmifolia* Lam. y *Digitaria decumbens* Stent

4.6. Manejo del guácimo en sistemas de producción

La edad de la planta de guácimo al momento de la primera poda es un aspecto muy importante, en virtud de que esta práctica determina el comportamiento productivo posterior, principalmente en cuanto al engrosamiento de los tallos y la raíz (Francisco, 2003). Aunque no se conoce cuál es la mejor edad de esta especie para practicar la primera poda, Holguín e Ibrahim (2004) mencionan la edad de seis meses después de su establecimiento en campo para que pueda empezar a ser consumida por los animales. López *et al.* (2006) indican que la poda tradicional en un banco de forraje de guácimo se hace dejando tallos principales a 60 cm de altura, ramas principales y ramas secundarias a 40 cm de longitud desde la base del tallo. Se ha mencionado que un tiempo aceptable para definir intervalos de poda en árboles es cuando existe entre 50 y 60 % de follaje comestible (Francisco, 2003).

De acuerdo con Leyva (2006), el guácimo ha demostrado respuesta favorable y resistencia a la presión de ramoneo por el ganado. A este respecto, López *et al.* (2006) señalan que a los 6.3 meses de establecido el guácimo en campo, los ovinos pueden iniciar el ramoneo de la planta, sin que se presenten daños que comprometan su sobrevivencia. Sin embargo, Villa (2009) reportó que cuando el ramoneo fue practicado por bovinos dentro de un sistema silvopastoril en árboles de un año de edad, se retrasó el desarrollo del árbol, aunque no se afectó su sobrevivencia.

Por otro lado, para la producción de biomasa la edad de la planta es importante, pues a mayor crecimiento vegetativo, mayor producción de biomasa. La altura de la planta también influye en la cantidad de biomasa producida; a mayor altura mayor producción (Giraldo *et al.*, 1995). De igual forma, las variables dasonométricas tales como altura, diámetro de copa, ramas primarias y secundarias influyen en la producción de forraje (Flores, 1994). La producción de biomasa del guácimo se ha evaluado en su mayoría en árboles que crecen de manera natural en diferentes sitios, y no en árboles que crecen en plantaciones cultivadas en alta densidad, bajo condiciones más controladas. Los diversos sistemas naturales y de manejo del guácimo, así como su producción total de biomasa se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Producción de biomasa de guácimo en diferentes sistemas de manejo

Sistema de producción	Densidad y/o arreglo	Manejo	Biomasa	Autor
Suplementación	Dispersos en bosque	Poda cada 16 semanas	1.7 kg MS	Flores, 1994
SSP natural	20 árboles ha ⁻¹	Árboles adultos	1.2 t MS	Giraldo, 1998
Corte y acarreo	Árboles nativos	Altura de 8 m	29 kg MS árbol ⁻¹	Lizárraga <i>et al.</i> , 2001
Banco de forraje	8,100 árboles ha ⁻¹	Poda cada 8 semanas	2.6 t MS	López <i>et al.</i> , 2006
Corte y acarreo	Asociación nativa	El fruto se utiliza como forraje	17.5 kg árbol ⁻¹	Palma y Román, 2003
Árboles dispersos	Un árbol de 1.5 m	Poda cada 16 Semanas	0.650 kg MS	Reyes, 2006
SSP	4,000 árboles ha ⁻¹	Poda cada 16 Semanas	1.7 t MS ha ⁻¹	Villa, 2009

SSP = Sistema silvopastoril, MS = Materia seca

En términos generales, la producción de biomasa y fibra aumenta en periodos amplios de poda o ramoneo, y el porcentaje de proteína cruda disminuye; por el contrario, a intervalos menores la biomasa y fibra se reducen y el contenido de proteína cruda aumenta (Lizárraga *et al.*, 2001).

En Tabasco, México, Reyes (2006) realizó poda total de uniformización en guácimo; posteriormente, realizó la poda con intervalos de cuatro meses durante un año, y con promedio de precipitación anual de 3,683 mm y obtuvo biomasa total de 1.5 kg MS árbol⁻¹ con 41.9 % de follaje comestible (tallo tierno más hojas). Por su parte, López *et al.* (2006) obtuvieron 2.6 t MS ha⁻¹ en un banco de forraje a la primera poda, mientras que Villa (2009) logró 1.7 t MS ha⁻¹ en un sistema silvopastoril, con 4,000 árboles ha⁻¹, en plantas de un año de edad.

4.7. Calidad forrajera del guácimo

Varios investigadores (CATIE, 1991; Lizárraga *et al.*, 2001; Zamora *et al.*, 2001; Palma y Román, 2003) han evaluado la calidad nutricional del follaje y los frutos del guácimo, con resultados variables. La calidad depende de las condiciones edafoclimáticas del sitio, época del año, edad del rebrote, manejo de las plantas y consumo de los animales (López *et al.*, 2008).

El porcentaje de proteína cruda (PC) del fruto de guácimo es variado; el mínimo reportado ha sido de 5.8 % en Chiapas, México en condiciones del trópico húmedo (Pinto *et al.*, 2004), y el máximo fue 11.3 % en fruto seco molido, en clima tropical seco en Colima, México (Contreras *et al.*, 1995). Con respecto al contenido de PC en el follaje, en Costa Rica, Giraldo (1998) señaló contenido de PC de 5.5 % en el follaje a densidades medianas (2 795 árboles ha⁻¹) en época de invierno, mientras que Araya *et al.* (1994) obtuvieron 23 % PC en un bosque premontano. En Veracruz, México, en trópico sub-húmedo durante la época de lluvias, en suelo tepetatoso y pedregoso, Villa (2009) reportó 23 % de PC. Se ha encontrado mayor contenido de PC en hoja que en tallo, variando desde 16 % (CATIE, 1991) a 19.5 % en hoja (Araya *et al.*, 1994), y de 5.2 % (Lizárraga *et al.*, 2001) a 8.1 % en tallo (Araya *et al.*, 1994).

La degradabilidad de la biomasa comestible del guácimo (DMS) depende de la edad del rebrote y la posición de las ramas. En los frutos, la DMS oscila entre 49 a 66 % en fruto maduro molido, alcanzándose la mayor digestibilidad al incluir Na OH en el fruto

molido (Contreras *et al.*, 1995). En el follaje, los valores de DMS varían de 41 % en un sistema silvopastoril en Chiapas, México, en suelo cambisol, luvisol y rendzina (Pinto *et al.*, 2004), hasta 94 % en árboles de 1.2 m de altura en Colombia (Giraldo, 1998). Otros autores informaron de valores intermedios de 47.2 % de digestibilidad en Yucatán (Bobadilla y Ramírez, 2006), y valores elevados de 60 % con rebrotes de tres meses en Tabasco, México (Reyes, 2006).

El contenido de materia seca (MS) y materia orgánica (MO) se ha reportado en menor proporción a los demás parámetros. Los valores para MS oscilan de 25 % (Cárdenas *et al.*, 2003) a 92.4 % (Bobadilla *et al.*, 2006). El porcentaje de MO es muy similar, siendo de 92 % en producción natural en Quintana Roo en selva mediana (López *et al.*, 2008), y de 90 % en un sistema de pastoreo y ramoneo de plantas de guácimo nativas en Yucatán (Bobadilla y Ramírez, 2006).

El contenido de cenizas permite evaluar la materia orgánica en el forraje, y es poco variable. En el fruto, CATIE (1991) informa valores de 5.5 %, mientras que Contreras *et al.* (1995) indican 11 %, el máximo reportado para frutos maduros. Sin embargo, el contenido de cenizas en el follaje varía de 8.6% en Costa Rica (CATIE, 1991), a 14 % en guácimos de cuatro años de edad y 70 días de rebrote durante la época de lluvias en Veracruz, México (López, 2008).

El contenido de fibra detergente neutro (FDN) de frutos y follaje también se ha reportado en un amplio rango. El valor más bajo encontrado para frutos es 46.1 % en Chiapas (Pinto *et al.*, 2004), y el más alto es 60 % en Colima (Palma y Román, 2003), ambos en México. En el follaje se ha descrito 41.1 % de FDN con vacas en pastoreo en Yucatán (Bobadilla *et al.*, 2006), y 74 % en ovinos semiestabulados con guácimos de 70 días de rebrote en Veracruz, México (López, 2008). Por otro lado, el contenido de fibra ácido detergente (FAD) para frutos varía de 29.4 a 46 % en raciones con urea y NaOH (Contreras *et al.*, 1995), mientras que en el follaje se ha reportado de 26 % (Lizarraga *et al.*, 2001) a 57.0 % con plantas de un año de edad, durante la época de mayor crecimiento vegetal, en Veracruz, México (Villa, 2009).

Con respecto al contenido de celulosa en los frutos, el valor mínimo obtenido es 19.2 % (Contreras *et al.*, 1995) y el máximo es 30 % (Palma y Román, 2003), ambos reportados en México. El contenido de celulosa en el follaje del guácimo se indicó en 19 % en bosque tropical premontano en Costa Rica (Araya *et al.*, 1994), y en 35 % en suelo tepetatoso en Veracruz, México (López, 2008). Respecto al contenido de hemicelulosa en los frutos, Palma y Román (2003) encontraron 6.1 % y Contreras *et al.* (1995) 14.0 %, ambos en Colima, México. Sin embargo, se ha indicado en 8 % en Brasil (De Araujo *et al.*, 1999) y 31 % en Veracruz, México (López, 2008).

Existe escasa información sobre el contenido de lignina en frutos y follaje. En este sentido, Contreras *et al.* (1995) reportaron 9.0 a 26.8 % en frutos en Colima, México, mientras que en el follaje se indicó una concentración de 3.4 % en Veracruz, México (López, 2008).

Se ha señalado la presencia de taninos en el follaje del guácimo. Cárdenas *et al.* (2003) encontraron 1.2 g kg⁻¹ en áreas de 1000 mm de precipitación; Lizárraga *et al.* (2001) 3.5 g kg⁻¹ de MS, y Bobadilla y Ramírez (2006) 6.3 g kg⁻¹ en Yucatán, México. El contenido de estos metabolitos varía con la especie y edad del forraje, el sitio y la época del año (Scull, 2004). Además, está relacionado con la digestibilidad, y puede afectar el consumo y valor nutricional de los forrajes (Soca, 2004). Sin embargo, existe escasa información sobre el contenido de taninos en el guácimo y su efecto sobre el consumo y la productividad animal. Al respecto, López *et al.* (2004) analizó el contenido de taninos en 20 arbóreas del trópico mexicano, entre las que se encontró el guácimo, y obtuvo una concentración de taninos libres de 129.7 g kg⁻¹, en fibra 55.1 g kg⁻¹, en proteína 21.1 g kg⁻¹, y un total de taninos condensados de 205.9 g kg⁻¹ MS.

4.8. Consumo de *Guazuma ulmifolia* Lam.

El consumo de follaje por el ganado así como la calidad del mismo se ve reflejado en los cambios que se producen en los parámetros productivos y reproductivos de los

animales. Debido a ello se han realizado estudios sobre la evaluación del consumo de follaje y frutos de guácimo, se ha reportado mayormente en ovinos que en bovinos. La suplementación con frutos estimula el consumo voluntario de MS e incrementa la población bacteriana ruminal, disminuyendo la población de protozoarios ciliados (Navas *et al.*, 1999). En Yucatán, Cárdenas *et al.* (2003) han preservado el follaje del guácimo en microsilo, y se ha demostrado que tiene buenas características organolépticas y químicas para el consumo de los animales, con 8.4 % de PC. Por su parte, al suplementar a ovinos con harina de fruta de cinco especies arbóreas incluida el guácimo, Palma y Román (2003) obtuvieron mayor consumo de guácimo, con 160.8 g MS y aceptación del 94 %.

La utilización de arbóreas como suplemento en la alimentación de rumiantes estimula un mayor consumo de alimento (Ku *et al.*, 1998). Al ofrecer varias especies de arbóreas para consumo en cabras, Vallejo *et al.* (1994) observaron una mayor preferencia por el follaje de guácimo sobre el de otras arbóreas, y su incremento en el consumo total. Por otro lado, al ofrecer follaje de guácimo de cuatro años de edad y 70 días de rebrote a ovinos como dieta única, López (2008) reportó que el consumo fue similar al de ovinos que comieron solamente pasto (95.1 y 107.9 g kg⁻¹ PV^{0.75}, respectivamente).

Algunos estudios indican que el guácimo es uno de los alimentos preferidos por los ovinos (Sosa *et al.*, 2004). López (2008) ofreció forraje picado en comedero a ovinos, y observó mayor consumo cuando se ofreció solo guácimo (107.9 g⁻¹ PM), con mayor preferencia por el guácimo con respecto al pasto asociado al guácimo, y logró un incremento de peso de 50 g animal⁻¹ día⁻¹. Medina (1994) evaluó el consumo de varias arbóreas forrajeras junto con suplementación de guácimo, en cabras jóvenes en pastoreo y obtuvo un consumo de 608 g animal⁻¹ día⁻¹ y ganancia de peso de 71 g animal⁻¹ día⁻¹.

Con respecto al consumo de *G. ullmifolia* por los bovinos, Pérez *et al.* (2006) realizaron la evaluación del consumo y ganancia de peso de bovinos, los cuales recibieron una combinación de guácimo y pasto Tanzania (*P. maximum*), sobre el consumo de

aquéllos que sólo se alimentaron con pasto Tanzania, obteniendo mayor ganancia de peso en el sistema asociado de guácimo y pasto Tanzania ($486 \text{ g animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$) en comparación con el monocultivo del pasto ($369 \text{ g animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$).

El incluir guácimo como complemento en la dieta de vacas influye en su rendimiento productivo y en el consumo de MS (Bobadilla *et al.*, 2006), que al combinarlo con otras arbóreas oscila de 1.157 a $1.470 \text{ kg vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$. En Nicaragua una de las tres especies arbóreas nativas más abundantes es el guácimo, del cual se utilizan el follaje y los frutos para suplementación de bovinos en época seca (noviembre a abril). Zamora *et al.* (2001) reportaron consumo de follaje de guácimo de 3.6 kg vaca^{-1} , y de 0.9 a $2.3 \text{ kg animal}^{-1}$ de frutos en terneros y vacas paridas.

4.9. Presencia de *Guazuma ulmifolia* Lam. en sistemas de producción

Diversos estudios reportan la presencia de *G. ulmifolia* en una variedad de sitios y sistemas de producción. Los trabajos reportados por CATIE (1991) indican la presencia de esta especie en asociaciones naturales de bosques secundarios de América Central; también se ha reportado como parte del bosque espinoso y mesófilo de montaña, tropical caducifolio, perennifolio y subcaducifolio (EMB, 2007).

En Veracruz, Villegas *et al.* (2003) lo han encontrado desde 5 a 50 msnm en la Selva mediana subcaducifolia, y de los 10 a 900 msnm en la selva baja caducifolia. Flores *et al.* (1998) la encontraron en el bosque húmedo premontano en Costa Rica. En México, Francis (1991) reportó la presencia de guácimo en estadios iniciales de la sucesión de bosques perturbados, asociado a especies como *Acrocomia mexicana* e *Hilicarpus* spp., entre otras, mientras que Grande *et al.* (2006) lo encontraron en la selva alta perennifolia. Giraldo *et al.* (1995) ha señalado la presencia de esta especie en Colombia en el bosque seco tropical en proceso de regeneración, y Zamora *et al.* (2001) han reportado su presencia en el bosque seco de Nicaragua.

Algunos estudios señalan el manejo de este árbol en pastizales (Francis, 1991; Pinto *et al.*, 2004; Torres *et al.*, 2006; Villa *et al.*, 2009). Sin embargo, solo algunos estudios se han realizado en plantaciones establecidas. A este respecto, en México esta especie se ha evaluado en bancos de forraje y sistemas silvopastoriles establecidos (López *et al.*, 2006), y en sistemas agrosilvopastoriles en regiones de llanura costera, lomerío, sierra y altiplano de Veracruz (Torres *et al.*, 2006), así como en sistemas silvopastoriles establecidos con pastoreo intensivo en Chiapas (Pérez *et al.*, 2006). En Cuba el guácimo se encuentra predominando en asociaciones vegetales naturales bajo manejo silvopastoril (Acosta *et al.*, 2003). En Veracruz Bautista (2009) señala la existencia del guácimo como producto de la sucesión natural y distribuido en asociación con los pastos y cultivos propios de la región.

4.10. Principales productos y servicios de *Guazuma ulmifolia* Lam

El Guácimo se caracteriza por ser una especie arbórea de uso múltiple, que proporciona variedad de productos y servicios en los diversos sistemas de producción de las regiones tropicales (CATIE, 1991). Tiene capacidad de producción y calidad forrajera en sistemas pecuarios (López *et al.*, 2006), al igual que sus frutos son una alternativa en la suplementación para alimentar al ganado durante la época seca (Palma y Román, 2003; Sosa *et al.*, 2004). En el área forestal sirve de cerco vivo, árbol de sombra y descanso para el ganado y como cortina rompevientos (Torres *et al.*, 2006; López *et al.* 2006). Como paisaje proporciona el ambiente para la anidación de fauna silvestre, y bajo su dosel se desarrolla gran variedad de especies vegetales y microorganismos que forman una cubierta, sobre la que caen sus hojas, incrementan la disponibilidad de humedad y el buen uso de las fuentes de agua, luz y nutrimentos, fortalece la cubierta y enriquece los suelos (Beetz, 2001; Jiménez y Hernández, 2001; EMB, 2007).

Guazuma ulmifolia Lam. es un árbol que reúne características indicadas como deseables para los árboles forrajeros. Su contenido de proteína, rusticidad, resistencia, persistencia y palatabilidad lo convierten en una alternativa importante para ser usada

como fuente de proteína para la alimentación de rumiantes, en especial en regiones tropicales durante la época seca, cuando baja significativamente la disponibilidad de forraje para alimento del ganado. Es una arbórea con capacidad de mejorar los índices productivos (carne) del ganado al asociarse con otras especies de baja calidad nutricional. Además de la contribución a la alimentación del ganado, la presencia de guácimo en los potreros incrementa la biodiversidad, favorece la conservación hídrica y la fertilidad de los suelos. Es necesario realizar más investigación referente al desempeño productivo del ganado bovino y ovino suplementado con guácimo, para determinar el impacto de utilizarlo como fuente de proteína en sistemas silvopastoriles en las regiones tropicales.

5. Literatura citada

- Acosta, G. Z. G., C. D. Godínez y R. M. González. 2003. Potencial silvopastoril del municipio Jimaguayú en Camagüey, Cuba. *In: II Conferencia Electrónica sobre Agroforestería para la Producción Animal en América Latina*. Depósito de documentos de la FAO. Pp. 157-169.
- Alonso-Castro, A. J. y L. A. Salazar-Olivo. 2008. The anti-diabetic properties of *Guazuma ulmifolia* Lam are mediated by the stimulation of glucose uptake in normal and diabetic adipocytes without inducing adipogenesis. *Journal Ethnopharmacology*. Publication Medical. 118:252-256.
- Araya, J., J. Benavides, R. Arias y A. Ruiz. 1994. Identificación y caracterización de árboles y arbustos con potencial forrajero. *In: Benavides J. E. (ed.) Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. Pp. 31-63.
- Ascencio, R. L. 2008. Caracterización de especies leñosas en sistemas ganaderos, de los Municipios de Tlapacoyan, Misantla y Martínez de la Torre, Veracruz, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Programa de Agricultura Tropical Sostenible, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 119 p.
- Bagnis, E. y G. Bavera. 2005. Sistemas de pastoreo. Variación en la calidad de la pastura en pastoreo rotativo. Cursos Producción Bovina de Carne. F. A. V. UNRC. Consultado en: www.produccionanimal.com.ar. El 10 de Diciembre 2009.
- Bautista, T. M. 2009. Sistemas Agro y Silvopastoriles en el Limón, Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de

- Posgraduados. *Campus Veracruz*. Tepetates Municipio de Manlio F. Altamirano, Veracruz. 70 p.
- Beetz, A. 2001. Sustainable Pasture Management. ATTRA. (Appropriate Technology Transfer for Rural Areas). Pp. 1-12.
- Benavides, J. E. 1994. Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Programa de Agricultura Tropical Sostenible. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 1:3-28.
- Benavides, J. E. 1998. Árboles y arbustos forrajeros: Una alternativa agroforestal para la ganadería. *In*: Memorias de una conferencia electrónica: Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. FAO-CIPAV. Cali, Colombia. Pp. 1-26. Consultado en: <http://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/frg/AGROFOR1/bnvdes23.htm> el 15 de Mayo 2008.
- Berenguer, B., C. Trabadela, S. Sánchez- Fidalgo, A. Quílez, P. Miño, R. de la Puerta, y M. J. Martín-Calero. 2007. The aerial parts of *Guazuma ulmifolia* Lam. protect against NSAID-induced gastric lesions. *Journal Ethnopharmacol. Publication Medical*. 114:153-160.
- Bobadilla, H. A. R. y L. Ramírez A. 2006. Contenidos nutrimentales de ocho arbóreas forrajeras nativas de la República Mexicana. *In*: Memoria de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles. Universidad Autónoma Metropolitana. 10-12 de Julio. México, D. F. Pp. 118-120.
- Bobadilla, H. A. R., C. Sandoval C. y L. Ramírez A. 2006. Rendimiento de leche de vacas en pastoreo complementadas con follaje de arbóreas del trópico subhúmedo. *In*: Memoria de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles. Universidad Autónoma Metropolitana. 10-12 de Julio. México, D. F. Pp. 170-173.
- Botero, R. y R. O. Russo. 1999. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. *Agroforestería para la producción animal en América Latina*. FAO. Producción y Sanidad Animal 143. Roma. Pp. 171-200.
- Calderón, Z. M. y J. Lara B. 2007. Aspectos tecnológicos y financieros de la reproducción de plantas de *Guazuma ulmifolia* Lam. para un sistema silvopastoril. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico de Huejutla. Huejutla de Reyes, Hidalgo. 34 p.
- Cárdenas, M. J. V., C. A. Sandoval C. y F. J. Solorio S. 2003. Composición química de ensilajes mixtos de gramíneas y especies arbóreas de Yucatán, México. *Técnica Pecuaria en México*. 41:283-294.

- CATIE, (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 1991. Guácimo *Guazuma ulmifolia*. Especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 165. Turrialba, Costa Rica. 69 p.
- CATIE, 2006. *Guazuma ulmifolia* (Lam) Sterculiaceae. Un árbol de uso múltiple. Colección Materiales de Extensión. OFI-CATIE: (Forestry Oxford Institute/ Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). Consultado en: http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos_especies_yanexos/guazuma_ulmifolia.pdf. El 30 de Mayo 2006. Pp. 569-572.
- Cerrud, R. A., 2002. Caracterización de los sistemas silvopastoriles tradicionales en el Distrito de Bugaba, Panamá. Tesis de Maestría. Turrialba, C. R. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 95 p.
- Contreras, D., H. L. Gutiérrez C., T. Ramírez C. y A. López R. 1995. Mejoramiento del valor nutritivo de frutos secos de guácimo (*Guazuma ulmifolia*) con urea e hidróxido de sodio. Archivos de Zootecnia. 44:49-53.
- De Araujo, M., J. Correia N. y B. Aguiar I. 1999. Desarrollo ontogénico de plántulas de *Guazuma ulmifolia* (Sterculiaceae). Revista Biología Tropical. 47:785-790.
- EMB, 2007. *Guazuma ulmifolia* (Lam) Encyclopédie Méthodique, Botanique. Consultado en: www.fs.fed.us/global/íitf/Guazumaulmifolia.pdf. El 31 de Marzo - 2007. 3:1789. Pp. 246-249.
- Enríquez, Q. J. F., N. F. Meléndez N. y E. D. Bolaños A. 1999. Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Libro técnico N° 7. México. 262 p.
- Esqueda, E. V. A. y O. H. Tosquy V. 2007. Efectividad de métodos de control de malezas en la producción de forraje del pasto pangola (*Digitaria decumbens* Stent.). Agronomía Mesoamericana. 18:01-10.
- Febles, G. y T. E. Ruiz. 2008. Evaluación de especies arbóreas. Taller sobre investigación en Sistemas Agrosilvopastoriles o Agroforestería Pecuaria. In: IV Reunión en Sistemas Agro y Silvopastoriles. Universidad de Colima. 12-16 de Mayo. Colima, México. Pp. 11-33.
- Ferguson, G. B., C. L. Miceli M., G. Pascasio D., J. L. Díaz V. y J de Paz C. 2007. ¿Puede el ganado ayudarnos a sembrar árboles? In: Alemán, S. T., Ferguson, B. G. y Medina, J. F. J. (eds.). Ganadería, Desarrollo y Ambiente: Una visión para Chiapas. Impreso en México. Pp. 57-58.
- Flores, R. O. I. 1994. Caracterización y evaluación de follajes arbóreos para la alimentación de rumiantes en el departamento de Chiquimula, Guatemala. In: Benavides J. (ed.). Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central. Centro

- Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 1:117-133.
- Flores, O. I., Ma. Bolívar D., A. Botero J. y A. Ibrahim M. 1998. Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajera para la suplementación de rumiantes en el trópico. *Livestock Research Rural Development*. 10:1-10
- Francis, J. K. 1991. *Guazuma ulmifolia* Lam. Guácima. SO-ITF-47. New Orleans, LA: US. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. Pp. 255- 259.
- Francisco, A. G. 2003. Manejo estratégico de las defoliaciones en especies arbóreas. *Pastos y Forrajes*. 26:185-195.
- Giraldo, L. A., J. Botero, J. Saldarriaga y P. David, 1995. Efecto de tres densidades de árboles en el potencial forrajero de un sistema silvopastoril natural, en la región Atlántica de Colombia. *Agroforestería en las Américas*. 8:14-19.
- Giraldo, V. L. A. 1998. Potencial de la arbórea guácimo (*Guazuma ulmifolia*), como componente forrajero en sistemas silvopastoriles. *In: Sánchez M. D. y Rosales M. (eds.). Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica*. FAO-CIPAV. Cali, Colombia. Pp. 201-215.
- Giraldo, V. L. A. 1999. Potencial del guácimo (*Guazuma ulmifolia*) en sistemas silvopastoriles. *Agroforestería para la producción animal en América Latina*. FAO. Producción y Sanidad Animal 143. Roma. Pp. 295-310.
- Grande, D., J. Almaguer, C. Herrera, H. Lozada, J. Rivera, M. Maldonado, J. Nahed, y F. Pérez G. 2006. Los árboles de los sistemas silvopastoriles de la Región de la Sierra de Tabasco y la presencia de epifitas. *In: Memoria de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles*. Universidad Autónoma Metropolitana. 10-12 de Julio. México, D. F. Pp. 209-212.
- Hardy, M. B. 2000. Pastoreo mixto y el concepto de capacidad de pastoreo una perspectiva de la experiencia de Sudáfrica. *In: Tecnologías para la explotación sustentable del recurso forrajero*. Memorias III Seminario Internacional. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo México. Pp. 49-76.
- Hermosillo, Y., J. Aguirre, R. Alonso, A. Gómez, R. Jacobo y A. Ramos. 2008. Combinación de métodos para germinación y emergencia de germoplasma forrajero en la obtención de planta para sistema Silvopastoril en Nayarit. *In: IV Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles*. Universidad de Colima. 12-16 de Mayo. Colima, México. Pp. 133-136.
- Holguín, V. A. y M. Ibrahim. 2004. Bancos de forraje. Enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas. Centro Agronómico Tropical de

- Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica Consultado en: http://www.virtualcentre.org/es/res/gef_proy/BANCOSFORRA.pdf. El 29 de Marzo, 2007. 22 p.
- Jiménez, G. y J. Hernández. 2001. Estrategia conjunta para la conservación de la biodiversidad, selva lacandona Siglo XXI. *In*: Taller Sustentabilidad de Actividades Agropecuarias, Forestales y Pesqueras. 87 p.
- Ku, V. J. C., A. L. Ramírez, F. G. Jiménez, J. A. Alayón y C. L. Ramírez. 1998. Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano. En: Memorias de la conferencia electrónica: Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica. FAO-CIPAV. Cali, Colombia. Pp. 161-180.
- Leyva, B. V. 2003. Estudio morfométrico, análisis radiológico y germinación del árbol del Guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). Tesis Profesional. Instituto Tecnológico Agropecuario No 18. Úrsulo Galván, Veracruz, México. 46 p.
- Leyva, B. V. 2006. Uso, extracción y manejo de los acahuales de la Selva Baja Caducifolia en las localidades Acazónica y Paso de Ovejas de la zona Sotavento del estado Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados *Campus Veracruz*. Tepetates Municipio de Manlio F. Altamirano, Veracruz. 116 p.
- Lizárraga, S. H., F. J. Solorio S. y C. A. Sandoval C. 2001. Evaluación agronómica de especies arbóreas para la producción de forraje en la Península de Yucatán. *Livestock Research for Rural Development*. Consultado en: http://www.cipav.org.co/lrrd13/6/liza_136.htm. El 15 de Mayo 2006. 13:1-12.
- López, H. M. A., J. A. Rivera L., L. Ortega R., J. G. Escobedo M., M. A. Magaña M., J. R. Sanginés G. y A. V. Sierra V. 2008. Contenido nutritivo y factores antinutricionales de plantas nativas forrajeras del norte de Quintana Roo. *Técnica Pecuaria en México*. 46:205-215.
- López, H. V. M. 2008. Composición química y consumo voluntario de guácimo (*Guazuma ulmifolia*) y pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) por ovinos tropicales. Tesis Profesional. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Guerrero. Guerrero. 63 p.
- López, J., I. Tejeda, C. Vásquez, J. De Dios G. and A. Shimada A. 2004. Condensed tannins in humid tropical activity: Part 1. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 84:291-294.
- López, M. D., L. Soto P., G. Jiménez F. y S. Hernández D. 2003. Relaciones alométricas para la predicción de biomasa forrajera y leña de *Acacia pennatula* y *Guazuma ulmifolia* en dos comunidades del Norte de Chiapas, México. *Interciencia*. 28:334-339.

- López, O. S., M. Villarruel F., E. Ortega J. y E. Ruiz. 2006. Crecimiento y producción de *Guazuma ulmifolia* Lam. en bancos de forraje bajo condiciones de clima cálido subhúmedo. *In: Memoria de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles*. Universidad Autónoma Metropolitana. 10-12 de Julio México, D. F. Pp. 133-138.
- Lozano, R. A. J., J. L. Ibarra, I. M. De la rosa, S. H. Díaz, V. V. Zamora y R. M. Colín. 2006. Rendimiento y calidad de forraje en monocultivos y mezclas de triticale y trébol alejandrino en la Región Lagunera. *In: Memoria, XLII Reunión Nacional de Investigación Pecuaría*. 6-11 de Noviembre. Veracruz, Veracruz. 182 p.
- Manríquez, M. L. Y., M. Calderón Z., J. Lara B., S. López O. y M. Villarruel F. 2007. Potencial de Guácimo como forraje en Veracruz. Aspectos técnicos y financieros de la propagación del árbol forrajero guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam). *Agroentorno*. 87:27-28.
- Medina, J. M. 1994. Observaciones sobre el consumo de guácimo (*Guazuma ulmifolia*), tigüilote (*Cordia dentata*) y pasto guinea (*Panicum maximum*) por cabras semi-estabuladas. *In: Benavides J.E. (ed.), Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica (CATIE). Vol. 1:249-256.
- Mendiola, G. A., A. Martínez H. P., E. Cortés D. y C. Sánchez R. 2007. Efecto del pastoreo mixto y monoespecífico en una pradera de alfalfa-ovillo. *Agrociencia*. 41:395-403.
- Nahed, T. J. 2002. Animales domésticos y agroecosistemas campesinos. *LEISA Revista Agroecología*. 18:10-11.
- Navas, A., C. Restrepo, y G. Jiménez, 1999. Funcionamiento ruminal de animales suplementados con frutos de *Pithecellobium saman* *In: IV Seminario Internacional sobre sistemas agropecuarios sostenibles CORPOICA*. Del 28 al 30 de Octubre. Cali, Colombia. Pp. 283-284.
- Nieto, M. J., L. Y. Manríquez M., S. López O. y F. Gallardo L. 2006. Guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam): Una opción para la producción de forraje en la ganadería del sistema terrestre de lomeríos, en el centro de Veracruz. *In: Memoria de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles*. Universidad Autónoma Metropolitana. 10-12 de Julio. México, D. F. Pp. 139-143.
- Ortega, V. E. 2009. Efecto de podas estratégicas en *Guazuma ulmifolia* Lam sobre la producción de forraje en la época seca. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico de Huejutla. Huejutla, Hidalgo. 71 p.
- Palma, J. M. y L. Román. 2003. Frutos de especies arbóreas leguminosas y no leguminosas para alimentación de rumiantes. *In: II Conferencia Electrónica sobre*

- Agroforestería para la Producción Animal en América Latina. Depósito de documentos de la FAO. Pp. 273-281.
- Pérez, L. E., H. Nazar B. y Y. Pérez L. 2006. Comportamiento etológico de bovinos en pastoreo intensivo en monocultivo vs silvopastoreo, Chiapas, México. *In: Memoria de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles*. Universidad Autónoma Metropolitana. 10-12 de Julio. México, D. F. Pp.: 190-198.
- Pinto, R., H. Gómez, B. Martínez, A. Hernández, F. Medina, L. Ortega y L. Ramírez. 2004. Especies forrajeras utilizadas bajo silvo-pastoreo en el centro de Chiapas. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 8:53-67.
- Reyes, M. F. 2006. Producción de biomasa y valoración nutritiva del follaje de arbóreas en la región de la Sierra, Tabasco. *In: Memoria de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles*. Universidad Autónoma Metropolitana. 10-12 de Julio. México, D. F. Pp. 129-132.
- Sánchez, J. A., C. Muñoz B. and L. Montejó. 2004. Invigoration of pioneer tree seeds using prehydration treatments. *Seed Science and Technology*. 32:355-363.
- Sánchez, D. M., A. Harvey C., A. Grijalva, A. Medina, S. Vílchez y B. Hernández. 2005. Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un agro paisaje ganadero en Matiguás, Nicaragua. *Revista Biología Tropical*. 53:387-414.
- Sánchez, S., G. J. Crespo y M. B. Hernández. 2007. Acumulación y descomposición de la hojarasca en un pastizal de *Panicum Maximum* Jacq. y en un sistema silvopastoril de *P. Maximum* y *Leucaena leucocephala* (Lam.) DE WIT. *In: Producción Animal Tropical*. II Congreso de Producción Animal Tropical. Instituto de Ciencia animal. 26-29 de Noviembre. La Habana, Cuba. Pp. 245-246.
- Scull, I. 2004. Metodología para la determinación de taninos en forrajes de plantas tropicales, con potencialidades de uso en la alimentación animal. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. 80 p.
- Soca, M. 2004. Efecto del consumo de plantas arbóreas en la incidencia parasitaria gastrointestinal en pequeños rumiantes. *In: Sistemas de alimentación sostenible para ovinos y caprinos*. Memorias del Curso-Taller Iberoamericano. Á. Borroto, J. Solís, y J. R. Díaz (eds.). Ciego de Ávila, Cuba. Pp. 219-231.
- Sosa, R. R., D. Pérez R., L. Ortega R. y G. Zapata B. 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. *Técnica Pecuaria en México*. 42:129-144.
- Tamayo, Ch. M. y R. Orellana. 2006. Establecimiento de cinco especies leñosas forrajeras. *In: Memoria de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y*

- Silvopastoriles. Universidad Autónoma Metropolitana. 10-12 de Julio. México, D. F. Pp. 313-315.
- Torres, R. J. A., A. M. Castellanos R., G. Luna G., L. G. Nava M., A. R. Quintanilla M., R. Rosales L., A. Torres V. y J. Vargas V. 2006. Los sistemas agrosilvopastoriles con ovinos en el Centro de Veracruz. *In: Memoria de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles*. Universidad Autónoma Metropolitana. 10-12 de Julio. México, D. F. Pp. 15-22.
- Vallejo M., N. Lapoyade y J. Benavides. 1994. Evaluación de la aceptabilidad de forrajes arbóreos por cabras estabuladas en Puriscal, Costa Rica. *In: Benavides J. E. (ed.). Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Costa Rica. Vol. 1:237-248.
- Villa, H. A. 2009. Productividad del sistema silvopastoril con *Guazuma ulmifolia* Lam. y la utilización de la especie en los agroecosistemas de Angostillo, Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados. *Campus Veracruz*. Tepetates, Municipio de Manlio F. Altamirano, Veracruz. 41 p.
- Villa, H. A., M. E. Nava T., S. López O., S. Vargas L., E. Ortega J. y F. Gallardo L. 2009. Utilización del guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) como fuente de forraje en la ganadería bovina extensiva del trópico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 10:253–261.
- Villarruel, F. M. y E. Ruiz M. 2004. El guázamo: una alternativa agroforestal para el trópico veracruzano. *Agroentorno*. Veracruz. 50:29-31.
- Villarruel, F. M., N. C. Morales G., S. López O. y M. Santiz G. 2007. Paquete tecnológico para el empleo de *Guazuma ulmifolia* Lam., una estrategia ecológica y productiva. *In: XX Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz*. IX Simposio Internacional y IV Congreso Nacional de Agricultura Sostenible. 19-21 de Noviembre, Boca del Río, Veracruz. 5 p.
- Villarruel, F., M., S. López O., L. A. Aguilar P., M. L. Fernández Q., E. Arce E. y R. Pino P. 2005. Establecimiento y evaluación de un rodal coetáneo de *Guazuma ulmifolia* Lam. en la llanura costera del Golfo sur de Veracruz. *In: Memoria de la XVIII Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria*. Boca del Río, Veracruz. México. 17-18 Noviembre. 481 p.
- Villegas, D. G., A. Bolaños M., J. A. Miranda S., R. Sandoval H. y J. M. Lizama M. 2003. Flora Nectarífera y Polinífera en el Estado de Veracruz. SAGARPA-FUNPROVER. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Fundación Produce Veracruz. 2ª edición. 11 p.

- Viveros, C. C., N. Velázquez A. y F. A. Lara F. 2004. Diferencia fenotípica interpoblacional de los frutos de *Guazuma ulmifolia* Lam., en la Región Central de Veracruz. *In: Memoria de la XVII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria*. 18 y 19 de Noviembre. Veracruz, Veracruz. 1 p.
- Zamora, S., J. García, G. Bonilla, H. Aguilar, A. Harvey C. y M. Ibrahim. 2001. Uso de frutos y follaje arbóreo en la alimentación de vacunos en la época seca en Boaco, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*. 8:31-38.

CAPITULO I. CURVAS DE CRECIMIENTO DE *Guazuma ulmifolia* Lam. EN EL TRÓPICO SUB-HÚMEDO DE VERACRUZ, MÉXICO.

En las regiones tropicales la alimentación del ganado depende del pastoreo y por consecuencia es afectada por la escasez estacional de forraje en cantidad y calidad. Los árboles forrajeros como *Guazuma ulmifolia* Lam., podrían ayudar a mejorar la disponibilidad y la calidad nutricional de materia seca durante el año. *G. ulmifolia* es un árbol nativo de América Tropical con potencial forrajero, del cual se conoce poco sobre su crecimiento y desarrollo en condiciones de cultivo, y durante sus primeras etapas de desarrollo. El objetivo de este estudio fue generar información del crecimiento de esta especie durante el primer año de vida de las plantas. Las plántulas se trasplantaron a campo entre las 13 y 15 semanas de edad, en cuatro sitios distintos (I, II, III y IV) de la zona centro de Veracruz, México; se seleccionó una muestra aleatoria de 30 árboles por sitio que se evaluaron de las 17 a 47 semanas de edad entre 2006 y 2007. Se midió cada 28 días altura, diámetro del tallo y de la copa, número de ramas primarias y secundarias. El crecimiento (altura) de los árboles fue lineal durante todo el año en todos los sitios; alcanzaron 127.3 ± 35.3 , 118.0 ± 22.8 , 77.1 ± 17.6 y 76.7 ± 19.2 cm de altura en los sitios III, I, IV y II ($P < 0.05$), respectivamente. El diámetro de tallo fue 3.3 ± 1.0 , 2.7 ± 0.8 , 2.2 ± 0.6 y 2.1 ± 0.6 cm en los sitios III, I, II y IV, respectivamente. El diámetro de copa midió 103.2 ± 36.7 , 76.8 ± 18.6 , 74.1 ± 23.2 y 68.3 ± 22.2 cm en los sitios III, I, IV y II, respectivamente. Las plantas emitieron entre 20.2 ± 6.8 y 12.1 ± 5.0 ramas primarias en los sitios III y II ($P < 0.05$), y alrededor de 54.6 ± 33.4 y 10.7 ± 8.0 ramas secundarias ($P < 0.05$), en los sitios I y II. Se concluye que el crecimiento de *G. ulmifolia* durante sus primeras etapas de desarrollo es lineal aun en la época de sequía; en las condiciones de este estudio, las plantas en los sitios II y I lograron un mayor desarrollo, debido a una mejor utilización del agua de lluvia y mayor fertilidad del suelo.

Palabras clave: *Guazuma ulmifolia* Lam., árbol forrajero, crecimiento.

1.1. Introducción

La utilización de árboles forrajeros en las regiones tropicales y subtropicales es una buena elección para compensar la escasez y baja calidad de las gramíneas (Villa, 2009). *Guazuma ulmifolia* Lam. es un árbol forrajero nativo de América Tropical presente desde la vertiente del Golfo de México y del Océano Pacífico hasta Brasil y a lo largo de las Antillas (Nieto *et al.*, 2006); es una especie con rusticidad, adaptada a diversas condiciones de suelo (tanto livianos como pesados), humedad y pH superior a 5.5; crece desde el nivel del mar hasta 1500 m de altura; es susceptible a maleza y suelo arcilloso. En México se ha encontrado en cultivos, potreros y agostaderos (Ascencio, 2008; Villarruel *et al.*, 2003). Además se considera una especie fácil de establecer, se adapta a sitios abiertos, zonas secas, húmedas, áreas con estación seca definida (Manríquez *et al.*, en revisión).

Esta especie puede alcanzar de 10.0 a 25.0 m de altura, es caducifolia, su inflorescencia se presenta de Abril a Octubre; tiene tallo frágil de corteza externa fisurada que se desprende a pedazos, mientras que la cubierta interna es mucilaginoso de color amarillo, pardo rojizo o rosa; de consistencia fibrosa, dulce y ligeramente astringente (EMB, 2007) con alto valor nutrimental, y su producción de follaje puede prolongarse más allá de la época húmeda (Bautista, 2009; Villa, 2009). Su calidad nutricional es aceptable para la alimentación del ganado, especialmente por su contenido de proteína (Villarruel *et al.*, 2003; López *et al.*, 2008). También posee buena capacidad de resistir la defoliación siendo una especie ideal para manejarse en los potreros de las zonas con clima estacional (EMB, 2007).

Torres y Magaña (2001) han estudiado la morfología y fisiología de *G. ulmifolia* y reportan que su rusticidad es una de las características que lo hacen apto para el clima tropical. En el trópico seco de México, *G. ulmifolia* ha logrado tener 100 % de supervivencia después de su establecimiento en sitios con 1,200 mm de precipitación anual (Tamayo y Orellana, 2006). La información existente en la literatura sobre *G. ulmifolia* es escasa sobre su crecimiento. Por lo cual el objetivo del presente estudio fue describir las curvas de crecimiento de *G. ulmifolia* durante el primer año de edad,

establecida en sitios que difieren en condiciones edáficas, precipitación y temperatura, en condiciones de clima cálido sub-húmedo del centro de Veracruz.

1.2. Materiales y métodos

1.2.1. Área experimental

El estudio se realizó durante los meses de Julio 2006 a abril 2007 en cuatro sitios (I, II, III y IV) de Veracruz, México. Los sitios I, II y III se localizaron a 19° 11' Latitud Norte y 96° 20' Longitud Oeste, a 18 msnm, con clima cálido sub-húmedo Aw_1 con lluvias en verano, y con precipitación de 1,200 mm anuales. El sitio IV se localizó a 19° 13' Latitud Norte y 96° 26' Longitud Oeste, a 269 msnm, en un clima cálido sub-húmedo Aw_0 (w) con lluvias en verano y menos de 1000 mm de precipitación anual. Estos sitios también diferían en condiciones de suelo y orientación (ubicación del terreno respecto a la luz solar); se calcularon las pendientes por sitio utilizando un GPS con capacidad de 12 canales, marca Garmín y cinta métrica de 50.0 m (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características edáficas, climáticas y fisiográficas de los sitios evaluados.

Variables	SITIOS			
	I	II	III	IV
Textura	Franco arcillo Arenoso	Franco arcillo arenoso	Franco arcilloso	Franco
Temperatura	27 °C	27 °C	27 °C	24 °C
Pendiente	12.4 % (inclinado)	1.0 % (llano)	14.0 % (escarpado)	2.0 % (llano)
Orientación (del sitio)	Este	Este	Norte	Este

Los sitios I y II se localizaron en un área de lomeríos, cuyo uso del suelo en años anteriores había sido potrero, y aunque estaban situados a 500 m de distancia su historia de manejo del suelo era distinta, mientras I se utilizaba como potrero en época de lluvia en la seca descansaba, el II era un sitio con árboles y maleza. El sitio III se

localizó en la misma área de lomeríos y había sido un potrero abandonado en el que existía vegetación arbórea que se raleó para sembrar *G. ulmifolia*. El sitio IV fue una pradera con pasto *P. maximum* establecido un año antes de sembrar las plantas (Angostillo).

De cada sitio se tomaron tres muestras de suelo a 25 cm de profundidad que se mezclaron para formar una sola muestra compuesta de cada sitio, de las cuales se tomo una submuestra para determinar su composición física y química en laboratorio (Cuadro 3). Este muestreo se realizó justo antes de realizar el trasplante de guácimo a campo.

Cuadro 3. Características físicas y químicas del suelo en cuatro sitios en los que se sembró *Guazuma ulmifolia* Lam., en Veracruz, México.

Variables	SITIOS			
	I	II	III	IV
pH	6.01	6.21	5.8	6.03
P (mg kg ⁻¹)	26.90	35.80	16.80	16.80
K (cmol kg ⁻¹)	0.12	0.09	0.08	0.13
Ca (cmol kg ⁻¹)	5.70	8.19	3.56	11.40
Mg (cmol kg ⁻¹)	1.78	1.87	1.78	8.01
Materia orgánica (%)	2.68	2.82	2.82	2.26
Nitrógeno (%)	0.10	0.11	0.11	0.09
Humedad (%)	25.00	24.70	25.30	39.30
Arena (%)	61.00	50.00	40.00	31.00
Limo (%)	18.00	26.00	30.00	46.00
Arcilla ((%)	21.00	24.00	30.00	23.00

Diversos estudios han indicado los requerimientos ambientales para el cultivo de *G. ulmifolia*, como son zonas bajas cálidas con temperatura media anual superior a 24 °C, precipitación de 700 a 1500 mm y desde el nivel del mar hasta 1200 msnm, de preferencia por debajo de los 500 msnm, suelos de textura liviana a pesada con bajo contenido de arcilla, con pH superior a 5.5 (CATIE, 1986). Se consideró que esas condiciones son similares a las que se dieron en el presente estudio.

El análisis de los suelos se realizó en el Laboratorio de Física de Suelos del Colegio de Posgraduados, *Campus* Montecillo. Los datos de precipitación pluvial y temperatura ambiental fueron obtenidos de CONAGUA (2008).

1.2.2. Arreglo espacial y establecimiento de plantas en campo

Los árboles de *G. ulmifolia* se sembraron en campo a los 2 meses de edad y altura media de 0.54 m, después de que las semillas fueron germinadas en vivero (Manríquez *et al.*, 2007). Los guácimos se plantaron con cepellón para protegerlos de posible desecación. El trasplante se realizó durante la época de lluvias (sitio I y II, en Julio; III y IV en Agosto) para facilitar el prendimiento de las plantas. La superficie total utilizada fue 3.1 ha, y los árboles se establecieron en un arreglo en forma de setos en hileras dobles, a 1.0 m de distancia entre hileras y entre plantas; entre callejones de 4.0 m de ancho, resultando en una densidad de 4,000 plantas ha⁻¹. Los arbolitos se mantuvieron libres de maleza durante su crecimiento, utilizando métodos manuales y químicos. El control químico se hizo aplicando de 4 a 6 litros ha⁻¹ de FAENA® (356 g de I. A. ácido glifosato/L de agua; Monsanto Comercial, S. A. de C. V.) una vez sólo en la época de lluvias.

1.2.3. Evaluación del crecimiento de *Guazuma ulmifolia* Lam.

Dentro de cada sitio se hizo una exclusión de 11 x 15 m donde se seleccionaron aleatoriamente 30 plantas (n = 120). Sesenta días después del trasplante (septiembre; 17.1 semanas de edad de los guácimos) se inició la evaluación y posteriormente cada

14 días, hasta cumplir 47 semanas de edad, durante las tres épocas del año (lluvias, nortes y seca).

Los datos registrados fueron: altura total, medida con ayuda de un flexómetro, desde la superficie del suelo hasta el ápice más alto de la planta; el diámetro del tallo se midió con un vernier digital (marca Stainless hardened) a los 10.0 cm de altura de la planta, (a partir del nivel del suelo); el diámetro de la copa, medido con un flexómetro, fue obtenido como el promedio de dos mediciones en forma de cruz del diámetro de la copa; número de ramas primarias, contando las ramas que emergen del tallo principal; y número de ramas secundarias, las que brotan de las ramas primarias.

1.2.4. Análisis estadístico

Los datos de las variables evaluadas (altura, diámetro de tallo, diámetro de copa, ramas primarias y secundarias) se analizaron por sitio según el método de ajuste de polinomios usando el programa estadístico SAS (2003). Para estimar las ecuaciones de predicción se empleó el modelo de regresión lineal simple que describe la relación lineal entre dos variables: la independiente, o valor predicho (x) y dependiente o variable de interés (y). La forma más simple de la relación x y y es la ecuación general de línea recta de la forma:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_i + e$$

Donde:

Y = El valor estimado de la variable de respuesta.

β_0 : Es el valor estimado de y cuando x toma el valor de 0 y recibe el nombre de ordenada al origen (intercepto).

β_1 : Es la pendiente estimada de la recta, número de unidades que aumenta o disminuye y por cada unidad de incremento de x (Infante-Gil y Zárate, 2005).

x_i = Es el valor que adopta la variable independiente en cada incremento de β_1 .

e = Es el error.

Además, se utilizó la prueba de correlación para determinar la asociación existente entre variables climáticas (precipitación y temperatura) con variables dasométricas, y entre altura y otras variables dasométricas, y conocer las variables que tuvieron mayor influencia en el crecimiento del guácimo.

1.3. Resultados y discusión

1.3.1. Desarrollo de las plantas

A las 47 semanas de edad, los guácimos alcanzaron la altura máxima en los sitios III y I (127.3 ± 35.3 y 118.0 ± 22.8 cm, respectivamente), seguidos del IV y II (77.1 ± 17.6 cm y 76.7 ± 19.2 , respectivamente; Figura 5). A través del año, la altura siguió un incremento lineal (Cuadro 4). Aunque no se compararon los parámetros de las curvas, es evidente que las plantas de los sitios I y III mostraron una tasa de incremento mayor que marcó la diferencia con los guácimos de los otros sitios, durante el periodo de lluvias. Los sitios II y IV tuvieron una tasa de incremento menor pero más constante a lo largo del año. La mayor altura de las plantas del sitio I fue debido a que se trasplantaron a campo al inicio de la época de lluvias, y tuvieron mayor disponibilidad de agua desde el inicio del trasplante, lo cual les dió ventaja sobre las demás; en el sitio III se trasplantó más tarde, sin embargo este era un sitio donde el suelo había estado en descanso y su fertilidad era mayor a los otros sitios presentando un crecimiento agresivo al final del experimento.

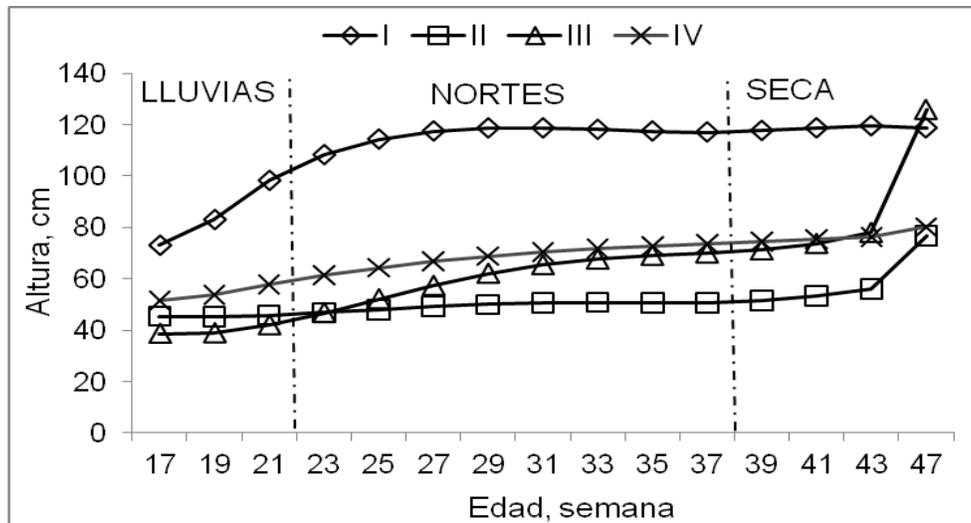


Figura. 5 Incremento de la altura de plantas de *Guazuma ulmifolia* Lam. de 17 a 47 semanas de edad, en cuatro sitios que diferían en condiciones edáficas y climáticas, durante las tres épocas del año. Los valores se ajustaron a un modelo $Y = \beta_0 + \beta_1 x_i + e$.

En general, se aprecia que los casos de mayor incremento en altura se dieron durante la época húmeda, y en la época de nortes y seca el crecimiento no cesó, sin embargo, fue más estable. Es notorio que en los sitios II y III, la altura en la última evaluación (época seca) fue similar, lo cual puede ser debido a los elementos físico-químicos contenidos en cada sitio.

Algunos autores han destacado la rusticidad de esta especie y su gran adaptación a condiciones de humedad limitada (Ascencio, 2008), y es posible que los árboles en este estudio hayan mostrado esa capacidad expresada en crecimiento.

La altura inicial de los guácimos de este estudio (54 cm a 17 semanas de edad) fue mayor a la observada por Francis (1991), en árboles de 14 a 16 semanas de edad (30 a 40 cm); Tamayo y Orellana (2006) indicaron altura promedio de 28, 55 y 73 cm en árboles de *G. ulmifolia* a las 34, 43 y 52 semanas de edad, respectivamente.

Cuadro 4. Valores estimados de los parámetros y estadísticas asociadas de las ecuaciones de predicción para la variable altura (cm), de plantas de *Guazuma ulmifolia* Lam. entre 17 y 47 semanas de edad. Los árboles se establecieron en cuatro sitios que diferían en condiciones edáficas y climáticas. Los valores se ajustaron a un modelo $Y = \beta_0 + \beta_1 x_i + e$.

Sitio	β_0	β_1	e	R ²
I	63.93	0.72	0.15	0.88
II	44.39	0.27	0.06	0.94
III	34.3	0.72	0.15	0.96
IV	50.33	0.47	0.08	0.94

Todos los parámetros fueron significativos (P < 0.05)

En Cuba el Instituto de Ciencia Animal (ICA, 1999) ha realizado investigaciones en leguminosas arbustivas observando resultados menores a este estudio, entre 79.4 y 106.1 cm de altura en *Leucaena leucocephala* y *Cajanus cajan*, respectivamente, a la edad de 26 semanas. Montero (2009) ha observado guácimos de 47 semanas de edad y altura menor (63.9 cm), en la zona norte de Veracruz; estos estudios fueron en condiciones agroecológicas distintas; sin embargo, Villarruel *et al.* (2005) indicaron alturas similares en plantas de 7 y 15 semanas (40 y 52 cm, respectivamente) en un sitio con condiciones edafoclimáticas muy similares a las de este estudio. Múnera (2009) ha observado alturas mayores (1.0 y 1.61 m) a las 23 y 29 semanas de edad, respectivamente; López *et al.* (2006) realizó estudios agronómicos en bancos de forraje con guácimo observando alturas mayores (1.42 m) a este estudio a las 27.7 semanas de edad en condiciones muy similares a las de este estudio.

El diámetro de copa al inicio del estudio osciló entre 0.04 y 0.36 m y entre 0.68 y 1.27 m al final del estudio. Las plantas del sitio I y III alcanzaron los mayores diámetros al final del estudio 1.03 ± 0.36 y 0.76 ± 0.18 m, respectivamente, seguido por el IV (0.74 ± 0.23 m) y II (0.68 ± 0.22 m; Figura 6, Cuadro 5).

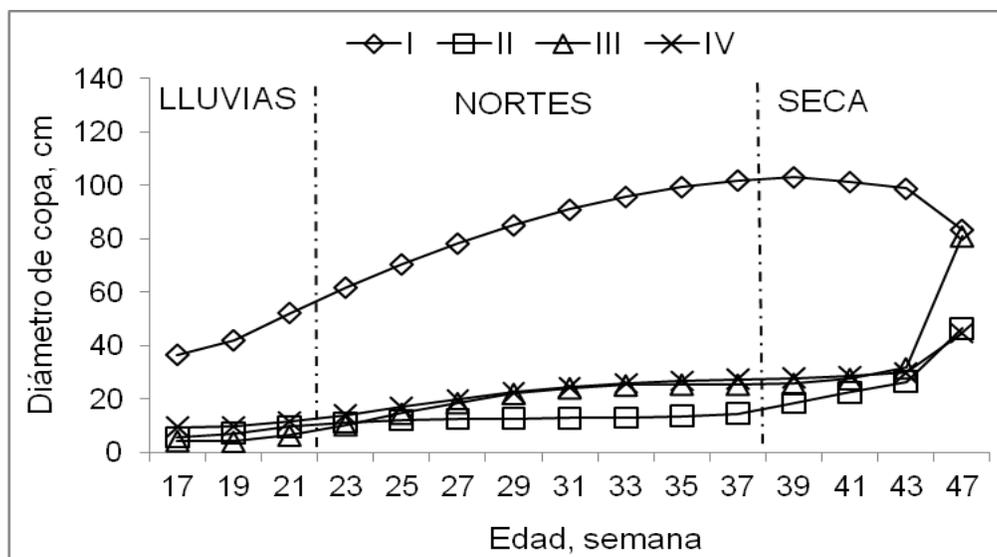


Figura 6. Incremento del diámetro de copa de plantas de *Guazuma ulmifolia* Lam. de 17 a 47 semanas de edad, en cuatro sitios que diferían en condiciones edáficas y climáticas, durante las tres épocas del año. Los valores se ajustaron a un modelo $Y = \beta_0 + \beta_1 x_i + e$.

El crecimiento de la copa en diámetro siguió una tendencia lineal a lo largo del estudio, con una ligera reducción al final que se explica por la pérdida de follaje por senescencia durante la época seca, que afectó mayormente al sitio I que tenía mayor cantidad de follaje. Al final del estudio, se observó un incremento distinto en esta variable en los sitios II, III y IV, consistente con el incremento de altura de planta observado.

López *et al.* (2006) han observado diámetro de copa (1.52 m) en un banco de forraje con guácimos de 28 semanas de edad y 8,100 plantas ha^{-1} , valores mayores a los observados en este estudio.

Cuadro 5. Valores estimados de los parámetros y estadísticas asociadas de las ecuaciones de predicción para la variable diámetro de copa (cm), de plantas de *Guazuma ulmifolia* Lam. entre 17 y 47 semanas de edad. Los árboles se establecieron en cuatro sitios que diferían en condiciones edáficas y climáticas. Los valores se ajustaron a un modelo $Y = \beta_0 + \beta_1 x_i + e$.

Sitio	β_0	β_1	e	R ²
I	47.33	0.63	0.13	0.73
II	16.83	0.03	0.09	0.79
III	23.81	0.12	0.20	0.73
IV	22.36	0.56	0.13	0.74

Todos los parámetros fueron significativos ($P < 0.05$)

El diámetro de tallo final fue mayor en los sitios III y I (3.3 ± 1.0 y 2.7 ± 0.8 cm, respectivamente), seguido de II y IV (2.2 ± 0.6 y 2.1 ± 0.6 cm, respectivamente; Figura 7, Cuadro 6). El mayor diámetro de tallo al inicio del estudio en el sitio I, tal vez fue debido al mejor aprovechamiento de la humedad en la época de lluvias por un periodo mayor que los otros sitios, ya que este fue el primer sitio donde se trasplantó a campo; sin embargo, los sitios II y III presentaron mayores incrementos al final, probablemente debido a la constitución química del suelo, aunque en el sitio IV el crecimiento de tallo fue de tipo lineal.

Valores menores (0.5 y 0.8 cm a las 7 y 15 semanas de edad), han encontrado Villarruel *et al.* (2005). Tamayo y Orellana (2006) observaron 0.6, 1.4 y 2.1 cm en guácimos de 26, 34 y 43 semanas de edad, respectivamente. Montero (2009) reportó 1.3 cm en guácimos de la edad en estudio (47 semanas), en la zona norte de Veracruz. Al igual que CATIE (1991) reportó 1.3 cm de diámetro de tallo en guácimos de 34.2 semanas de edad. Múnera (2009) indicó diámetros similares (1.58, 2.21 y 2.64 cm) a los de este estudio a las 23, 29 y 35 semanas de edad.

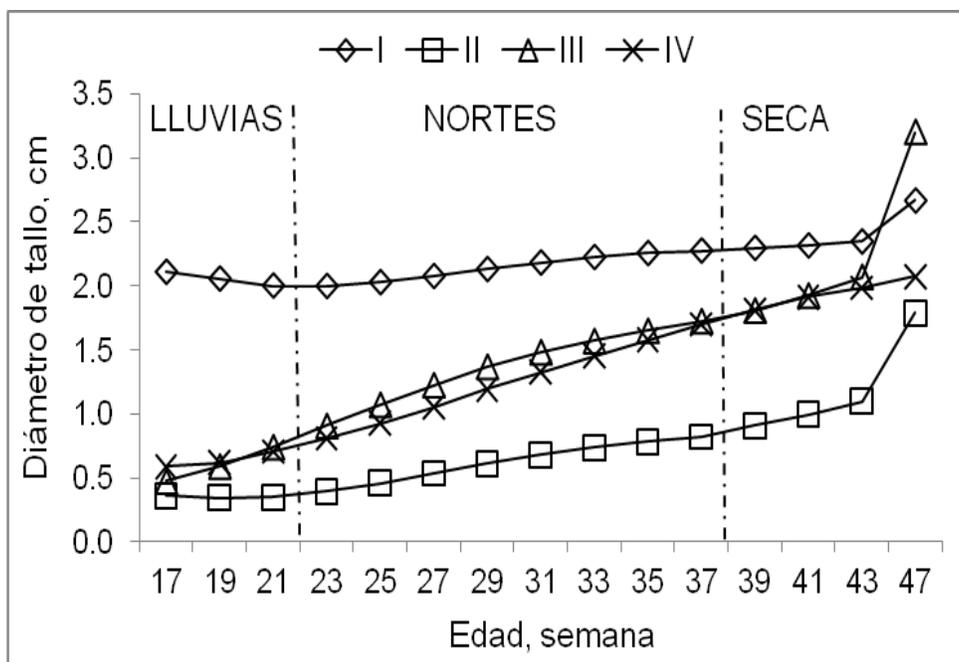


Figura 7. Incremento del diámetro de tallo (cm) de plantas de *Guazuma ulmifolia* Lam. de 17 a 47 semanas de edad, en cuatro sitios que diferían en condiciones edáficas y climáticas, durante las tres épocas del año. Los valores se ajustaron a un modelo $Y = \beta_0 + \beta_1 x_i + e$.

Cuadro 6. Valores estimados de los parámetros y estadísticas asociadas de las ecuaciones de predicción para la variable diámetro de tallo (cm), de plantas de *Guazuma ulmifolia* Lam. entre 17 y 47 semanas de edad. Los árboles se establecieron en cuatro sitios que diferían en condiciones edáficas y climáticas. Los valores se ajustaron a un modelo $Y = \beta_0 + \beta_1 x_i + e$.

Sitio	β_0	β_1	E	R^2
I	1.36	0.01	0.01	0.81
II	0.41	0.01	0.003	0.95
III	0.35	0.02	0.004	0.98
IV	0.57	0.01	0.004	0.95

Todos los parámetros fueron significativos ($P < 0.05$)

Valores similares (2.82 cm) han observado López *et al.* (2006) en el diámetro de tallo en guácimos de 28 semanas de edad en un banco de forraje, en la misma zona. Por lo

tanto, el diámetro de tallo alcanzado en los guácimos de este estudio y trasplantados durante la época de lluvias, se encuentra dentro de los rangos que han sido observados por otros autores durante el periodo de crecimiento analizado desde las 17 a 47 semanas.

A las 17 semanas de edad (60 días después del trasplante) las plantas desarrollaron entre 2.6 y 8.8 ramas primarias árbol⁻¹. Al final, el mayor número de ramas primarias se observó en el sitio III (20.2 ± 6.8), seguido del I, IV y II con 19.4 ± 6.0, 17.9 ± 5.1 y 12.1 ± 5.0 ramas, respectivamente (Figura 8, Cuadro 7).

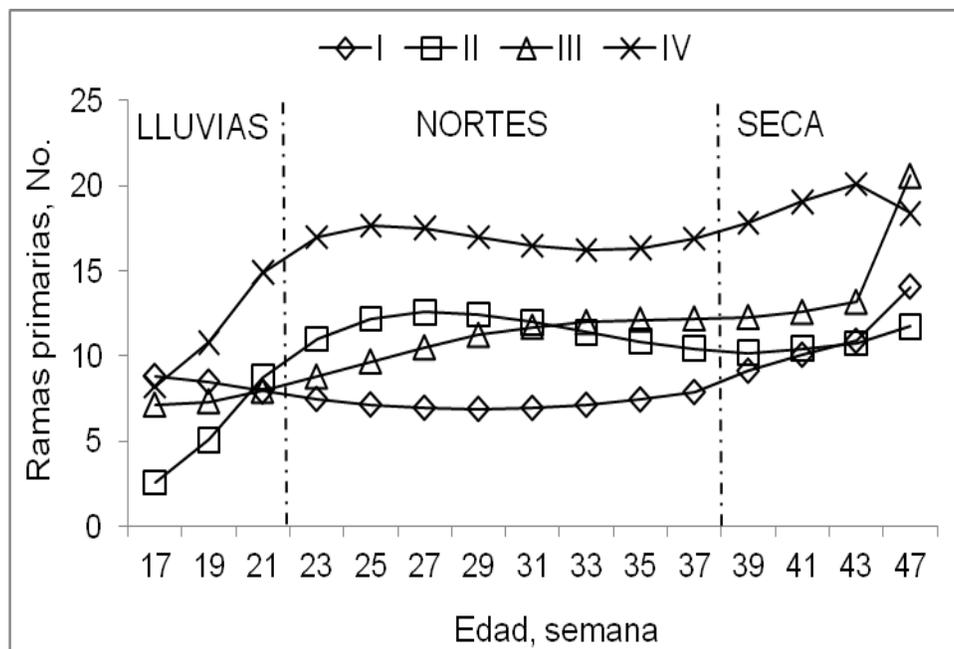


Figura 8. Incremento del número de ramas primarias de plantas de *Guazuma ulmifolia* Lam. de 17 a 47 semanas de edad, en cuatro sitios que diferían en condiciones edáficas y climáticas, durante las tres épocas del año. Los valores se ajustaron a un modelo $Y = \beta_0 + \beta_1 x_i + e$.

Aunque al inicio de este estudio el número de ramas primarias fue más alto en los sitios I, III y IV; solo el I y III siguieron la misma tendencia a incrementar su número de ramas hasta el final del periodo, probablemente debido a los beneficios recibidos de humedad durante la época de lluvia y la fertilidad del suelo, respectivamente; mientras que el sitio II inició con menor cantidad de ramas primarias, este se incremento durante la época

de nortes, y se observó una reducción en la época seca con una línea de producción similar a los otros sitios, quedando finalmente como el sitio de menor número de ramas primarias.

Fue notorio que en la época de nortes el número de ramas tendió a disminuir en la mayoría de los sitios, y esto se debe a que después de un periodo de senescencia parcial o total de hojas, los árboles producen ramas nuevas a partir del tallo principal, muchas de esas son contadas en sus etapas iniciales pero no desarrollan lo suficiente y mueren un tiempo después debido al sombreado de las ramas más grandes, haciendo que los promedios de número de ramas varíen en el tiempo. Esto mismo explica el incremento en esta variable en la última medición realizada.

El Instituto de Ciencia Animal (ICA, 1999) ha reportado número menor en el crecimiento de leguminosas y arbustivas sembradas bajo condiciones de estrés con rango de 7.3 en *Leucaena leucocephala* a 16 en *Cajanus cajan* ramas a las 26 y 51 semanas de edad. Villarruel *et al.* (2005) han observado valores similares a este estudio en guácimos de 9 y 12 ramas primarias a 7 y 15 semanas de edad, respectivamente. Sin embargo, Febles y Ruiz (2008) observaron valores similares en el crecimiento de leguminosas a las 26 semanas de edad con rango de 2 a 16 ramas primarias.

Cuadro 7. Valores estimados de los parámetros y estadísticas asociadas de las ecuaciones de predicción para la variable ramas primarias (No.), de plantas de *Guazuma ulmifolia* Lam. entre 17 y 47 semanas de edad. Los árboles se establecieron en cuatro sitios que diferían en condiciones edáficas y climáticas. Los valores se ajustaron a un modelo $Y = \beta_0 + \beta_1 x_i + e$.

Sitio	β_0	β_1	E	R ²
I	12.91	0.12	0.04	0.63
II	1.55	0.28	0.05	0.85
III	5.08	0.17	0.04	0.89
IV	7.29	0.21	0.07	0.75

Todos los parámetros fueron significativos ($P < 0.05$)

El número de ramas secundarias que las plantas desarrollaron fue suficiente para dar un aspecto de ramificación bien distribuida y con apariencia voluminosa, que es una de las características deseables en árboles forrajeros (Benavides, 1998; Febles y Ruiz, 2008), aunque en este estudio no se modeló la forma, la copa formada, por su eje y ramificación corresponde al modelo arquitectónico Roux (Henricus, 2002).

Durante el desarrollo de las plantas de guácimo en las primeras mediciones, no se observaron ramas secundarias y se empezaron a observar hasta la segunda evaluación solo en el sitio I (19 semanas de edad). Al final del estudio (47 semanas de edad) el mayor número de ramas osciló entre 54.6 ± 33.4 y 54.2 ± 33.7 en los sitios con guácimos de mayor crecimiento, y fue menor 10.7 ± 8.0 en los árboles del sitio II (Figura 9).

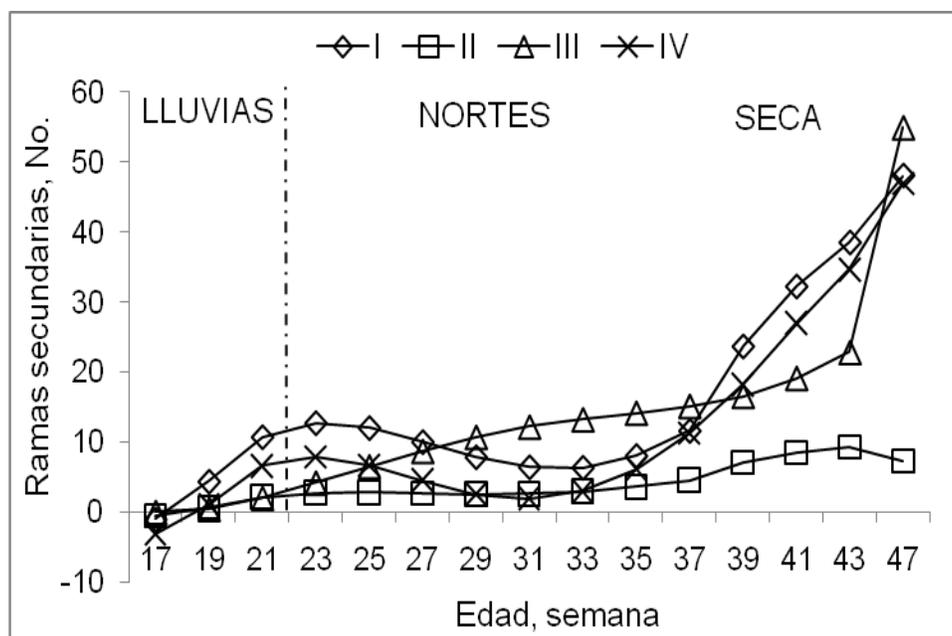


Figura 9. Incremento del número de ramas secundarias de plantas de *Guazuma ulmifolia* Lam. de 17 a 47 semanas de edad, en cuatro sitios que diferían en condiciones edáficas y climáticas, durante las tres épocas del año. Los valores se ajustaron a un modelo $Y = \beta_0 + \beta_1 x + e$.

Las ramas de los guácimos en los sitios I y IV tuvieron dos periodos de incremento seguidos de disminuciones que se pueden atribuir al mejor aprovechamiento de la mayor humedad que tuvieron pero con muerte de muchas ramas pequeñas durante la

sequía y subsecuente senescencia; en los sitios II y III la tendencia fue más estable, mientras que en el sitio III fue en aumento casi constante, y el sitio II se mantuvo bajo (en comparación con todos los demás sitios).

La tendencia en este último, se puede explicar porque el trasplante se realizó después que los otros sitios y por las limitaciones de fertilidad del suelo, además era un sitio cuya orientación permitía una mayor incidencia de radiación solar durante el día secando el suelo más rápidamente.

El incremento de ramas secundarias observadas después de la senescencia al final de la época húmeda, es muestra de la capacidad de rebrote de esta especie en respuesta a pequeñas cantidades de humedad esporádicas en la época seca (Ortega, 2009).

1.3.2. Crecimiento de plantas

Al final del estudio, las plantas alcanzaron entre 77.0 ± 0.19 y 127.3 ± 35.3 cm de altura, siendo las plantas del sitio III las más altas ($P < 0.05$) y las del sitio II las más bajas (Cuadro 8). El diámetro de copa también difirió entre sitios (103.2 ± 36.7 y 68.3 ± 22.2 cm), la mayor longitud ($P < 0.01$) correspondió al sitio III y la menor al II.

Independientemente de las tasas de crecimiento en cada sitio, al final del estudio se distinguió que las plantas crecieron de manera distinta; en el sitio III mostraron el mayor desarrollo en términos de altura, diámetro de copa, diámetro de tallo, ramas primarias y secundarias ($P < 0.05$), seguido de los sitios I, IV y II, en orden descendiente.

El desarrollo de las plantas de los sitios III y I se distinguió de los otros dos porque en estos sitios los guácimos se sembraron antes de eventos de mayor precipitación y distribuida de forma constante (aunque se sembraron en distintas fechas). Además, el sitio III se distinguió porque era un suelo que había estado en descanso y su fertilidad era mayor. En los sitios de menor desarrollo (IV y II) su crecimiento fue limitado primeramente por la menor precipitación, pero también por el nivel de fertilidad del

suelo, ya que esos sitios eran parcelas con pendiente de tipo llano, en donde se conserva mejor la humedad del suelo y aumenta la retención de agua de lluvia.

Cuadro 8. Valores de las variables dasométricas (Media \pm DE) de *Guazuma ulmifolia* Lam. a 47 semanas de edad. Los árboles se establecieron en cuatro sitios que diferían en condiciones edáficas y climáticas.

Variables	SITIOS			
	I	II	III	IV
Altura, cm	118.0 \pm 22.8 ^b	76.7 \pm 19.2 ^c	127.3 \pm 35.3 ^a	77.1 \pm 17.6 ^c
Diámetro de copa, cm	76.8 \pm 18.6 ^b	68.3 \pm 22.2 ^b	103.2 \pm 36.7 ^a	74.1 \pm 23.2 ^b
Diámetro de tallo, cm	2.7 \pm 0.8 ^b	2.2 \pm 0.6 ^c	3.3 \pm 1.0 ^a	2.1 \pm 0.6 ^c
Ramas primarias	19.4 \pm 6.0 ^a	12.1 \pm 5.0 ^b	20.2 \pm 6.8 ^a	17.9 \pm 5.1 ^a
Ramas secundarias	54.6 \pm 33.4 ^a	10.7 \pm 8.0 ^b	54.2 \pm 33.7 ^a	45.4 \pm 25.3 ^a

^{abc} Medias con letras diferentes entre columnas indican diferencia significativa (P < 0.05)

1.3.3. Asociación de variables dasométricas con temperatura y precipitación

De manera general, la altura se asoció positivamente con la precipitación y la temperatura (CONAGUA, 2008), únicamente en los sitios I y IV (Cuadro 9). También el diámetro de copa se asoció a la precipitación y temperatura aunque no en todos los sitios.

Aparentemente, los cambios en el diámetro de tallo son independientes de estas dos variables climáticas, ya que en algunos sitios no hubo asociación mientras que en otros se observaron correlaciones negativas; lo cual puede suceder, en virtud de que la planta primero utiliza su energía en la producción de follaje y de manera secundaria en el crecimiento del diámetro del tallo.

Cuadro 9. Asociación de variables climáticas con variables dasométricas de *Guazuma ulmifolia* Lam. a 47 semanas de edad. Los árboles se establecieron en cuatro sitios que diferían en condiciones edáficas y climáticas.

Variables	SITIOS			
	I	II	III	IV
.....Precipitación.....				
Altura	* 0.847	- 0.308	- 0.169	* 0.693
Diámetro de copa	* 0.576	0.026	- 0.146	- 0.095
Diámetro de tallo	- 0.793	- 0.573	0.012	- 0.274
Ramas primarias	- 0.630	* 0.832	- 0.063	* 0.724
.....Temperatura.....				
Altura	* 0.681	- 0.308	0.250	* 0.816
Diámetro de copa	0.855	0.026	0.240	0.467
Diámetro de tallo	- 0.378	- 0.573	0.388	- 0.251
Ramas primarias	- 0.882	* 0.611	0.375	0.463

* Las correlaciones son significativas ($P < 0.05$)

El número de ramas primarias se asoció a precipitación y temperatura de manera poco consistente, ya que solo sucedió en dos sitios, en otro no hubo asociación y en otro fue negativa, y las ramas secundarias tampoco crecen en relación directa con estas variables. Aparentemente la variable que mayormente responde a la disponibilidad de humedad y temperatura es la altura; en este estudio, las plantas en sitios con mayor precipitación después del período de trasplante crecieron más, independientemente de la fecha de siembra (sitios I y IV).

La altura se asoció positivamente con las variables que indican desarrollo de la planta. Se observó que a mayor altura el diámetro de copa se incrementa significativamente en los sitios II y III, respectivamente. Así también el diámetro de tallo aumentó conforme la altura de plantas aumentó, de manera positiva en los sitios II y III. Las ramas primarias se asocian al desarrollo en altura y diámetro de copa de la planta, en los sitios III y IV (Cuadro 10).

Las plantas de guácimo al trasplantarse a campo en época de lluvia utilizan de mejor manera la humedad para desarrollar su altura, y emitir ramas primarias, lo cual indica una priorización por la mayor captación de luz solar y agua, para posteriormente utilizar esa energía en el incremento de diámetro de tallo, ramas secundarias y tener mayor capacidad de producción de follaje (Villar *et al.*, 2004).

Cuadro 10. Asociación entre altura y otras variables dasométricas de *Guazuma ulmifolia* Lam.

Variables	S I T I O S			
	I	II	III	IV
Diámetro de copa	* 0.680	* 0.835	* 0.996	0.156
Diámetro de tallo	- 0.851	* 0.930	* 0.965	- 0.154
Ramas primarias	- 0.751	- 0.122	* 0.988	* 0.762
Ramas secundarias	0.464	- 0.519	* 0.948	- 0.032

*Las correlaciones son significativas ($P < 0.05$)

Estas asociaciones entre las variables dasométricas se observó en las plantas trasplantadas durante las primeras lluvias (sitio I) durante el mes de Julio 2006, con su mayor altura en cambio, las trasplantadas un mes después (sitio IV) durante el mes de Agosto 2006, tuvieron un desarrollo tanto en altura como en el número de ramas primarias, pero con menor diámetro de tallo, lo cual se confirma con lo indicado por Villar *et al.*, (2004).

Aunque otros estudios han reportado las características agronómicas del guácimo, no se han realizado de manera sistematizada, y únicamente a nivel de experimento, por lo que resulta interesante continuar con estas investigaciones para aportar el mayor conocimiento obtenido, en los diversos sistemas de comunicación actual.

1.4. Conclusiones

El crecimiento de *G. ulmifolia* durante sus primeras etapas de desarrollo es lineal aún en la época de sequía; en las condiciones de este estudio, las plantas en los sitios III y I lograron un mayor desarrollo debido a una mejor utilización del agua de lluvia y mayor fertilidad del suelo.

1.5. Literatura citada

- Ascencio, R. L. 2008. Caracterización de especies leñosas en sistemas ganaderos, de los Municipios de Tlapacoyan, Misantla y Martínez de la Torre, Veracruz, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Programa de Agricultura Tropical Sostenible. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 119 p.
- Benavides, J. E. 1998. Árboles y arbustos forrajeros: Una alternativa agroforestal para la ganadería. *In: Memorias de una conferencia electrónica: Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica*. FAO-CIPAV. Cali, Colombia. Pp. 1-26. Consultado en: <http://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/frg/AGROFOR1/bnvdes23.htm> el 15 de Mayo 2008.
- Bautista, T. M. 2009. Sistemas agrosilvopastoriles y su productividad en El Limón municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, *Campus Veracruz*. Tepetates, Municipio de Manlio F. Altamirano, Veracruz. 70 p.
- CATIE, (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central. Serie Técnica. Informe Técnico No 86. Turrialba, Costa Rica. Pp. 171-175.
- CATIE, (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 1991. Guácimo, *G. ulmifolia* Lam. especie de árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, Costa Rica. 59 p.
- CONAGUA, (Comisión Nacional del Agua; M. Díaz-Peón). 2008. Base de datos electrónica. Octubre, 2008. Boca del Río, Veracruz.
- EMB, 2007. *Guazuma ulmifolia* (Lam) Encyclopédie Méthodique, Botanique. 3:52. 1789. consultado en: www.fs.fed.us/global/íitf/Guazumaulmifolia.pdf. El 31 de Marzo 2007. Pp. 246-249.
- Febles, G. y T. E. Ruiz. 2008. Evaluación de especies arbóreas. Taller sobre Investigación en Sistemas Agrosilvopastoriles o Agroforestería Pecuaria. *In: IV*

- Reunión en Sistemas Agro y Silvopastoriles. Universidad de Colima. 12-16 de mayo. Colima, México. Pp. 11-33.
- Francis, J. K. 1991. *Guazuma ulmifolia* Lam. Guácima. SO-ITF-47. New Orleans, LA: US. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. Pp. 255-259.
- Henricus, F. M. V. 2002. Modelos arquitectónicos en la flora arbórea de la península de Yucatán. Boletín de la Sociedad Botánica de México. Universidad Autónoma del Estado de México. 71:45-57.
- ICA, (Instituto de Ciencia Animal) 1999. Trabajo sobre árboles y arbustos desarrollados por el Instituto de Ciencia Animal de Cuba Grupo de Leguminosas (ICA). Agroforestería para la producción animal en América Latina. FAO. Producción y Sanidad Animal. 143, Roma. Pp. 391-406.
- Infante-Gil, S. y G. P. Zárate de L. 2005. Métodos Estadísticos. Un enfoque interdisciplinario. Editorial Trillas. Octava reimpresión. Pp. 465-532.
- López, O. S., M. Villarruel F., E. Ortega J. y E. Ruiz. 2006. Crecimiento y producción de *Guazuma ulmifolia* Lam. en bancos de forraje bajo condiciones de clima cálido subhúmedo. In: Memoria de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles. Universidad Autónoma Metropolitana. 10-12 de Julio. México, D. F. Pp. 133-138.
- López, H. M. A., J. A. Rivera L., L. Ortega R., J. G. Escobedo M., M. A. Magaña M., J. R. Sanginés G. y A. C. Sierra V. 2008. Contenido nutritivo y factores antinutricionales de plantas nativas forrajeras del norte de Quintana Roo, México. Técnica Pecuaria en México. 46:205-215.
- Manríquez, M. L. Y., S. López O, P. Pérez H., E. Ortega J., Z. G. López T. y M. Villarruel F. 2009. Características agronómicas y forrajeras del Guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). Tropical and Subtropical Agroecosystems. Aceptado en Julio 2010.
- Manríquez, M. L. Y., M. Calderón Z., J. Lara B., S. López, O. y M. Villarruel F. 2007. Potencial de Guácimo como forraje en Veracruz. Aspectos técnicos y financieros de la propagación del árbol forrajero guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) Agroentorno. 87:27-28.
- Montero, S. F. M. 2009. Crecimiento inicial de especies arbóreas multipropósito en un terreno ganadero del Norte de Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias, Montecillo, Texcoco, Estado de México. 81 p.
- Múnera, D. J. F. 2009. Establecimiento y evaluación de *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala* y *Guazuma ulmifolia*, como bancos de proteína en la región de Santafé de Antioquia (bs-T). Consultado en:

- http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/20061127104537_Gliricida%20leucaena%20guazuma%20banco%20proteinas.pdf. El 29 de diciembre. 15 p.
- Nieto, M. J., Manríquez, M. L. Y., S. López O. y F. Gallardo L. 2006. Guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam): Una opción para la producción de forraje en la ganadería del sistema terrestre de lomeríos, en el centro de Veracruz. *In: Memoria de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles*. Universidad Autónoma Metropolitana. 10-12 de Julio. México, D. F. Pp. 139-143.
- Ortega, V. E. 2009. Efecto de podas estratégicas en *Guazuma ulmifolia* Lam. sobre la producción de forraje en la época seca. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico de Huejutla, Hidalgo. 71 p.
- SAS. 2003. SAS system for Windows. Version v 6.12. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Tamayo, Ch. M. y R. Orellana. 2006. Establecimiento de cinco especies leñosas forrajeras. *In: Memoria de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles*. Universidad Autónoma Metropolitana. 10-12 de Julio. México, D. F. Pp. 313-315.
- Torres, R. J. M. y O. S. Magaña T. 2001. Evaluación de Plantaciones Forestales. Editorial LIMUSA, S. A. de C. V. México, D. F. 472 p.
- Villa, H. A. 2009. Productividad del Sistema Silvopastoril con *Guazuma ulmifolia* Lam. y la utilización de la especie en los agroecosistemas de Angostillo, Ver. Tesis de Maestría en Agroecosistemas Tropicales. Tepetates, Veracruz 41 p.
- Villar, R., J. Ruiz-Robledo, L. Quero J., H. Poorter, F. Valladares y T. Marañón. 2004. Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas *In: Valladares, F. 2004. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente. EGRAF, S. A., Madrid. Pp. 191-227.
- Villarruel, F. M., E. M. Ruiz y R. Del Pino P. 2003. Manejo reproductivo de *Guazuma ulmifolia* Lam. en condiciones de campo y de vivero rural en la zona Centro del Estado de Veracruz, México. En INIFAP; CP; ITA N° 18; ITMAR N° 1; UACH; U.V. Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano. 2004. Libro Científico N° 1. Veracruz, México. 443 p.
- Villarruel, F., M., S. López O., L. A. Aguilar P., M. L. Fernández Q., E. Arce E. y R. Pino P. 2005. Establecimiento y evaluación de un rodal coetáneo de *Guazuma ulmifolia* Lam. en la llanura costera del Golfo sur de Veracruz. *In: Memoria de la XVIII Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria*. Boca del Río, Veracruz. México. 17-18 Noviembre. 481 p.

CAPITULO II. CONTENIDO NUTRICIONAL DEL FORRAJE EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL INTEGRADO POR *Guazuma ulmifolia* Lam. Y LAS GRAMINEAS *Digitaria decumbens* Stent, *Brachiaria brizantha* A. Richard Staf Y *Panicum maximum* Jacquin.

El presente estudio se enfoca al análisis del contenido nutricional de las asociaciones de árbol Guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) combinado con pastos Pangola (*Digitaria decumbens* Stent, GUUL-DIDE), Insurgente (*Brachiaria brizantha* A. Richard Staf., GUUL-BRBR) o Tanzania (*Panicum maximum* Jacquin, GUUL-PAMA), en sistemas silvopastoriles bajo pastoreo-ramoneo de bovinos y ovinos, en las tres épocas del año (nortes, seca y lluvias). Se analizaron muestras de forraje de cada especie en las tres asociaciones árbol-gramínea, y también muestras compuestas simulando la asociación en proporción al consumo aparente por los animales. Se determinó proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina (Lig), contenido celular (CC), hemicelulosa (Hem) y celulosa (Cel). El forraje de la asociación GUUL-DIDE presentó mayor contenido de PC, FDN y Hem en época de nortes, Lig y CC en época seca y FDA y Cel en época de lluvias. GUUL-PAMA tuvo mayor contenido de PC en época de nortes; CC en época seca; FDN, FDA, Lig, Hem y Cel durante la época de lluvias mientras que la combinación GUUL-BRBR mostró mayor PC y Lig durante la época de nortes; FDN, FDA, Hem y Cel durante la época seca; y el mayor CC en época de lluvias. Se concluye que la mejor asociación es GUUL-DIDE por presentar los mayores promedios de PC y menores de Lig, seguido de GUUL-PAMA con alto CC y menor FDA. Por su bajo contenido de metabolitos secundarios GUUL es una opción viable para incluir en sistemas de pastoreo con rumiantes.

Palabras clave: Calidad químico-nutricional, *Brachiaria brizantha* A. Richard Staf, *Digitaria decumbens* Stent, *Guazuma ulmifolia* Lam., *Panicum maximum* Jacquin, Sistema silvopastoril.

2.1. Introducción

Las gramíneas son la principal fuente de forraje para los rumiantes domésticos; la presencia de este tipo de forrajes toscos en la dieta del ganado es una necesidad para cubrir sus requerimientos de materia seca y a la vez aprovechar la capacidad de los rumiantes para convertir alimentos fibrosos en carne y otros productos. Sin embargo, en las regiones tropicales donde existe una época de estiaje, estos forrajes llegan a ser de muy baja calidad afectando negativamente el consumo voluntario del ganado, y por consecuencia, minimizando la productividad animal (Elías, 2007).

En estas situaciones, el follaje de árboles puede ser una fuente barata de forraje que complemente la alimentación del ganado en pastoreo, ya que los árboles considerados forrajeros con alto valor hedónico pueden contener niveles aceptables de proteína (López, 2008; Villa, 2009). *Guazuma ulmifolia* Lam. es un árbol que produce forraje de buena a excelente calidad, con elevado porcentaje de materia seca, proteína cruda y digestibilidad (López, 2008). Esta especie arbórea puede ser utilizada con éxito para la alimentación animal en sistemas silvopastoriles (Pinto *et al.*, 2006), por su bajo contenido de metabolitos (García, 2008; López, 2008). Sus concentraciones de taninos, alcaloides y derivados nitrogenados varían en las distintas partes de la planta (Harborne, 1998) y se almacenan en los puntos de crecimiento (García, 2008). La asociación de guácimo y gramíneas es una combinación que se encuentra de manera natural en muchos sitios de las regiones tropicales (Giraldo, 1998; Bautista, 2009), en estos sistemas, la presencia del árbol permite incrementar la calidad del forraje de los pastizales.

Los pastos Pangola (*Digitaria decumbens* Stent), Insurgente (*Brachiaria brizantha* A. Richard Staf) y Tanzania (*Panicum maximum* Jacquin) son ampliamente utilizados en la ganadería de las regiones cálidas, por su adaptación a las condiciones edafoclimáticas y sus características productivas. Pangola, se considera de alta calidad nutritiva, buena productividad y palatabilidad aceptable (Esqueda y Tosquy, 2007); es resistente a plagas, con crecimiento agresivo en terrenos de baja calidad, aunque su producción es

estacional (Enríquez *et al.*, 1999). El pasto Insurgente se considera una gramínea adecuada para asociarse en sistemas silvopastoriles; debido a su alta productividad, adaptabilidad a diversos ecosistemas, crecimiento bajo sombra y aceptable valor nutritivo; en época de lluvias puede contener 5.7 % PC (similar a otras gramíneas) y durante la época de nortes 9.7% (Hernández *et al.*, 2007). El cultivar Tanzania de *P. maximum* también es de rápido crecimiento y es considerado adecuado para asociarse en sistemas silvopastoriles (Sánchez *et al.*, 2007).

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar el contenido nutricional del forraje de un sistema silvopastoril integrado por *G. ulmifolia* asociado con *D. decumbens*, *B. brizantha* y *P. maximum*, utilizado para el pastoreo-ramoneo de bovinos y ovinos, durante las tres épocas del año, en la zona Centro de Veracruz, México.

2.2. Materiales y métodos

2.2.1. Sitio experimental

El estudio se realizó en el Colegio de Postgraduados *Campus Veracruz*, en Veracruz, México, ubicado en la costa central del Golfo de México, a 19° 11' Latitud Norte y 96° 20' Longitud Oeste, a 18 msnm, con clima cálido sub-húmedo con lluvias en verano temperatura anual promedio de 27 °C y precipitación pluvial anual media de 1286 mm.

2.2.2. Manejo del sistema silvopastoril

El sistema silvopastoril evaluado se estableció durante 2006 como se describe en el Capítulo I, sección 1.2.2. Arreglo espacial y establecimiento de plantas en campo. Se manejaron un total de 3.1 hectáreas, conformadas por 1.158 ha de la asociación *G. ulmifolia* (GUUL) y *D. decumbens* (DIDE), 1.0 ha de *G. ulmifolia* (GUUL) y *B. brizantha* (BRBR), y 0.948 ha *G. ulmifolia* (GUUL) *P. maximum* (PAMA).

Al inicio del estudio los árboles tenían 17 meses de edad, y *D. decumbens* se estableció el mismo año que los árboles, mientras que *P. maximum* y *B. brizantha* se

habían establecido antes que los árboles. Durante el estudio, los árboles se mantuvieron podados a 0.70 m de altura, se realizaron tres podas de mantenimiento en cada potrero (una por época). También se realizaron podas durante las lluvias a partir de Julio 23 del 2007, con 5 días de diferencia entre potreros; en época de nortes a partir de Octubre 1º y en la seca a partir de Marzo 17 del 2008. Estas podas permitían que al momento de introducir los animales, los árboles habrían alcanzado entre 1.0, 1.50 y 1.75 m de altura, de acuerdo a la asociación y sitio de muestreo, mientras que los pastos alcanzaron más del 50 % de retoños.

Los potreros se manejaron en un sistema rotacional con 5 días de pastoreo por 30 de descanso; se fertilizó el 7 de Agosto del 2007 (época de lluvias) con urea aplicando 1.5 kg de N ha⁻¹ día⁻¹; en la época seca se fertilizó con materia orgánica (20 kg de borregasa) a través de fertirriego (P = 30 y K = 149 %), que consistió en alimentar una tina de agua (200 L) para disolver las heces y posteriormente esta mezcla se vertía al sistema de riego, y de esta manera se distribuían a los praderas de manera uniforme, durante un lapso de 20 días.

2.2.3. Recolección de muestras

Se colectaron muestras de forraje durante un periodo de 12 meses, comprendiendo las tres épocas del año: nortes (Octubre 2007 a Enero 2008), seca (Febrero a Mayo 2008) y lluvias (Junio a Septiembre 2008). Las muestras se colectaron en tres potreros de aproximadamente 0.3 ha cada uno, de las asociaciones GUUL-DIDE, GUUL-BRBR y GUUL-PAMA. Se estimó la biomasa total disponible de cada potrero antes del ingreso de los animales y la biomasa remanente el mismo día de salida, ambos se expresaron en kg MS ha⁻¹. En cada muestreo se cosechó la biomasa de los pastos dentro de rectángulos de 0.25 m², en los que se cortó la biomasa aérea a 10 cm de altura sobre el nivel del suelo (Juárez *et al.*, 2009) con tijeras de jardín; al mismo tiempo, se cosechó la biomasa comestible de 20 árboles de guácimo (hojas y tallos tiernos) simulando el pastoreo de los animales (Radrizzani y Perotti, 2004). El número de muestras de pasto (n = 20 por potrero) se calculó mediante un muestreo preliminar

realizado para determinar el tamaño de la muestra (Scheaffer *et al.*, 1995). En cada muestreo, los puntos incluyeron pasto y guácimo por separado, y se distribuyeron al azar en el potrero. Las muestras (tallo y hoja) se pesaron en fresco individualmente, después se mezclaron para obtener una muestra compuesta, que se guardó en bolsas de papel y se seco en una estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 horas (AOAC, 1990) para determinar el contenido de materia seca; posteriormente, se molieron en un molino de martillo marca Culatti (Net Inter Lab S.A.L. DFH45, 75 W, velocidad de 6,000 rpm), utilizando criba de 1 mm, y se almacenaron e identificaron en un frasco estéril hasta su análisis.

2.2.4. Análisis bromatológico

Se realizó análisis bromatológico de las muestras del árbol y de los pastos por separado y también en muestras compuestas de ambos componentes de las asociaciones (GUUL-DIDE, GUUL-BRBR y GUUL-PAMA), en proporción de materia seca ingerida (consumo aparente) por los bovinos y ovinos, en cada época del año; se determinó el contenido de proteína cruda (PC) según la técnica señalada por AOAC (1990), el contenido de fibra detergente ácido (FDA) por el método de Van Soest (1991), y el contenido de fibra detergente neutro (FDN), lignina (Lig) según Van Soest (2002) y contenido celular. Además, en GUUL se realizó análisis fitoquímico para determinar la presencia de los siguientes metabolitos: terpenos (saponinas), fenoles (compuestos reductores, resinas, mucílagos) y compuestos nitrogenados (alcaloides y aminoácidos), utilizando el sistema cualitativo de cruces para describir la presencia o ausencia de metabolitos, con los criterios de: presencia cuantiosa (+++), presencia notable (++) , presencia leve (+) y ausencia (-) de acuerdo a la técnica de García (2008). Los análisis bromatológicos se realizaron durante enero a marzo 2009 en el Instituto de Ciencia Animal en el Municipio de San José de las Lajas, provincia de la Habana, Cuba entre los 22° 53´ Longitud Norte y los 82° 02´ Longitud Oeste y a 80 msnm (Anon, 1989).

2.3. Resultados y discusión

Se realizó análisis descriptivo de los resultados, en virtud de que solo se analizaron dos sub-muestras de guácimo (GUUL), dos de pasto por especie (DIDE, BRBR y PAMA) y dos de las muestras compuestas de árbol y gramíneas en la proporción de consumo aparente por época del año, se observaron diferencias numéricas y tendencias en el porcentaje de los distintos componentes nutricionales de *G. ulmifolia*, gramíneas y muestras compuestas, en las diferentes épocas del año.

2.3.1. Composición química del árbol

El contenido de proteína cruda en *G. ulmifolia* osciló entre 12.0 y 19.0 % y fue mayor en la época de nortes (16.1, 17.0 y 19.0 %) que en las otras épocas, siendo el más bajo en la época seca (12.0, 15.4 y 16.1 %; Cuadro 11). Estos valores están dentro del rango observado en otros estudios con esta especie, Bobadilla *et al.* (2006) encontraron 15.1 y 21.0 %, Pinto *et al.* (2006) reportaron 17.6 y 19.4 %, López *et al.* (2008) 13.8 % y Reyes (2006) 19.5 % en rebrotes de 4 meses durante la época seca; Lizárraga *et al.* (2001) 16.0 %, López (2008) del 14.0 al 17.0 % en rebrotes de 70 días en época de lluvias; Vargas y Elvira (1994) indicaron 14.7 % en rebrotes de 84 días y 3 años de edad de la planta; Wagner y Colón (2007) observaron el 15.0 % en banco de forraje en rebrotes de 60 a 75 días y un año de edad de la planta. Rangos menores (8.5 a 9.0 %) a los de este estudio encontraron Cárdenas *et al.* (2003) y Cuadrado *et al.* (2004) 10.5 %. Sin embargo, valor mayor (23.1 %) a este estudio fue reportado por Araya *et al.* (1994).

La FDA en *G. ulmifolia* osciló entre 37.2 y 52.7 % y fue mayor en la época de nortes (39.4, 43.1 y 52.7) que en las otras épocas, siendo el más bajo en la época seca (37.2, 45.6 y 51.0). Estos valores están dentro del rango observado en otros estudios con esta especie; Bobadilla *et al.* (2006) observaron 42.4 %, López *et al.* (2008) 45.1 %, Pinto *et al.* (2006) 42.3 a 48.0 % en época seca; mientras que Lizárraga *et al.* (2001) reportaron 43.0 %; en época de lluvias y Flores *et al.* (1998) observaron 52.0 % en

rebrotos de 5 meses. Sin embargo, Cuadrado *et al.* (2004) encontraron valores mayores (64.1 y 67.7 % en la época de lluvia y seca, respectivamente).

Cuadro 11. Características químico-nutricionales del follaje de *Guazuma ulmifolia* Lam. (GUUL) en un sistema silvopastoril con *Digitaria decumbens* Stent (DIDE), *Brachiaria brizantha* A. Richard Staf (BRBR) o *Panicum maximum* Jacquín (PAMA), a 30 días de edad del rebrote, en tres épocas del año.

Biomasa	Época*	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	Lig (%)	CC (%)	Hem (%)	Cel (%)
GUUL-DIDE	Nortes	19.0	52.7	21.4	2.8	47.3	31.1	18.6
GUUL-BRBR	Nortes	16.1	43.1	25.3	5.4	56.9	17.8	19.9
GUUL-PAMA	Nortes	17.0	39.4	21.0	4.7	60.6	17.4	17.3
GUUL-DIDE	Seca	16.1	45.6	24.7	5.1	54.4	20.9	19.6
GUUL-BRBR	Seca	15.4	51.0	26.9	4.5	49.0	24.1	24.4
GUUL-PAMA	Seca	12.0	37.2	21.9	5.8	62.8	15.3	16.1
GUUL-DIDE	Lluvias	15.4	49.0	27.1	5.0	51.0	21.9	22.1
GUUL-BRBR	Lluvias	13.5	39.7	21.5	5.1	60.3	18.2	16.4
GUUL-PAMA	Lluvias	15.9	51.9	28.5	7.2	48.1	23.4	21.3

*Nortes = Octubre a Enero; Secas = Febrero a Mayo; Lluvias = Junio a Septiembre. PC = proteína cruda, FDN = fibra detergente neutro, FDA = fibra detergente ácido, Lig = lignina, CC = contenido celular, Hem = hemicelulosa y Cel = celulosa.

El contenido de fibra detergente ácido en *G. ulmifolia* osciló entre 21.0 y 28.5 % y fue mayor en la época de lluvias (21.5, 27.1 y 28.5) que en las otras épocas, siendo el más bajo en la época de nortes (1.0, 2.4 y 25.3). Estos rangos son menores a los encontrados en otros estudios con esta especie. López (2008) y Villa (2009) lograron 37.4 a 42.3 y 40.0 a 57.0 %, durante la época de lluvias, en rebrotos de 70 y 28 días, respectivamente. Sin embargo, valores menores (28.1 y 36.0 %, y 29.1 %) fueron encontrados por Flores (1994) y Bobadilla y Ramírez (2006), en época seca.

Estos indicadores de la calidad de la materia seca (FDN y FDA) pueden variar entre estudios debido a la edad del rebrote de las plantas, por lo que las comparaciones podrían ser poco objetivas, lo importante es que los valores obtenidos en este trabajo son comparables a los observados en otros estudios, y que en esta especie pueden considerarse aceptables.

La concentración de lignina en el follaje varió dentro y entre épocas; los valores más altos sucedieron en la época de lluvias (5.0, 5.1 y 7.2 %), y más bajo en época de nortes (2.8, 4.7 y 5.4 %). Una cantidad similar (3.1 %) encontró López (2008) en época de lluvias; López *et al.* (2008) observaron 3.1 a 3.4 % en época seca. Valores mayores (12.6 %) indicaron Bobadilla y Ramírez (2006) en época seca, y Lizárraga *et al.* (2001) 10.7 % en época de lluvias. El contenido celular osciló entre 47.3 y 62.8 %, fue mayor en la época seca (49.0, 54.4 y 62.8) que en otras épocas, siendo el más bajo en la época de nortes (47.3, 56.9 y 60.6).

El rango de hemicelulosa fue de 15.3 a 31.1 %, el valor mayor se observó en la época de nortes (17.4, 17.8 y 31.1 %), el más bajo en época seca (15.3, 20.9 y 24.1 %), porcentaje similar (14.7 %) al encontrado por Bobadilla y Ramírez (2006) en diversas especies de arbóreas forrajeras asociadas a guácimo en época seca; Araya *et al.* (1994) lograron 21.0 y 30.0 %; y López (2008) indicó 27.4 y 31.0 %. Sin embargo De Araujo *et al.* (1999) observaron valores más bajos (8.0 %).

El contenido de celulosa en *G. ulmifolia* osciló entre 16.1 y 24.4 %, sin diferencias en las tres épocas del año. Estos valores fueron similares (19.0 a 23.0 %) a los encontrados en otros estudios (Araya *et al.*, 1994). Valores mayores (23.1 y 35.0 %) observó López (2008) en época de lluvias y 33.3 % (De Araujo *et al.*, 1999) en época seca. Estos resultados muestran que *G. ulmifolia* tiene mayor calidad nutricional que las gramíneas y puede ser cultivado en sistemas silvopastoriles para mejorar la calidad de la pradera e incrementar los índices productivos del ganado.

2.3.2. Composición química de las gramíneas

El contenido de proteína cruda en gramíneas osciló entre 6.2 y 10.8 % y fue mayor en la época de nortes (8.1, 8.2 y 10.8 % en BRBR, PAMA y DIDE, respectivamente), que en las otras épocas, siendo el más bajo (6.2, 6.2 a 7.1 % para DIDE PAMA y BRBR, respectivamente) en la época seca (Cuadro 12). Estos resultados son similares a los encontrados en otros estudios, Michel *et al.* (2006) indicaron 9.0, 9.4 y 8.8 % en rebrotes de 28, 35 y 42 días, respectivamente; Juárez *et al.* (2009) indicaron 9.2 %, Cuadrado *et al.* (2004) observaron 9.3 y 10.5 % en rebrotes de 24 días durante la época seca y de lluvias, respectivamente en BRBR. Estos valores confirman lo mencionado por Enríquez *et al.* (1999) quienes señalan que el cultivo DIDE y arbóreas incrementa el contenido de PC en rebrotes de 21 y 42 días, (8.3 y 8.8 %, respectivamente). Hernández *et al.* (2007) observaron 7.6 % en PAMA combinado con frutales. Sin embargo Villa (2009) reportó valores menores (4.3 %) para GUUL-PAMA, en rebrotes de 42 días. Así mismo Juárez *et al.* (2009) logró 4.6 % y Hernández *et al.* (2007) indicaron 4.8 % en monocultivo de PAMA. Mientras que Villa (2009) observó mayores valores (14.3 %) en rebrotes de 28 días en GUUL-PAMA.

El contenido de fibra detergente neutro en gramíneas osciló entre 69.1 y 76.0 % y fue mayor en la época de lluvias (74.4, 75.3 y 76.0 % en DIDE, PAMA y BRBR, respectivamente), que en las otras épocas, siendo el más bajo en la época seca (69.1, 72.3 y 73.6 %) correspondiendo en el mismo orden a las mismas especies gramíneas.

Estos valores son similares a los rangos observados en otros estudios con esta especie; Juárez *et al.* (2009) obtuvieron 74.6 % en PAMA. Sin embargo, Michel *et al.* (2006) indicaron valores menores (48.2, 54.8 y 56.6 %) en rebrotes de 28, 35 y 42 días, respectivamente, Juárez *et al.* (2009) encontraron 65.6 % y Cuadrado *et al.* (2004) observaron 67.7 y 64.0 en época seca y de lluvias, respectivamente, en rebrotes de 24 días, en BRBR; Villa (2009) observó 40.0 y 56.0 % en rebrotes de 28 y 42 días, respectivamente, en GUUL-PAMA.

Cuadro 12. Características químico-nutricionales del follaje de *Digitaria decumbens* Stent (DIDE), *Brachiaria brizantha* A. Richard Staf (BRBR) o *Panicum maximum* Jacquin (PAMA), de un sistema silvopastoril con *Guazuma ulmifolia* Lam. (GUUL), a 30 días de edad del rebrote, en tres épocas del año.

Biomasa	Época*	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	Lig (%)	CC (%)	Hem (%)	Cel (%)
GUUL-DIDE	Nortes	10.8	72.5	43.3	7.3	27.5	29.2	36.0
GUUL-BRBR	Nortes	8.1	75.6	46.7	6.8	24.4	28.9	39.9
GUUL-PAMA	Nortes	8.2	73.7	43.5	4.5	26.3	30.2	39.0
GUUL-DIDE	Seca	6.2	69.1	41.3	5.0	30.9	27.8	36.3
GUUL-BRBR	Seca	7.1	73.6	40.6	6.6	26.4	33.0	34.0
GUUL-PAMA	Seca	6.2	72.3	45.9	5.6	27.7	26.4	40.3
GUUL-DIDE	Lluvias	9.1	74.4	42.1	6.7	25.6	32.2	35.4
GUUL-BRBR	Lluvias	7.5	76.0	45.4	7.6	24.0	30.6	37.8
GUUL-PAMA	Lluvias	7.7	75.3	45.3	5.2	24.7	30.0	40.1

*Nortes = Octubre a Enero; Secas = Febrero a Mayo; Lluvias = Junio a Septiembre. PC = proteína cruda, FDN = fibra detergente neutro, FDA = fibra detergente ácido, Lig = lignina, CC = contenido celular, Hem = hemicelulosa y Cel = celulosa.

El contenido de fibra detergente ácido en gramíneas osciló entre 40.6 y 46.7 % y fue mayor en la época de nortes (43.3, 43.5 y 46.7 % en DIDE, PAMA y BRBR, respectivamente) que en las otras épocas, siendo el más bajo en la época seca (40.6, 41.3 y 45.9 % en BRBR, DIDE y PAMA, respectivamente). Estos valores están dentro del rango observado en otros estudios con esta especie; Cuadrado *et al.* (2004) observaron 40.6 % en rebrotes de 24 días durante la época seca en BRBR, Villa (2009) encontró 40.0 en rebrotes de 28 días y un año de edad de GUUL-PAMA. Sin embargo se han encontrado valores menores (31.2, 32.6 y 33.9 %) en rebrotes de 28, 35 y 42 días, respectivamente, Michel *et al.* (2006). Cuadrado *et al.* (2004) reportó 30.8 % durante la época de lluvias en BRBR.

La lignina en pastos osciló entre 4.5 y 7.6 % durante el año y fue mayor en la época de lluvias (5.2, 6.7 y 7.6 % en PAMA, DIDE y BRBR, respectivamente), que en las otras épocas, siendo el más bajo en la época de nortes (4.5, 6.8 y 7.3 % en PAMA, BRBR y DIDE, respectivamente). El contenido celular osciló entre 24.0 y 30.9 % y fue mayor en la época seca (26.4, 27.7 y 30.9 %, en BRBR, PAMA y DIDE, respectivamente) que en las otras épocas, siendo el más bajo en la época de lluvias (24.0, 24.7 y 25.6 %, en BRBR, PAMA y DIDE). Mientras que la hemicelulosa durante el año varió de 26.4 a 33.0 %, siendo mayor (33.0 %) en la época seca para BRBR que en las otras épocas, y menor en la misma época para PAMA (26.4 %). El contenido de celulosa osciló entre 34.0 y 40.3 % y aunque los porcentajes fueron muy similares en las tres épocas del año, los valores extremos se encontraron en la época seca, siendo mayor en PAMA (40.3 %), que en las otras épocas, donde el contenido más bajo fue en BRBR (34.0 %).

Estos resultados indican que la calidad nutricional de las gramíneas utilizadas (Pangola, Insurgente y Tanzania) en este estudio, están dentro de los parámetros encontrados por otros autores, observando el mayor porcentaje de proteína en época de nortes y el mayor contenido celular en época seca, siendo los principales indicadores de la calidad del forraje.

2.3.3. Composición química de las asociaciones árbol-gramíneas

Se realizaron análisis químicos de muestras combinadas del forraje del sistema silvopastoril, en la proporción del consumo aparente por los animales (bovinos y ovinos), calculado a partir de la diferencia de peso en materia seca, entre el material ofrecido y el rechazado; tanto de *G. ulmifolia* (GUUL) como de las tres especies de gramíneas utilizadas (DIDE, BRBR y PAMA, respectivamente), por época del año (nortes, seca y lluvias) con 30 días de rebrote por 5 días de pastoreo (Cuadro 13).

Cuadro 13. Consumo aparente del ganado en un sistema silvopastoril integrado por *Guazuma ulmifolia* Lam. (GUUL), *Digitaria decumbens* Stent (DIDE), *Brachiaria brizantha* A. Richard Staf (BRBR) o *Panicum maximum* Jacquin (PAMA), a 30 días de edad del rebrote, en tres épocas del año.

*Época	GUUL-DIDE (%)		GUUL-BRBR (%)		GUUL-PAMA (%)	
	Árbol	Pasto	Árbol	Pasto	Árbol	Pasto
Nortes	17	83	43	57	71	29
Seca	28	72	08	92	04	96
Lluvias	18	82	19	81	19	81

*Nortes = Octubre a Enero; Seca = Febrero a Mayo; Lluvias = Junio a Septiembre; GUUL-DIDE = guácimo-pangola, GUUL-BRBR = guácimo-insurgente y GUUL-PAMA = guácimo-tanzania

El contenido de proteína cruda en las muestras compuestas de *G. ulmifolia* y gramíneas osciló entre 8.0 a 13.8 %, fue mayor en la época de nortes (11.4, 13.5 y 13.8 % en BRBR, DIDE y PAMA, respectivamente), que en las otras épocas, siendo el más bajo en la época de lluvias (8.0, 10.2 y 10.7 % para BRBR, DIDE y PAMA, respectivamente; Cuadro 14).

La fibra detergente neutro en GUUL-gramíneas osciló entre 51.6 y 73.2 % y fue mayor en la época de lluvias (70.3, 71.7 y 73.2 %, en DIDE, BRBR y PAMA, respectivamente) que en las otras épocas, siendo el más bajo en la época de nortes (51.6, 62.0 y 66.4 % en PAMA, BRBR y DIDE, respectivamente).

El contenido de fibra detergente ácido en GUUL-gramíneas osciló entre 26.4 y 44.6 % y fue mayor en la época de lluvias (40.0, 40.7 a 44.6 % en DIDE, BRBR y PAMA, respectivamente), que en las otras épocas, siendo el más bajo en la época de nortes (26.4, 39.8 y 40.1 % en PAMA, BRBR y DIDE, respectivamente).

La lignina osciló entre 3.9 y 7.8 % y fue mayor en la época de nortes (4.3, 5.8 y 7.8 % en PAMA, DIDE y BRBR, respectivamente), que en las otras épocas, siendo el más bajo en la época seca (3.9, 4.0 y 5.1 % en PAMA, BRBR y DIDE, respectivamente). El

contenido celular osciló entre 26.8 y 48.4 % y fue mayor en la época de nortes (33.6, 38.0 y 48.4 %, en DIDE, BRBR y PAMA, respectivamente) que en las otras épocas, siendo el más bajo en la época de lluvias (26.8, 28.3 y 29.7%, en PAMA, BRBR y DIDE, respectivamente).

Cuadro 14. Características químico-nutricionales del follaje de *Guazuma ulmifolia* Lam. (GUUL) asociado con *Digitaria decumbens* Stent (DIDE), *Brachiaria brizantha* A. Richard Staf (BRBR) o *Panicum maximum* Jacquin (PAMA), en un sistema silvopastoril, a 30 días de edad del rebrote, en tres épocas del año. Las proporciones del árbol y las gramíneas se calcularon en base al consumo aparente de bovinos y ovinos en pastoreo simultáneo del sistema silvopastoril.

Biomasa	Época*	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	Lig (%)	CC (%)	Hem (%)	Cel (%)
GUUL-DIDE	Nortes	13.5	66.4	40.1	5.8	33.6	26.3	34.3
GUUL-BRBR	Nortes	11.4	62.0	39.8	7.8	38.0	22.2	32.0
GUUL-PAMA	Nortes	13.8	51.6	26.4	4.3	48.4	25.2	22.1
GUUL-DIDE	Seca	11.5	64.3	37.0	5.1	35.7	27.3	31.9
GUUL-BRBR	Seca	9.2	72.1	37.4	4.0	27.9	34.7	33.4
GUUL-PAMA	Seca	8.9	71.4	43.7	3.9	28.6	27.7	39.8
GUUL-DIDE	Lluvias	10.2	70.3	40.0	4.6	29.7	30.3	35.4
GUUL-BRBR	Lluvias	8.0	71.7	40.7	5.1	28.3	31.0	35.6
GUUL-PAMA	Lluvias	10.7	73.2	44.6	5.6	26.8	28.6	39.0

*Nortes = Octubre a Enero; Secas = Febrero a Mayo; Lluvias = Junio a Septiembre. PC = proteína cruda, FDN = fibra detergente neutro, FDA = fibra detergente ácido, Lig = lignina, CC = contenido celular, Hem = hemicelulosa y Cel = celulosa.

El contenido de hemicelulosa osciló entre 22.2 y 34.7 % y fue mayor en la época seca (27.3, 27.7 y 34.7 %, en DIDE, BRBR y PAMA, respectivamente) que en las otras

épocas, siendo el más bajo en la época de nortes (22.2, 25.2 y 26.3 %, en BRBR, PAMA y DIDE, respectivamente). El contenido de celulosa osciló entre 22.1 y 39.8 % y fue mayor en la época seca (31.9, 33.4 y 39.8 % en DIDE, BRBR y PAMA, respectivamente), que en las otras épocas, siendo el más bajo en la época de nortes (22.1, 32.0 y 34.3 % en PAMA, BRBR y DIDE, respectivamente).

2.3.4. Metabolitos secundarios presentes en *Guazuma ulmifolia* Lam.

Los análisis sobre metabolitos secundarios presentes en GUUL, mostraron la presencia de alcaloides (+) en las tres épocas del año, aminoácidos en época seca (+), nortes (++) y lluvias (+++), compuestos reductores en época seca (++) , lluvias (++) y nortes (+++). No se encontraron saponinas (-), sustancias resinosas (-) ni mucílagos (-). Otros estudios han reportado la presencia de metabolitos secundarios en GUUL durante la época seca: saponinas (+), fenoles (++) y cianógenos (+) indicados por López *et al.* (2008) en Quintana Roo, En Venezuela y Cuba, García y Medina (2008) indicaron cianógenos (++) , con ausencia de saponinas (-), fenoles (-), taninos concentrados (-) y alcaloides (-) durante la época de lluvias. Estos resultados son diferentes a los encontrados en el presente estudio. Los valores obtenidos en la composición botánica guácimo-gramíneas indican una mayor calidad nutricional en el forraje ofrecido en este sistema silvopastoril.

2.4. Conclusiones

En el presente estudio se evidenció el contenido nutricional del forraje producido por *G. ulmifolia*, demostrando características adecuadas para ser incluida en sistemas silvopastoriles de las zonas tropicales donde esta especie se desarrolla. Se observó mayor calidad nutricional del forraje en el sistema silvopastoril, integrado por guácimo-gramíneas, lo que puede contribuir a su mayor digestibilidad y mejorar los índices productivos de los rumiantes. La mejor asociación en base al contenido nutricional de muestras compuestas fue GUUL-DIDE, durante las tres épocas del año.

2.5. Literatura citada

- Anon, 1989. Atlas Nacional de Cuba. Editado por el Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba y por el Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. Impreso por el Instituto Geográfico Nacional de España. 228 p.
- AOAC, 1990. Official methods of analysis of AOAC International. 15th Edition, Association of Official Agricultural Chemistry. Washington, D. C. USA. 500 p.
- Araya, J., J. Benavides, R. Arias y A. Ruiz. 1994. Identificación y caracterización de árboles y arbustos con potencial forrajero. *In*: Benavides J. E. (ed.) Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. Pp. 31-63.
- Bautista, T.M. 2009. Sistemas agrosilvopastoriles y su productividad en El Limón municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, *Campus*, Veracruz. Tepetates, Municipio de Manlio F. Altamirano, Veracruz. 70 p.
- Bobadilla, H. A. R., C. Sandoval C. y L. Ramírez A. 2006. Rendimiento de leche de vacas en pastoreo complementadas con follaje de arbóreas del trópico subhúmedo. *In*: Memoria de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles. México, D. F. 10-12 de Julio. Pp. 170-173.
- Bobadilla, H. A. R. y L. Ramírez A. 2006. Contenidos nutrimentales de ocho arbóreas forrajeras nativas de la República Mexicana. *In*: Memoria de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles. Universidad Autónoma Metropolitana. 10-12 de Julio. México, D. F. Pp. 118-120.
- Cárdenas, M. J. V., C. A. Sandoval C. y F. J. Solorio S. 2003. Composición química de ensilajes mixtos de gramíneas y especies arbóreas de Yucatán, México. *Técnica Pecuaria en México*. 41:283-294.
- Cuadrado, C. H., L. Torregroza S. y N. Jiménez M. 2004. Comparación bajo pastoreo en bovinos machos de ceba de cuatro especies de gramíneas del género *Brachiaria*. Corpoica Montería, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia. Pp. 438-443.
- De Araujo, M., J. Correia N. y B. Aguilar, I. 1999. Desarrollo ontogénico de plántulas de *Guazuma ulmifolia* (Sterculiaceae). *Revista Biología Tropical*. 47:785-790.
- Elías, A. 2007. Estrategia para la producción de alimentos para animales a través de procesos biotecnológicos sencillos que protejan el medio ambiente. *Producción Animal Tropical*. II Congreso de Producción Animal Tropical. Instituto de Ciencia Animal. 26-29 de Noviembre. La Habana, Cuba. Pp. 332-333.

- Enríquez, Q. J. F., N. F. Meléndez N. y E. D. Bolaños A. 1999. Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Libro técnico N° 7. México. 262 p.
- Esqueda, E. V. A. y O. H. Tosquy V. 2007. Efectividad de métodos de control de malezas en la producción de forraje del pasto pangola (*Digitaria decumbens* Stent.). Agronomía Mesoamericana. 18:01-10.
- Flores, R. O. I. 1994. Caracterización y evaluación de follajes arbóreos para la alimentación de rumiantes en el departamento de Chiquimula, Guatemala. *In*: Benavides J. (ed.). Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. Vol. 1:117-133.
- Flores, O. I., M. Bolívar D., A. Botero J. y A. Ibrahim M. 1998. Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajero para la suplementación de rumiantes en el trópico. *Livestock Research for Rural Development*. 10:1-10.
- García, D. E. 2008. Los metabolitos secundarios de las especies forrajeras tropicales: Metodologías para su detección, cuantificación y estudios de actividad biológica. *In*: Taller sobre Investigación en Sistemas Agro y Silvopastoriles o Agroforestería Pecuaria. 12-16 de Mayo. Colima, Colima. México. Pp. 35-97.
- García, D. E. y G. Medina M. 2008. Avances en la caracterización fotoquímica integral de especies vegetales para sistemas silvopastoriles: Estudios de metabolitos secundarios y actividad biológica. *In*: IV Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles. Universidad de Colima. 12-16 de Mayo. Colima, Colima. México. Pp. 362-414.
- Giraldo, V. L. A. 1998. Potencial de la arbórea guácimo (*Guazuma ulmifolia*), como componente forrajero en sistemas silvopastoriles. *In*: Memorias de la conferencia electrónica sobre Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica. Pp. 201-215.
- Harborne, J. 1998. *Phytochemical methods: A guide to modern techniques of plant analysis*. Chapman & Hall. London, U. K. 200 p.
- Hernández, D. S., G. Russell y E. Córdoba S. 2007. Producción de pastos tropicales en sistemas silvopastoriles. *Agroforestería Pecuaria en Chiapas, México*. Pp. 17-26.
- Juárez, R. A. S., M. A. Cerillo S., E. Gutiérrez O., E. M. Romero T., J. Colín N. y H. Bernal B. 2009. Estimación del valor nutricional de pastos tropicales a partir de análisis convencionales y de la producción de gas *in vitro*. *Técnica Pecuaria en México*. 47:55-67.

- Lizárraga, S. H., F. J. Solorio S. y C. A. Sandoval C. 2001. Evaluación agronómica de especies arbóreas para la producción de forraje en la Península de Yucatán. *Livestock Research for Rural Development*. Consultado en: <http://www.cipav.org.co/lrrd13/6/liza136.htm>. El 15 de Mayo 2006. 13:1-12.
- López, H. M. A., J. A. Rivera L., L. Ortega R., J. G. Escobedo M., M. A. Magaña M., J. R. Sanginés G. y A. C. Sierra V. 2008. Contenido nutritivo y factores antinutricionales de plantas nativas forrajeras del norte de Quintana Roo, México. *Técnica Pecuaria en México*. 46:205-215.
- López, H. V. M. 2008. Composición química y consumo voluntario de guácimo (*Guazuma ulmifolia*) y pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) por ovinos tropicales. Tesis Profesional. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Guerrero. Guerrero. 63 p.
- Michel, I. J., N. Daniel y C. J. Arias. 2006. Evaluación del Rendimiento y Valor Nutritivo del Heno de Transvala (*Digitaria decumbens*) bajo tres niveles de fertilización y tres frecuencias de corte en condiciones de riego por gravedad. Instituto Superior de Agricultura (ISA). Pp. 1-8.
- Pinto, R. R., H. Gómez, A. Hernández, F. Medina, B. Martínez, Y. López, R. Aguilar, D. Pezo, D. Hernández, J. Nahed, J. Carmona, G. Pérez y I. Carmona. 2006. Usos y características nutricionales de árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, México. *In: Memoria de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles*. Universidad Autónoma Metropolitana. 10-12 de Julio. México, D. F. Pp. 122-128.
- Radrizzani, A. y M. E. Perotti. 2004. Producción de forraje de Pasturas Tropicales en Sitios Bajos del Sudeste de Santiago del Estero. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. GTProducción animal. Argentina. Septiembre. 6 p. Consultado en: <http://www.inta.gov.ar/santiago/info/documentos/forraje>. El 27 de Mayo 2009.
- Reyes, M. F. 2006. Producción de biomasa y valoración nutritiva del follaje de arbóreas en la región de la Sierra, Tabasco. *In: Memoria de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles*. México, D. F. 10-12 de Julio. Pp 129-132.
- Sánchez, S., G. J. Crespo y M. B. Hernández. 2007. Acumulación y descomposición de la hojarasca en un pastizal de *Panicum Maximum* Jacq. y en un sistema silvopastoril de *P. Maximum* y *Leucaena Leucocephala* (Lam.) DE WIT. *Producción Animal Tropical*. *In: II Congreso de Producción Animal Tropical*. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. Pp 245-246.
- Scheaffer, R. L., W. Mendenhall, and L. Ott, 1995. *Elementary survey sampling*. Fifth Edition, Duxbury Press. Belmont, CA. 501 p.

- Van Soest P. J, Robertson J. B. and Lewis B. A. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Non-starch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science* 74:3583-3597.
- Van Soest, P. J. 2002. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Second Edition. Comstock Publishing Associates. Cornell University Press. Ithaca and London. 500 p.
- Vargas, H. y P. Elvira 1994. Composición química, digestibilidad y consumo de Leucaena (*Leucaena leucocephala*), Madre de Cacao (*Gliricidia sepium*) y Caulote (*Guazuma ulmifolia*). En: Benavides J. E. (editor). *Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central*. CATIE. Costa Rica. Vol. 1:393-400.
- Villa, H. A. 2009. Productividad del Sistema Silvopastoril con *Guazuma ulmifolia* Lam. y la utilización de la especie en los agroecosistemas de Angostillo, Ver. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Tepetates, Municipio de Manlio F. Altamirano, Veracruz. 41 p.
- Wagner, J. B y Colón R. E. 2007. Alturas y frecuencias de corte en la relación hoja/tallo y rendimiento de Guázuma (*Guazuma ulmiflora*), Piñón (*Gliricidia sepium*) y Chaca (*Albrizia lebeck*). Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), Santo Domingo, República Dominicana. *Proceedings of the Caribbean Food Crops Society*. 43:99-104.

CAPITULO III. EVALUACIÓN DE UN SISTEMA SILVOPASTORIL BAJO PASTOREO SIMULTÁNEO DE BOVINOS Y OVINOS EN LA ZONA CENTRO DE VERACRUZ.

El objetivo de este estudio fue determinar la producción de biomasa de un sistema silvopastoril integrado por Guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) y tres especies de gramínea: Pangola (*Digitaria decumbens* Stent), Insurgente (*Brachiaria brizantha* A. Richard Staf) y Tanzania (*Panicum maximum* Jacquin). Se evaluó el pastoreo-ramoneo de bovinos y ovinos en tres épocas del año (nortes = octubre a enero, seca = febrero a mayo y lluvias = junio a septiembre), en dos tratamientos: 1) pastoreo mixto integrado por 5 becerras Criollo Lechero Tropical y 6 borregas Pelibuey; y 2) pastoreo simple formado por 12 borregas Pelibuey. La producción de forraje se determinó a través de muestreos en los potreros, previo y posterior a cada periodo de ocupación, y la ganancia de peso se determinó pesando los animales cada 14 días. En general, la mayor producción de forraje se obtuvo en la época de lluvias; la asociación guácimo-pangola produjo más forraje en todas las épocas, sobre todo en la época seca; seguida de guácimo-insurgente y guácimo-tanzania. El incremento de peso del ganado fue superior ($P < 0.05$) en el tratamiento de pastoreo mixto ($16.3 \pm 9.6 \text{ kg ha}^{-1}$) que en el simple ($10.8 \pm 7.8 \text{ kg ha}^{-1}$). Se concluye que la producción de forraje es mejor en la asociación guácimo-pangola y que la mayor producción de forraje sucede en la época de lluvias ($3.4 \pm 1.1 \text{ kg ha}^{-1}$), independientemente del tipo de asociación. El forraje producido es mejor aprovechado por ovinos y bovinos en pastoreo simultáneo produciendo más kilogramos de carne por hectárea.

Palabras clave: Silvopastoril, *Guazuma ulmifolia* Lam., Gramínea, Ramoneo, Pastoreo simultáneo.

3.1 Introducción

En las zonas tropicales de México predominan los sistemas de pastoreo extensivo que son afectados por una producción estacional de los pastos. Además esta ganadería tiene limitantes que reducen su productividad, como son la fuerte dependencia en los pastos para la alimentación animal, la escasez de agua, los bajos índices de

tecnificación y la baja aplicación de medidas preventivas sanitarias. Estos sistemas de producción convencionales no satisfacen las necesidades nutricionales del ganado, y consecuentemente no se cubre con la demanda poblacional de carne (FAO, 2003). Siendo necesaria la búsqueda de otras alternativas, tanto de producción de forraje como del manejo racional de los recursos naturales hacia una visión más holística, que garanticen la producción sustentable y sostenible de forraje de buena calidad y brinde servicios ambientales a la sociedad (Murgueitio, 2005).

Los sistemas silvopastoriles son sistemas integrados de especies arbóreas con gramíneas y ganado en pastoreo, en la misma unidad de suelo, de manera secuencial o simultánea (Ascencio, 2008) y permiten conservar la biodiversidad en tres estratos: a) El estrato superior integrado por árboles que proporcionan frutos y follaje de alto valor proteínico (Nahed, 2002); b) el estrato medio, proporcionado por arbustos para ramoneo, junto con otras forrajeras trepadoras; y c) el estrato inferior o herbáceo, representado por las gramíneas (*Digitaria decumbens*, *Brachiaria brizantha* y *Panicum maximum*, etc.) adaptadas al trópico (Enríquez *et al.*, 1999).

El guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) es una especie arbórea adaptada a distintas condiciones de humedad y suelos (EMB, 2007). Tiene características químico-nutricionales adecuadas para alimentar a los animales (Lizárraga *et al.*, 2001), se adapta a la defoliación y produce forraje en época seca para el consumo del ganado. En el estado de Veracruz se le encuentra en sitios de cultivo y pastizales; persiste al chapeo, quema y ramoneo del ganado (Ascencio, 2008).

El pastoreo-ramoneo de bovinos y ovinos en sistemas silvopastoriles de manera simultánea, permite un manejo sustentable del sistema debido a las distintas preferencias forrajeras de cada especie, mientras que los ovinos consumen mayormente vegetación arbustiva, los bovinos muestran preferencia por las gramíneas (Pueyo *et al.*, 2005). Este sistema permite al productor diversificar su producción, mejorar sus ingresos y hacer uso sostenible de los recursos forrajeros (Nahed, 2002).

Con base a lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar la producción de forraje en un sistema silvopastoril, compuesto por guácimo (*G. ulmifolia* Lam.) y tres especies de gramínea, Pangola (*Digitaria decumbens* Stent), Insurgente (*Brachiaria brizantha* Stapf) y Tanzania (*Panicum maximum* Jacquin), así como medir su efecto en la producción de carne de bovinos y ovinos, en pastoreo mixto (bovinos y ovinos) y simple (ovinos).

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Localización del estudio

La investigación se realizó en el Colegio de Postgraduados, *Campus* Veracruz, localizado en la zona central costera del estado de Veracruz, México, a 19° 10' Latitud Norte y 96° 10' Longitud Oeste, y entre los límites de los sistemas terrestres de dunas y lomeríos, correspondiente a la región fisiográfica, llanura costera aluvial (Ortiz-Solorio y López-Collado, 2000). El clima es cálido sub-húmedo Aw₁ (García, 1988) con lluvias en verano y temperatura promedio de 27 °C, a 18 msnm y precipitación anual de 1286 mm.

3.2.2. Sistema silvopastoril

El sistema silvopastoril se estableció de Julio 2006 a Abril 2007 (como se describe en el Capítulo I), con densidad de 4,000 plantas ha⁻¹ de *G. ulmifolia* (GUUL) asociado a tres especies de pasto mejorado: Pangola (*D. decumbens*, DIDE), Insurgente (*B. brizantha*, BRBR) y Tanzania (*P. maximum*, PAMA). El sistema comprendió una superficie de 3.075 ha, dividido en 10 potreros, 5 de 0.410 ha (área total=2.050 ha) para el tratamiento mixto y 5 potreros de 0.205 ha (área total = 1.025 ha) para el tratamiento simple.

Cuando los árboles tenían 1.4 años de edad, se les realizó una poda de mantenimiento, cortando el tallo principal a 70 cm de altura, y las ramas primarias a 40 cm del tallo principal (poda de desmoche). La poda se hizo de forma escalonada, con

intervalos de 5 días entre potreros, para el manejo de pastoreo rotacional, 5 días de ocupación y 30 días de recuperación. Al mismo tiempo se cortó el pasto a 10 cm del nivel del suelo para uniformizar el rebrote de ambas especies (guácimo-pasto). El sistema silvopastoril se mantuvo con la precipitación natural en la época de lluvias, en la época seca se irrigó por medio de micro-aspersión. También se utilizó el sistema de fertirriego con borregasa (materia orgánica P = 30 y K = 149 %) disuelta en una tina de 200 L de agua previo a su distribución de manera uniforme por aspersión y accionado con un hidroariete (Olguín, 2000).

3.2.3. Tratamientos y animales examinados

Se evaluó el pastoreo-ramoneo de bovinos y ovinos en dos tratamientos: 1) pastoreo mixto integrado por bovinos y ovinos y 2) pastoreo simple formado solo por ovinos. Los animales se pesaron, desparasitaron, vitaminaron y vacunaron, como medida preventiva de salud del hato, también se realizó el muestreo y análisis de heces para llevar un control de la población e incidencia de parásitos.

Se examinaron hembras bovinas de la raza Criollo Lechero Tropical y hembras ovinas de la raza pelibuey. En la época de nortes (octubre a enero), el tratamiento mixto se formó de 4 becerras de 165 ± 8 kg de peso vivo (PV) y 6 borregas de 13.8 ± 2 kg PV; en el tratamiento simple solo 12 borregas de 13.8 ± 4 kg de PV. En la época seca (febrero a mayo) el grupo mixto fue de 5 becerras de 135 ± 8 kg de PV y 6 borregas de 13.5 ± 3 kg de PV, y el simple 12 borregas de 14.0 ± 3 kg de PV. En la época de lluvias (junio a septiembre) fue de 5 becerras de 127 ± 14 kg de PV y 6 borregas de 14.2 ± 2 kg de PV en el tratamiento mixto, y 12 borregas de 13.0 ± 2 kg de PV en el tratamiento simple.

3.2.4. Procedimiento experimental

En el mes de mayo (2007) se evaluó la producción de follaje del guácimo, a través del muestreo en 20 puntos seleccionados en forma de X en un potrero de 0.5 ha, se calculó la media y desviación estándar para estimar los días de pastoreo por ambos

tratamientos mixto (bovinos y ovinos) y simple (ovinos). El pastoreo-ramoneo se evaluó de Octubre 2007 a Octubre 2008, de manera simultánea en ambos tratamientos; los animales ingresaron al sistema silvopastoril al mismo tiempo, confinados en potreros contiguos y divididos por malla eléctrica, y permanecieron en los potreros las 24 h del día; el pastoreo fue rotacional con 5 días de ocupación y 30 días de descanso, con libre acceso a sales minerales, agua y con iguales condiciones bióticas y abióticas; los árboles con altura de 1.0, 1.5 y 1.75 m de acuerdo al sitio y los pastos con más del 50 % de materia digestible. La información se colectó durante 25 semanas en época de nortes y 17 semanas en época seca y 17 semanas en la época de lluvias.

La productividad del sistema silvopastoril se cuantificó (kg MS ha^{-1}) en cada asociación guácimo-gramínea; cortando 10 muestras al azar de pasto y 10 muestras de guácimo (hoja y tallo). Se cosechó el pasto dentro de rectángulos de 0.25 m^2 y a 10 cm de altura del nivel del suelo, con la ayuda de tijeras para jardín. Al mismo tiempo se cortaron 10 muestras de guácimo (hoja y tallo tierno), con tijeras de jardín. Los muestreos se realizaron antes y después de la ocupación (utilización) en cada tratamiento (mixto y simple). Cada muestra de árbol y guácimo se pesó de manera individual, se identificó y almacenó en bolsas de papel. La materia seca se determinó colocando las sub-muestras en una estufa de aire forzado a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta alcanzar peso constante.

Se realizaron seis muestreos en el sistema, durante los nortes (Octubre 31 del 2007 y Diciembre 6 del 2007) en GUUL-DIDE, seca (Abril 16 del 2008 y Mayo 11 del 2008) y lluvias (Agosto 9 del 2008 y Septiembre 23 del 2008); de GUUL-BRBR en época de nortes (Octubre 21 del 2007, Diciembre 11 del 2007 y Enero 30 del 2008), seca (Mayo 26 del 2008) y lluvias (Junio 30 del 2008 y Julio 20 del 2008); y siete muestreos en GUUL-PAMA: durante los nortes (Noviembre 15 del 2008 y Diciembre 11 del 2007), seca (Febrero 13 del 2008, Abril 21 del 2008 y Mayo 31 del 2008) y lluvias (Julio 15 del 2008 y Agosto 29 del 2008).

Para determinar la ganancia de peso, los animales se pesaron en una báscula electrónica (ACEMEX CW11-3F de 9 Volts, ACE PROMOCIONES S. DE R. L. DE C.V.) cada 14 días a las 7:00 h con ayuno previo de 12 horas, en ambos tratamientos y durante las tres épocas del año.

3.2.5. Análisis estadístico

Los datos registrados de la producción de forraje del sistema silvopastoril se analizaron utilizando el programa GLM de SAS. La ganancia de peso por tratamiento (mixto y simple) se analizó utilizando la prueba de “t” de Student. Todos los análisis se hicieron utilizando el paquete estadístico SAS (2003).

3.3. Resultados y discusión

3.3.1. Biomasa total disponible anual y por época

La biomasa disponible anual en todas las asociaciones árbol-pasto fue similar entre los potreros de ambos tratamientos (mixto y simple; $P = 0.361$). La disponibilidad promedio por época fue 2.6 ± 2.5 , 2.7 ± 2.2 y 3.8 ± 1.0 t MS ha⁻¹, en el tratamiento mixto, y 2.2 ± 1.4 , 1.9 ± 1.9 y 3.4 ± 1.1 t MS ha⁻¹ en el tratamiento simple, en las épocas de nortes, seca y lluvias, respectivamente; dentro de cada época no se observó diferencia entre tratamientos ($P > 0.05$; Figura 10). Sin embargo, si hubo un efecto de época en la disponibilidad de materia seca ($P < 0.003$), ya que la menor cantidad de biomasa se observó durante la época de nortes y la mayor durante las lluvias y seca ($P < 0.05$). La baja producción de follaje de *G. ulmifolia* (GUUL) fue por la menor superficie de siembra (20 % guácimo y 80 % gramíneas) y por tratarse de plantas jóvenes (17 a 47 semanas de edad), comparada con la de árboles adultos o más altos.

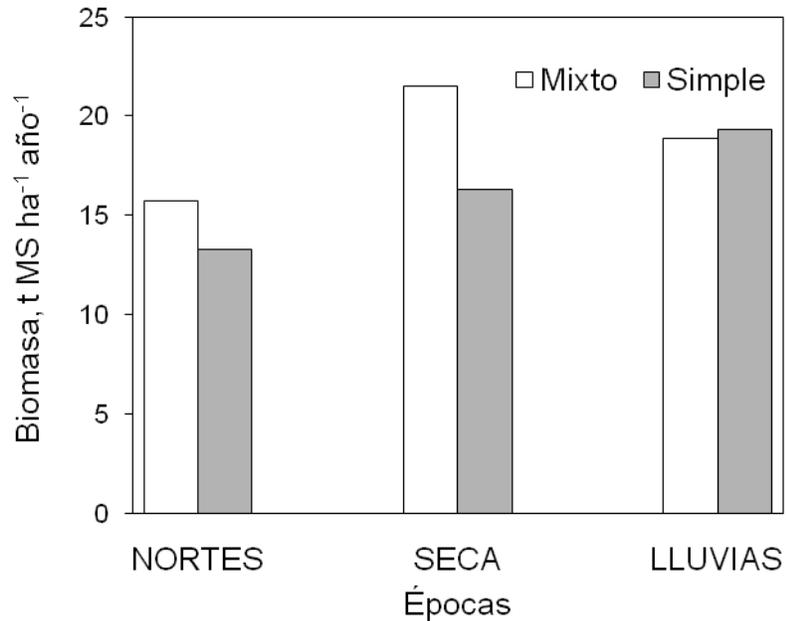


Figura 10. Biomasa total disponible en un sistema silvopastoril bajo pastoreo de ovinos (simple) y simultáneo de bovinos y ovinos (mixto), durante las tres épocas del año. El sistema silvopastoril estaba compuesto por las asociaciones *Guazuma ulmifolia* Lam. (GUUL) con *Digitaria decumbens* Stent (DIDE), *Brachiaria brizantha* A. Richard Staf (BRBR) o *Panicum maximum* Jacquin (PAMA).

Los sistemas silvopastoriles con GUUL y gramíneas, incrementan su producción de biomasa. La mayor cantidad de biomasa disponible se observó en la asociación GUUL-DIDE en cada épocas del año (4.3, 4.6 y 4.7 t MS ha⁻¹), mientras que la mayor cantidad en GUUL-BRBR y GUUL-PAMA dependió de la época, la primera fue más alta en lluvias y seca (3.3 y 3.3 t MS ha⁻¹) y la segunda en lluvias (3.2 t MS ha⁻¹) y fueron similares en la época de nortes (1.6 y 1.1 t MS ha⁻¹; Figura 11).

En la asociación GUUL-DIDE, la biomasa disponible osciló de 15.9 a 18.8 t MS ha⁻¹ a través de las épocas, y la cantidad de follaje del árbol constituyó un porcentaje menor de esa biomasa (6.6 a 8.7 %). En GUUL-BRBR, la biomasa total osciló entre 6.4 y 9.3 t MS ha⁻¹ a través de las épocas, y de esta, la cantidad de follaje de arbórea fue mínima (138 a 145 kg MS ha⁻¹), excepto en la época de nortes en que se produjo (497 kg MS ha⁻¹) 5.2 %. En GUUL-PAMA, la biomasa varió entre 2.0 y 12.0 t MS ha⁻¹ y la cantidad de follaje de guácimo fue mínima (67 a 122 kg MS ha⁻¹).

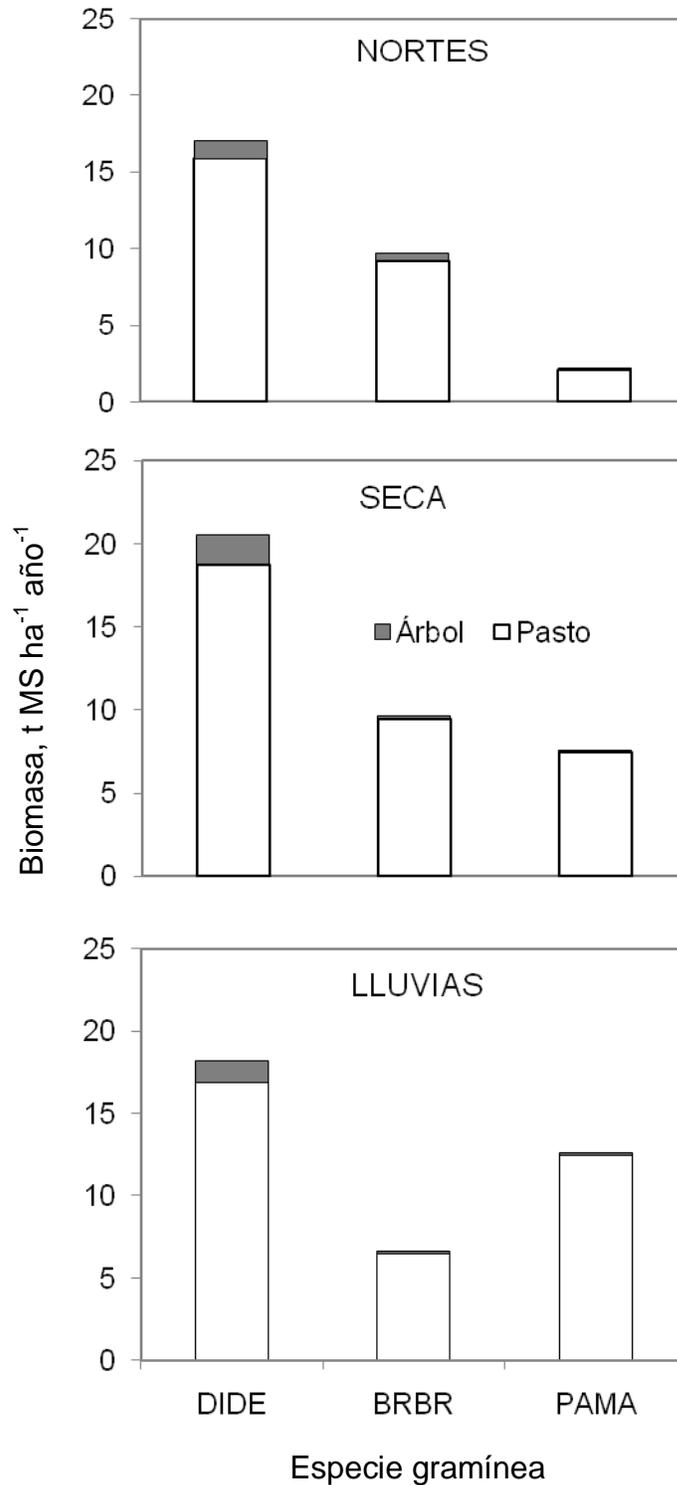


Figura 11. Biomasa total disponible en un sistema silvopastoril bajo pastoreo de ovinos (simple) y simultáneo de bovinos y ovinos (mixto), durante las tres épocas del año. El sistema silvopastoril estaba compuesto por las asociaciones *Guazuma ulmifolia* Lam. con *Digitaria decumbens* Stent (DIDE), *Brachiaria brizantha* A. Richard Staf (BRBR) o *Panicum maximum* Jacquin (PAMA).

Mayor producción de guácimo (0.5 a 1.2 t MS ha⁻¹ con 10 y 20 árboles h⁻¹, respectivamente), se encontró en cuatro fincas de Costa Rica (Giraldo, 1999); Wagner y Colón (2007) lograron 2.0 y 2.2 t MS ha⁻¹, en rebrotes de 60 y 75 días, respectivamente, y altura de 0.75 m. Meléndez (2001) observó 25 t MS ha⁻¹ en árboles de mayor edad y altura con rebrotes de 90 días.

Enríquez *et al.* (1999) encontraron cantidades menores (1.4 a 1.6 y 1.9 a 5.4 t MS ha⁻¹ a 21 y 42 días respectivamente, de DIDE durante la época seca y lluvia). Esqueda y Tosquy (2007) observaron 0.8 y 2.9 t MS ha⁻¹ en rebrotes de 45 días en la composición DIDE y arvenses, y en monocultivo, respectivamente. Juárez *et al.* (2004) indicaron 2.0 t MS ha⁻¹ en rebrotes de 50 días. Michel *et al.* (2006) han obteniendo valores similares 9.8 t MS ha⁻¹ en rebrotes de 28 días de DIDE.

En una pradera de BRBR, Hernández *et al.* (2002) encontraron menos forraje (0.1 t MS ha⁻¹) durante la época de lluvias con pastoreo de vaquillas. Cuadrado *et al.* (2004) observaron 1.9 y 1.4 t MS ha⁻¹ en rebrotes de 25 días durante las épocas de lluvias y seca, respectivamente, con pastoreo de novillos. De manera similar, Enríquez *et al.* (1999) lograron 1.0, 2.2 y 2.8, 5.9 t MS ha⁻¹, en rebrotes de 21 y 42 días en época seca y de lluvias, respectivamente. Valores similares (8.4 a 9.4 t MS ha⁻¹ año⁻¹) reportaron Brito *et al.* (1998). Cantidades mayores (15.5 y 10.7 t MS ha⁻¹) fueron indicados por Cab *et al.* (2008) en monocultivo y cultivos compuestos, respectivamente. En el cultivo de PAMA, Enríquez *et al.* (1999) lograron valores menores (1.1 a 1.4 y 1.7 a 5.0 t MS ha⁻¹) a este estudio, en rebrotes de 21 y 42 días, en las épocas seca y lluviosa, respectivamente.

Cantidades similares a este estudio (2.8 t MS ha⁻¹) observó Villa (2009) en un sistema GUUL-PAMA de 35 días de rebrote con pastoreo de bovinos, durante la época lluviosa. Bautista *et al.* (2008) encontraron 3.2 t MS ha⁻¹, en un monocultivo de PAMA; y valores similares (1.3 a 3.1 t MS ha⁻¹) en un sistema silvopastoril GUUL-PAMA durante las lluvias, con pastoreo tradicional y rotacional, respectivamente. Al igual que en Cuba Verdecia *et al.* (2008) encontraron 1.0 y 3.4 t MS ha⁻¹ en rebrotes de 30 días, durante la

época seca y lluviosa, respectivamente. Así mismo Juárez *et al.* (2004) indicaron (5.0 t MS ha⁻¹) en rebrotes de 50 días tanto en época seca como lluviosa. En un sistema de corte y acarreo de PAMA Ramírez *et al.* (2009) observaron valores similares (3.4 t MS ha⁻¹) en época seca; sin embargo, mayor cantidad (16.4 t MS ha⁻¹) lograron durante la época de lluvias. Hernández (2007) obtuvo mayor cantidad (15.9 t MS ha⁻¹) con pastoreo de ovinos Pelibuey.

3.3.2. Ganancia de peso de los animales en dos tratamientos de pastoreo

La ganancia diaria (0.410 kg) durante la época de nortes en el tratamiento mixto (sumado el peso de ambas especies: 0.333 y 0.077 kg en bovinos y ovinos, respectivamente) fue mayor con respecto al tratamiento simple (0.065 kg; Figura 12). El incremento en la ganancia diaria de peso (0.583 kg), fue mayor durante la época seca en el pastoreo mixto (0.512 y 0.071 kg en becerras y borregas, respectivamente) comparado con el tratamiento simple (0.054 kg). Posiblemente debido al mejor aprovechamiento del forraje y a la fertirrigación aplicada. La ganancia diaria de peso (0.454 kg) durante la época de lluvias en el pastoreo mixto (0.346 y 0.108 kg en becerras y borregas, respectivamente), fue mayor con respecto al pastoreo simple (0.164 kg). La menor ganancia de peso por tratamiento se observó en la época de nortes (0.333 y 0.077 kg en pastoreo mixto de becerras y borregas, respectivamente), comparado con el pastoreo simple (0.065 kg). Al final, el peso acumulado por tratamiento fue 444.35 y 321.7 Kg ha⁻¹ año⁻¹ en el pastoreo mixto y simple respectivamente (Figura 13).

Ganancia de peso mayor a este estudio, encontraron Rochinotti y Balbuena (2003) con promedio de 0.623 kg día⁻¹ en época de lluvias en novillos de tres años de edad y fue menor (0.256 kg) en época seca, en pastoreo de DIDE. Cuadrado *et al.* (2004) observaron mayores ganancias de peso (0.500 a 0.700 kg) durante 120 días de pastoreo en BRBR con bovinos de ceba.

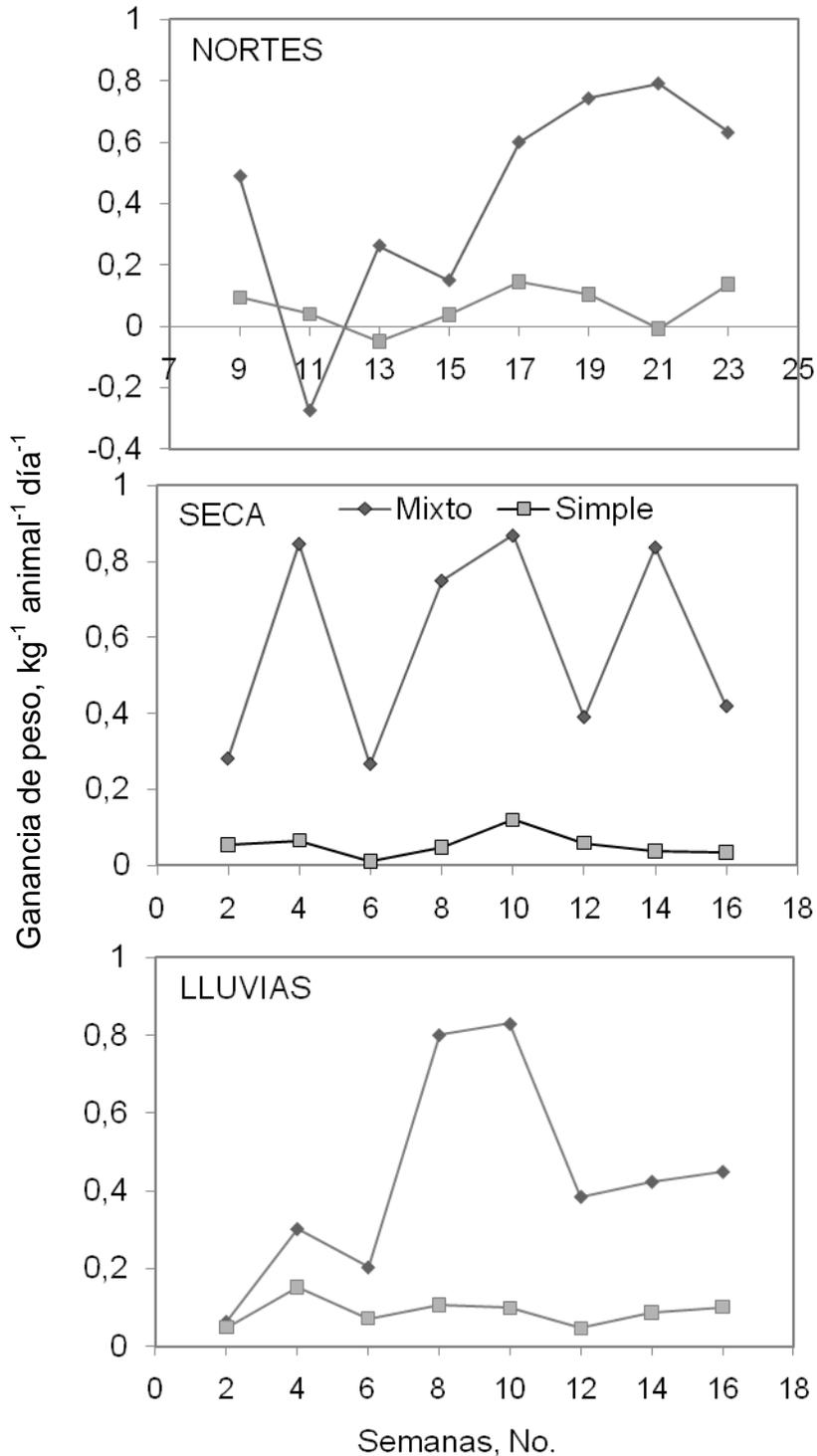


Figura 12. Ganancia de peso en un sistema silvopastoril bajo pastoreo de ovinos (simple) y simultáneo de bovinos y ovinos (mixto), durante las tres épocas del año. El sistema silvopastoril estaba compuesto por las asociaciones *Guazuma ulmifolia* Lam. con *Digitaria decumbens* Stent, *Brachiaria brizantha* A. Richard Staf y *Panicum maximum* Jacquin.

La asociación vegetal GUUL-DIDE produjo Valores similares (0.486 y 0.369 kg) han obtenido Pérez *et al.* (2006) en un sistema silvopastoril y monocultivo con PAMA, respectivamente, en pastoreo de toretes de 157 ± 3.0 kg PV. Así mismo Pérez (2001) logró 0.475 y 0.335 kg, en pastoreo de toretes en un sistema silvopastoril y monocultivo, respectivamente.

Hernández *et al.* (1999) han obtenido 0.470 y 0.397 kg en un sistema silvopastoril y pastizales naturales con PAMA, respectivamente, en el pastoreo de vacunos bajo sistemas de ceba durante la época seca.

Valores similares a este estudio lograron Pérez *et al.* (1995) en el ramoneo de arbórea y arbórea más harina de maíz (0.045 y 0.075 kg, respectivamente) en el pastoreo de ovinos. Sosa *et al.* (2004) evaluaron la ganancia diaria de peso en ovinos pelibuey en confinamiento, a base de guácimo, obteniendo 0.050 y 0.120 kg, aunque, al suministrar *Brosimum alicastrum*, logró 0.070 kg. Medina (1994) ha reportado valores menores a este estudio (0.071 y 0.043 kg) en GUUL y GUUL-PAMA, respectivamente, en el pastoreo de cabras.

La materia seca del sistema silvopastoril obtenida en este estudio es similar a la indicada por otros investigadores, y la ganancia diaria de peso en becerras y borregas que inician la etapa de pastoreo, también es comparable a los presentados por otros autores.

3.4. Conclusiones

En la asociación guácimo-pangola se observó la mayor producción de forraje durante las tres épocas analizadas. Sin embargo la productividad de forraje por época fue mayor en dicha asociación en la época seca. Los animales del tratamiento mixto observaron el mayor incremento de peso en la época seca.

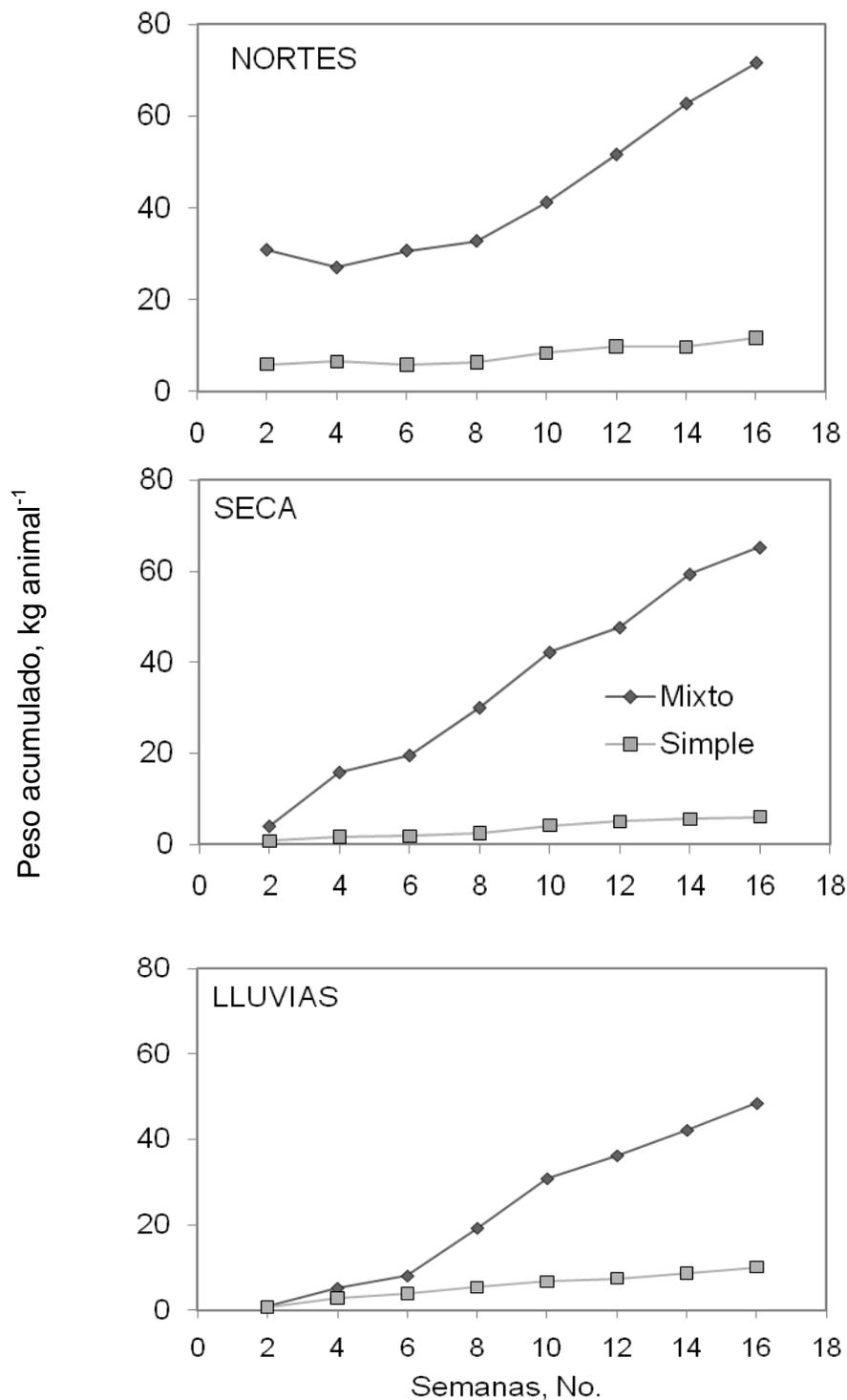


Figura 13. Peso acumulado del ganado en un sistema silvopastoril bajo pastoreo simple de ovinos (simple) y simultáneo de bovinos y ovinos (mixto) durante las tres épocas del año. El sistema silvopastoril estaba compuesto por las asociaciones *Guazuma ulmifolia* Lam. con *Digitaria decumbens* Stent, *Brachiaria brizantha* A. Richard Staf y *Panicum maximum* Jacquin.

3.5. Literatura citada

- Ascencio, R. L. 2008. Caracterización de especies leñosas en sistemas ganaderos, de los Municipios de Tlapacoyan, Misantla y Martínez de la Torre, Veracruz, México. Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 119 p.
- Bautista, T. M., S. López O., M. Vargas M., F. Gallardo L., P. Pérez H. y F. Gómez M. 2008. Productividad de dos sistemas silvopastoriles en el Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz. *In: IV Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles*. Universidad de Colima. 12-16 de Mayo. Colima, México. Pp. 29-35.
- Brito, E., C. Aguilar, R. Cañas y R. Vera. 1998. Sostenibilidad de *Brachiaria dictyoneura* en tres suelos contrastantes de la altillanura Colombiana. II Experimentación con un modelo de simulación. *Archivo Latinoamericano Producción Animal*. 6:39-58.
- Cab, J. F. E., J. F. Enríquez Q., J. Pérez P. A., G. Hernández, J. G. Herrera H. y A. R. Quero C. 2008. Potencial productivo de tres especies de *Brachiaria* en monocultivo y asociado con *Arachis pintoi* en Isla, Veracruz. *Técnica Pecuaria en México*. 46:317-332.
- Cuadrado, C. H., L. Torregroza S. y N. Jiménez M. 2004. Comparación bajo pastoreo en bovinos machos de ceba de cuatro especies de gramíneas del género *Brachiaria*. Corpoica Montería, Universidad de Córdoba. Montería, Colombia. Pp. 438-443.
- EMB, 2007. Encyclopédie Méthodique, Botanique. *Guazuma ulmifolia* (Lam) 3:52. 1789. Consultado en: www.fs.fed.us/global/íítf/Guazumaulmifolia.pdf. El 31 de Marzo. Pp 246-249.
- Enríquez, Q. J. F., F. Meléndez N. y E. D. Bolaños A. 1999. Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Libro Técnico N° 7. Veracruz, México. 262 p.
- Esqueda, E. V. A. y O. H. Tosquy V. 2007. Efectividad de métodos de control de malezas en la producción de forraje del pasto Pangola (*Digitaria decumbens* Stent.). *Agronomía Mesoamericana*. 18:01-10.
- FAO, 2003. Estudio FAO investigación y tecnología 8. Biotecnología agrícola para países en desarrollo. Resultado de un foro electrónico. Roma. Consultado en: <http://www.fao.org/ag/esp/revista/9812sp3.htm> El 29 de Diciembre 2007.

- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto Nacional de Geografía. México. 213 p.
- Giraldo, V. L. A. 1999. Potencial del guácimo (*Guazuma ulmifolia*) en sistemas silvopastoriles. *In*: M. D. Sánchez y M. Rosales (eds.). Agroforestería para la producción animal en América Latina. Estudios FAO Producción y Sanidad Animal 143. Roma. Pp. 295-310.
- Hernández, I, M. Milera, L. Simón, D. Hernández, J. Iglesias, L. Lamela, O. Toral., C. Matías y G. Francisco. 1999. Avances en la investigación en sistemas silvopastoriles en Cuba. *In*: M. D. Sánchez y M. Rosales (eds.). Agroforestería para la producción animal en América Latina. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal 143. Roma. Pp. 89-105.
- Hernández, G. A., A. Martínez H. P., M. Mena U., J. Pérez P., J. F. Enríquez Q. 2002. Dinámica de rebrote en pasto Insurgente (*Brachiaria brizantha* Hochst. Stapf.) pastoreado a diferente asignación en la estación lluviosa. *Técnica Pecuaria en México*. 40:193-205.
- Hernández, U. J. F. 2007. Periodo de reposo del pasto Tanzania (*Panicum maximum*) y el comportamiento alimenticio de ovinos tropicales. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, Veracruz. México. 67 p.
- Juárez, L. F., M. Montero I., C. Serna G. y E. Canudas L. 2004. Evaluación nutricional de gramíneas forrajeras tropicales para bovinos en el Centro de Veracruz. *In*: XVII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz. 18 y 19 de Noviembre. 11 p.
- Lizárraga, S. H., F. J. Solorio S. y C. A. Sandoval C. 2001. Evaluación agronómica de especies arbóreas para la producción de forraje en la Península de Yucatán. *Livestock Research for Rural Development*. Consultado en: <http://www.cipav.org.co/lrrd13/6/liza136.htm>. El 15 de Mayo 2006. 13:1-12.
- Medina, J. M. 1994. Observaciones sobre el consumo de guácimo (*Guazuma ulmifolia*), tigüilote (*Cordia dentata*) y pasto guinea (*Panicum maximum*) por cabras semi-estabuladas. *In*: Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central. Benavides J.E. (ed.). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Costa Rica. Vol. 1:249-256.
- Meléndez N. F. 2001. Potencial forrajero de algunos arbustos tropicales en Tabasco. *In*: memorias de la II Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles. 20-22 de Junio. Villahermosa, Tabasco. México. 50 p.
- Michel, I. J., N. Daniel y C. J. Arias. 2006. Evaluación del Rendimiento y Valor Nutritivo del Heno de Transvala (*Digitaria decumbens*) bajo tres niveles de fertilización y tres

- frecuencias de corte en condiciones de riego por gravedad. Instituto Superior de Agricultura (ISA). Pp. 1-8.
- Murgueitio, E. 2005. Silvopastoral Systems in the Neotropics. *In*: R. Mosquera M., J. Mc Adam y A. Rigueiro R. (eds.). International Silvopastoral and Sustainable Land Management. Lugo (Spain): CAB Int. Consultado en: www.scielo.org.mx/scielo. El 29 de Diciembre 2008 Pp. 24-29.
- Nahed, T. J. 2002. Animales domésticos y agroecosistemas campesinos. LEISA Revista de Agroecología 18:10-11.
- Olguín, P. C. 2000. Fertirrigación Orgánica, Investigación y Transferencia. Revista TERRA. Chapingo. Texcoco, Estado de México. 175-178.
- Ortiz-Solorio, C. A. y C. J. López-Collado. 2000. Los suelos del *Campus Veracruz*. Colegio de Postgraduados. Instituto de Recursos Naturales *Campus Veracruz*. Municipio de Manlio Fabio Altamirano, Veracruz. México. 84 p.
- Pérez, J. D., G. Zapata, y E. Sosa. 1995. Utilización del ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz) como forraje en la alimentación de ovinos en crecimiento. *Agroforestería de las Américas*. 7:17-21.
- Pérez, L. E. 2001. Uso de *Gliricidia sepium* en la alimentación de bovinos en el trópico. Villaflores, Chiapas. México. Tesis Doctoral. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán. México. 56 p.
- Pérez, L. E., H. Nazar B. y Y. Pérez L. 2006. Comportamiento etológico de bovinos en pastoreo intensivo en monocultivo vs. silvopastoreo, Chiapas, México. *In*: Memoria de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles. Universidad Autónoma Metropolitana. 10-12 de Julio. México, D. F. Pp. 190-198.
- Pueyo, J. M., R. Prizzio, J. G. Fernández y R. Ordenavia. 2005. Sistema de pastoreo mixto Bovinos/Ovinos. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) - EEA. Paraná. Consultado en www.inta.gov.ar/parana. 27 de Diciembre 2007. 8 p.
- Ramírez, R. O., A. Hernández G., S. Carneiro D. S., J. Pérez P., J. F. Enríquez Q., A. R. Quero C., J. G. Herrera H. y A. Cervantes N. 2009. Acumulación de forraje, crecimiento y características estructurales del pasto Momaza (*Panicum maximum* Jacq.) cosechado a diferentes intervalos de corte. *Técnica Pecuaria en México*. 47:203-213.
- Rochinotti, D. y O. Balbuena. 2003. Efecto de la nutrición sobre la eficiencia reproductiva en rodeos de carne. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Chaco, Argentina. 9 p.
- SAS, 1999. SAS/STATE User's Guide, Version 6. Cary, N C : SAS Institute Inc.

- Sosa, R. R., D. Pérez R., L. Ortega R. y G. Zapata B. 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. *Técnica Pecuaria en México*. 42:129-144.
- Verdecía, D. M., J. Ramírez, I. Leonard, Y. Pascual y Y. López. 2008. Rendimiento y componentes del valor nutritivo del *Panicum maximum* cv. Tanzania. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Universidad de Granma. Bayamo, Cuba. *Revista Electrónica de Veterinaria (REDVET)*. ISSN 1695-7504 9(5):1-9.
- Villa, H. A. 2009. Productividad del Sistema Silvopastoril con *Guazuma ulmifolia* Lam. y la utilización de la especie en los agroecosistemas de Angostillo, Veracruz. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. *Campus Veracruz*. Tepetates, Veracruz. México. 41 p.
- Wagner, J. B. y E. Colón R. 2007. Alturas y frecuencias de corte en la relación hoja/tallo y rendimiento de Guázuma (*Guazuma ulmiflora*), Piñón (*Gliricidia sepium*) y Chaca (*Albrizia lebeck*). Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). Santo Domingo, República Dominicana. *Proceedings of the Caribbean Food Crops Society*. 43:99-104.

DISCUSIÓN GENERAL DE RESULTADOS

Contrastación de la hipótesis general: En este estudio se observó que el sistema silvopastoril de guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) en asociación con las gramíneas tropicales Pangola (*Digitaria decumbens* Stent), Insurgente (*Brachiaria brizantha* A. Richard Staf) o Tanzania (*Panicum maximum* Jacquin), se establece en periodos relativamente cortos, produce mayor cantidad de forraje por unidad de superficie y con mejor calidad nutricional, que es mejor aprovechado al realizar un pastoreo simultáneo de bovinos y ovinos con respecto al pastoreo simple de ovinos, produciéndose mayor producción de carne en el pastoreo simultáneo de ambas especies. **Por lo anterior la hipótesis general no se rechaza.**

Las características propias de *G. ulmifolia*, de adaptarse a condiciones adversas de suelos pobres y humedad limitada (Villatoro *et al.*, 2006), le permitieron establecerse, crecer y alcanzar cierto tamaño en asociación con distintas gramíneas tropicales. Bajo las condiciones de todos los sitios evaluados en este estudio, en suelos de fertilidad buena o limitada, trasplantadas al inicio o más tarde durante la época de lluvias, *G. ulmifolia* fue capaz de establecerse en todos los sitios con un mínimo de pérdida de plantas durante las primeras etapas de vida y crecer hasta alcanzar un tamaño suficiente (mayor a 70 cm de altura) para utilizarse como árboles para ramonearse en el primer año edad, tal como se ha observado en previos estudios en la misma zona (López *et al.*, 2006).

Tal y como sucede en asociaciones naturales que se presentan en climas cálidos en el estado de Veracruz, *G. ulmifolia* es capaz de asociarse a distintas gramíneas tropicales, sin embargo, su asociación con algunas, es más exitosa. En esta investigación, la asociación con *D. decumbens* fue la más productiva, debido a que ambos componentes permitieron el desarrollo del otro; en segundo lugar, se encontró la asociación con *P. maximum* cv. Tanzania; sin embargo, el desarrollo de los árboles puede quedar en desventaja durante las etapas jóvenes del árbol y en la época de lluvias debido al crecimiento acelerado y el porte erecto de esta gramínea. Por último, la asociación con *B. brizantha* fue la menos exitosa, debido a que los árboles no

desarrollan suficientemente en este tipo de asociación. Cada asociación presentó una capacidad distinta de producción, sin embargo, ante la escasez de forraje en época crítica se confirmó lo expresado por Nahed (2008) sobre la ventaja de utilizar plantas nativas con producción de follaje en la época crítica, para suplementar el mantenimiento del ganado.

La calidad químico-nutricional del follaje de *G. ulmifolia* complementa la calidad del forraje del sistema silvopastoril, cuando este árbol se asocia a las gramíneas *D. decumbens*, *B. brizantha* y *P. maximum*. Aunque no se estudiaron las interacciones ecológicas, la calidad químico nutricional del follaje del árbol es de calidad notable en comparación con el follaje de las gramíneas. Esto sin duda tiene efectos positivos en el comportamiento ingestivo y la respuesta del animal. La oferta de follaje de *G. ulmifolia* a ovinos alimentados con solo pasto, mejora el consumo voluntario de materia seca, y confirma los resultados observados en previos estudios (López, 2008), lo que a su vez mejora la ganancia de peso de los animales.

La producción de carne en el pastoreo simultáneo de bovinos y ovinos fue mayor con respecto al pastoreo simple de ovinos, confirmando que este sistema donde se combinan árboles como *G. ulmifolia*, gramíneas es altamente productiva y que el sistema de producción animal en la cual se combinan los bovinos y ovinos es más productivo en términos de biomasa forrajera que es mejor utilizada por las dos especies de animales, haciendo un mejor uso del sistema silvopastoril, y aumentando la producción de carne por unidad de superficie, por año.

Con respecto al estado de la investigación en el manejo, productividad y efecto en la respuesta animal de *G. ulmifolia*, fue evidente que aunque esta especie ha sido muy estudiada, su estudio no ha sido sistemático y todavía existen vacíos en el conocimiento de cómo se desarrolla y su productividad en distintas condiciones edafoclimáticas y de manejo; y aunque su manejo es rústico, no es posible saber cuál será su respuesta bajo distintas condiciones agroecológicas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

1. Conclusiones

Las plantas de *G. ulmifolia* pueden establecerse relativamente fácil durante la época de lluvias, aún en condiciones de suelos pobres, con un mínimo de pérdida de plantas, y seguir un crecimiento constante a través del año, aún durante la época seca. A las 17 semanas de edad, bajo las condiciones de este estudio, las plantas de esta especie manifestaron un crecimiento variado según el sitio, implicando que puede tener una respuesta positiva a distintas condiciones de precipitación y fertilidad de suelos. Su rápido crecimiento permite que aún bajo restricciones de fertilidad y precipitación, las plantas alcancen un tamaño adecuado antes de los 12 meses de edad, suficiente para iniciar el ramoneo por el ganado.

La asociación de *G. ulmifolia* y gramíneas tropicales en sistemas silvopastoriles es una opción viable para producir forraje de buena calidad durante las tres épocas del año. No obstante, la mejor asociación de este árbol se logra con el pasto *Digitaria decumbens*, cuya producción de materia seca es mayor que en otras asociaciones. La calidad de biomasa en todas las asociaciones estudiadas, mantiene una mejor calidad nutricional de forraje, principalmente el contenido de proteína, en la época de nortes. La composición botánica en la asociación *G. ulmifolia* y *Digitaria decumbens* fue mejor utilizada por el ganado.

El sistema silvopastoril de gramínea-guácimo incrementa la ganancia de peso en el ganado bovino y ovino, sin embargo, el incremento por unidad de superficie manejando 2.9 UA ha⁻¹ (unidades animal), es mayor en un sistema pastoreo-ramoneo de bovinos y ovinos de forma simultánea.

2. Recomendaciones

Un sistema silvopastoril, bajo las condiciones locales de precipitación tendría un periodo limitado de 5 a 7 meses de producción, sin embargo, su producción puede

prolongarse a todo el año según se comprobó en este estudio. El sistema se fertilizó y se irrigó (utilizando la Fertirrigación), durante la época seca (Abril a Junio) mediante un sistema de micro-aspersión, logrando que el sistema de pastoreo funcionara las tres épocas del año; y aunque la estacionalidad no se evaluó, solo se notó una disminución ligera del crecimiento de ambos componentes del sistema durante la época de nortes.

Aparentemente, *G. ulmifolia* se asocia mejor con *Digitaria decumbens* y *Brachiaria brizantha*, debido a que el crecimiento de estas gramíneas llega a su punto óptimo de madurez en períodos más largos que *P. maximum*, adecuándose más a los periodos que el árbol necesita para recuperarse. *P. maximum* sería mejor asociado con árboles para sombra en los potreros, lo cual se sugiere comprobar en estudios subsecuentes.

El pastoreo simultáneo de bovinos y ovinos es una práctica recomendable para hacer un mejor uso del follaje y del suelo; y aunque no fue el objetivo de esta tesis, puede decirse que ésta forma de producción también ofrece ventajas económicas para los productores, ya que al criar dos especies de ganado, diversifica sus fuentes de ingreso y hace una mejor comercialización de sus productos. En el mismo sentido, la aplicación del fertirriego con un sistema de micro-aspersión, combinado con la utilización del hidroarriete donde las condiciones lo permitan, es una forma económica y eficiente para mantener el sistema silvopastoril en producción durante la época seca.