



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN
EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

CAMPUS MONTECILLO

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA**

**MORFOLOGÍA Y POTENCIAL FORRAJERO DE
LEGUMINOSAS NO CONVENCIONALES, NATIVAS DE
MÉXICO, PARA LA PRODUCCIÓN EN PASTOREO
EXTENSIVO EN EL TRÓPICO**

FRANCISCO ENRIQUE CAB JIMÉNEZ

T E S I S

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

DOCTOR EN CIENCIAS

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO
2011**

La presente tesis, titulada: **Morfología y potencial forrajero de leguminosas no convencionales, nativas de México, para la producción en pastoreo extensivo en el trópico**, realizada por el alumno: **Francisco Enrique Cab Jiménez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS

GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO

DR. ADRIÁN RAYMUNDO QUERO CARRILLO

ASESOR

DRA. ANNE BRUNEAU

ASESOR

DR. DAVID HERNANDEZ SANCHEZ

ASESOR

DR. JAVIER FRANCISCO ENRIQUEZ QUIROZ

ASESOR

DR. JUAN DE DIOS GUERRERO RODRIGUEZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Diciembre de 2011

RESUMEN GENERAL

MORFOLOGÍA Y POTENCIAL FORRAJERO DE LEGUMINOSAS NO CONVENCIONALES, NATIVAS DE MÉXICO, PARA LA PRODUCCIÓN EN PASTOREO EXTENSIVO EN EL TRÓPICO

Francisco Enrique Cab Jiménez, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2011.

Esta investigación tuvo como objetivo realizar recolectas de leguminosas tropicales arbóreas; en las que se mantuvieran características morfológicas forrajeras valiosas durante todo el año, tales como: composición química y digestibilidad destacadas del forraje, libres de factores antinutricionales que pudieran causar daño a los animales. Se recolectaron 13 especies en los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán de las cuales diez procedieron de Campeche y los que con mayor frecuencia se presentaron fueron *Bauhinia divaricata* y *Senna racemosa*. La mayoría son utilizadas como fuente de forraje, entre las que destacan *Lysiloma latisiliquum*, *Albizia lebbbeck*, *Piscidia piscipula* y *Lonchocarpus rugosus*. Además de lo anterior, éstas son utilizadas con diversos fines: maderables, ornamentales, cercos vivos, melíferas y forraje. Las sobresalientes por sus características morfológicas forrajeras *i. e.* abundancia de hoja y libres de espinas, fueron siete; *Lysiloma latisiliquum*, *Senna racemosa*, *Bauhinia divaricata*, *Senna pendula*, *Albizia lebbbeck*, *Piscidia piscipula* y *Lonchocarpus rugosus*, a las cuales se les practicaron análisis de digestibilidad *in situ*, composición química y presencia de factores antinutricionales. La composición química fue variable en todas las especies y época del año (lluvias y/o secas). La proteína cruda (PC) fue mayor en la época seca para *S. pendula* (21%) y *A. lebbbeck* (24%); similarmente, ambas especies tuvieron los valores más elevados (22 y 21%, respectivamente) en la época lluviosa. En secas el mayor valor de fibra detergente neutro (FDN) con 68%, lo presentó *A. lebbbeck* y el menor valor, 53%, *L. latisiliquum* y *P. piscipula*. En época de lluvias el mayor contenido de FDN se presentó en *L. rugosus* (75%), pero en general con un promedio

de todas las especies de 63% para esta época. El contenido de fibra detergente ácido (FDA) varió de 32 a 46% en la época seca y de 34 a 63% en lluvias, con mayores valores para *L. rugosus* en ambas épocas. El nivel de lignina, en promedio, fue menor en la época seca con 8.9% y en lluvias con 12.6%. Los mayores valores se observaron para *L. latisiliquum* (12.9%) y *P. piscipula* (11.0%) en época seca; estas mismas especies tuvieron los mayores valores en la época lluviosa, incluyendo a *L. rugosus* (25%) y *B. divaricata* (11.4%). De los factores antinutricionales determinados solo el inhibidor de tripsina se encontró en todas las especies, siendo nulo o en bajas concentraciones para saponinas, hemaglutininas y actividad ureasica. La digestibilidad *in situ* fue en aumento, conforme transcurrió el tiempo de incubación: a 16 h se observó un promedio general de 55% de digestibilidad en lluvias. A 72 h, *S. racemosa*, *S. pendula* y *B. divaricata* presentaron el mayor grado de digestibilidad. En la época seca, en general para 8 h de incubación, la digestibilidad fue de 47% y para 48 y 72 h, fue 62 y 66%. Las mejores digestibilidades fueron para *S. racemosa* y *S. pendula*. De acuerdo a lo anterior, las leguminosas evaluadas pueden ser usadas en sistemas de pastoreo, por su adecuada digestibilidad durante todo el año y no presentar niveles elevados de factores antinutricionales que pudieran causar daño al ganado.

Palabras clave: digestibilidad *in situ*, factores antinutricionales, leguminosas tropicales, recolectas.

ABSTRACT

MORPHOLOGY AND FORAGE POTENTIAL OF NON-CONVENTIONAL LEGUMES, NATIVE TO MEXICO, FOR EXTENSIVE GRAZING PRODUCTION IN THE TROPICS

Francisco Enrique Cab Jiménez, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2011.

The objective of the present research was to carry out collections of tropical tree-like legumes, some of which would have valuable foraging morphological characteristics and would keep, year-round, outstanding forage characteristics of quality and digestibility, and furthermore, would be free of antinutritional factors that could cause harm to the animals. Thirteen species were collected and taxonomically identified. Once classified, a literature review was done to learn their chemical characteristics and potential as forage. Most of them are used as forage, more than half of them being consumed by livestock. These legumes are used for several purposes: wood, ornamental, live fences, honeydew, and forage. The outstanding ones, given their foraging morphological characteristic, i.e. leaf abundance and lacking of thorns, were the following seven: *Lysiloma latisiliquum*, *Senna racemosa*, *Bauhinia divaricata*, *Senna pendula*, *Albizia lebbbeck*, *Piscidia piscipula*, and *Lonchocarpus rugosus*. These were analyzed for *in situ* digestibility, chemical composition, and presence of antinutritional factors. The chemical composition varied in all species and seasons (rainy/dry). Crude protein (CP) was greater in the dry season for *S. pendula* (21%) and *A. lebbbeck* (24%). Similarly, both species had the highest values in the rainy season (22 and 21%, respectively). The highest neutral detergent fiber (NDF) value within the dry season was that of *A. lebbbeck*, (68%), and the lowest one, 53%, those of *L. latisiliquum* and *P. piscipula*. In the rainy season, the greatest NDF value was that of *L. rugosus* (75%), but the mean value of all the species for this season was 63%. Acid detergent fiber (ADF) values ranged from 32 to 46% in the dry season and from 34 to 63% in the rainy season, with the highest values for *L. rugosus* in both seasons. On average, lignin was

lower in the dry season (8.9%) than in the rainy season (12.6%). The greatest values were those of *L. latisiliquum* (12.9%) and *P. piscipula* (11.0%) in the dry season. These species also had the highest values in the rainy season, also including *L. rugosus* (25%) and *B. divaricata* (11.4%). From the determined antinutritional factors, only the trypsin inhibitor was found in all the species, and null or low saponin, ureasic activity and hemagglutinin concentrations. *In situ* digestibility increased as incubation time passed: at 16 h a general average of 55% digestibility in the rainy season was observed. At 72 h, *S. racemosa*, *S. pendula*, and *B. divaricata* had the highest digestibility. In the dry season, digestibility at 8 h was generally 47%, and at 48 and 72 h it was 62 and 66%. The best digestibility was that of *S. racemosa* and *S. pendula*. According to this, the evaluated legumes can be used in grazing systems with a moderate intake using management techniques such as cut and transport, or in silvopastoral systems to control compounds that may be harmful.

Key words: *in situ* digestibility, antinutritional factors, tropical legumes, collections.

DEDICATORIAS

Dedico esta tesis a mis padres

Hermelinda Jiménez Tún y Enrique Cab Chí

A mis hermanos

César, Javier y Alfonso

Como agradecimiento a su cariño

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los miembros de mi Comité Particular: Dr. Adrián Raymundo Quero Carrillo, Dra. Anne Bruneau, Dr. David Hernández Sánchez, Dr. Javier Francisco Enríquez Quiroz y Dr. Juan de Dios Guerrero Rodríguez, por su orientación en la realización de este trabajo. Por su paciencia y empeño para mejorar el escrito gradualmente.

Agradezco al Colegio de Postgraduados por haberme permitido usar sus instalaciones durante mi estancia en el doctorado; así mismo, por las herramientas otorgadas para seguir con mi desarrollo profesional.

Agradezco al personal y académicos que laboran en el área de Ganadería, por su apoyo durante mi estancia. También al Laboratorio de Rumiología de Ganadería y al Laboratorio de Botánica (herbario), por haberme permitido, en su momento, ocupar sus instalaciones para la realización de mi investigación en sus diferentes fases.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por otorgarme una beca con el No. 168450, para realizar mis estudios de Doctorado.

Al fideicomiso revocable de administración e inversión No. 167304, el cual me fue otorgado para llevar a cabo mi proyecto de investigación.

A todos mis compañeros de Doctorado que estuvieron durante mi formación, por los momentos buenos y de presión que resulta de estudiar un nivel más en la vida.

CONTENIDO

Páginas

RESUMEN GENERAL	iii
ABSTRACT	v
DEDICATORIAS	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
LISTA DE CUADROS	xiv
LISTA DE FIGURAS	xvi
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1. LITERATURA CITADA	4
CAPITULO II. POTENCIAL FORRAJERO DE LEGUMINOSAS NO CONVENCIONALES DEL TRÓPICO MEXICANO.....	5
2.1. Familia Fabaceae	6
2.2. Subfamilia <i>Mimosoideae</i>	8
2.3. Subfamilia <i>Caesalpinoideae</i>	10
2.4. Subfamilia <i>Papilionoideae</i>	11
2.5. Potencial Productivo Fabaceae	11
2.6. Uso de Leguminosas Arbóreas.....	14

2.7. Valor Nutricional de las Arbustivas	18
2.8. Compuestos Antinutricionales	19
2.9. LITERATURA CITADA	22
CAPITULO III. COMPUESTOS ANTINUTRICIONALES EN LEGUMINOSAS TROPICALES UTILIZADAS PARA LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES EN PASTOREO	
	28
RESUMEN	29
ABSTRACT	30
3.1. INTRODUCCIÓN.....	31
3.2. Definiciones utilizadas para compuestos antinutricionales	32
3.3. Principales compuestos antinutricionales en leguminosas tropicales	33
3.3.1. Taninos	34
3.3.2. Alcaloides.....	34
3.3.3. Saponinas	35
3.3.4. Ácido fítico.....	35
3.3.5. Oxalatos	35
3.3.6. Aminoácidos tóxicos	36
3.3.7. Hemaglutininas	36
3.3.8. Inhibidores de tripsina	37
3.4. Compuestos antinutricionales y su efecto en la alimentación animal	37

3.5. Efectos benéficos de los compuestos antinutricionales.....	42
3.6. Métodos para disminuir los factores antinutricionales en leguminosas	43
3.7. CONCLUSIONES.....	45
3.8. LITERATURA CITADA	46
CAPITULO IV. RECOLECCIÓN DE ÁRBOLES Y ARBUSTOS CON POTENCIAL FORRAJERO PARA EL TRÓPICO MEXICANO.....	52
RESUMEN	53
ABSTRACT.....	54
4.1. INTRODUCCIÓN.....	55
4.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	57
4.2.1. Sitios de recolección	57
4.2.2. Procedimiento de recolecta.....	57
4.2.3. Criterios tomados para la selección	58
4.2.4. Identificación y caracterización	59
4.3. RESULTADOS	60
4.3.1. <i>Mimosoideae</i>	62
4.3.2. <i>Caesalpinioideae</i>	68
4.3.3. <i>Papilionoideae</i>	79
4.4. DISCUSIÓN.....	86
4.5. CONCLUSIONES.....	91

4.6. LITERATURA CITADA	92
CAPITULO V. DEGRADACIÓN Y COMPOSICIÓN DEL FOLLAJE DE ÁRBOLES FORRAJEROS TROPICALES	98
RESUMEN	99
ABSTRACT	100
5.1. INTRODUCCIÓN.....	101
5.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	103
5.2.1. Sitios de estudio.....	103
5.2.2. Especies estudiadas y toma de muestra para análisis.....	103
5.2.3. Composición química.....	104
5.2.4. Digestibilidad <i>in situ</i> y degradación ruminal de la materia seca	104
5.2.5. Análisis estadístico.....	105
5.3. RESULTADOS	106
5.3.1. Composición química.....	106
5.3.2. Factores antinutricionales	108
5.3.3. Digestibilidad <i>in situ</i> de la materia seca (MS).....	109
5.3.4. Degradabilidad <i>in situ</i> de la materia seca	111
5.4. DISCUSIÓN.....	114
5.4.1. Composición química.....	114
5.4.2. Factores antinutricionales	115

5.4.3. Digestibilidad <i>in situ</i> de la MS	116
5.4.4. Degradabilidad <i>in situ</i> de la MS.....	117
5.5. CONCLUSIONES	119
5.6. LITERATURA CITADA	120
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES GENERALES	125

LISTA DE CUADROS

Páginas

Cuadro 2.1. Subfamilias de Fabaceae, variedades comerciales en cada una y potencial de desarrollo para el establecimiento de cultivos forrajeros en el trópico. Leguminosas de importancia y cultivares liberados en las subfamilias.	7
Cuadro 2.2. Especies de leguminosas forrajeras con potencial futuro para la producción de semilla en el trópico de México.	15
Cuadro 2.3. Composición química de diversas leguminosas arbustivas.	18
Cuadro 3.1. Fitoquímicos encontrados en <i>Albizia lebbbeck</i>	40
Cuadro 3.2. Presencia de compuestos antinutricionales en diversas especies de leguminosas.	41
Cuadro 3.3. Fenoles totales y taninos condensados en leguminosas tropicales.	42
Cuadro 4.1. Listado de especies recolectadas en Campeche, Yucatán y Quintana Roo.	60
Cuadro 4.2. Distribución de las especies con relación a su entorno.	61
Cuadro 5.1. Composición química (%) de las hojas con peciolo de leguminosas arbóreas, recolectadas en Campeche, México.	107
Cuadro 5.2. Factores antinutricionales en leguminosas arbóreas, recolectadas en Campeche, México.	108
Cuadro 5.3. Digestibilidad <i>in situ</i> de las leguminosas arbóreas, recolectadas en la época de lluvias en Campeche, México.	110

Cuadro 5.4. Digestibilidad *in situ* de las leguminosas arbóreas, recolectadas en la época seca en Campeche, México. 111

Cuadro 5.5. Degradación *in situ* de la materia seca de leguminosas arbóreas, recolectadas en Campeche, México. 113

LISTA DE FIGURAS

Páginas

Figura 4.1. Localización de los puntos de recolecta en los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo.....	58
Figura 4.2. <i>Albizia lebbbeck</i> (L.) Benth.....	64
Figura 4.3. <i>Lysiloma latisiliquum</i> (L) Benth.....	66
Figura 4.4. <i>Calliandra houstoniana</i> (Standl).	68
Figura 4.5. <i>Senna racemosa</i> . (P. Mill.) Irwin et Barneby	70
Figura 4.6. <i>Senna pendula</i> (Willd.) Irwin et Barneby var. <i>advena</i>	71
Figura 4.7. <i>Haematoxylon campechianum</i> L.	73
Figura 4.8. <i>Bauhinia divaricata</i> L.	79
Figura 4.9. <i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg	81
Figura 4.10. <i>Lonchocarpus longistylus</i> Pittier	82
Figura 4.11. <i>Lonchocarpus rugosus</i> . Benth.....	84
Figura 4.12. <i>Diphysa yucatanensis</i> Hanan et M. Sousa.....	86

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

Durante el proceso de evolución muchas plantas forrajeras han modificado su estructura y fisiológica para persistir a cambios edáficos, climáticos y, a la herbivoría; por lo tanto, entre éstas existen diferencias que varían de acuerdo al sitio de evolución (Hay y Steinberg, 1992). Tratándose de árboles forrajeros pertenecientes a la familia Fabaceae, muchas especies no han sido estudiadas e identificadas para su uso y tanto su taxonomía como su número se desconocen, o no han sido descritas por los investigadores y éstas, pueden constituir una fuente importante para la alimentación de rumiantes (Gómez *et al.*, 2002).

Algunas especies estudiadas e identificadas botánicamente incluyen los géneros *Gliricidia*, *Leucaena* y *Erythrina*, entre otros. La vegetación de cada región tiene amplia riqueza, en el caso de regiones tropicales, es donde se registra la mayor cantidad de plantas pertenecientes a este grupo. Hablando de géneros, diferentes valores han sido reportados en la literatura dedicada a la identificación y descripción taxonómica. En el Caribe, Fabaceae está bien representada: la Isla de Cuba, cuenta con amplia diversidad de flora endémica; ésto, atribuido a los bosques tropicales estacionalmente secos a lo largo del neotrópico (Lavin y Beyra, 2008). La teoría de cómo se ha propagado y mantenido esta familia puede responderse al relacionar a los animales; de esta manera, evitan su extinción. Como fanerógamas llaman la atención de insectos y aves; así mismo, se han propagado por la región neotropical (Krepret y Niklas, 2009).

En México se han realizado recolectas en diferentes regiones para conocer la riqueza de la flora; especialmente, para distinguir a las leguminosas (Rico *et al.*, 2008); sin embargo, la recolecta e identificación de plantas requiere tiempo y conocimiento; más aún, en la descripción taxonómica, ya que esto ha provocado que numerosos autores varíen datos acerca del número de géneros y especies que pertenecen a la familia Fabaceae (Salvador, 2001). Para la región tropical de México, se han realizado investigaciones enfocadas a conocer la importancia de las especies arbóreas, en las selvas medianas subperenifolias; en los Tuxtlas, Veracruz, se realizó un estudio sobre el uso de las plantas arbóreas (163 especies), se logró identificar 16 leguminosas entre sus usos (leña, medicinal, ornamental, para ceremonias religiosas, maderable, etc.) el 1.2% como fuente de forraje, haciendo hincapié en que puede servir para formar praderas de pastoreo (Ibarra-Manriquez *et al.*, 1997).

Estudios recientes para conocer la riqueza e importancia de la vegetación regional en el trópico Mexicano, han encontrado que en la selva baja subperennifolia se registra gran diversidad de especies que tienen importancia económica por su madera y usos múltiples, destacando *Bahunia divaricata* L. (Villavicencio y Valdez, 2003), por lo que se puede determinar que hay diversidad de especies entre la vegetación y es necesario conocerlas y propagarlas para su posterior evaluación e inclusión en el ámbito alimenticio, si mostraran potencial forrajero. Por tanto, es importante el rescate y reconocimiento de nuevas especies, pertenecientes a zonas tropicales de México, puesto que existe gran diversidad, cuyas características aún no se conoce para la producción ganadera.

En este contexto, se llevó a cabo este estudio con los objetivos de:

- 1.- Realizar viajes exploratorios de recolección de leguminosas arbustivas con características morfológicas y valor nutritivo sobresalientes, sin factores anticualitativos del forraje para su uso en pastoreo.
- 2.- Identificar y describir taxonómicamente los materiales recolectados.
- 3.- Determinar la presencia de factores antinutricionales: inhibidor de tripsina, hemaglutininas, saponinas y actividad ureasica, entre estas especies.
- 4.- Determinar la composición química: proteína, cenizas, fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina, en las especies recolectadas.
- 5.- Realizar pruebas de digestibilidad *in situ*, para determinar degradabilidad de la materia seca, en especies recolectadas y con potencial como forrajeras.

El presente trabajo se divide en cuatro capítulos: El primero, una revisión sobre distintos aspectos teóricos sobre la familia Fabaceae: taxonomía y potencial forrajero de especies arbóreas y arbustivas de zonas tropicales. El segundo, por su importancia, describe factores antinutricionales en leguminosas tropicales, su composición química y efecto en el ganado. La tercera parte, abarca la descripción de las leguminosas resultantes de las recolectas realizadas en Campeche, Yucatán y Quintana Roo; así como sus características agronómicas y potencial forrajero. Finalmente, el cuarto capítulo, se reporta la composición química, factores antinutricionales, digestibilidad *in situ* y degradación de leguminosas recolectadas en la península de Yucatán.

1.1. LITERATURA CITADA

- Gómez M. E., Rodríguez L., Murgueltio E., Ríos C. L., Molina C. H., Hernando M., Molina J. P. 2002. Árboles utilizados en la alimentación animal como fuente proteica: Mata ratón (*Gliricidia sepium*), Nacedero (*Trichathera gigantea*), Pizamo (*Erythrina fusca*) y Botón de oro (*Thitonia diversifolia*). CIPAV. Cali, Valle, Colombia. 147 p.
- Hay M. E. and Teinberg P. D. 1992. The chemical ecology of plant herbivore interaction in Marine versus Terrestrial communities. In: J. A. Rosenthal and Berenbaum M. R. (eds.) *Hervibores; their interaction with secondary plant metabolites*. 2nd Ed. Academic Press. San Diego. pp. 371-413.
- Ibarra-Manríquez G., Ricker M., Ángeles G., Sinaca C. S. and Sinaca C. A. 1997. Useful Plants of the Tuxtla's rain forest (Veracruz, México): Considerations of their market potential. *Economic Botany*. 51(4):362-376.
- Krepet W. L. and Niklas K. J. 2009. Darwin's second "Abominable mystery". Why are there so many angiosperm species. *American J of Botany*. 96(1):1-16.
- Lavin M. and Beyra M. A. 2008. The impact of ecology and biogeography on legume diversity, endemism, and phylogeny in the Caribbean region: a new direction in historical biogeography. *Botanical Review*. 74:178-196.
- Villavicencio E. L. y Valdez H. J. I. 2003. Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal rusticano de café en San Miguel, Veracruz, México. *Agrociencia*. 37:413-423.
- Rico A. M. de L., Rodríguez A. y Moreno-Gutiérrez E. 2008. Las colecciones de leguminosas efectuadas por George B. Hinton, depositadas en el herbario de Royal Botanic Gardens, Kew. *Acta Botánica Mexicana*. 84:73-92.
- Salvador F. J. 2001. *Etnoflora Yucatanense. Leguminoseae: Florística, Etnobotánica y Ecología*. Ed. Dirección General de Desarrollo Académico de la UADY. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán. 320 p.

**CAPITULO II. POTENCIAL FORRAJERO DE LEGUMINOSAS NO
CONVENCIONALES DEL TRÓPICO MEXICANO**

2.1. Familia Fabaceae

La familia de las leguminosas (Fabaceae), posee amplia diversidad de especies de crecimiento arbóreo, arbustivo y herbáceo, las cuales son utilizadas como alimento por el hombre y animales; así mismo, tiene gran variedad de usos: medicinal, maderable, ornamental, cerco vivo, etc. (Gómez *et al.*, 2002). Existen listas florísticas de la vegetación de regiones de México que clasifican familias, géneros y especies, cuya información sirve como respaldo para la identificación específica y en este caso, a las leguminosas en general (Arce *et al.*, 2008).

La importancia de conocer grupos de plantas que componen la vegetación de una región, radica en tener registros de especies con más presencia en dicho lugar, su biología y ecología. En regiones semidesérticas de México, la vegetación está compuesta por un 60% de arbustos, los cuales sirven como sombreadero para que otras especies de plantas sobrevivan en dichos ecosistemas (Jiménez-Lobato y Valverde, 2006). La persistencia de una especie en un microhabitat depende del porcentaje de germinación de semilla y la calidad de la misma; aún en condiciones adversas, se ha observado la sobrevivencia de plantas debido a las características antes mencionadas (González-Espinosa *et al.*, 2006). Otro punto importante es el consumo de arbustivas por los animales en la época seca del año, estación crítica en la que los pastos disminuyen su potencial productivo (Avilés *et al.*, 2007). En Baja California, se observó que en épocas críticas, las leguminosas representan más del 65% de la composición de la dieta en cabras (Genin y Pijoan, 1993). La familia de las leguminosas es la más estudiada ya que tanto árboles como arbustos son una fuente

rica de nutrientes para la alimentación animal; principalmente, por los niveles elevados en proteína que van desde 17 a 30%; de ahí la importancia de las especies pertenecientes a este grupo (Sousa y Grether, 2002).

Taxonómicamente, las leguminosas (Fabaceae) comprenden tres subfamilias: *Mimosoideae*, *Caesalpinioideae* y *Papiloinoideae* (Lewis y Schrire, 2003); de las cuales, pocas se han desarrollado como materiales forrajeros para condiciones tropicales de producción en pastoreo, comparado con materiales existentes para regiones templadas (Cuadro 2.1). Australia ha sido el país con mayor avance en el desarrollo de praderas de leguminosas para la productividad en pastoreo y es precisamente, a través de la tecnología generada en este país que en el mundo tropical de producción en pastoreo, se ha convencido de las ventajas del uso de leguminosas para la producción en pastoreo en los trópicos, con las ventajas de un mayor potencial productivo y mayor estabilidad ecológica en las áreas abiertas al pastoreo (Ramírez *et al.*, 2007; Enríquez y Quero, 2007).

Cuadro 2.1. Subfamilias de Fabaceae, variedades comerciales en cada una y potencial de desarrollo para el establecimiento de cultivos forrajeros en el trópico. Leguminosas de importancia y cultivares liberados en las subfamilias (Loch y Ferguson, 1999).

Subfamilia	Especies	Variedades	Potencial	Ejemplos
<i>Mimosoideae</i>	2900	2	600	<i>Leucaena, Desmanthus</i>
<i>Caesalpinioideae</i>	2900	1	700	<i>Chamaecrista</i>
<i>Papiloinoideae</i>	11000	50	2600	<i>Centrosema, Pueraria</i>

De manera general, se puede describir a la familia de las leguminosas, aquellas plantas con flores completas, hermafroditas, radiadas o simétricas; cáliz, de cinco divisiones; corola de cinco pétalos, a veces, fusionados en la base; diez ó más estambres, unidos en la base; ovario súpero, unicarpelar, unilocular, generalmente con muchos óvulos en la sutura ventral. El fruto es una legumbre (vaina) dehiscente o indehiscente. Hierbas o plantas leñosas con hojas estipuladas, frecuentemente pinnadas, alternas. Las flores, generalmente en inflorescencias racimosas. Las *Mimosoideas* y *Papilionoideas*, se encuentran con mayor frecuencia en las regiones tropicales (Reiche, 1963).

La subfamilia *Caesapinoideae* está conformada por cuatro tribus y 2,250 especies, *Mimosoideae* por cuatro tribus y 3,270 especies, y *Papilionoideae* con 28 tribus siendo la más grande con aproximadamente 13,800 especies (Lewis *et al.*, 2005). Estos valores son variables dependiendo del autor consultado; ya que, no existe una descripción botánica y taxonómica exacta como menciona Salvador (2001), quién al hacer una revisión sobre esta familia obtuvo valores desde 12,000 a 16,000 especies y 500 a 657 géneros.

2.2. Subfamilia *Mimosoideae*

Árboles, arbustos y herbáceas; muchas con espinas, especialmente en géneros como *Acacia*, *Mimosa*, *Pithecellobium* y *Prosopis*. Flores regulares (actinomorfas), pétalos iguales o casi; en las yemas florales, los pétalos son valvados, generalmente unidos cerca de la base, muchos estambres (en ocasiones más de 100) separados o unidos, las hojas usualmente bipinnadas (Salvador, 2001). Semillas encerradas en una vaina y

las raíces que generalmente presentan nódulos debido a la asociación con bacterias fijadoras de N (Lewis *et al.*, 2005).

Dentro de los géneros más importantes y numerosos en *Mimosa* se han identificado nuevas especies; para este propósito, los caracteres morfológicos que los posicionan son: hábito de crecimiento, presencia de acúleos, número de pinnas y foliolos, se agruparía a *M. pauperioides* (Burkart) Fortunato y *M. balansae* Micheli., en la sección *Pectinatae* Benth y a *M. niederleinii* Burkart y *M. petraea* Chodat & Hassl., en la serie *Pedunculosa* Benth (Fortunato, 1989). Existen especies como *Samanea saman* (Jacq.) Merrill, árbol prominente para la agroforestería tropical para el pastoreo, su taxonomía no ha sido bien definida pues se le ha considerado en *Inga*, *Mimosa*, *Pithecellobium* y *Enterolobium*, y ésta es definida por simetría en flores; cuenta con más de 10 estambres y dos filamentos unidos, esto lo agrupó en *Inga*. Desde 1891, se documentó a *S. saman* como palatable para ganado, cerdos, borregos y cabras. Contiene aceptable cantidad de proteína cruda (14 a 18%; Durr, 2001).

En Centro América, la identificación de leguminosas se vuelve más importante y frecuente, los estudios abarcan descripciones por medio de claves, morfología y mapas de distribución, lo cual permite tener acceso al conocimiento de nuevas especies. Lozano y Klitgaard (2006), señalan que el género *Machaerium* se distribuye de México a Argentina, indicando que otros estudios evaluarán los usos potenciales de ciertas especies pertenecientes a este género. Al describir una especie de planta, es necesario realizar con exactitud la explicación de sus características particulares y de forma discriminante, lo cual las distingue de plantas similares. Existen casos donde al

momento de la identificación se tiene que la clasificación no es la conocida por características particulares; Zamora (2000), propone transferir *Desmodium strobilaceum* Schtdl., como variedad de *D. sericophyllum*, dado que ambas especies difieren únicamente en pubescencia y forma de foliolos.

2.3. Subfamilia *Caesalpinoideae*

Comprende a *Bahuinia*, uno de los primeros géneros que se describieron, *B. blakeana* S. T. Dunn, es completamente estéril; sin embargo, por medio de hibridación se logró propagar, ésta proviene de *B. purpurea* y *B. variegata*, que se cultivan de manera ornamental. Este género fue descubierto por un misionero en 1880, cerca de Pokfulam, Hong Kong (Lau *et al.*, 2005). El género *Bahuinia* se encuentra en climas templados y tropicales; en Quintana Roo, México, se ha registrado en vegetación secundaria y como componente de la alimentación del ganado, aunque la población no le da tal uso, por lo que se encuentra en estado silvestre, en conjunto con otras leguminosas (Sosa *et al.*, 2000).

Especies como Guayacan *Caesalpinia paraguensis* (D. Parodi), se distribuyen en regiones semiáridas de Latinoamérica; tienen usos maderables y ornamentales, medicinales y como alimento del ganado, además de tener una baja proporción de taninos (Aronson y Sarabia, 1992). Las especies de *Caesalpinoideae* se aprovechan para producir miel, ya que tiene glándulas nectíferas; esto, por la conformación de su estructura vascular, también por flores llamativas, como en *Senna*, sección *Bacillaris* (Nee y Barneby, 1993; Pascal *et al.*, 2000). En *Senna*, los estudios realizados muestran

la capacidad de esta planta para soportar sitios inundados, aportación de nitrógeno, rápido crecimiento y alta tasa fotosintética, lo cual le provee la capacidad de rápido establecimiento; sin embargo, posee altos compuestos secundarios que limitarían su uso para el ganado (Parolin, 2001). Existen especies de *Caesalpinioideae* con usos diversos, por lo que es importante evaluar la introducción de éstas en áreas para la alimentación de animales.

2.4. Subfamilia *Papilionoideae*

Constituida por árboles, arbustos y herbáceas, algunos arbustos son escandentes, como la liana leñosa *Dalbergia glabra* (Mill.) Standl., la cual puede extenderse sobre árboles hasta 20 metros. La mayoría de los arbustos se encuentran en fuentes de agua. Las flores son, al igual que *Caesalpinioideae* cigomorfas, con pétalos imbricados en la yema floral y totalmente desiguales, los dos inferiores fuertemente unidos constituyendo la quilla, los laterales forman alas y, el superior, el estandarte. Los pétalos le dan apariencia de mariposa (Salvador, 2001).

2.5. Potencial Productivo Fabaceae

Las leguminosas poseen potencial productivo diverso para zonas tropicales: calidad y digestibilidad elevada de forraje y con baja variación durante el año, alta producción de forraje durante épocas de sequía, fijación de nitrógeno, mayor estabilidad ecológica de la pradera; además, mejora de la actividad biótica del suelo y captura de carbono. Sin embargo, debido a la menor relación coevolutiva con rumiantes y pastoreo, requieren cuidados especiales para lograr superar el problema de persistencia en praderas bajo

pastoreo en condiciones de producción (Loch y Ferguson, 1999; Campillo *et al.*, 2005; Quero *et al.*, 2007). Sin embargo, pueden incluirse otros de gran importancia: estabilidad del sistema de producción, tecnología de bajos insumos, amplia adaptabilidad a los sistemas de producción de bajo costo predominantes en el trópico del tercer mundo.

Las evaluaciones del uso de leguminosas forrajeras han dejado patente la falta de persistencia bajo condiciones de pastoreo, principalmente con especies rastreras, que se utilizan en los trópicos, aunque existen reportes de buena respuesta al pastoreo, lo cual ocurre en nichos ecológicos bien definidos (Quero *et al.*, 2007). Entre las leguminosas de mayor persistencia *Leucaena leucocephala* Lam. de Witt, *Arachis pintoii* Kaprovicas & Gregori y *Pueraria phaseoloides* Kunth, han mostrado mayor persistencia en México y en el orden señalado (Enríquez-Quiroz *et al.*, 2005; Enríquez y Quero, 2006). Junto con un incremento en la tecnología de utilización del ganado y del pastizal (cultura ganadera), las leguminosas representan la mejor oportunidad de retorno ecológico y económico para la producción en pastoreo (Quero-Carrillo *et al.*, 2007; Quero *et al.*, 2007).

Las leguminosas ofrecen alternativas como cultivo asociado gramínea/leguminosa, banco de proteína y multiestratos (arbustiva)/leguminosa (rastrear)/gramínea). El establecimiento de asociaciones gramínea/leguminosa requiere planeación adecuada y ser acorde al hábito de crecimiento de las especies a asociar (Urbano *et al.*, 2006).

Persistencia de la pradera es la palabra clave cuando se trabaja con leguminosas forrajeras, estas especies son excelentes cuando se manejan a la par de la tecnología de pastoreo adecuada (Peters *et al.*, 1999). Desafortunadamente, la cultura media de los ganaderos en los trópicos requiere atención marcada para su mejora. Las leguminosas requieren un cuidado especial para lograr la persistencia: promoción de la floración y llenado de semilla, reclutamiento de individuos nuevos en la pradera, establecimiento de plántulas nuevas, entre las actividades de mayor importancia (Shelton *et al.*, 2005).

Entre las leguminosas más destacadas para condiciones tropicales se encuentran: Guaje (*L. leucocephala*), Cacahuatillo (*A. pintoï*) y Kudzú (*P. phaseoloides*) (Castillo *et al.*, 2005). Las cuales han mostrado ventajas adaptativas en nichos ecológicos definidos, Guaje ha sido la de mayor persistencia en mayor rango ecológico, prácticamente todo el trópico seco (Fernández *et al.*, 1997).

Otras leguminosas con valor a futuro incluyen *Cratilia argétea* (Desv.) Kuntze, *Desmanthus virgatus* (L.) Willd., *Clitoria ternatea* L., entre las de mayor relevancia para el trópico de México (Suárez *et al.*, 2008). México es un centro de origen genético de gran importancia para leguminosas tropicales (Villaseñor, 2004), por lo que su utilización puede beneficiar a productores mexicanos de zonas tropicales e intertropicales.

El establecimiento de praderas de leguminosas tropicales y, especialmente en el caso de *Leucaena*, es un proceso lento (Mullen *et al.*, 2003). Escarificando la semilla y

sembrando densidades adecuadas, aún tres meses después de la siembra, la semilla sigue germinando, la pradera es de lento establecimiento, comparada con otros cultivos (González y Mendoza, 2008). Sin embargo, seis meses después de la siembra, se considera establecida y difícilmente perecerá a un manejo de baja calidad del pastoreo, como es normal en regiones tropicales. La disponibilidad de semilla en cantidad y calidad a precios accesibles para los productores ha sido tradicionalmente un cuello de botella para el desarrollo de esta alternativa tecnológica (Enríquez y Quero, 2006).

2.6. Uso de Leguminosas Arbóreas

Las leguminosas arbóreas se adaptan mejor a sistemas de pastoreo por tamaño y estructura; contrariamente las especies rastreras no entran en competencia por luz y humedad con los pastos presentes y/o en asociación, asegurándose mayor índice de área foliar fotosintéticamente activa (Walton, 1983). Para animales en pastoreo, la presencia de arboles forrajeros es benéfica, al observarse que éstos consumen hojas, flores, frutos y corteza; por tanto, en zonas áridas y tropicales su uso se empieza a difundir (Torres, 2000).

De las especies de leguminosas reportadas con potencial forrajero con buen rendimiento de semilla Enríquez y Quero (2001), incluyen dos especies arbustivas (Cuadro 2.2). A excepción de *A. pintoii*, que posee alta oportunidad de resiembra, debido a la disponibilidad de semilla en el subsuelo (Ascencio *et al.*, 2005), existen pocas alternativas de leguminosas arbustivas para la ganadería en pastoreo.

Cuadro 2.2. Especies de leguminosas forrajeras con potencial futuro para la producción de semilla en el trópico de México.

Leguminosa	Nombre común	Hábito	Potencial
<i>Cratylia argentea</i>	Cratylia	Arbustiva	Bueno
<i>Desmanthus virgatus</i>	Desmanthus	Arbustiva	Regular
<i>Centrosema spp.</i>	Centro	Rastrera	Bueno
<i>Clitoria ternatea</i>	Tehuana	Rastrera	Excelente
<i>Lablab purpureus</i>	Dolichos	Rastrera	Pobre
<i>Pueraria phaseoloides</i>	Kudzu	Rastrera	Excelente
<i>Arachis pintoii</i>	Cacahuatillo	Rastrera	Excelente

Fuente: Enríquez y Quero, 2001

En Chiapas, México se han llevado evaluaciones de leguminosas arbustivas para identificar las sobresalientes. De acuerdo al conocimiento de los productores, se lograron identificar alrededor de 60 especies leñosas que los animales consumen en campo. La importancia radica en que la mayoría de los árboles son de uso múltiple de la vegetación nativa, dentro de los sobresalientes se incluyen: *Pithecellobium dulce*, *Leucaena sp.*, géneros como *Acacia*, *Calliandra* y *Erythrina*, y las partes de la planta que son consumidas son follaje y fruto (Jiménez-Ferrer *et al.*, 2008). Lo mismo sostienen Sosa *et al.* (2000), en Quintana Roo, al evaluar la dieta de bovinos, en condiciones de sucesión secundaria, las arbustivas fueron seleccionadas en 45.5%, seguido por gramíneas 39.5% y herbáceas 13.1%, algunas de las leguminosas consumidas fueron *Lysiloma bahamense* Benth., *Dalbergia glabra* y *B. divaricata* L.; las

cuales, a pesar del valor nutritivo alto o bajo se encuentran en forma silvestre debido al desconocimiento de su utilidad.

La aceptabilidad de las arbustivas depende la calidad de la hoja, lo cual está relacionado con el sitio donde éstas se encuentran, en sucesión secundaria, se ha observado *Acacia guameri*, *L. leucocephala* y *L. latisiliquum* (L.) Benth., con mayor cantidad de fósforo y nitrógeno en un suelo joven (10 años), en comparación de un sitio viejo (60 años) y como resultado mayor preferencia por herbívoros (Campo y Dirzo, 2003), ya que el trópico Mexicano está compuesto por vegetación en sucesión secundaria, donde se encuentra amplia gama de leguminosas con potencial forrajero.

Existen varias formas de obtener información sobre las especies arbustivas que consumen los animales, la primera mediante la encuesta a productores quienes poseen conocimiento empírico apreciable; la segunda, mediante observación directa sobre la preferencia y, la tercera, mediante la recopilación de información teórica sobre reportes que mencionan el uso que se les da a dichas especies. La práctica de utilizar árboles en la alimentación animal, se realiza desde los años 80's en países como Costa Rica, Australia y Brasil. Información generada con productores ha permitido conocer que para algunas regiones existen más de 51 especies consumidas por los animales, los géneros más conocidos son *Cassia*, *Inga*, *Enterolobium*, *Erythrina*, entre otras (Benavides, 1994). En varios estados de México se han realizado evaluaciones con árboles nativos (Sosa *et al.*, 2004), al coleccionar y determinar su preferencia por ovinos, documentaron a las preferidas: *Guazuma ulmifolia* Lam., *Lysiloma bahamense* y

Piscidia piscipula (L.) Sarg.; por consiguiente, se observó aumento de peso cuando la dieta consumida fue de 75 a 100% de las leguminosas forrajeras.

Otro de los beneficios de la presencia de árboles en los sistemas de pastoreo intensivo, es que ayudan a mejorar el comportamiento animal, ya que disminuyen la intensidad de luz que impacta directamente sobre animal, dando como resultado mayor tiempo para el pastoreo. Lo anterior fue comprobado en sistemas silvopastoriles (SSP) de *G. ulmifolia*, *Curdia dodecandra*, *Morus nigra* L., *Pentandra bombacaceae*, *E. cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., *L. leucocephala*, *Acacia milleriana* (Schltdl. & Cham.) Benth., *A. farnesiana* (L.) Will., y *Panicum máximum* Jacq., en comparación con monocultivo de *P. máximum*. La ganancia diaria de peso vivo en el SSP fue de 0.486 kg y en monocultivo de 0.369 kg; en general, el comportamiento se reflejó con buenos resultados en el sistema donde se encuentran las especies arbustivas (Pérez *et al.*, 2008). La utilización de nuevas fuentes de forraje mejora la conducta a beneficio del productor. Lo más importante para los ganaderos, es que los precios de alimentación disminuyen con la utilización de leguminosas en comparación con suplementos comerciales, originando un margen entre ganancias y costo de alimentación, por lo que el mejor escenario es la elección de las mejores especies para los sistemas de producción (Valerio *et al.*, 2006).

Muchas regiones del trópico mexicano bajo explotación ganadera, aún no utilizan especies arbustivas, por desconocimiento y falta de manejo por parte de los productores, manteniendo sistemas de monocultivo con *Panicum máximum*, *Cynodon plectostachius*, *Pennisetum* spp. y *Brachiaria brizantha*, principalmente (Osorio-Arce *et al.*, 1999). Por lo tanto, se plantea el uso de leguminosas, ya que con la poca

información existente se ha demostrado que el futuro de la ganadería depende de cultivos forrajeros y no de alimentos comerciales.

2.7. Valor Nutricional de las Arbustivas

La composición química de una especie forrajera puede medirse de diferentes formas: análisis proximal, energía metabolizable, proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente acida (FDA), celulosa, hemicelulosa y lignina; las cuales, están determinadas por la condición genética de una especie, la madurez y condiciones ambientales (Kenneth y Hans-Joachim, 2001).

Actualmente se dispone de información sobre contenido de nutrientes, lo que ayuda a explicar su potencial como fuente de forraje; de manera destacada, el contenido de proteína es excelente en todos los casos, ya que superan a las gramíneas (Cuadro 2.3; García *et al.*, 1996; Suárez *et al.*, 2008); la más sobresaliente es *L. leucocephala* especie con mayor utilización en Latino América.

Cuadro 2.3. Composición química de diversas leguminosas arbustivas.

	Composición química (%)				
	PC	FDN	FDA	Ca	P
<i>Clitoria fairchildiana</i>	15.51	77.40	74.20	0.97	0.29
<i>Cratylia argentea</i>	15.02	75.50	61.90	1.42	0.35
<i>Gliricidia sepium</i>	22.42	56.60	48.10	1.26	0.23
<i>Erythrina fusca</i>	15.77	71.30	64.60	0.18	0.21
<i>Leucaena leucocephala</i>	30.00	42.00	36.00	2.90	0.38

Fuente: Suárez *et al.*, 2008; García *et al.*, 1996.

En *Gliricidia sepium* (Jacq.) Standl., se han obtenido valores de PC de 23.9%; FDA de 28.9% y lignina de 11.0%, estos datos son los que se podrían encontrar en leguminosas arbustivas tropicales, siendo recomendadas para la nutrición animal por sus aportes de PC, principalmente (Adejumo, 1992).

Altos niveles de proteína son necesarios para aumentar las ganancias de peso vivo, aunque la absorción y utilización de ésta dependerá de un equilibrio energía-proteína, su uso depende de la proteína utilizada por la flora bacteriana y su aprovechamiento intestinal (Poppi y McLennan, 1995).

Una planta joven proporciona nutrimentos de calidad, lo que servirá para nutrir de forma correcta al animal; principalmente, la digestibilidad de los componentes de la pared celular de la hoja puede estar limitada por lignificación o por una cutícula cerosa. Por manejo y conociendo la edad adecuada para que el forraje sea consumido, se puede mejorar la baja digestibilidad de las arbustivas (Ramírez, 2003). Por tanto, es necesario que exista un balance entre contenido de fibras, lignina, PC y aminoácidos en los forrajes, lo que permitirá dirigir los rendimientos en la productividad ganadera (McDonald *et al.*, 1995).

2.8. Compuestos Antinutricionales

En regiones tropicales de México, la utilización de arbustivas es más recomendable en la actualidad, ya que éstas resisten la sequía y mantienen en equilibrio la calidad

nutritiva de las praderas. Sin embargo, la limitante de su uso queda definida por los compuestos o sustancias antinutricionales que éstas poseen, como una forma de defensa contra depredadores; causando bajo consumo, menor digestibilidad y trastornos digestivos (Ramírez, 2003).

Estos compuestos suelen ser agrupados, dependiendo de las sustancias químicas que los constituyen: Fenólicos (Taninos, Fitoestrógenos y Cumarinas); Toxinas nitrogenadas (Alcaloides, Glicósidos Cianogénicos, Glucosinolatos, Aminoácidos tóxicos, Lectinas e Inhibidores de Proteasas); Terpenos (Glicósidos cardiacos y Saponinas) y Oxalatos (Ramos *et al.*, 1998). Por tanto, es importante conocer sus proporciones en las diferentes especies utilizadas y definir estrategias para disminuir su efecto.

En *Galactia multiflora* y *Piscidia piscipula* se ha encontrado Saponinas, Fenoles, Esteroides y Alcaloides; habría que determinar si los Fenoles son hidrosolubles o condensados, lo cual condiciona su efecto negativo o benéfico en los animales (López *et al.*, 2008). Los efectos que causan estos compuestos antinutricionales resulta principalmente, de la formación de uniones con proteínas, lo que evita que éstas sean absorbidas y degradadas en intestino; principalmente, compuestos insolubles, por el peso molecular y la naturaleza del tejido vegetal (Reed, 1995).

Los Taninos condensados, son oligómeros de unidades flavonoides unidas carbono-carbono, no susceptibles a hidrólisis en condiciones normales; por ello, cuando se encuentran en cantidades superiores a las que puede consumir un animal, causan

daños al organismo (López y Martínez, 2009). Estos taninos se ligan con facilidad a proteínas, lo cual evita que éstas sean degradadas y absorbidas, en *Calliandra calothyrsus* se ha reportado hasta 151 g kg MS de taninos condensados en hojas maduras; proporción elevada, por tanto, la baja digestibilidad para esta especie arbustiva se atribuyó a los taninos (Barahona *et al.*, 2003).

Los Alcaloides son reconocidos por dar el sabor amargo a las plantas y algunas especies pueden llegar a ser rechazadas por el ganado, el nombre de éstos es diferente entre especies: en *Lupinus*, quinolizidina e, indolizidina en *Astragalus* (Pfister *et al.*, 2001). Algunas se encuentran en mayor proporción en semillas, como Fitato que forma complejos proteína-minerales con Ca, Mg, Zn y Fe, evitando la biodisponibilidad de éstos; así mismo, los Inhibidores de Tripsina se ligan a proteínas y disminuyen la eficiencia de éstas (Obatulo y Osho, 2006). Los Inhibidores de Tripsina se encuentran en dolichos (*Dolichos lablab* L.); una forma de disminuir su contenido, es manteniendo las semillas sumergidas en agua durante varias horas o por cocción (Ramakrishna *et al.*, 2006). Son muchas las sustancias en leguminosas que causan efectos secundarios en animales, dependiendo de su composición química y concentración en la planta, lo cual puede ser regulado, dependiendo de la edad fisiológica de la planta.

2.9. LITERATURA CITADA

- Adejumo J. O. 1992. Effect of plant age and harvest date in the dry season on yield and quality of *Gliricidia sepium* in southern Nigeria. Trop. Grasslands. 26:21-24.
- Arce M. L. R., Rodríguez A. y Gutiérrez E. M. 2008. Las colecciones de leguminosas efectuadas por George B. Hinton depositadas en el herbario de Royal Botanic Gardens, Kew. Acta Botánica Mexicana. 84:73-92.
- Aronson J. and Sarabia C. S. 1992. *Caesalpinia paraguariensis* (Fabaceae): Forage Tree for All Seasons. Economic Botany. 46(2):121-132.
- Ascencio R. L., Valles de M. B., Castillo G. E., Jarillo R. J. 2005. Dinámica de población de plantas de *Arachis pintoii* CIAT 17434, asociada a gramas nativas en pastoreo, en el trópico húmedo de México. Técnica Pecuaria en México. 43(2):275-286.
- Avilés R., Ku V. J. C. y Alayón G. J. A. 2007. Follaje de árboles y arbustos en los sistemas de producción bovina de doble propósito. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 15(Supl. 1):251-264.
- Barahona R., Lascano C. E., Narvaez N., Owen E., Morris P. and Theodorou M. K. 2003. *In vitro* degradability of mature and immature leaves of tropical forage legumes differing in condensed tannin and non-starch polysaccharide content and composition. J Sci. Food Agric. 83:1256-1266.
- Benavides J. E. 1994. Árboles arbustos forrajeros en América Central. CATIE. Serie Técnica No. 236. Turrialba, Costa Rica. 420 p.
- Campillo R., Urquiaga S., Undurraga P., Pino I., Boddey R. M. 2005. Strategies to optimise biological nitrogen fixation in legum/grass pastures in the Southern region of Chile. Plant and Soil. 273:57-67.
- Campo J. and Dirzo R. 2003. Leaf quality and herbivory responses to soil nutrient addition in secondary tropical dry forests of Yucatán, México. J of Tropical Ecology. 19(5):525-530.
- Castillo G. E., Valles de la M. B., Manetteje L. 't. y Schunemaann A. A. 2005. Efecto de introducir *Arachis pintoii* sobre variables del suelos de pasturas de grama naitva del trópico húmedo mexicano. Técnica Pecuaria en México. 43(2): 287-295.
- Durr P. A. 2001. The biology, ecology and agoforestry potential of the raintree, *Samanea saman* (Jacq.) Merr. Agroforestry Systems. 51:223-237.

- Enríquez-Quiroz, J. F., Hernández-Garay A. and Quero-Carrillo A. R. 2005. Agronomic evaluation of twenty ecotypes of *Leucaena* spp. for acid soil conditions in Mexico. *In*: F.P. O'mara, R. J. Wilkins, L. tMannetje, D. K. Lovett, P. A. M. Rogers, and T. M. Boland (eds.). Proc. XX International Grassland Congress. Dublín, Ireland. p.337.
- Enríquez, Q. J. F. y Quero C. A. R. 2001. Producción de semilla de cacahuate forrajero con siete dosis de cal y tres fechas de cosecha. *Técnica Pecuaria en México*. 39(1):31-38.
- Enríquez Q. J. F. y Quero C. A. R. 2006. Producción de semillas de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). ISBN 968-5580-72-3. 109p.
- Enríquez, Q. J. F. y Quero C. A. R. 2007. Reseña de la producción y suministro de semilla de especies forrajeras en México. *In*: Ma. E. Velazco Z., A. Hernández G., R. Pérezgrovas y B. Sánchez M. (eds.) Producción y Manejo de los Recursos Forrajeros Tropicales. UA Chiapas. pp 217-237.
- Fernández L. R., Chávez L. M. y Virgûez T. D. 1997. Uso de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Witt. en pastoreo restringido para la suplementación de vacas lecheras. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 5(supl. 1):129-131.
- Fortunato R. H. 1989. Contribución al género *Mimosa* (Mimosaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 76(2):381-385.
- Garcia G. W., Ferguson T. U., Neckles F. A. and Archibald K. A. E. 1996. The nutritive value and forage productivity of *Leucaena leucocephala*. *Animal Feed Science Technology*. 60:29-41.
- Genin D. and Pijoan A. P. 1993. Seasonality of goat diet and plant acceptabilities in the coastal scrub of Baja California, Mexico. *Small Ruminant Research*. 10:1-11.
- Gómez M. E., Rodríguez L., Murgueltio E., Ríos C. L., Molina C. H., Hernando M., Molina J. P. 2002. Árboles utilizados en la alimentación animal como fuente proteica: Mata ratón (*Gliricidia sepium*), Nacedero (*Trichathera gigantea*), Pizamo (*Erythrina fusca*) y Botón de oro (*Thitonia diversifolia*). CIPAV. Cali, Valle, Colombia. 147 p.
- González-Espinosa M., Ramírez-Marcial N. and Galindo-Jaimes L. 2006. Secondary succession in Montane Pine-Oak Forests of Chiapas, Mexico. (Ed). Kappelle M. Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forests. *Ecological Studies*. 185:209-221.

- González Y. y Mendoza F. 2008. Efecto del agua caliente en la germinación de las semillas de *Leucaena leucocephala* cv. Perú. Pastos y Forrajes. 31(1):47-52.
- Jiménez-Ferrer G., López-Carmona M., Nahed-Toral J., Ochoa-Gaona S. and Ben de Jong. 2008. Árboles y arbustos forrajeros de la región norte-tzotzil de Chiapas, México. Vet. Méx. 39:199-213.
- Jiménez-Lobato V. and Valverde T. 2006. Population dynamics of the shrub *Acacia bilimekii* in a semi-desert region in central Mexico. J of Arid Environments. 65:29-45.
- Kenneth J. M. and Hans-Joachim G. J. 2001. Lignin and fiber digestion. J of Range Management. 54(4): 420-430.
- Lau C. P. Y., Ramsden L. and Saunders R. M. K. 2005. Hybrid origin of *Bahuinia blakeana* (Leguminosae: Caesalpinoideae), inferred using morphological, reproductive and molecular data. American J of Botany. 92(3):525-533.
- Lewis, G. P. and B. D. Schrire. 2003. Leguminosae or Fabaceae?. In: Klitgaard B. B. and A. Bruneau (eds.) Advances in legume systematics Part 10. The Royal Botanical Gardens. Kew, London. pp. 1-3.
- Lewis, G., B. Schrire, B. Mackinder, and M. Lock. 2005. Legumes of the world. Royal Botanical Gardens Richmond, Surrey, UK. 577p.
- Loch, D. S. and J. E. Ferguson. 1999. Forage seed production. 2. Tropical and subtropical species. CAB Publishing International. 1st ed. Oxford, England. 479 p.
- López J. y Martínez A. A. 2003. Efecto nutricional y nematocida de los taninos de forrajes tropicales en rumiantes. Libro Científico No. 1. INIFAP. México, DF. 33 p.
- López H.M.A., Rivera L.J.A., Ortega R.L., Escobedo M.J.G., Magaña M.M.A., Sanginés G.J.R. y Sierra V.A.C. 2008. Contenido nutritivo y factores antinutricionales de plantas nativas forrajeras del Norte de Quintana Roo. Téc. Pecu. Méx. 46:205-215.
- Lozano P. and Klitgaard B. B. 2006. The genus *Machaerium* (Leguminosae: Papilionodeae: Dalbergieae) in Ecuador. Brittonia. 58(2):124-150.
- McDonald P., Edwards R. A., Greenhalgh J. F. D. and Morgan C. A. 1995. Nutrición Animal. 5a Ed. Editorial, Acribia, S. A. Zaragoza, España. 576 p.

- Mullen B. F., Shelton H. M., Gutteridge R. C. and Basford K. E. 2003. Agronomic evaluation of *Leucaena*. Part 1. Adaptation of environmental challenges in multi-environment trials. *Agroforestry Systems*. 58:77-92.
- Nee M. and Barneby R. C. 1993. A new species of *Senna* ser. *Bacillares* (Caesalpinaceae, cassiinae) from Bolivia. *Brittonia*. 45(2):159-161.
- Obatulo V. and Osho S. M. 2006. Chemical and physical characteristics of five Nigerian varieties of fresh green immature soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *British Food J*. 108(6):440-450.
- Osorio-Arce M. M., Segura-Correa J. C., Osorio-Arce D. A. y Marfil-Acevedo A. A. 1999. Caracterización de la ganadería lechera del estado de Yucatán, México. *Rev. Biomed*. 10:217-227.
- Parolin P. 2001. *Senna reticulata*, a Pioneer tree from Amazonian Várzea Floodplains. *The Botanical Review*. 67(2):239-254.
- Pascal L. M., Motte-Florac E. F. and Mckey D. B. 2000. Secretory structures on the leaf rachis of Caesalpinieae and Mimosoideae (Leguminosae): implication for the evolution of nectary glands. *American J of Botany*. 83(3):327-338.
- Pérez E., Soca M., Díaz L. y Corzo M. 2008. Comportamiento etológico en bovinos en sistemas silvopastoriles en Chiapas, México. *Pastos y Forrajes*. 31(2):161-172.
- Peters M., Tarawali S. A., Schultze-Kraft R., Smith J. W. and Musa A. 1999. Performance of legume mixtures under small-plot periodic grazing. *J. Agronomy & Crop Science*. 182:25-35.
- Pfister J. A., Panter K. E., Gardner D. R., Stegelmeier B. L., Ralphs M. H., Molyneux R. J. and Lee S. T. 2001. Alkaloids as anti-quality factors in plants on western U. S. rangelands. *J Range Manage*. 54:447-461.
- Poppi D. P. and McLennan S. R. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *J Anim. Sci*. 73:278-290.
- Quero, C. A. R., Enríquez Q. J. F. y Miranda J. L. 2007. Evaluación de especies forrajeras en América tropical, avances o *status quo*. *Interciencia-Venezuela*. 32 (8): 566-571.
- Quero-Carrillo, A. R., Miranda J. L., Hernández G. A., and Mellado B. M. 2007. Common grazing rangelands in Mexico. Limiting factors for successful utilization. *Proc. of the IV. Congreso Internacional de Manejo de Pastizales*. San Luis Potosí, SLP. 10p.

- Ramakrishna V., Rani P. J. and Ramakrishna R. P. 2006. Anti-Nutritional factors during germination in Indian bean (*Dolichos lablab* L.) seeds. *World J Dairy & Food Sci.* 1(1):06-11.
- Ramírez L. R. G. 2003. Nutrición de ruminantes: Sistemas extensivos. Ed. Trillas S. A. de C. V. México D. F. 303 p.
- Ramírez A. L., Ku V. J. C., Quero C. A. R., Enríquez Q. J. F. 2007. Recursos forrajeros y la producción animal en la región tropical de México. *In: Memorias del Congreso Latinoamericano de Pastos y Forrajes.* La Habana, Cuba. 12p.
- Ramos G., Frutos P., Giráldez F. J. y Mantecón A. R. 1998. Los compuestos secundarios de las plantas en la nutrición de los herbívoros. *Arch. Zootec.* 47:597-620.
- Reed J. D. 1995. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *J Anim Sci.* 73:1516-1528.
- Reiche C. 1963. Flora excursoria en el Valle Central de México. Ed. Manuel Purrua, S. A. México, DF. p. 303.
- Salvador F. J. 2001. Etnoflora Yucatanense. Leguminosae: Florística, Etnobotánica y Ecología. Ed. Dirección General de Desarrollo Académico de la UADY. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán. 320 p.
- Shelton H. M., Franzel S. and Peters M. 2005. Adoption of tropical legume technology around the world: analysis of success. *Tropical Grasslands.* 39:198-209.
- Sosa R. E. E., Sansores L. L. I., Zapata B. G. J. Ortega R. L. 2000. Composición botánica y valor nutricional de la dieta de bovinos en un área de vegetación secundaria en Quintana Roo. *Técnica Pecuaria en México.* 38(2):105-117.
- Sosa R. E. E., Pérez R. D., Ortega R. L. y Zapata B. G. 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de bovinos. *Téc. Pecu. Méx.* 42(2):129-144.
- Sousa S. M. and Grether R. 2002. *Swartzia mexicana* (Fabaceae, Swartzieae), a New Species from Oaxaca, Mexico. *Novon.* 12(1):115-119.
- Suárez S. J. C., Carulla J. E. y Velásquez J. E. 2008. Composición química y digestibilidad *in vitro* de algunas especies arbóreas establecidas en el piedemonte Amazonico. *Zootecnia Trop.* 26(3):231-234.

- Urbano D., Dávila C. y Moreno P. 2006. Efecto de las leguminosas arbóreas y la suplementación con concentrado sobre la producción de leche y cambio de peso de vacas doble propósito. *Zootecnia Tropical*. 24(1):69-83.
- Torres R. J. A. 2000. Agroecosistemas de árboles-pasto-ganado: Algunas ventajas y desventajas. III Seminario Internacional. Tecnologías para la explotación sustentable del recurso forrajero. Memorias. Chapingo, Mexico. Pag. 167-195.
- Valerio D., Soto Y., Matos F., Perea J., Acero R. y García A. 2006. Estudio técnico-económico de dos leguminosas forrajeras tropicales en la alimentación del vacuno lechero en la región no de la República Dominicana. *Arch. Zootec.* 55(211):263-272.
- Villaseñor J. L. 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 75:105-135.
- Zamora N. 2000. Nuevas especies y combinaciones en leguminosas de Mesoamérica. *Novon.* 10(2):175-180.

**CAPITULO III. COMPUESTOS ANTINUTRICIONALES EN LEGUMINOSAS
TROPICALES UTILIZADAS PARA LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES EN
PASTOREO**

COMPUESTOS ANTINUTRICIONALES EN LEGUMINOSAS TROPICALES UTILIZADAS PARA LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES EN PASTOREO

Francisco Enrique Cab Jiménez, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2011.

RESUMEN

La ganadería en el trópico se ve limitada por la falta de forraje en la época de estiaje, y la utilización de leguminosas en los sistemas de producción es una forma de mejorar la disponibilidad de éste durante el año. Existe gran diversidad de árboles forrajeros cuyo consumo por el ganado está limitado por la presencia de compuestos antinutricionales como taninos, saponinas, ácido fítico y aminoácidos, entre otros, cuya concentración varía con la especie, estructura vegetal y edad de la planta. Estos pueden provocar aborto, timpanismo, bajos niveles reproductivos e inclusive la muerte. Sin embargo, dependiendo de la concentración y tipo de compuesto antinutricional, pueden ser benéficos al regular el consumo o inócuos, cuando se aplica algún proceso previo al ser ofrecido al animal, como cocción o deshidratación. Entre las leguminosas tropicales reportadas con alta concentración de fitoquímicos están especies del género *Mimosa*, *Leucaena*, *Acacia*, *Prosopis*, *Desmanthus*, entre las más consumidas por el ganado, así como *Gliricidia sepium* y *Erythrina variegata* L. La importancia de conocer el tipo y concentración de fitoquímicos contenidos en las leguminosas con anatomía forrajera valiosa (sin espinas y alto contenido de hoja), radica en aplicar estrategias de manejo para el pastoreo y aprovecharlas como fuente de alimentación de bajo costo, al mismo tiempo que ayudan a la regeneración de suelos degradados por los sistemas de pastoreo.

Palabras clave: Compuestos antinutricionales, taninos, saponinas, ácido fítico y aminoácidos.

ANTINUTRITIONAL COMPOUNDS IN TROPICAL LEGUMES USED FOR FEEDING RUMINANTS UNDER GRAZING CONDITIONS

Francisco Enrique Cab Jiménez, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2011.

ABSTRACT

Cattle farming in the tropics is limited by the lack of forage during the dry season, and the use of legumes in the production systems is one way to improve forage availability throughout the year. There is a great diversity of foraging trees whose use by the cattle is limited by their content of antinutritional factors and whose concentration varies depending on the species, plant structure, and plant age. These factors include tannins, saponins, phytic acid, and aminoacids, among others. These toxins can cause abortions, tympanism, low reproductive levels, and death, when they are overly consumed, given that they act upon the microbial content of the rumen. However, depending on the concentration and type of phytochemicals, they could be beneficial if consumption is regulated and even harmless when a specific process, such as dehydration or cooking, is applied before use. Among the tropical legumes reported with a high content of phytochemicals are species of *Mimosa*, *Leucaena*, *Acacia*, *Prosopis*, and *Desmanthus*, which are among the most grazed by cattle, as well as *Gliricidia sepium* Kunth ex Walp and *Erythrina variegata* L. The importance of knowing the type and concentration of the phytochemicals contained in legumes with a valuable foraging anatomy (without thorns and with a high leaf content), lies on applying the handling techniques for grazing and taking advantage of them as a source of low cost fodder. Likewise, they help in the regeneration of degraded soils under a grazing system.

Key words: Antinutritional compounds, tannins, saponins, phytic acid and amino acids.

3.1. INTRODUCCIÓN

Las áreas tropicales de Latinoamérica poseen gran diversidad de árboles leguminosos autóctonos e introducidos (Villavicencio y Valdez, 2003; Ortega *et al.*, 2009), utilizados en la alimentación de rumiantes. Sin embargo, éstos poseen sustancias que disminuyen su utilización, y en muchos casos, funcionan como reguladoras del pastoreo (Zapata *et al.*, 2009; Sosa *et al.*, 2000). Estas sustancias se denominan con varios términos, uno de ellos es el de compuestos antinutricionales.

Se pueden encontrar diversos tipos de compuestos antinutricionales: Terpenoides, Alcaloides, Saponinas, Ácido Fítico, Oxalatos, Aminoácidos, Inhibidores de Tripsina, Hemaglutininas, Taninos, etc., en una planta (López *et al.*, 2008); los cuales, son derivados de moléculas simples, como ácido siquímico, acetato y aminoácidos, los cuales constituyen intermediarios para las rutas biosintéticas del metabolismo secundario (García, 2004; Dearing *et al.*, 2005). El origen de estos compuestos puede estar influenciado por factores físicos, edáficos (origen, tipo, topografía y capacidad de lixiviación del suelo) y ambientales; los cuales, interactúan con las plantas (Greathead, 2003).

La forma en que los compuestos antinutricionales actúan, es adhiriéndose a proteínas y evitando que éstas sean absorbidas a nivel intestinal (Enríquez *et al.*, 1999; Quero *et al.*, 2007) ó modificando su degradación durante su paso por rumen, hasta su absorción en intestino, por lo que se ha indicado que su efecto puede ser ambivalente (benéfico o dañino; Labrada *et al.*, 2001). Estos compuestos afectan la digestión del

forraje (Abreu *et al.*, 2004; Múzquiz *et al.*, 1999) y pueden encontrarse en toda la planta, como en *L. leucocephala*, en la cual, el consumo de hojas, vainas y semilla, puede provocar efectos tóxicos en los animales (Majak, 2001).

Estos compuestos han sido desarrollados por las plantas como defensa contra depredadores (Dearing *et al.*, 2005). Por lo tanto, la determinación de compuestos tóxicos presentes en leguminosas con potencial forrajero y su efecto en el consumo, es relevante, ya que de ello depende el aprovechamiento de éstas bajo pastoreo extensivo (Enríquez *et al.*, 1995). Al conocer el impacto de estos compuestos se podrán disminuir las pérdidas de peso y económicas (Poppi y McLennan, 1995). Las plantas tropicales muestran mayor cantidad de sustancias tóxicas en comparación con las de clima templado: los alcaloides, en aproximadamente 16% de las especies de clima templado y 35% de tropicales (Castillo *et al.*, 2005). En consecuencia, es de gran importancia considerarlos, ya que provocan en los animales reacciones adversas (Makkar *et al.*, 2007), que afectan en diferente grado, la productividad del ganado, lo que limita la posibilidad de utilizar especies con gran aptitud en morfología forrajera (Pfister *et al.*, 2001).

3.2. Definiciones utilizadas para compuestos antinutricionales

Los compuestos antinutricionales, también llamados metabolitos secundarios, son un grupo diverso de moléculas que interviene en la adaptación de las plantas al medio, en general, los términos compuestos secundarios, fitoquímicos, factores antinutricionales y xenobióticos, son utilizados para referirse a este grupo de compuestos (García y

Medina, 2006). Así, los fitoquímicos se refieren a componentes naturales, biológicamente activos, que se encuentran en alimentos derivados de plantas. Estos compuestos secundarios se encuentran en todas las plantas, pero solo los que causan efectos contrarios a la buena nutrición y reducen el consumo y la digestión del forraje de leguminosas, principalmente (Coley y Barone, 1996), son de interés en este documento.

Otro término es compuestos antinutricionales, por su efecto sobre la digestibilidad de los alimentos (Olivares *et al.*, 2005), que depende de la concentración y presentación en las estructuras vegetales consumidas por el ganado. También se pueden definir como sustancias que se producen en contraposición a productos del metabolismo primario en el citoplasma de células vegetales, estos pueden ser aminoácidos, nucleótidos, azúcares y lípidos (Greathead, 2003; Ávalos y Pérez-Urria, 2009). Algunos compuestos primarios como fenilalanina, lisina, ácido cinámico, etc, pueden ser precursores de compuestos secundarios, por medio de enzimas específicas que las catalizan teniendo como resultado; lignina, fenoles, cumarinas, flavonas y antocianinas (Carmona, 2007).

3.3. Principales compuestos antinutricionales en leguminosas tropicales

Cada compuesto se agrupa de acuerdo a su composición química: los derivados aminados (inhibidores de tripsina, hemoglutininas, agentes osteolatíricos, etc), glucósidos (agentes bociógenos, cianogénicos, saponinas, glucósidos de isoflavona; Ramírez, 2003) o factores bloqueadores de metales o antivitaminicos (Bidwell, 1979;

Cubero y Moreno, 1983). Otros compuestos como oligosacáridos, pentosas, ácido fítico y rafinosas (Abreu *et al.*, 2004), compuestos nítricos y alcaloides, son considerados como antinutricionales (Newell-McGloghlin, 2008).

Los de mayor frecuencia y que afectan a rumiantes incluyen:

3.3.1. Taninos. Término acuñado para compuestos que podían convertir la piel animal en cuero durante el curtido (Taiz y Zeiger, 2002). Son compuestos fenólicos y poseen uno o más grupos hidroxilo (OH) sustituyentes, ligados a un anillo aromático; donde, los compuestos que poseen varios OH son definidos como polifenoles (Stanislaus *et al.*, 1981). Éstos, se dividen en dos grupos: hidrolizables y condensados ó proantocianidinas (García y Medina, 2006).

Los Taninos hidrolizables son polímeros de ácido gálico o elágico, esterificados a una molécula central, comúnmente glucosa o polifenoles como la catequina (López y Martínez, 2009; Reed, 1995). Estos compuestos son susceptibles a hidrolizarse con ácidos, bases o esterasas, para desdoblarse en carbohidratos y ácidos fenólicos (Isaza, 2007; Stanislaus *et al.*, 1981). Los condensados son polímeros de flavan-3-ol ó flavan 3,4-diol, sin residuos de azúcar, conocidos como polímeros de proantocianidinas y leucoantocianidinas, basados de núcleos flavan: catequina o epicatequina (Seth, 2004; Aguilera-Carbo *et al.*, 2008).

3.3.2. Alcaloides. Grupos de bases orgánicas secundarias o terciarias, heterogéneos, que no pueden ser identificados por análisis químico único. No hay una definición para

identificar a estos compuestos, los cuales, se encuentran como sustancias aromáticas (Ramos *et al.*, 1998).

3.3.3. Saponinas. Grupo diverso entre los que destacan: un grupo glicona ligado a uno o más residuos oligosacáridos. Hay saponinas que contienen glicona esteroidal y triterpénica (Múzquiz *et al.*, 1999). Se caracterizan por sabor amargo, forman espuma y su capacidad para hemolizar glóbulos rojos y ligarse al colesterol. Afectan el metabolismo a través de la hemólisis de eritrocitos, reducción de colesterol sanguíneo y hepático, depresión e inhibición del crecimiento, inhibición enzimática y absorción de nutrientes (García y Medina, 2006). Estos compuestos se pueden encontrar en *Acacia*, la mayor concentración se encuentra en vainas y pueden servir como insecticidas. Otra forma de acción es la perturbación mitocondrial causando apoptosis celular (Min *et al.*, 2003).

3.3.4. Ácido fítico. Ácido fosfórico derivado de mioinositol, con habilidad para formar quelatos con iones de Ca y Mg, su mayor efecto es la reducción de la biodisponibilidad de minerales (Dixon y Sumner, 2003). Los fitatos también interactúan con residuos básicos de proteínas que participan en la inhibición de enzimas como pepsina y pancreatina (Sotelo *et al.*, 2002). Se presenta en *Vigna mungo*, *Cajanus cajan* (L.) Millsp., *Lablab purpureus* L. ex Sweet, *Phaseolus lunatus* L., *P. vulgaris* L., *Moringa oleífera* Lam., entre otras (García y Medina, 2006).

3.3.5. Oxalatos. Son constituyentes de muchos forrajes, algunas plantas cultivadas acumulan altos niveles de este anión del ácido descaboxílico. Dependiendo de la

especie, se pueden acumular en formas solubles, insolubles o ambas. El oxalato posee cargas negativas y alta afinidad por Ca, Mg y Zn. La capacidad del oxalato soluble de retener iones puede causar toxicidad si se consume en altos niveles. Se encuentra en frutas como carambola (*Aberrhoa carambola*) y otras semillas (García y Medina, 2006). En *Atriplex halimus* L. y *A. nummularia* Lindl, se han reportado niveles de oxalato de 7% y 6.2%, respectivamente, estos valores tienden a disminuir a mayor edad de la planta; sin embargo, la aceptabilidad ha sido menor con mayores concentraciones, en ambas especies (Ruales y Nair, 1993).

3.3.6. Aminoácidos tóxicos. Incluye a mimosina, generalmente presente en *L. leucocephala*, árbol considerado como una de las especies más utilizadas como forrajera. Sin embargo, hojas y semillas de ésta, presentan altos niveles de β - (N-(3-hydroxypyridona-4) ácido aminopropiónico; precursor de mimosina (Newell-McGloughlin, 2008), la cual causa salivación profusa, lesiones a nivel del esófago, papilas necróticas en rumen-retículo, e hiperplasia de tiroides (Abu-Zanat *et al.*, 2003). También existen aminoácidos limitantes, como lisina, que al combinarse con metionina y otros aminoácidos, reducen el crecimiento de los animales (Rincón *et al.*, 2000). En *Acacia bilimekii* J. F. Macbr., se ha detectado bajo contenido de aminoácidos azufrados y altos de lisina, aunque estas especies pueden ser consideradas con potencial para rumiantes por sus contenido de proteína, el consumo puede ser afectado por otros compuestos (Shimada, 2003).

3.3.7. Hemaglutininas. En el torrente sanguíneo se combinan con glicoproteínas de las membranas de los glóbulos rojos y aglutinan o coagulan, como el ricino (ricina), que

es extremadamente tóxico (Sotelo *et al.*, 1999). Las hemaglutininas encontradas en *E. cyclocarpum* no son significativas, incluso se logró comprobar que existen semillas de esta especie que no contienen el compuesto, por lo que su uso como planta forrajera es recomendable por su alto contenido de proteína, principalmente en la semilla (19.2%; Duffus y Slaughter, 1992).

3.3.8. Inhibidores de tripsina. También conocidos como inhibidores de proteasas, tienen habilidad para inhibir la actividad proteolítica de las proteasas. Éstos se han identificado principalmente en grano de soya y otras leguminosas que se ubican en dos categorías: a) Las que tienen peso molecular de 20 a 25 KDa con puentes disulfuro y una especificidad dirigida a tripsina, b) Otros, con peso molecular de solamente 6 a 10 KDa, con alta proporción de residuos de cistina, pueden inhibir a la quimiotripsina y tripsina. Éstos causan hipertrofia pancreática y evitan el aprovechamiento de aminoácidos en intestino. Se pueden encontrar en *Prosopis*, *Leucaena*, *Gliricidia*, *Bauhinia*, *Canavalia*, etc. (Makkar *et al.*, 2007).

3.4. Compuestos antinutricionales y su efecto en la alimentación animal

Los aspectos que suelen verse afectados por compuestos antinutricionales en ganado incluyen: mal desarrollo de órganos, baja fecundidad, respiración, la digestión, músculos y movilidad, así como el sistema nervioso, incluyendo transducción de señales y percepción (Wink, 2003).

Los compuestos antinutricionales causan baja digestibilidad, timpanismo, abortos, bajos niveles reproductivos y muerte, al consumir leguminosas que contienen

flavonoides, ácido fítico, isoflavonas, oxalatos y taninos (Serratos *et al.*, 2008; Ruales y Nair, 1993), este último grupo, es el más estudiado por encontrarse en la mayoría de las plantas y en todas las partes de ésta; aunque se ha reportado que se acumula en semilla y hojas jóvenes (Baloyi *et al.*, 2001). La unión de taninos con proteínas se da por enlaces hidrofóbicos y puentes de hidrógeno, esto es influenciado por estructura y peso molecular de taninos y proteínas (Rojas *et al.*, 2006). La astringencia, es la sensación causada por la formación de complejos entre taninos y glicoproteínas salivales, el cual, aumenta la salivación y reduce la aceptabilidad del forraje, provocando menor ganancia de peso (Reed, 1995).

Otros efectos que causan los taninos, es disminución en absorción de los alimentos, al afectar a la microflora del rumen (Launchbaugh *et al.*, 2001). Otros compuestos que se pueden encontrar en árboles y arbustos, son los glucósidos cianogénicos, saponinas, aminoácidos no proteicos, ácido oxálico y alcaloides; estos últimos, ampliamente distribuidos en Fabaceae, en 20 a 30% de las plantas y cuyo nombre es asignado acorde con el género en la que se encuentra y la actividad, la cual depende del consumo y especie animal (Makkar *et al.*, 2007).

En plantas forrajeras en las que destacan *Galactia multiflora* B. L. Rob., *Macroptilium atropurpureum* (DC.) Urb., *Piscidia piscipula*, *Chaetocalyx scandens* (L.) Urban y *Dalbergia glabra*, de Quintana Roo, México, se indica la presencia de saponinas, fenoles (taninos), esteroides y alcaloides, con concentraciones inocuas para el ganado (Sosa *et al.*, 2000). Las saponinas proporcionan sabor amargo a las plantas y pueden causar anorexia en rumiantes, pérdida de peso y gastroenteritis; otra característica de

este compuesto, es que se absorbe en paredes intestinales dificultando la asimilación de nutrientes (García, 2004). Por otra parte, *A. berlandieri* Benth, arbusto nativo del Desierto Chihuahuense, posee aminos fenólicos, alcaloides y taninos que afectan la fertilidad, digestibilidad, consumo y causan toxicidad en el ganado (Sánchez *et al.*, 2008).

La presencia de proantocianidinas, en algunas *Acacias*, afectan la mucosa del tubo digestivo, disminuyendo la absorción de nutrientes (principalmente aminoácidos esenciales; Olivares *et al.*, 2005). En *Leucaena*, se ha registrado 1.05 g de taninos por 100 g MS, cantidad que no afecta la digestión; por tanto, la cantidad consumida determina el efecto del compuesto (García *et al.*, 1996); otros efectos incluyen falta de apetito y trastornos digestivos propiciados por taninos, glúcidos cianogénicos, saponinas, aminoácidos no proteicos, fitohemoglutinas (lectinas), alcaloides y ácido oxálico (Campbell y Hewitt, 2005; Ramírez, 2003). En cabras, los taninos condensados han provocado diarrea e infección, abortos y muerte de crías a 24 horas del parto (Church y Pond, 1990).

Entre las leguminosas varía el contenido de taninos, una mayor concentración, provoca alta producción de gas, reducción en la motilidad del rumen, modifica la tasa de pasaje y la digestibilidad del alimento (Kabasa *et al.*, 2004). Los taninos tienen actividad inhibitoria del crecimiento y desarrollo de *Butyrivibrio fibrisolvens* A38 y *Streptococcus bovis* 45s1, bacterias necesarias para la digestión (Stürm *et al.*, 2007; Jones *et al.*, 1994). En *L. leucocephala*, mimosina compuesto secundario, causa alopesia en

caballos, aborto en vacas, excesiva salivación y bajo rendimiento reproductivo, así como la muerte (García *et al.*, 1996).

Al determinar los fitoquímicos en *Albizia lebbbeck* se encontró que en comparación con otros compuestos, la presencia de taninos fue abundante (González *et al.*, 2005; Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Fitoquímicos encontrados en *Albizia lebbbeck*.

Fitoquímicos	Abundancia relativa
Alcaloides	+
Taninos	+++
Quinonas	-
Glicosidos cardiotónicos	-
Antocianidinas	-
Esteroides	+
Flavonoides	-
Saponinas	-
Resinas	+
Aminoácidos	-

(+ presente; - ausente).

L-Dopa y compuestos fenólicos, han sido reportados en *Mucuna pruriens*, pero la concentración en ésta, depende de la edad de la planta y/o del rebrote; a mayor edad,

es mayor la concentración (Rodríguez *et al.*, 2005). Así se confirmó, al evaluar compuestos nutricionales de leguminosas, indicando que la concentración depende de edad, factores del suelo, clima y manejo del cultivo y, similarmente, a variabilidad intraespecífica (García, 2004; Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2. Presencia de compuestos antinutricionales en diversas especies de leguminosas.

Especie	Taninos			Compuestos	
	Polifenoles condensados	Saponinas	Alcaloides	cianogénicos	
<i>Erytrina verteroana</i>	+	-	-	-	-
<i>Leucaena</i>					
<i>leucocephala</i>	+	+	-	-	-
<i>Samanea saman</i>	+	-	+	-	-
<i>Calliandra</i>					
<i>surimanensis</i>	+	+	-	-	-
<i>Gliricidia sepium</i>	+	-	+	-	-
<i>Albizia lebbeck</i>	+	-	-	-	-
<i>Erytrina variegata</i>	+	+	-	+	-

(+ presente; - ausente)

Lo anterior, es una muestra de la amplia variabilidad de la presencia de un compuesto en plantas para consumo animal.

3.5. Efectos benéficos de los compuestos antinutricionales

Algunos compuestos antinutricionales pueden actuar de diferentes formas al ser consumidos por el animal, debido a la constitución del forraje y al medio ruminal, así, como por la cantidad consumida (Odenyo *et al.*, 2003). Algunos tienen efectos antitimpánicos, como los taninos. En ocasiones, las leguminosas contienen altos porcentajes de proteína (Cuadro 3.3), que son envueltos por taninos, evitando así su absorción total en rumen (Aguilera-Carbo *et al.*, 2008). En algunas especies tropicales, donde se han reportado taninos condensados en hojas jóvenes, con rangos entre 4 a 43% y 4 a 27% para hojas maduras, se ha observado que los taninos en hojas jóvenes protegen a las proteínas que llegan al rumen, ya que correlacionaron la alta digestibilidad con la edad de la hoja y el contenido de este compuesto (Ramírez, 2003). En *G. sepium* y *Calliandra calothyrsus* Meinsn, se han registrado concentraciones de taninos de 18 y 18.5 g kg⁻¹ de MS (Smith *et al.*, 2005), a medida que aumenta el nivel de taninos en la dieta animal, mejora la eficiencia de utilización de N absorbido y se incrementa la excreción fecal de N. De igual manera, se ha utilizado a los taninos como antiparasitarios en ovejas, después de consumir durante 36 días de 0.5 a 4.9 g kg⁻¹ día⁻¹ de taninos condensados (TC), el contenido de larvas disminuyó hasta 70%, respecto a un testigo que no consumió TC (Athanasiadou *et al.*, 2001). Otros beneficios de los TC, es el aumento en la producción de leche, tasa de ovulación, crecimiento de lana y porcentaje de partos (Rojas *et al.*, 2006).

Cuadro 3.3. Fenoles totales y taninos condensados en leguminosas tropicales.

Leguminosas	Fenoles totales g kg MS ⁻¹	Taninos condensados g kg MS ⁻¹
<i>Gliricidia sepium</i>	75	1.8
<i>Calliandra calothyrsus</i>	430	18.5
<i>Leucaena collinsii</i>	3.01	128.46
<i>Acacia pennatula</i>	28.72	39.70
<i>Acacia milleriana</i>	35.03	73.72
<i>Sesbania goetsia</i>	-----	4.8 a 8 %

Fuente: Olivares *et al.*, 2005.

Los flavonoides tienen una función importante en la planta, pues son vectores para que muchas leguminosas se dispersen a otras regiones; ésto, debido a que dan color y olor a las plantas para atraer insectos polinizadores y aves que consumen el fruto (Sridhar y Seena, 2006). En este grupo, los isoflavonoides se encuentran como B-glucósidos, que han mostrado propiedades anticancerígenas (Winkel-Shirley, 2001).

3.6. Métodos para disminuir los factores antinutricionales en leguminosas

Se han evaluado métodos para disminuir componentes tóxicos en leguminosas: deshidratación, tostado, cocción y germinación de semilla. Mientras más tiempo se aplique la cocción, los compuestos que limitan la digestibilidad disminuyen, como el inhibidor de tripsina, polifenoles, taninos y ácido fítico; así mismo, se incrementa la aceptabilidad de las semillas para su consumo (Baloyi *et al.*, 2001); sin embargo, este manejo incrementa costos de producción. La problemática del aprovechamiento de

proteína del forraje para rumiantes, resulta del hecho de que éstas son degradadas rápidamente por las bacterias del rumen.

Regular el tiempo de pastoreo en praderas con leguminosas, es una forma de evitar la intoxicación (Broderick, 1995). Así mismo, tener estrategias de manejo como sistemas silvopastoriles es más frecuente en la ganadería, ya que combinar leguminosa-gramínea, resulta ideal, pues se evita el consumir únicamente la dieta leguminosa (Pérez *et al.*, 2008), lo cual disminuye riesgos que podrían ocasionar los factores antinutricionales.

Algunas especies silvestres como *Lonchocarpus sericeus* (Pior.) Kunth ex DC., *Albizia zygia* (DC.) Macbr y *G. sepium*, tienen bajos contenidos de nitrógeno no digerible y compuestos antinutricionales, comparándola con *Glycine max* (L.) (Majak *et al.*, 1995), por tanto, la selección de especies para pastoreo, puede disminuir el efecto de factores antinutricionales.

3.7. CONCLUSIONES

Existe en América Tropical gran diversidad de leguminosas con potencial forrajero; sin embargo, es necesario conocer la composición química del forraje, ya que los factores antinutricionales pueden afectar su consumo ó al animal que los ingiere.

La composición química de leguminosas de interés, es la base para la elaboración de planes de manejo que mejoren su consumo y/o su persistencia en la pradera, considerando la capacidad de consumo del ganado y los factores que influyen en su comportamiento (madurez, época del año, composición botánica de la pradera, etc.).

Muchas leguminosas nativas, principalmente arbóreas, no son utilizadas en pastoreo, su aprovechamiento sistemático debe promoverse en las especies con mayor aptitud forrajera, considerando la concentración de factores antinutricionales.

3.8. LITERATURA CITADA

- Abreu A., Carulla J. E., Lascano C. E., Díaz T. E., Kreuzer M., and Hess H. D. 2004. Effects the *Sapindus saponaria* fruits on ruminal fermentation and deudenal nitrogen flow of sheep fed a tropical grass diet with and without legume. J Anim Sci. 82:1392-1400.
- Abu-Zanat M. M., Al-Hassanat F. M., Alawi M. and Ruyle G. B. 2003. Oxalate and tannins assessment in *Atriplex halimus* L. and *A. nummularia* L. J Range Manag. 56(4):370-374.
- Aguilera-Carbo A., Augur C., Prado-Barragan L. A., Favela-Torres E. and Aguilar C. N. 2008. Microbial production of ellagic acid and biodegration of ellagitannins. Appl. Microbiol Biotechnol. 78:189-199.
- Ávalos G. A. y Pérez-Urria C. E. 2009. Metabolismo secundario de plantas. Serie Fisiología Vegetal. 2(3):119-145.
- Athanasiadou S., Kyriazakis I., Jackson F. and Coop R. L. 2001. Direct anthelmintic effects of condensed tannins towards different gastrointestinal nematodes of sheep: in vitro and in vivo studies. Vet. Parasitol. 99:205-219.
- Baloyi J. J., Ngongoni N. T., Topps J. H., Acamovic T., Hamudikuwanda H. 2001. Condensed tannin and saponin content of *Vigna unguiculata* (L.) Walp, *Desmodium uncinatum*, *Stylosanthes guianensis* and *Stylosanthes scabra* grown in Zimbabwe. Trop Anim Health Prod. 33:57-66.
- Bidwell R. G. S. 1979. Fisiología Vegetal. 2 ed. Ed. A.G.T. S. A. México D. F. 784 p.
- Broderick G. A. 1995. Desirable characteristics of forage legumes for improving protein utilization in ruminants. J Anim Sci. 73:2760-2773.
- Campbell T. A. and Hewitt D. G. 2005. Nutritional value of Guajillo as a Component of Male White-Tailed deer diets. Rangeland Ecology Management. 58(1):58-64.
- Carmona A. J. C. 2007. Efecto de la utilización de arbóreas y arbustivas forrajeras sobre la dinámica digestiva en bovinos. Revista Lasallista de Investigación. 4(1):40-50.
- Church D. C. y Pond W. G. 1990. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Ed. Noriega, Limusa. México D. F. 403 p.
- Coley P. D. and Barone J. A. 1996. Herbivory and plant defenses in tropical forests. Annu Rev Ecol Syst. 27:305-335.

- Cubero J. I. y Moreno M. T. 1983. Leguminosas de grano. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Dearing M. D., Foley W. J. and McLean S. 2005. The influence of plant secondary metabolites on the nutritional ecology of herbivorous terrestrial vertebrates. *Annu Rev Ecol Evol Syst.* 36:169-189.
- Dixon R. A. and Sumner L. W. 2003. Legume natural products: Understanding and manipulating complex pathways for human and animal health. *Plant Physiology.* 131:878-885.
- Duffus C. y Slaughter C. 1992. Las semillas y sus usos. Ed. A.G.T. Editor, S. A. México D. F. 188 p.
- Enríquez Q. J. F., Meléndez N. F. y Bolaños A. E. D. 1999. Tecnología para la producción y manejo de los forrajes tropicales en México. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Libro Técnico Núm. 7. Veracruz, México.
- Enríquez Q. J. F., Quero C. A. R., Bolaños D. y Talavera M. D. 1995. Forrajes Tropicales. Especies de Importancia y Establecimiento. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Gobierno del Estado de San Luis Potosí. Boletín Técnico. 35 p.
- García G. W., Ferguson T. U., Neckles F. A. and Archibald K. A. E. 1996. The nutritive value and forage productivity of *Leucaena leucocephala*. *Anim Feed Scie Technol.* 60:29-41.
- García D. E. 2004. Los metabolitos secundarios de las especies vegetales. *Pastos y Forrajes.* 27(1):1-13.
- García D. E. y Medina M. G. 2006. Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. *Zoot Trop.* 24(3):233-250.
- González V. E. A., Hussey M. A. and Ortega-S. J. A. 2005. Nutritive value of *Desmanthus* with Kleingrass during the establishment year. *Rangeland Ecol Manage.* 58(3):308-314.
- Greathead H. 2003. Plants and plant extracts for improving animal productivity. *Proc Nutr Soc.* 62: 279-290.
- Isaza M. J. H. 2007. Taninos y polifenoles vegetales. *Scientia et Technica.* 33:13-18.

- Jones G. A., McAllister T. A., Muir A. D. and Cheng K. J. 1994. Effects of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) condensed tannins on growth and proteolysis by four strains of ruminal bacteria. *Appl Environm Microb.* 60(4):1374-1378.
- Kabasa J. D., Opuda-Asibo J., Thinggaard G. and ter Meulen U. 2004. The role of bioactive tannins in the postpartum energy retention and productive performance of goats browsed in a natural rangeland. *Trop Anim Health Prod.* 36:567-579.
- Labrada Ch. J., Martínez S. S., García Y., Fernández P. N. y de Armas R. I. 2001. Determinación de factores antinutricionales en plantas de interés pecuario. *Rev Prod Anim.* 13(1):57-58.
- Launchbaugh K. L., Provenza F. D. and Pfister. 2001. Herbivore response to anti-quality factors in forages. *J Rang Manage* 54(4):431-440.
- López J. y Martínez A. A. 2009. Efecto nutricional y nematocida de los taninos de forrajes tropicales en rumiantes. Libro científico No. 1. INIFAP. CENID. México D.F. 36 p.
- López H. M. A., Rivera L. J. A., Ortega R. L., Escobedo M. J. G., Magaña M. M. A., Sanginés G. J. R. y Sierra V. A. C. 2008. Contenido nutritivo y factores antinutricionales de plantas nativas forrajeras del norte de Quintana Roo. *Téc Pecu Méx.* 46(2): 205-215.
- Majak W. 2001. Review of toxic glycosides in rangeland and pasture forages. *J Range Manag.* 54(4): 494-498.
- Majak W., Hall J. W. and McCaughey W. P. 1995. Pasture management strategies for reducing the risk of legume bloat in cattle. *J Anim Sci.* 73: 1493-1498.
- Makkar H. P. S., Shidduraju P. and Becker K. 2007. Plant secondary metabolites. Humana Press. Totowa New Jersey. 123 p.
- Min B. R., Barry T. N., Attwood G. T. and McNabb W. C. 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Anim Feed Sci Technol.* 106: 3-19.
- Múzquiz M., Burbano C., Ayet G., Pedrosa M. M. and Cuadrado C. 1999. The investigation of antinutritional factors in *Phaseolus vulgaris*. Environmental and varietal differences. *Biotechnol Agron Soc Environm.* 3(4): 210-216.
- Newell-McGloughlin M. 2008. Nutritionally improved agricultural crops. *Plant Physiol.* 147: 939-953.

- Odenyo A. A., Osuji P. O., Reed J. D., Smith A. H., Mackie R. I., McSweeney C. S. and Hanson J. 2003. *Acacia angustissima*: Its anti-nutrients constituents toxicity and possible mechanisms to alleviate the toxicity – a short review. *Agroforestry Systems*. 59: 141-147.
- Olivares P. J., Jiménez G. R., Rojas H. S. y Martínez H. P. A. 2005. Uso de las leguminosas arbustivas en los sistemas de producción animal en el trópico. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*. Vol. IV. No. 5. p. 19.
- Ortega R. L., Castillo H. J. E. y Rivas P. F. A. 2009. Conducta ingestiva de bovinos Cebú adultos en leucaena manejada a dos alturas diferentes. *Téc Pecu Méx*. 47(2): 125-134.
- Pfister J. A., Panter K. E., Gardner D. R., Stegelmeier B. L., Ralphs M. H., Molyneux R. J. and Lee S. 2001. Alkaloids as anti-quality factors in plants on western U. S. rangelands. *J Range Manag*. 54(4): 447-461.
- Poppi D. P. and McLennan S. R. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *J Anim Sci*. 73:278-290.
- Pérez E., Soca M., Díaz L. y Corzo M. 2008. Comportamiento etológico de bovinos en sistemas silvopastoriles en Chiapas, México. *Pastos y Forrajes*. 31(2):161-172.
- Quero C. A. R., Enríquez Q. J. F. y Miranda J. L. 2007. Evaluación de especies forrajeras en América tropical, avances o *status quo*. *Interciencia*. 32 (8): 566-571.
- Ramírez L. R. G. 2003. Nutrición de rumiantes. Sistemas extensivos. Ed. Trillas. México D. F. 303 p.
- Ramos G., Frutos P., Giráldez F. J. y Mantecón A. R. 1998. Los compuestos secundarios en la nutrición de los herbívoros. *Arch Zoot*. 47(180):597-620.
- Reed J. D. 1995. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *J Anim Sci*. 73:1516-1528.
- Rincón M. T., Domínguez-Bello M. G., Lovera M. y Romero M. R. 2000. Degradación de Piridinedioles tóxicos derivados de la mimosina por bacterias ruminales: I. Aspectos microbiológicos. *FCV-LUZ*. 3:222-232.
- Rodríguez Y., Chongo B., La O. O., Oramas A., Scull I. y Achang G. 2005. Características químicas de *Albizia lebeck* y determinación de su potencial nutritivo mediante la técnica de producción de gas *in vitro*. *Rev Cubana Ciencia Agric*. 39(3):313-318.

- Rojas D. K., López J., Tejada I., Vázquez V., Shimada A., Sanchez D. and Ibarra F. 2006. Impact of condensed tannins from tropical forages on *Haemonchus contortus* burdens in Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*) and Pelibuey lambs. *Anim Feed Sci Technol.* 128:218-228.
- Ruales J. and Nair B. M. 1993. Saponins, phityc acid, tannins and protease inhibitors in quinona (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. *Food Chemistry.* 48:137-143.
- Sánchez V. R., Canón P. I., Flores G. F., Giménez A. M. J., De los Mozos P. M. and Rodríguez C. M. F. 2008. Contents of total protein, L-canavanine and condensed tannin of the one flowered vetch (*Vicia articulate* Hornem.) collection of the bank of plant germplasm of Cuenca (Spain). *Genet Resour Crop Evol.* 55:949-954.
- Shimada M. A. 2003. *Nutrición Animal.* Ed. Trillas S. A. de C. V. México D. F. pp. 107-124.
- Serratos A. J. C., Carreón A. J., Castañeda V. H., Garzón de la Mora P. y García E. J. 2008. Composición químico-nutricional de factores antinutricionales en semillas de Parota (*Enterolobium cyclocarpum*). *Interciencia.* 33(11):850-854.
- Seth M. K. 2004. Trees and their economic importance. *Botanical Rev.* 69(4):321-376.
- Smith A. H., Zoetendal E. and Mackie R. I. 2005. Bacterial mechanisms to overcome inhibitory effects of dietary tannins. *Microbial Ecology.* 50(2):197-205.
- Sosa R. E. E., Sansores L. L. I., Zapata B. G. J. y Ortega R. L. 2000. Composición botánica y valor nutricional de la dieta de bovinos en un área de vegetación secundaria en Quintana Roo. *Téc Pecu Méx.* 38(2):105-117.
- Sotelo A., Mendoza J. y Argote R. M. 2002. Contenido de ácido fítico en algunos alimentos crudos y procesados. Validación de un método calorimétrico. *Revista de la Sociedad Química de México.* 46(4):301-306.
- Sotelo A., Migliaro P., Toledo A. and Contreras J. 1999. Chemical composition, digestibility and antinutritional factors content of two wild legumes: *Styphonolobium burseroides* and *Acacia bilimekii*. *Plant Foods Human Nutr.* 54:59-65.
- Sridhar K. R. and Seena S. 2006. Nutritional and antinutritional significance of four unconventional legumes of the genus *Canavalia*. A comparative study. *Food Chemistry.* 99:267-288.
- Stanislaus J. S., Douglas K. A. and Balandrin M. F. 1981. Toxic Constituents of legume forage plants. *Economic Botany.* 35(3):321-355.

- Stürm C. D., Tiemann T. T., Lascano C. E., Kreuzer M. and Hess H. D. 2007. Nutrient composition and *in vitro* ruminal fermentation of tropical legume mixtures with contrasting tannin contents. *Animal Feed Science and Technology*. 138:29-46.
- Taiz L. and E. Zeiger. 2002. *Plant Physiology*. Third Edition. Sinauer Associates Inc. Sutherland, USA. 690 p.
- Villavicencio E. L. y Valdez H. J. I. 2003. Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal, rusticano de café en San Miguel, Veracruz, México. *Agrociencia*. 37:413-423.
- Wink M. 2003. Evolution of toxins and anti-nutritional factors in plants with special emphasis on Leguminosae. *In: Acamovic T., Steward T., Pennycott C. S. Poisonous Plants and Related Toxins*. CABI publishing. Wallingford, Oxon, GBR. p. 1-25.
- Winkel-Shirley B. 2001. Flavonoid biosynthesis. A colorful model for genetics, biochemistry, cell biology, and biotechnology. *Plant Physiology*. 126:485-493.
- Zapata B. G., Bautista Z. F. y Astier C. M. 2009. Caracterización forrajera de un sistema silvopastoril de vegetación secundaria con base en la aptitud del suelo. *Téc Pecu Méx*. 74(3):257-270.

**CAPITULO IV. RECOLECCIÓN DE ÁRBOLES Y ARBUSTOS CON POTENCIAL
FORRAJERO PARA EL TRÓPICO MEXICANO**

RECOLECCION DE ÁRBOLES Y ARBUSTOS CON POTENCIAL FORRAJERO PARA EL TRÓPICO MEXICANO

Francisco Enrique Cab Jiménez, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2011.

RESUMEN

Se realizaron recolectas de leguminosas en los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán con el objetivo de seleccionar a las más promisorias para formar parte de los sistemas en la producción ganadera de la región, determinado mediante una revisión de literatura sobre su potencial forrajero. Se lograron recolectar un total de 13 especies de leguminosas, algunas endémicas de la región, la mayoría soportan suelos pobres de materia orgánica y más aún, se mantienen productivas en la época seca del año. La mayoría tiene usos múltiples: ornamentales, leña, cercos vivos, medicinales y fuente de forraje. Este último punto es el más interesante ya que en diversos estudios realizados para especies locales se ha informado que son consumidas por bovinos, caprinos, ovinos, gallinas y caballos. Las más estudiadas son; *Lysiloma latisiliquum*, *Piscidia piscipula*, *Lonchocarpus rugosus*, *Albizia lebbeck*, *Calliandra houstoniana* y *Bahuinia divaricata*. La mayoría de las especies fueron recolectadas en áreas ganaderas, lo cual es un indicativo de su presencia en la dieta del animal.

Palabras clave: leguminosas nativas, recolectas, potencial productivo, arbóreas.

TREES AND SHRUBS WITH FORAGING POTENTIAL IN THE MEXICAN TROPICS

Francisco Enrique Cab Jiménez, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2011.

ABSTRACT

Legume collections were done in the states of Campeche, Quintana Roo, and Yucatan in order to select the most promising legumes to be part of the cattle production systems in the region, determined through a literature revision on their foraging potential. A total of 13 legume species were identified, some of which being endemic to the region. Most of them can withstand soils with poor organic matter content, and even remain productive during the dry season. Most of the species have multiple uses: ornamental, firewood, live fences, medicinal, and as a source of forage. This latter use is the most interesting, since they are consumed by bovines, goats, sheep, chickens, and horses. The most studied species are *Lysiloma latisiliquum*, *Piscidia piscipula*, *Lonchocarpus rugosus*, *Albizia lebbeck*, *Calliandra houstoniana*, and *Bahuinia divaricata*. Most species were collected in cattle growing areas, which indicates their presence in the animals' diet.

Key words: native legumes, collected, productive potential, arboreal.

4.1. INTRODUCCIÓN

En México, los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán, se ubican en la región tropical seca, donde la ganadería es importante para la economía de los habitantes. Así, la producción de rumiantes se realiza bajo pastoreo extensivo con el uso de gramíneas de temporal; de acuerdo a Osorio-Arce *et al.* (1999) los más utilizados son el pasto Guinea (*Panicum máximum*) y estrella de África (*Cynodon plectotachyus*). Por otra parte, la urbanización y la práctica de roza-tumba-quema, han hecho que los suelos sean cada vez más infértiles (Castillo-Camaal *et al.*, 2010). Sin embargo, las regiones tropicales del país cuentan con una riqueza inexplorada de leguminosas arbóreas y arbustivas con potencial forrajero, más importante aun, estas especies son regeneradoras de suelos degradados (Benavides, 1994), se encuentran en los bosques secundarios, pueden formar parte de la dieta de los rumiantes, toda vez que cuenten con las características nutritivas que determinen su potencial (García *et al.*, 2008).

En varios estados de la República Mexicana se han realizado recolectas e identificaciones donde sobresalen las especies pertenecientes a Fabaceae, confirmando su presencia en zonas ecológicas donde la deficiencias de alimentación es recurrente en la época seca del año (Sosa *et al.*, 2004). La caracterización de especies arbóreas para su incorporación a los sistemas de producción es una meta a cumplir; con lo que se aprovecharán las especies nativas, para aumentar rendimientos de carne y leche y así, disminuir los costos de producción (Rodríguez *et al.*, 1994). *Leucaena*, *Gliricidia*, *Cratylia*, *Acacia* y *Pithecellobium* incluyen especies utilizadas; sin embargo, existe una gran diversidad de especies que aún necesitan ser estudiadas

para su introducción a los sistemas de producción como bancos de proteína, sistemas silvopastoriles o en asociación gramínea-leguminosa, aumentando la calidad y cantidad del forraje presente en la pradera (Pinto-Ruiz *et al.*, 2005; Pérez *et al.*, 2008).

El objetivo del presente estudio fue realizar recolectas de leguminosas arbóreas y arbustivas en los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo, realizar su identificación, descripción botánica y determinar su valor forrajero.

4.2. MATERIALES Y MÉTODOS

4.2.1. Sitios de recolección

La recolección de las especies arbustivas y arbóreas se llevó a cabo durante tres años (2008-2010), en los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán. La Península de Yucatán tiene un clima cálido subhúmedo y lluvias en verano (García, 1988), varía alrededor de 26°C, con 23°C como mínima y 28°C como máxima. La precipitación media anual varía entre 1000-1800 mm. Se caracterizan por tener en su territorio una vegetación de selva mediana y vegetación secundaria.

4.2.2. Procedimiento de recolecta

Se siguió la metodología descrita por Schultze-Kraft (1979), la cual consiste en recorrer carreteras o caminos; un trayecto previamente determinado haciendo paradas conforme se observa el cambio en la vegetación, topografía y el suelo. En cada parada en la carretera se examinó la vegetación nativa hasta una cierta distancia pues la variación se puede dar de unos pocos a varios cientos de metros cuadrados (Fig. 4.1).

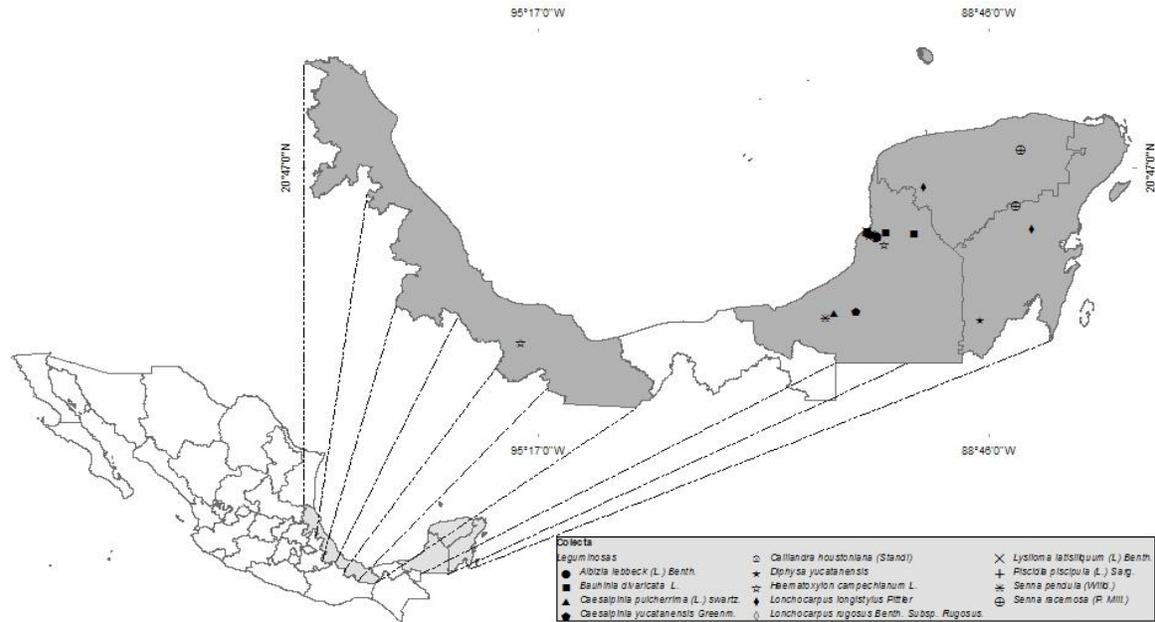


Figura 4.1. Localización de los puntos de recolecta en los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo.

4.2.3. Criterios tomados para la selección

Siempre se buscaron especies pertenecientes a la familia de las leguminosas, tomando en cuenta cualquiera de las subfamilias: *Papilionoideae*, *Caesalpinioideae* y *Mimosoideae*. La selección se realizó bajo conocimiento de la estructura de las flores, hojas, frutos y tipo de crecimiento. Dado al objetivo de la investigación, estas leguminosas tendrían las características de poseer abundante biomasa aérea (hojas) y carecer de espinas, estos puntos fueron los que se tomaron en cuenta durante los recorridos.

Se realizó un total de seis viajes de recolectas, el primer recorrido sirvió para identificar la vegetación y determinar puntos que se recorrerían en los viajes subsecuentes; esto, debido a que fue necesario recolectar partes de las plantas en diferentes fases de crecimiento (vegetativo y reproductivo), lo que permitió obtener material vegetal adecuado para su identificación hasta especie.

En cada sitio donde se recolectó, se tomaron cuatro muestras vegetales, que se colocaron en prensa botánica, se tomaron datos básicos como altitud, longitud, características topográficas y zona ecológica. Para cada material recolectado, se tomaron muestras de flor completa, las cuales, fueron introducidas en alcohol al 75%, con el fin de conservarlas en buen estado para su identificación en laboratorio. Es importante señalar que las recolectas se realizaron en zonas ganaderas.

4.2.4. Identificación y caracterización

La identificación de las especies muestreadas se llevo a cabo en el Herbario del Colegio de Postgraduados y en el Herbario de la Universidad Nacional Autónoma de México, mediante el uso de claves taxonómicas y comparación con material de los herbarios mencionados anteriormente. Se mencionaran las características nutritivas de las especies, con el apoyo de información bibliográfica.

4.3. RESULTADOS

Con base a los resultados obtenidos en esta investigación se pudo determinar que existe diversidad de especies arbustivas y arbóreas en los estados Campeche, Yucatán y Quintana Roo, las cuales se pueden observar en el Cuadro 4.1. Toda vez identificado el material vegetal, se obtuvo un total de 13 especies de leguminosas, las cuales representan a las tres subfamilias: *Caesalpinioideae*, *Papilionoideae* y *Mimosoideae*.

Cuadro 4.1. Listado de especies recolectadas en Campeche, Yucatán y Quintana Roo.

Leguminosas	Subfamilia
1 <i>Senna racemosa</i> (P. Mill.) Irwin et Barneby	Caesalpinioideae
2 <i>Haematoxylon campechianum</i> L.	Caesalpinioideae
3 <i>Senna pendula</i> (Willd.) Irwin et Barneby var. advena (Vogel) Irwin et Barneby	Caesalpinioideae
<i>Caesalpinia yucatanensis</i> Greenm. subsp. yucatanensis	Caesalpinioideae
4 <i>Bauhinia divaricata</i> L.	Caesalpinioideae
5 <i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Swartz.	Caesalpinioideae
6 <i>Albizia lebeck</i> (L.) Benth.	Mimosoideae
7 <i>Lysiloma latisiliquum</i> (L) Benth.	Mimosoideae
8 <i>Calliandra houstoniana</i> (Standl)	Mimosoideae
9 <i>Lonchocarpus longistylus</i> Pittier	Papilionoideae
10 <i>Diphysa yucatanensis</i> Hanan et M. Sousa	Papilionoideae
11 <i>Lonchocarpus rugosus</i> Benth. subsp. rugosus.	Papilionoideae
12 <i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	Papilionoideae

Cuadro 4.2. Distribución de las especies con relación a su entorno.

Leguminosas	Tipo de Vegetación	Hábitat específico	Tipo de terreno	Topografía	Localización del sitio
<i>S. racemosa</i> (P. Mill.)	Árboles, Arbustos y gramíneas	Arboles de <i>Piscidia piscipula</i> , <i>Leucaena leucocephala</i> , <i>Bauhinia divaricata</i> y	Pedregoso	Terreno plano	Potreros a orilla de la carretera
<i>H. campechianum</i> L.	Arboles y gramíneas	Cítricos y gramíneas	Pedregoso	Terreno plano	Orillas de carretera
<i>S. pendula</i> (Willd.)	Árboles, arbustos y gramíneas	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> , <i>Leucaena leucocephala</i> , <i>Bauhinia divaricata</i> , <i>Panicum</i>	Pedregoso	Terreno plano	Potreros a orilla de la carretera
<i>C. yucatanensis</i> Greenm.	Arboles y gramíneas	<i>Leucaena leucocephala</i> , <i>Panicum máximum</i> y <i>Brachiaria</i> .	Litosol	Terreno plano	Potreros a orilla de la carretera
<i>B. divaricata</i> L.	Árboles, arbustos y gramíneas	<i>Piscidia piscipula</i> , <i>Lonchocarpus rugosus</i> , <i>Bauhinia divaricata</i> , <i>Panicum máximum</i> ,	Pedregoso	Pequeñas colinas y terreno plano	Potreros a orilla de la carretera
<i>C. pulcherrima</i> (L.) Swartz.	Arbustos y plantas ornamentales	<i>Leucaena leucocephala</i> y jardines	Litosol	Terreno plano	Orillas de carretera
<i>A. lebbeck</i> (L.) Benth.	Árboles, arbustos y gramíneas	<i>Lysiloma latisiliquum</i> , <i>Leucaena leucocephala</i> , <i>Bauhinia divaricata</i> y <i>Panicum</i>	Pedregoso	Lomerío	Orillas de carretera
<i>L. latisiliquum</i> (L.) Benth.	Árboles, arbustos y gramíneas	<i>Leucaena leucocephala</i> , <i>Bauhinia divaricata</i> y <i>Panicum máximum</i> .	Pedregoso	Lomerío	Potreros a orilla de la carretera
<i>Calliandra houstoniana</i> (Standl)	Arboles y gramíneas	<i>Piscidia piscipula</i> , <i>Lonchocarpus rugosus</i> , <i>Bauhinia divaricata</i> y <i>Panicum máximum</i>	Pedregoso	Terreno plano	Orilla de carretera
<i>L. longistylus</i> Pittier	Árboles y arbustos	<i>Brosimum alicastrum</i> y <i>Leucaena</i>	Litosol	Terreno plano	Orilla de carretera
<i>Diphysa yucatanensis</i>	Árboles, arbustos y gramíneas	<i>Lysiloma latisiliquum</i> , <i>Leucaena leucocephala</i> , <i>Panicum máximum</i> y <i>Cynodon</i>	Pedregoso	Terreno plano	Potreros a orilla de la carretera
<i>L. rugosus</i> Benth. Subsp. <i>Rugosus</i> .	Árboles, arbustos y gramíneas	<i>Lysiloma latisiliquum</i> , <i>Bauhinia divaricata</i> , <i>Calliandra houstoniana</i> y <i>Panicum máximum</i>	Pedregoso	Terreno plano	Orilla de carretera
<i>P. piscipula</i> (L.) Sarg.	Árboles y arbustos	<i>Erythrina</i> , <i>Leucaena leucocephala</i> y especies	Litosol	Terreno plano	Potreros a orilla de la

A continuación se realiza la descripción de las leguminosas identificadas.

4.3.1. *Mimosoideae*

4.3.1.1. *Albizia lebbek* (L.) Benth.

Nombre común. Acacia Amarilla, Tíbet, Casia Amarilla, Cabello de Ángel, Chakte'koox, Xka Chakte'koox, Algarroba (Yucatán, Campeche y Quintana Roo) (Arellano *et al.*, 2003).

Descripción.

Árbol pequeño o mediano de hasta 10 m de altura, copa redondeada. Hojas de 12-30 cm de largo, peciolo de 6 a 7 cm de largo, raquis de 5 a 9 cm de largo, pilosos, de 2 a 3 pares de pinnas cada 7 a 14 cm de largo. Foliolos de 5 a 7 pares por pinna, oblongos, ápice redondeado. Flores en capítulos pedunculados, agrupadas en 2 ó 3 capítulos, brácteas lineales de 3 mm de largo, pedicelos de 2 mm de largo. Flores periféricas; cáliz tubular, 3 a 6 mm de largo, 5 a 6 lóbulos, poca pubescencia. Legumbre de color ocre-marrón, usualmente dehiscente a lo largo de la sutura, válvulas onduladas. De 4 a 11 semillas por vaina, de color marrón oscuro, circulares en su contorno, areola marrón, en tono mas pálido que el resto de la semilla (Rico *et al.*, 2008).

Es nativa de Asia tropical, introducida en los neotropicos; se ubica desde el Golfo de México (Sinaloa, Tamaulipas, hasta la península de Yucatán), al sur en

Chiapas y en América Central en Panamá. Generalmente, se encuentra en las costas de Yucatán, se cultiva en los centros del pueblo con plantas ornamentales. Crece entre los 500 y 2500 m.s.n.m., tolera suelos alcalinos, pero requiere de buen drenaje. Resiste periodos de sequía de hasta seis meses. Florece de febrero a noviembre, produce legumbre todo el año (Niembro, 1990; Fig. 4.2).

Usos. Ornamental y forraje para ganado bovino. Las hojas tiernas son muy apreciadas por los animales y las flores producen miel de excelente calidad (Arellano *et al.*, 2003).

Composición química y valor forrajero.

Esta especie tiene alto potencial forrajero en zonas tropicales de México, lo que la hace promisoría para ser explotada en los sistemas de producción en pastoreo. Con proteína cruda (PC) de 19.2%; fibra detergente neutro (FDN), 42.2%; fibra detergente ácido (FDA), 24.9%; cenizas, 6.9% (García y Medina, 2006). Esta leguminosa ha sido evaluada en la alimentación de cabras y borregos, algunos autores la recomiendan para suplementar a los rumiantes en la época seca del año, ya que persiste su calidad nutritiva, ayudando a mantener la producción de leche y ganancia de peso en los animales (Ndemanisho *et al.*, 2006). El contenido de metabolitos secundarios (taninos, saponinas, alcaloides y fósforo fítico) en el follaje ha sido considerado como de bajas proporciones, lo cual no afecta la digestibilidad de la materia seca (MS) (García *et al.*, 2006).

Es utilizada para alimentar vacas lecheras, con resultados de 8 L vaca⁻¹ d⁻¹, siendo recomendada su utilización en la época seca, debido a su valor nutritivo y producción de follaje durante ese periodo (Milera *et al.*, 2004).



Figura 4.2. *Albizia lebbeck* (L.) Benth.

4.3.1.2. *Lysiloma latisiliquum* (L) Benth.

Nombre común. Salam, Tzalám. Bo'ox tzalam, tsukte' (Yucatán, Campeche y Quintana Roo; Arellano *et al.*, 2003).

Descripción.

Árbol o arbusto de hasta 20 m de altura, de hojas pinnadas. Estípulas a menudo visibles y subfoliadas. Flores en cabezuelas blancas, axilares o en racimos en su

mayoría irregulares y pequeños. Calix sinuado-dentado. Corola de forma tubular, lóbulos más cortos que el tubo. Estambres numerosos, basalmente connados. Legumbre estipitado, plana en términos generales oblonga, no septadas internamente (Duane, 1970).

Pertenece a selva media subperennifolia, característico del estado de Yucatán y Campeche. Es abundante y con alta regeneración natural en sitios con vegetación secundaria (López-Torres y Tamarit-Urias, 2005). Con porte arbustivo, se encuentra distribuida desde el centro de México hasta los países de Centro América con preferencia en zonas tropicales y subtropicales (Lewis *et al.*, 2005). Estudios recientes en Yucatán demuestran la presencia de 1320 individuos ha⁻¹, en zonas con mayor presencia (Zamora *et al.*, 2008). Comúnmente, la vegetación donde se desarrolla incluye plantas de los géneros *Bursera*, *Senna*, *Metopium*, *Piscidia* y *Vitex* (Gale y Pennington, 2004). Durante la época seca, que generalmente ocurre a finales de enero y principios de junio, mantiene alta proporción de hojas (Zamora, 2003; Fig. 4.3).

Usos. Sombra, maderable, forrajera para ganado bovino y equino, cerco vivo (Arellano *et al.*, 2003).

Composición química y valor forrajero.

Su valor nutritivo es representado por los componentes de PC (17.9%), FDN (48.8%), FDA (32.1%), Cenizas (4.5%), lignina (9.8%) y algunos compuestos secundarios como los taninos totales (29 g kg⁻¹ MS⁻¹), taninos condensados (19 g

kg⁻¹ MS⁻¹) (Alonso-Díaz *et al.*, 2009), saponinas (1.82%) y alcaloides (0.05%) (García y Medina, 2006). En pruebas de cafetería, se ha registrado un aceptable consumo del follaje de *L. latisiliquum* y en un periodo de 4 h; este fue de 143.9 g MS por cabra, lo cual es un promedio apreciable con respecto a otra especie evaluada que fue *Piscidia piscipula* (144.6 g MS cabra⁻¹) (Alonso-Díaz *et al.*, 2008).



Figura 4.3. *Lysiloma latisiliquum* (L)

4.3.1.3. *Calliandra houstoniana* (Standl).

Nombre común: K'analsin, k'nasin, Cola de Gallo, Pescatodo, Cabello de ángel, Barba de Chivato (Sonora, Chihuahua), Barba de Chivo (Chiapas), Cabello de ángel (San Luis Potosí) (Arellano *et al.*, 2003).

Descripción

Árbol erecto de tallos simples o múltiples, con algunas flores en las ramas verticales, de 1-6 m de altura; tallos de 10 cm de diámetro en la base; ramillas cilíndricas y estrilladas, color marrón, pilosos o densamente pilosos, rara vez glabras, por lo general tricomas largos ferruginosos. Pinnas (-5) 9-13 (-17); peciolo 11-28 (-42) mm de largo, cilíndrico angulado, raramente pilosos; raquis de 63- 120 (158) mm de largo, cilíndrico angulado, densamente piloso, rara vez glabro; raquilla (23) 33 a 78 (120) mm de largo, foliolulos de (20) 30 a 75 (100) pares por pinna. Estípulas de 6x5 mm, ovado, con poca pubescencia. Inflorescencia de 30 cm de largo, 3 a 5 flores por umbrela. Las vainas de 136 x 21 mm, lineal-oblongas a obovadas, agudas, densamente pilosos, generalmente con pelos rígidos y oscuros. Semillas usualmente ocho, ovadas, 6.5 a 8.5 x 5 a 6 mm, de color marro de manchas oscuras (Macqueen y Hernández, 1997; Fig. 4.4).

Crece en áreas con una temperatura media anual de 22 a 28°C, no tolera sitios fríos, crece en una gran variedad de sitios, desde planos a pantanosos, al Este, se usa para abrir pastizales en la costa mexicana del Pacífico y las pendientes pronunciadas en el Centro y Sur de México y América Central. Resiste a una gran diversidad de suelos; habita en zonas con precipitaciones en rango de 500 a 5000 mm anuales (Macqueen y Hernández, 1997).

Usos. Forrajera para ganado equino, bovino, borregos, para cerco vivo (Avendaño y Acosta, 2000).

Composición química y valor forrajero

El valor nutritivo de *C. houstoniana* varia de la época seca a lluvias; PC, 15 a 13%; FDN, 48 a 76; FDA, 35 a 66; hemicelulosa, 10 a 14% y digestibilidad *in vitro* de 21 a 28% (Ramírez *et al.*, 2007; Jimenez-Ferrer *et al.*, 2008).



Figura 4.4. *Calliandra houstoniana* (Standl).

4.3.2. Caesalpinioideae

4.3.2.1. *Senna racemosa* (P. Mill.) Irwin et Barneby

Nombre común: Gan puhruz, Kan-lool, Kanasin, Xkanlol (Acosta *et al.*, 1998).

Descripción

Planta arbórea con 10 m o más de altura, ramas pubescentes con tricomas rojizos. Hoja con eje pubescente, 4.8 a 11.5 cm; peciolo 1.6 a 4 cm, eglandular; estípulas lineares. Foliolos 5 a 7 pares, elípticos, glabros por la faz, pubérulos por el envés, ápice agudo redondeado, mucronado, base ligeramente asimétrica.

Inflorescencia racemosa, axilar, racimos cortos, pedicelos 1.5 a 2.5 cm. Sépalos orbiculares los tres internos 5 mm, los dos externos 3 mm. Pétalos ovados o orbiculares, 0.9 a 1.5 cm. Diez estambres, siete más grandes y tres estaminodios pequeños; filamentos de 2 a 3 mm; anteras basifijas, dehiscentes por poros apicales, 1 a 4.3 mm. Legumbre linear oblonga, glabra, comprimida lateralmente, ápice redondeado mucronado, base cuneada. Semillas de 15 a 22 por vaina, oblongas, comprimidas lateralmente, color carmelita claro, areola oblonga de color más fuerte que el resto de la testa (Barreto, 1998).

Se distribuye desde Cuba hasta América Central (México, Guatemala). Por su porte arbustivo o arbóreo se desarrolla en selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia. En la península de Yucatán es frecuente encontrarla en vegetación de sucesión secundaria (Sánchez-Sánchez *et al.*, 2002; Fig. 4.5).

Usos. Melífera, ornamental y para mangos de herramientas, lo consumen cerdos y gallinas (Acosta *et al.*, 1998).



Figura 4.5. *Senna racemosa*. (P. Mill.) Irwin et Barneby

4.3.2.2. *Senna pendula* (Willd.) Irwin et Barneby var. *advena* (Vogel) Irwin et Barneby

Descripción

Planta arbustiva de 4 m de altura; ramas cilíndrico estriadas, glabras a pubérulas, eje de la hoja 4.4 a 7.6 cm; peciolo 2 a 3 cm, con un nectario claviforme entre el primer par de foliolos y pares cercanos a éste; foliolos 4 a 5 pares, ovados, ápice redondeado mucronado, glabros 1 a 4 cm; eje de la inflorescencia 5 a 18 cm, pedicelos pubescentes; legumbre cilíndrica, ápice cuspidado, base estrechamente cuneada, 9 a 12 cm, dehiscente. Inflorescencia racemosa. Sépalos los dos externos estrechamente elípticos a lanceolados, los tres internos elípticos, 0.3 a 1 mm. Pétalos amarillos, cremas cuando secos, obovados u oblongo elípticos. Estambres 10, dos grandes con filamentos largos, alados y anteras rostradas, uno igual a los anteriores con filamento más corto, cuatro medianos con anteras cortamente rostradas y filamentos cortos y tres pequeños. Semillas con una cara

lateral ligeramente convexa y la otra con dos depresiones laterales o una depresión más o menos central (Barreto, 1998; Fig. 4.6).

Distribución: Cuba, América Central (México, Guatemala, Panamá), Sudamérica (Colombia, Venezuela), Antillas mayores (Republica Dominicana, Haití).



Figura 4.6. *Senna pendula* (Willd.) Irwin et Barneby var. *advena*

4.3.2.3. *Haematoxylon campechianum* L.

Nombres comunes. Ek', Palo de Tinta, Palo de Campeche, Tinta, Bon Che', Eek' (Arellano *et al.*, 2003).

Descripción

Planta arbórea o arbustiva, de hasta 8 m, con espinas 0.4 a 1.5 cm; rojo negruzcas en la parte superior, ramas cilíndricas, glabras, lenticeladas. Hojas

unipinnadas, las inferiores bipinnadas, paripinadas, eje de las hojas 3 a 4 cm; pinnas tres; estípulas cetáceas, 3 mm; peciolos 3 a 1.5 cm. Foliolos 3 a 4 pares, obovados, ápice profundamente emarginado, base ligeramente asimétrica y cuneada, glabros, peciolulos de menos 1 mm. Nervio medio conspicuo por el envés; venas secundarias más conspicuas por la faz que por el envés, venación principal inconspicua (Barreto, 1998).

Inflorescencia axilar, racemosa; eje de la inflorescencia 2.5 a 7 cm; pedicelos 4-6 mm. Sépalos oblongos a estrechamente abovados. Pétalos blancos amarillentos, abovados, 4 a 5 mm. Diez estambres; filamentos, 3.7 a 4.7 mm, con tricomas blancos, setosos, en la porción media hacia la base; anteras dorsifijas. Legumbre samaroide, oblonga, delgada, membranácea, glabra, ligeramente estipitada.

Crece bien en matorrales xeromorfos, costeros y subcosteros, y en bosques siempre verde, en selvas bajas, inundable, bosque haematoxylon y Lonchocarpus (Barreto, 1998; Arellano *et al.*, 2003; Fig. 4.7).

Usos. Esta especie es originaria de Yucatán, y es utilizada como ornamental por sus flores, también como arboles de sombra, melífera (néctar y polen; Andrés, 2004).



Figura 4.7. *Haematoxylon campechianum* L.

4.3.2.4. *Caesalpinia yucatanensis* Greenm. subsp. *yucatanensis*.

Nombre común: K'anpok'olk'um, Ta'k'inche', Xk'anpok'olk'um, Top Ok'um, Cocoite Negro, Mascab-che, Takinche, Taak'inche', Top Lajun, Xpak'um (Arellano *et al.*, 2003).

Descripción

Plantas arbóreas, arbustivas o herbáceas o trepadoras, espinosas o inermes. Hojas alternas, bipinnadas o raramente unipinnadas, pinnas opuestas a subopuestas; estípulas variables, ausentes o tempranamente dehiscentes, o inconspicuas. Inflorescencia axilar o terminal, racemosa paniculada, flores hermafroditas, raramente unisexuales, pentámeras, amarillas o rojas, a menudo vistosas. Brácteas ausentes en la antesis o persistentes; bractéolas ausentes. Cáliz zigomorfo, sépalos cinco, separados casi hasta la base, imbricados, el más

inferior externo, cóncavo a cimbitiforme; hipanto presente. Pétalos cinco, imbricados, ligeramente desiguales o el superior más pequeño. Estambres diez, fértiles; filamentos a menudo pubescentes o glandulosos en la base. Legumbre bivalvo o indehiscente, inerme o espinoso, aovado o lanceolado, comprimido, áptero. Semillas transversas, aovadas a orbiculares, o globosas, con endosperma o sin endosperma, con radícula recta o ligeramente oblicua (Barreto, 1998).

Planta de selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia, endémica. Se tiene poca información sobre esta especie, se distribuye en los estados de Quintana Roo, Yucatán, Veracruz, Tabasco, Chiapas, Belice y el Peten (Arellano *et al.*, 2003).

Usos. Maderable y para cercar terrenos; melífera (polen); potencial como planta ornamental (Rico-Gray *et al.*, 1990).

C. yucatanensis ha sido utilizada en los sistemas de producción de “milpas” por los productores de maíz en el estado de Yucatán; obteniendo resultados, como mejorador del suelo por la aportación de nitrógeno a un plazo de cuatro años. El incremento en rendimiento de maíz se le atribuye a la asociación con la leguminosa. Después de la cosecha, se introducen bovinos al sistema de milpa (Ayala *et al.*, 2005).

4.3.2.5. *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Swartz

Nombre común. Chaksik'in, Flor de Camarón, Guacamayo, K'aansink'in, Sik'in, Xikib, Sukin, Tsikin, Flor de Arito (Arellano *et al.*, 2003).

Descripción

Arbusto o árbol pequeño, con ramas glabras. Hojas moderadamente largas, doblemente pinnadas; peciolo de 2 a 8 cm, largo, cilíndrico, eglandulare, glabro, estípulas lanceoladas, caducas; pinas de ocho ó mas pares, opuestos en el raquis, foliolos alrededor de 10 pares, subopuestos, sobre todo oblonga, 10 a 23 mm de largo y 5 a 10 mm de ancho. Ápices redondeados, obtusos, glabros y membranosos. Inflorescencia generalmente terminal, en racimo, corimbosas. Flores ornamentales, de rojo a amarillo, cáliz de tubo estrecho de cornetes, 3 a 4 mm de largo, el tallo pedicular sub-articulado de unos pocos mm debajo del tubo, pétalos libres ovados de unos 2 cm de largo, glabros, con garras; 10 estambres insertados con los pétalos en el borde del tubo del cáliz, filamentos libres de unos 5 cm de largo; anteras ovadas de 1 a 2 mm; ovario lineal, glabro, estipitado desde la base del tubo del cáliz. Legumbre lineal-oblonga, de hasta 12 cm de largo, semillas ovales, aplanado, glabro, dehiscentes (Barreto, 1998).

Ecología. Se distribuye en todos los trópicos del mundo, probablemente originaria de América Central.

Usos. Ornamental, en medicina para tratar amenorrea, resfriado común, úlceras en la boca, cercas vivas y forrajera (Arellano *et al.*, 2003).

Composición química

En semillas, se han detectado niveles de proteína cruda de 42.9 a 48.0%; carbohidratos, de 18.3 a 39.1%; fibra cruda, 5.9 a 9.0%; lípidos crudos, de 5.6 a 6.0%; humedad, de 7.3 a 9.0% y el valor calórico entre 217.5 a 312.1 kcal 100 g⁻¹, en semillas y frutos con semillas, respectivamente. El valor nutritivo de *C. pulcherrima* es mayor en el fruto entero que en la semilla sola (Bhat y Karim, 2009).

4.3.2.6. *Bauhinia divaricata* L.

Nombre común. Pata de Vaca, Dzulubtok, Ts'uruk Took', Maay Wakax, Sak Tu'ulubtook, Calzoncillo (Arellano *et al.*, 2003).

Descripción

Plantas arbóreas o arbustivas, con espinas estipulares o inermes. Hojas alternas, uniyugas, generalmente bilobuladas, menos frecuente bifolioladas o unifolioladas; estípulas generalmente caedizas, cuando hay espinas, generalmente son curvas (Barreto, 1998).

Inflorescencia racemosa, o racemoso paniculada, o flores pareadas o solitarias, terminales o subterminales y axilares. Brácteas solitarias, pequeñas, ausentes en

la antesis; bractéolas dos, pequeñas no encerrados al botón. Cáliz gamosépalo, sépalos cinco, valvados, soldados casi hasta el ápice, limbo espatáceo o 2-5 lobulado; hipanto evidente. Pétalos cinco, raramente menos; a menudo grandes y vistosos, libres, imbricados subiguales, blancos, rosados a rojos o amarillos, el superior generalmente más oscuro o diferente de los otros. Estambres diez, fértiles uno a diez, estaminodios, si presentes, muy reducidos; filamentos connados en la base o libres; anteras versátiles, dehiscente por hendiduras longitudinales. Ovario estipitado, estigma capitado, oblicuo o poco diferenciado del estilo, rudimentos seminales pocos a numerosos. Fruto bivalvo, generalmente oblongo a linear, cartaceo a leñoso, elásticamente dehiscente o indehiscente. Semillas lateralmente comprimidas, con o sin endosperma, hilo creciente; cotiledones planos. Para obtener hasta un 57% de germinación se recomienda la escarificación con ácido sulfúrico, por 15 minutos (Alderete-Chávez *et al.*, 2011; Fig. 4.8).

Se han registrado cerca de 300 especies, abundantes en el N de Sudáfrica y S de Asia. En la región neotropical se distribuyen desde el sur de Texas en los Estados Unidos hasta el norte de Argentina. En Cuba tienen siete especies (Barreto, 1998).

En Yucatán, se encuentran cinco especies nativas; dentro las cuales se encuentra *B. divaricata*, y dos especies cultivadas. En México, se encuentran desde el vertiente del Golfo, del Pacífico y en la Península de Yucatán, donde se encuentra bien representada (Turner, 1994). Crece en selva baja caducifolia, selva mediana

subcaducifolia, selva mediana subperennifolia y vegetación secundaria. *Bauhinia divaricata* florece todo el año y ha sido colectada en fruto todo el año (Torres-Colín *et al.*, 2009).

Usos. Cerco vivo y ornamental (Avendaño y Acosta, 2000). La madera se usa para construcción rural en general (Torres-Colin *et al.*, 2009).

Composición química y valor forrajero

Ha sido evaluada como especie forrajera por su aceptabilidad por lo animales y valor nutritivo que es representada de la siguiente manera: cenizas, 9.1%; PC, 13.8%; DIVMS, 38.7%; FDN, 48.1%; FDA, 34.7%; Fenoles, 1.4 g kg⁻¹ y taninos, 15.5 g kg⁻¹, los autores concluyen con que es una alternativa como fuente de forraje, de acuerdo al conocimiento de los productores (Sosa *et al.*, 2004). Zapata *et al.* (2009), confirman lo mencionado anteriormente, siendo *B. divaricata* una especie apta para ser utilizada como forrajera, debido a su rápido crecimiento después del corte y buen rendimiento productivo, así como una adecuada calidad nutritiva. *B. divaricata* se encuentra presente en zonas ganaderas, principalmente a orillas de carretera, o en las praderas, lo que ha permitido a los productores observar la preferencia de esta planta por los animales (Toral *et al.*, 2000).



Figura 4.8. *Bauhinia divaricata* L.

4.3.3. Papilionoideae

4.3.3.1. *Piscidia piscipula* (L.) Sarg

Nombre común: Ha'abin (Jabin), Ha'bi, Ha'bim, Jabin, Ya'ax Ja'abin.

Descripción.

Árbol de hasta 20 m de altura, caducifolio, copa densa, corteza fisurada, hojas ovadas compuestas imparipinnadas, foliolos elípticos verde oscuros, flores en panículas ligeramente perfumadas, pétalos rosados o ligeramente morados, florea de febrero a mayo, frutos en forma de vaina con alas color café y alargados quebradizos al madurar (Lewis *et al.*, 2005; Fig. 4.9).

Se desarrolla en selvas altas perennifolia y subperennifolia, selvas medianas subperennifolia y subcaducifolia y selvas bajas caducifolia y caducifolia espinosa (Arellano *et al.*, 2003). Se encuentra distribuida en Yucatán, Campeche y Quintana Roo, está adaptada a regiones tropicales con baja fertilidad, buen

drenaje y soporta periodos largos de sequía, se distribuye a otros países de América Central (White y Hood, 2004).

Usos. Para tratar enfermedades abdominales, madera para construcción (Jiménez-Ferrer *et al.*, 2008), melífera, cercos, forraje para bovinos y ovinos (Arellano *et al.*, 2003; Zamora *et al.*, 2009). Es utilizado para restaurar suelos degradados, por su rápido crecimiento y aportación de materia orgánica (Allen *et al.*, 2005).

Composición química y valor forrajero

Es una especie forrajera con alto valor nutritivo; PC (19.4%), FDN (47.7%), FDA (27.5%), Lignina (11.6%), Fenoles Totales (1.1%), Taninos Totales (1.8%), Taninos Condensados (5.4%) (Monforte-Briceño *et al.*, 2005; Alonso-Díaz *et al.*, 2009). También se han encontrado Saponinas y Esteroides (López *et al.*, 2008). Algunos valores de consumo voluntario de *P. piscipula* en la época de mayor abundancia de follaje incluyen (Sosa *et al.*, 2004): total de bocados a una planta (32), bocados por minuto (6), consumo total (20 g), consumo por bocado (4.0 g), con una ganancia de peso por día fue de 90 g por animal. Se encuentra en vegetación secundaria; sin embargo, la presencia de esta planta arbórea en sistemas de pastoreo permite que esté disponible para su consumo (Velázquez-Martínez *et al.*, 2010).

Esta especie aun se encuentra en estado silvestre, sin embargo, se ha logrado corroborar su utilización por bovinos, durante todo el año; además, puede ser

parte constitutiva de la milpa (Acosta *et al.*, 1998). También tiene gran potencial como planta melífera.



Figura 4.9. *Piscidia piscipula* (L.) Sarg

4.3.3.2. *Lonchocarpus longistilus* Pittier

Nombre común. Balché, Saayab, Xbal-che', Palo de Patlaches, Pitorella, Palo Gusano (Arellano *et al.*, 2003).

Descripción

Árbol de hasta 10 m de altura, con follaje denso y redondeado; las flores de color lila-morado, muy llamativas; florea de noviembre a enero; los frutos son vainas planas de hasta 10 cm de largo por 4 cm de ancho. Especie endémica de la

península de Yucatán, es usada como ornamental. Hojas compuestas, imparipinnadas, de 15 foliolos, oblongas u ovadas, de 3.5 a 8.5 cm de largo.

Lonchocarpus longistylus es nativa de América, crece desde el Sureste de México; particularmente, en la península de Yucatán y Chiapas, al Sur de la región del Petén en Guatemala, que forman parte de los bosques tropicales semidesiduos. Crece bien en regiones con temperaturas promedio de 26°C, como máximo 36.7°C y un mínimo de 14.9°C. La temperatura máxima se da en los meses de Abril a Mayo. Con precipitación media anual de 1288 mm (Fig. 4.10).

Planta arbórea de selva mediana subcaducifolia, caducifolia y altas subperennifolia (Arellano *et al.*, 2003).

Usos. Como antitusivo, ornamental en ciudades, la corteza es fermentada en miel de Melipona. Los milperos preparan la bebida llamada “balche”.



Figura 4.10. *Lonchocarpus longistylus* Pittier

4.3.3.3. *Lonchocarpus rugosus* Benth

Nombres comunes. Kanasin, Choyche, K'analsin, K'anantsin (Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Guatemala), Mata Buey (Chis), Palo de Aro, Palo Fierro.

Descripción

Árboles de 8-15 m de altura; tricomas de brotes vegetativos hasta 2 mm de largo. Hojas 9 a 13 (17) folioladas; foliolos 1.5 a 3 cm de ancho, elípticos en ocasiones oblongos; estípulas 8 a 12 x 0.8 a 1.4 mm en la base, laminado-obovadas, persistentes; cáliz con el lóbulo carinal central más largo que los laterales; ovario 4 a 5 ovulado. Legumbre 1.7 a 2.1 cm de ancho, valvas lisas, márgenes algo constrictos. Plántulas con los cotiledones hipógeos (Sousa, 2008; Fig. 4.11).

En México, se encuentra distribuido en la Península de Yucatán, Campeche, Tabasco, Chiapas, Veracruz y Quintana Roo, donde la vegetación es de sucesión secundaria, con precipitaciones 300 a 1100 mm anuales (White y Hood, 2004). Crece en selva baja caducifolia y mediana subperennifolia y suelos calizos (Arellano *et al.*, 2003). Florece de mediados de agosto a principios de enero y fructifica de mediados de noviembre a abril.

Usos. La corteza y hojas para usos medicinales, maderable, melífera y para forraje (Arellano *et al.*, 2003).

Composición química

La composición bromatológica de *L. rugosus* es: Cenizas, 5.0%; PC, 15.5%; DIVMS, 49%; FDN, 51.8%; FDA, 36.5%; Fenoles, 2.6 g kg⁻¹; Taninos, 22.2 g kg⁻¹ (Sosa *et al.*, 2004). Han sido bajas las concentraciones de alcaloides en semillas de *L. rugosus* (4 a 7%) y no son problema para su consumo (Janzen *et al.*, 1990). Sosa *et al.* (2000), registraron consumo de *L. rugosus* por bovinos en la época seca, obteniendo como resultado la preferencia de los bovinos por las arbustivas, especies que enriquecen valor nutritivo de la dieta.



Figura 4.11. *Lonchocarpus rugosus*. Benth.

4.3.3.4. *Diphysa yucatanensis* Hanan et M. Sousa

Nombre común: Hilpicoy, Dzutuk, Dzucuc Susuk, Tsu'uts'u, Tzuk-tzuc, X-tsutsuk, Zuzoc, Quiebra Hacha, Ruda Simarrona.

Descripción

Árboles o arbustos (1) 3 a 4 (8) m de alto, raramente con nudosidades de donde surgen numerosas ramillas frecuentemente con braquiblastos; rara vez con

espinas; algunas ramitas con crecimiento en zig zag, a veces ramas fistulosas, glabras a glabriúsculas. Estípulas de 1.5 a 4 mm de largo, 0.4 a 0.8 mm de ancho en la base, angostamente triangulares, ligeramente falsiformes, cartáceas. Las hojas (5) 6 a 7.5 cm de largo; pulvínulo evidente; raquis terete, grabriúsculo, con escasos tricomas glandulares de base engrosada; foliolos (5) 11 a 13 (19), peciólulos 1 a 1.2 mm de largo, lámina de 1 a 2 cm de largo, 0.6 a 0.9 cm de ancho, obovada, raramente oblonga. Inflorescencias racemosas, paucifloras, generalmente una por axila, (1.5) 2.5 a 3.5 cm de largo, raramente con escasos tricomas glandulares de base engrosada; brácteas desconocidas, tempranamente caducas. Pétalos amarillos, estandarte 1.2 a 1.5 cm de largo, reflexo a fuertemente reflexo. Legumbres poco infladas, (3.5) 4.5 a 6 (9) cm de largo, 1.2 a 1.7 (2) cm de ancho, angostamente elípticas a oblongas, cartáceas, color castaño-verdoso a castaño oscuro, opacas, venación reticulada poco evidente; estípite 0.5 a 0.8 cm de largo, recto, generalmente cubierto por el cáliz, persistente; base redondeada; márgenes nervados, rectos, sin constricciones (Hanan y Sousa, 2009; Fig. 4.12).

Esta especie se distribuye desde la Península de Yucatán, Campeche, Quintana Roo, Belice y el Petén, Guatemala, en áreas aledañas de Tabasco y Chiapas. Crece bien selvas bajas y medianas caducifolias y subcaducifolias, también, se encuentra en vegetación secundaria y se mantiene en potreros.

Usos. Hoja y raíces con propiedades medicinales, se usan para sanar heridas y desinflamar. La madera para la construcción de casas, postes, leña y melífera.



Figura 4.12. *Diphysa yucatanensis* Hanan et M. Sousa

4.4. DISCUSIÓN

Se obtuvo información de trece especies recolectadas, que incluyó: morfología, usos, composición química, y potencial forrajero. De las leguminosas reportadas, no se observó presencia de espinas durante los periodos de colecta, la mayoría mostró abundante proporción de hojas. De acuerdo a lo observado en campo, *B. divaricata*, *A. lebbeck*, *L. latisiliquum*, *L. rugosus* y *P. piscipula*, presentaron abundante follaje.

En la subfamilia *Caesalpinioideae* se ubicó la mayoría de las especies recolectadas y sobresalieron *Bauhinia divaricata* y *Caesalpinia pulcherrima*, con porte arbustivo. Otras como *C. paraguariensis* son utilizadas en la ganadería por su aportación de nutrimentos (17.8% de proteína cruda en hojas) en las praderas (Aronson y Toledo, 1992); por lo que *C. pulcherrima* pudiera ser incluida en los sistemas de pastoreo del trópico, ya que en semillas, posee 42% de PC (Bhat y

Karim, 2009). Por otra parte, *B. divaricata* es utilizada para cercos vivos en las zonas ganaderas del trópico mexicano (Avendaño y Acosta, 2000), así como fuente forrajera, ya que los bovinos consumen con preferencia sus hojas y ramas (Sosa *et al.*, 2004; Pinto-Ruiz *et al.*, 2005).

Géneros dentro de la misma subfamilia tienen usos ornamentales: *Senna*, *Haematoxylon*, *Caesalpinia* y *Bauhinia*, representativos de los estados que abarcan la Península (Arellano *et al.*, 1998).

Para *Mimosoideae* se identificaron tres especies *Albizia lebbbeck*, *Lysiloma latisiliquum* y *Calliandra houstoniana*. Estas especies son consideradas con alto potencial forrajero, además de ser cultivadas en jardines o parques, por sus flores vistosas. También son utilizadas con diversos propósitos y se tiene conocimiento sobre su potencial como recursos forrajeros. Se ha observado preferencia de ovinos por *L. latisiliquum*, aunque su digestibilidad sea baja (46%), lo que está relacionado con el contenido de fibra y de la edad fenológica de la planta (Cárdenas *et al.*, 2003; Alonso-Díaz *et al.*, 2009). Por otra parte, *A. lebbbeck* tiene valores de digestibilidad *in situ* de 60%, lo que la coloca como una apreciable fuente de alimentación (García *et al.*, 2006).

En recolectas realizadas en Cuba se ha observado la presencia de diferentes accesiones de *Leucaena* entre ellas *L. leucocephala* y *L. purpureus*, estas son consideradas especies que resisten suelos pobres en materia orgánica y se recomiendan para su uso en sistemas silvopastoriles por su cobertura aérea

(Machado *et al.*, 2005). Dentro de *Mimosoideae*, el género *Leucaena* es la más estudiada por sus características nutritivas, producción de biomasa y degradabilidad, por ello la recolección de accesiones es necesaria para seleccionar las mejores que resistan el pastoreo (García *et al.*, 2008). El género *Lysiloma* se ubica dentro de las *Mimosoideae*, *latisiliquum* se distribuye en la Península de Yucatán, sus características de crecimiento, porte y nutritivas van apegadas a las de *Leucaena*, algunos estudios han demostrado su alto valor nutritivo y aceptabilidad por los rumiantes (García y Medina, 2006; Alonso-Díaz *et al.*, 2008). *Calliandra calothyrsus* tiene una digestibilidad de 37% a las 24 h y 75% a las 96, adecuada digestibilidad para las leguminosas forrajeras (Palmer y Schlink, 1992). Algunas especies de *Calliandra* han sido evaluadas con el objetivo de determinar su composición química; así, *C. houstoniana* puede ser una fuente de proteína.

En Yucatán, se ha evaluado la calidad nutritiva de la hoja de diferentes leguminosas entre ellas *L. latisiliquum*, donde la acumulación de nitrógeno y fósforo es limitada por características del suelo, una hoja con mayor contenido de N y P es más apetecible para los herbívoros, pero dependerá de un suelo joven o viejo; así, *L. latisiliquum* resulta apetecible por la calidad de sus hojas (Campo y Dirzo, 2003). Para que las hojas de las leguminosas puedan ser digeridas en un mayor porcentaje; es adecuado que se proporcione como forraje a una edad joven del rebrote, para evitar elevados contenidos de fibras (Buxton y Redfearn, 1997).

Para poder identificar y seleccionar especies con potencial para la ganadería es necesario realizar recolectas, estudios agronómicos y de manejo. Ya que solo en México existen más de 623 especies de la familia Fabaceae, de todas éstas, cerca del 46% son endémicas del país (Ricker *et al.*, 2007).

En *Papilionoideae* se registraron *Lonchocarpus longistylus*, *L. rugosus*, *Diphysa yucatanensis* y *Piscidia piscipula*, ampliamente distribuidas en la Península de Yucatan. *L. longistylus* es utilizada para ceremonias tradicionales; con la corteza de la madera, se prepara una bebida llamada Bal che'. Ambas especies, *L. longistylus* y *L. rugosus* tienen elevada presencia en el estado de Yucatán, tienen alta demanda como madera para construcción (Hernández-Stefanoni y Dupuy, 2008).

Piscidia piscipula representa una especie con alto valor por sus usos en la región tropical del golfo mexicano, la época de floración es aprovechada por los apicultores, además ser fuente de forraje, los valores nutricionales van de acuerdo a los reportados para otras especies de leguminosas que en la actualidad son utilizadas en la ganadería (López *et al.*, 2008). En la presente investigación se encontró a *P. piscipula* en zonas ganaderas, en estado vegetativo, donde la vegetación está compuesta de árboles, arbustos y gramíneas. Entre los principales arbustos se encontraron *Leucaena leucocephala*, *Enterolobium cyclocarpum* y *Guazuma ulmifolia*, en suelos pedregosos que caracterizan la región. Por otra parte, *D. yucatanensis* es una nueva especie que se ha identificado en la Península, hasta el momento se sabe muy poco sobre sus usos,

principalmente, medicinal y su madera, para la construcción de viviendas (Hanan y Sousa, 2009).

Durante el recorrido para las recolectas se muestrearon, principalmente, zonas ganaderas y se observó abundante presencia de árboles, vegetación secundaria, y los principales géneros documentados fueron: *Leucaena*, *Enterolobium*, *Bahuinia*, *Piscidia*, *Lysiloma* y *Albizia*. Estas especies ocurren con frecuencia en lugares donde pastorean animales, son resistentes a suelos pobres y, lo más importante, resisten la época seca; siendo productivas por la presencia de follaje en este periodo, el cual es aprovechado cuando las gramíneas reducen su producción y valor nutritivo (Olivera *et al.*, 2008).

El uso de las leguminosas a nivel mundial ha sido para grano, pasturas y en sistemas agroforestales, muchas especies han sido catalogadas por su producción de biomasa o grano, como los géneros *Vicia*, *Cajanus*, *Vigna*, *Arachis*, etc. y, en la agroforestería: *Acacia*, *Anadenathera*, *Calliandra*, *Erythrina*, *Gliricidia*, *Melanoxylum*, *Prosopis* y *Samanea* (Graham y Vance, 2003). Estas especies se relacionan ampliamente con las recolectadas en la Península, ya que se distribuyen en zonas tropicales, con temperaturas elevadas y periodos largos de sequía como en Campeche y Yucatán. Sin embargo, el uso que se les proporciona es diverso en todo el país, desde, la madera utilizada para construcción, leña o artesanías (Seth, 2004). Otras especies de *Albizia* han sido evaluadas para su uso en ganadería, ya que producen abundante follaje y contienen elevado valor proteico (24%; Stewart y Dunsdon, 2000). Por su parte,

A. lebeck recolectada en el presente estudio es utilizada en otros países en sistemas silvopastoriles (Ndemanisho *et al.*, 2006).

4.5. CONCLUSIONES

De acuerdo a las recolectas realizadas, se obtuvo un total de 13 especies de leguminosas en la Península, abarcando municipios de Campeche, Quintana Roo y Yucatán.

La mayoría de estas especies poseen usos múltiples; sin embargo, las sobresalientes y documentadas sobre su valor nutritivo y potencial forrajero son: *Lysiloma latisiliquum*, *Piscidia piscipula*, *Lonchocarpus rugosus*, *Albizia lebeck*, *Calliandra houstoniana* y *Bahuinia divaricata*. La mayoría de las especies identificadas presentan abundante follaje durante todo el año, son inermes y resisten la época seca del año.

Las plantas identificadas poseen crecimiento arbóreo o arbustivo en campo, con promedio de altura de 4 a 8 y 10 o más metros de altura. Algunas son utilizadas en la ganadería y de rápido rebrote con manejo, como alturas de corte.

Los sitios de recolecta presentaban abundante presencia de árboles, arbustos y gramíneas, catalogadas como vegetación en sucesión secundaria, característica de los Estados mencionados, con predominancia de leguminosas.

4.6. LITERATURA CITADA

- Acosta B. L. E., Flores G. J. S. y Gómez P. A. 1998. Etnoflora Yucatanense. Uso y manejo de plantas forrajeras para cría de animales dentro del solar en una comunidad maya en Yucatán. Ed. UADY. Universidad Autónoma de Yucatán. Fascículo 14. Yucatán, México. 128 p.
- Alderete-Chávez A., De la Cruz-Landero N., Guerra-Santos J. J., Guevara E., Gelabert R., De la Cruz-Magaña L. R., Núñez-Lara E. and Brito R. 2011. Promotion of germination of *Bauhinia divaricata* L. seeds by effects of chemical scarification. Res. J Seed Sci. 1-7.
- Allen M. F., Allen E. B. and Gómez P. A. 2005. Effects of mycorrhizae and nontarget organisms on restoration of a seasonal tropical forest in Quintana Roo, México: Factors limiting tree establishment. Restoration Ecology. 13(2):325-333.
- Alonso-Díaz M. A., Torres-Acosta J. F. J., Sandoval-Castro C., Canul-Ku H. L. and Hoste H. 2009. Intake of tropical tanniniferous plants by goats and sheep when offered as a sole fed. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 11:255-258.
- Alonso-Díaz M. A., Torres-Acosta J. F. J., Sandoval-Castro C. A., Hoste H., Aguilar-Caballero A. J. and Capetillo-Leal C. M. 2008. Is goats' preference of forage trees affected by their tannin or fiber content when offered in cafeteria experiments?. Animal Feed Science and Technology. 141:36-48.
- Andrés C. 2004. Leguminosas ornamentales de la ciudad de Sevilla, clave para su identificación. Lagascalia. 24:19-30.
- Avendaño R. S. y Acosta R. I. 2000. Plantas utilizadas como cercas vivas en el estado de Veracruz. Madera y Bosques. 6(1):55-71.
- Arellano R. J. A., Flores G. J. S., Tun G. J. y Cruz B. M. M. 2003. Nomenclatura, forma de vida, uso, manejo y distribución de las especies vegetales de la Península de Yucatán. Departamento Editorial. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida Yucatán. 815 p.
- Aronson J. and Toledo C. S. 1992. *Caesalpinia paraguariensis* (Fabaceae): forage tree for all seasons. Economic Botany. 46(2):121-132.
- Ayala S. A., Uribe V. G. and Basulto G. J. A. 2005. Improved fallows with forages trees for a slash and burn maize system in the Yucatan Peninsula. En: Mosquera-Losada, R. Rigüero-Rodríguez M. R. and McAdan J. A. (eds.)

Silvopastoralism and sustainable land management. CABI publishing. Wallingford, Oxfordshire, GBR. pp. 44-45.

- Barreto V. A. 1998. Las leguminosas (Fabaceae) de Cuba. I. Subfamilia *Caesalpinioideae*. *Collectanea Botanica*. 24:1-148.
- Benavides J. E. 1994. Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 420 p.
- Bhat R. and Karim A. A. 2009. Exploring the nutritional potential of wild and underutilized legumes. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 8:305-331.
- Buxton D. R. and Redfearn D. D. 1997. Plant limitations to fiber digestion and utilization. *The J of Nutrition*. 127(5S):814S-818S.
- Campo J. and Dirzo R. 2003. Leaf quality and herbivory responses to soil nutrient addition in secondary tropical dry forests of Yucatan, México. *J of Tropical Ecology*. 19(5):525-530.
- Cárdenas M. J. V., Sandoval C. C. A., Solorio S. F. J. 2003. Composición química de ensilajes mixtos de gramíneas y especies arbóreas de Yucatán, México. *Téc. Pecu. Méx.* 41(3):283-294.
- Castillo-Caamal J. B., Caamal-Maldonado J. A., Jiménez-Osornio J. J. M., Bautista-Zuñiga F., Amaya-Castro M. J. y Rodríguez-Carrillo R. 2010. Evaluación de tres leguminosas como coberturas asociadas con maíz en el trópico subhúmedo. *Agronomía Mesoamericana*. 21(1):39-50.
- Duane I. 1970. Legumes of the United States V. *Albizia*, *Lysiloma*, *Leucaena*, *Adenathera*; and rejected genera of Mimosoideae. *Castanea*. 35(4):244-260.
- Gale S. W. and Pennington T. D. 2004. *Lysiloma* (Leguminosae: Mimosoideae) in Mesoamerica. *Kew Bulletin*. 59(3):453-467.
- García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana). 4ª. ed. México. 246 p.
- García D. E. y Medina M. G. 2006. Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. *Zootecnia Trop.* 24(3):233-250.

- García D. E., Medina M. G., Clavero T., Humbría J., Baldizán A. y Domínguez C. 2008. Preferencia de arboles forrajeros por cabras en la zona baja de los Andes venezolanos. *FCV-LUZ*. 18(5):549-555.
- García D. E., Medina M. G., Humbria J., Dominguez C., Baldizan A., Cova L. y Soca M. 2006. Composición proximal, niveles de metabolitos secundarios y valor nutritivo del follaje de algunos árboles forrajeros tropicales. *Arch. Zootec.* 55(212):373-384.
- Graham P. H. and Vance C. P. 2003. Legumes: Importance and constraints to greater use. *Plant Physiology*. 131(3):872-877.
- Hanan A. A. y Sousa S. M. 2009. *Diphysa yucatanensis* (*Papilionoideae*: Leguminosae), una especie nueva de la península de Yucatán. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 80:287-292.
- Hernández-Stefanoni J. L. and Dupuy J. M. 2008. Effects of landscape patters on species density and abundance of trees in a tropical subdeciduous forest of the Yucatan Peninsula. *Forest Ecology and Management*. 255:3797-3805.
- Janzen D. H., Fellows L. E., and Waterman P. G. 1990. What protects *Lonchocarpus* (Leguminosae) seeds in Costa Rica dry forest. *Biotropica*. 22(3):272-285.
- Jiménez-Ferrer G., López-Carmona M., Nahed-Toral J., Ochoa-Gaona S. y Ben de Jong. 2008. Árboles y arbustos forrajeros de la región norte-tzotzil de Chiapas, México. *Vet. Méx.* 39(2):199-213.
- Lewis G., Schrire B., Mackinder B. Lock M. 2005. Legumes of the world. Royal Botanic Gardens, Kew. Richmond, Surrey, UK. 577 p.
- López-Torres J. L. y Tamarit-Urias J. C. 2005. Crecimiento e incremento en el diámetro de *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth en bosques secundarios en Escárcega, Campeche, México. *Revista Chapingo, Serie de Ciencias Forestales y del Ambiente*. 11(2):117-123.
- López H. M. A., Rivera L. J. A., Ortega R. L., Escobedo M. J. G., Magaña M. M. A., Sanginés G. J. R. y Sierra V. A. C. 2008. Contenido nutritivo y factores antinutricionales de plantas nativas forrajeras del norte de Quintana Roo. *Téc. Pecu. Méx.* 46(2):205-215.
- Machado R., Navarro M., Fung C. y Reino J. 2005. Prospección y colecta de leguminosas multipropósito en áreas marginales de tres provincias cubanas. *Pastos y Forrajes*. 28(3):187-197.

- Macqueen D. J. and Hernández H. M. 1997. A revision of *Calliandra* series *Racemosae* (Leguminosae: Mimosoideae). *Kew Bulletin*. 52(1):1-50.
- Milera M., Machado H., López O., Sánchez T. y Sánchez S. 2004. Producción de leche en sistemas de pastoreo bio-sostenibles y/o bio-diversos. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 8(1):1-10.
- Monforte-Briceño G. E., Sandoval-Castro C. A., Ramírez-Avilés L., and Capetillo L. C. M. 2005. Defaunating capacity of tropical fodder trees: Effects of polyethylene glycol and its relationship to *in vitro* gas production. *Animal Feed Science and Technology*. 123-124:313-327.
- Ndemanisho E. E., Kimoro B. N., Mtengeti E. J., and Muhikambe V. R. M. 2006. The potential of *Albizia lebbeck* as a supplementary feed for goats in Tanzania. *Agroforestry Systems*. 67:85-91.
- Niembro R. A. 1990. Árboles y arbustos útiles de México. Ed. Limusa Noriega. México, D.F. 206 p.
- Olivera Y., Machado R. y Fung C. 2008. Colecta de leguminosas en tres provincias orientales de Cuba. *Pastos y Forrajes*. 31(1):25-34.
- Osorio-Arce M. M., Segura-Correa J. C., Osorio-Arce D. A. y Marfil-Acevedo A. A. 1999. Caracterización de la ganadería lechera del estado de Yucatán, México. *Rev. Biomed*. 10:217-227.
- Palmer B. and Schlink A. C. 1992. The effect of drying on the intake and rate of digestion of the shrub legume *Calliandra calot hyrsus*. *Tropical Grasslands*. 26:89-93.
- Pérez E., Soca M., Díaz L. y Corzo M. 2008. Comportamiento etológico de bovinos en sistemas silvopastoriles en Chiapas, México. *Pastos y Forrajes*. 31(2):161-172.
- Pinto-Ruiz R., Gómez H., Martínez B., Hernández A., Medina F. J., Gutiérrez R., Escobar E. y Vázquez. 2005. Árboles y arbustos forrajeros del sur de México. *Pastos y Forrajes*. 28(2):87-98.
- Ramírez A. L., Ku V. J. C. y Alayón G. J. A. 2007. Follaje de árboles y arbustos en los sistemas de producción bovina de doble propósito. *Arch. Latinoam. Prod. Anim*. 15(Sup. 1):251-264.
- Ricker M., Ramírez-Krauss I., Ibarra-Manríquez G., Martínez E., Ramos C., González-Medellin G., Gómez-Rodríguez G., Palacios-Prieto J. L. and Hernández H. M. 2007. Optimizing conservation of forest diversity: a

- country-wide approach in Mexico. *Biodiversity and Conservation*. 16:1927-1957.
- Rico A. M. L., Gale S. L. and Maxted N. 2008. A taxonomic study of *Albizia* (Leguminosae: Mimosoideae: Ingeae) in México and Central América. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*. 65(2):255-305.
- Rico-Gray V., García-Franco J. G., Chemas A., Puch A., and Sima P. 1990. Specie composition, similarity, and estructura of Mayan homegardens in Tixpeual and Tixcacaltuyub, Yucatan, Mexico. *Economy Botany*. 44(4):470-487.
- Rodríguez Z., Benavides J., Chávez C. y Sánchez G. 1994. Producción de leche de cabras alimentadas con follaje de madero negro (*Gliricidia sepium*) y Poró (*Erythrina poeppigiana*) y suplementadas con fruto de plátano pelipita (*Musa* sp. cv Pelipita). *In: Benavides J. E. (ed.) Árboles y arbustos forrajeros en América Central*. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 420 p.
- Sánchez-Sánchez O. and Islebe G. A. 2002. Tropical forest communities in southeastern Mexico. *Plant Ecology*. 158: 183-200.
- Schultze-Kraft R. 1979. Colección de germoplasma en el campo. *In: Mott G. O. (ed.) Manual para la colección, preservación y caracterización de recursos forrajeros tropicales*. CIAT, Cali, Colombia. pp. 9-14.
- Seth M. K. 2004. Trees and their economic importance. *The Botanical Review*. 69(4):321-376.
- Stewart J. L. and Dunsdon A. J. 2000. The potential of some neotropical *Albizia* species and close relatives as fodder resources. *Agroforestry Systems*. 49:17-30.
- Sosa R. E. E., Pérez R. D., Ortega R. L. y Zapata B. G. 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. *Téc. Pecu. Méx.* 42(2):129-144.
- Sosa R. E. E., Sansores L. L. I., Zapata B. G. de J. y Ortega R. L. 2000. Composición botánica y valor nutricional de la dieta de bovinos en un área de vegetación secundaria en Quintana Roo. *Téc. Pecu. Méx.* 38(2):105-117.
- Sousa S. M. 2008. Las subespecies de *Lonchocarpus rugosus* Benth (Leguminosae, Papilionoideae: Millettieae). *Ceiba*. 49(1):119-132.
- Toral O., Iglesias J. M. y Simón L. 2000. Colecta y potencialidades del germoplasma forrajero arbóreo en diferentes ecosistemas. *Pastos y Forrajes*. 1(1):1-18.

- Torres-Colín R., Duno S. R. y Can L. L. 2009. El género *Bauhinia* (Fabaceae, Caesalpinioideae, Cercideae) en la Península de Yucatán (México, Belice y Guatemala). *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 80:293-301.
- Turner B. L. 1994. Native species of *Bauhinia* (Caesalpinaceae) occurring in northeastern México. *Phytologia*. 76(4):333-343.
- Velázquez-Martínez M., López-Ortiz S., Hernández-Mendo O., Díaz-Rivera P., Pérez-Elizalde S. and Gallegos-Sánchez J. 2010. Foraging behavior of heifers with or without social models in an unfamiliar site containing high plant diversity. *Livestock Science*. 131:73-82.
- White D. A. and Hood C. S. 2004. Vegetation patterns and environmental gradients in tropical dry forests of the northern Yucatan Peninsula. *Journal of Vegetation Science*. 15(2):151-160.
- Zamora C. P., García G. G., Salvador F. G. J. y Ortiz J. J. 2008. Estructura y composición florística de la selva mediana subcaducifolia en el sur del estado de Yucatán, México. *Polibotánica*. 26:33-66.
- Zamora C. P. 2003. Contribución al estudio florístico y descripción de la vegetación del municipio de Tenabo, Campeche, México. *Polibotánica*. 15:1-40.
- Zamora C. P., Flores G. J. S. y Ruenes M. R. 2009. Flora útil y su manejo en el cono sur del estado de Yucatán, México. *Polibotánica*. 28:227-250.
- Zapata B. G., Bautista Z. F. y Astier C. M. 2009. Caracterización forrajera de un sistema silvopastoril de vegetación secundaria con base en la aptitud de suelo. *Téc. Pecu. Méx.* 47(3):257-270.

**CAPITULO V. DEGRADACIÓN Y COMPOSICIÓN DEL FOLLAJE DE ÁRBOLES
FORRAJEROS TROPICALES**

DEGRADACIÓN Y COMPOSICIÓN DEL FOLLAJE DE ÁRBOLES FORRAJEROS TROPICALES

Francisco Enrique Cab Jiménez, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2011.

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el propósito de evaluar la digestibilidad *in situ* y composición química de las leguminosas arbóreas: *Lysiloma latisiliquum*, *Senna racemosa*, *Bauhinia divaricata*, *Senna pendula*, *Albizia lebbbeck*, *Piscidia piscipula* y *Lonchocarpus rugosus*, como recurso forrajero alternativo con potencial en sistemas de pastoreo. El material se recolectó en diferentes sitios seleccionados previamente, en la época seca y lluviosa del año. En las muestras se determinó su composición química, digestibilidad *in situ* de la materia seca y presencia de factores antinutricionales. Existieron diferencias ($P<0.05$) en la digestibilidad *in situ* entre las leguminosas en ambas épocas del año. La mayor digestibilidad de MS se presentó en *S. pendula* (90 y 86%) y el menor en *L. rugosus* (40 y 48%) en las dos épocas. *A. lebbbeck* fue la que presentó el mayor contenido de PC en la época seca (24%) y *S. pendula* en lluvias (22%), el mayor porcentaje de FDN (68%) y FDA (46%) fue para *A. lebbbeck* en los dos periodos. La mayor fracción de lignina se encontró en *L. latisiliquum* en la época seca (12.9%) y en *L. rugosus* en lluvias (25.4%). No se encontraron, o se determinaron en muy baja concentración, factores antinutricionales, únicamente el inhibidor de tripsina se encontró en todas las especies. Se concluye que la época seca es el mejor periodo para utilizar estas leguminosas arbustivas por la disponibilidad de nutrientes.

Palabras clave: Leguminosas, factores antinutricionales, digestibilidad.

FOLIAGE COMPOSITION AND DIGESTIBILITY OF TROPICAL FORAGE TREES

Francisco Enrique Cab Jiménez, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2011.

ABSTRACT

The present work was done in order to evaluate the digestibility and chemical composition of the tree legumes: *Lysiloma latisiliquum*, *Senna racemosa*, *Bauhinia divaricata*, *Senna pendula*, *Albizia lebbbeck*, *Piscidia piscipula*, and *Lonchocarpus rugosus* as an alternative foraging resource, with potential in grazing systems. The material was collected from different, previously selected, sites during the dry and rainy seasons. Samples were determined for chemical composition, dry matter *in situ* digestibility, and presence of antinutritional factors. There were differences ($P < 0.05$) regarding *in situ* digestibility among the legumes in both seasons. The greatest digestibility of DM was that of *S. pendula* (90 and 86%), and the lowest of *L. rugosus* (40 and 48%), in both seasons. *A. lebbbeck* showed the greatest crude protein (CP) content in the dry season (24%), while *S. pendula* did so in the rainy season (22%). The greatest percentages of NDF (68%) and ADF (46%) were found in *A. lebbbeck* in both seasons. The greatest lignin fraction was found in *L. latisiliquum* in the dry season (12.9%) and in *L. rugosus* in the rainy season (25.4%). No antinutritional factors were found, or they were determined in very low concentrations. Only trypsin inhibitor was found in all the species. It is concluded that the dry season is the better period to use these shrub legumes given nutrient availability.

Key words: Legumes, antinutritional factors, digestibility.

5.1. INTRODUCCIÓN

La ganadería basada en gramíneas de temporal afecta los parámetros productivos del hato durante la época seca del año. Los trópicos cuentan con gran diversidad de leguminosas arbóreas (Shelton *et al.*, 2005). En México, debido principalmente al elevado costo de los suplementos, alimenticios, la utilización de leguminosas arbustivas se vuelve una alternativa valiosa (Niembro, 1992). Éstas, son especies adaptadas a las sequías (Garcillán *et al.*, 2003), debido a la capacidad de la raíz para alcanzar estratos estables de humedad (Quero *et al.*, 2007). Además, incorporan N al suelo (desde 150 a 300 kg ha⁻¹ año⁻¹; Graham y Vance, 2003) y regeneran suelos degradados (Shelton *et al.*, 2005). En México, la familia Fabaceae está representada por 92 géneros, con presencia de las tres subfamilias: *Leguminosoideae*, *Papilionoideae* y *Caesalpinoideae* (Villaseñor, 2004).

Para ser viables como recurso forrajero, las leguminosas deben reunir características nutritivas que superen o igualen el rendimiento de materia seca, contenido de proteína y digestibilidad (Ahmed y Hag, 2003; Olivares *et al.*, 2005); de otras plantas utilizadas tradicionalmente como forrajes. En general, las leguminosas poseen compuestos que son considerados tóxicos o antinutricionales, ya que afectan el metabolismo del rumiante causando trastornos, algunos de estos compuestos son; alcaloides, inhibidores de proteasas, aminoácidos, saponinas, hemaglutininas y taninos (Launchbaugh *et al.*, 2001). El

objetivo de este trabajo fue determinar la composición química y la digestibilidad *in situ* de siete leguminosas arbóreas, no convencionales, del trópico mexicano.

5.2. MATERIALES Y MÉTODOS

5.2.1. Sitios de estudio

El material vegetal se recolectó en el Estado de Campeche, en los municipios de Edzna, Chiná, Nueva Esperanza y Campeche. El clima de la región es Aw₀, cálido subhúmedo con lluvias en verano, precipitación media anual que varía de 1000 a 1800 mm (García, 1988). La vegetación pertenece a selva mediana subperennifolia, donde los suelos son bien drenados, poco profundos y de baja fertilidad (López-Torres y Tamarit-Urias, 2005). El momento de la recolección del material fue el mismo para todas las especies, siendo éste la época lluviosa (junio-octubre) y seca (marzo-mayo) del año (Enríquez y Romero, 1999).

5.2.2. Especies estudiadas y toma de muestra para análisis

Las especies estudiadas incluyeron: *Lysiloma latisiliquum* (L) Benth., *Bauhinia divaricata* L., *Senna racemosa* (P. Mill.) Irwin et Barneby, *S. pendula* (Willd.), *Albizia lebeck* (L) Benth, *Piscidia piscipula* (L.) Sarg. y *Lonchocarpus rugosus* Benth. subsp. *rugosus*. Se colectaron hojas con peciolo en áreas predeterminadas para cada época. Los materiales se secaron a 55°C durante 72 h, posteriormente, se molieron con criba de 1 mm de diámetro.

Las determinaciones se hicieron en el laboratorio de Rumiología de Ganadería del Colegio de Postgraduados y en el Instituto Nacional de Ciencias Medicas y Nutrición Salvador Zubirán. Departamento de Nutrición Animal.

5.2.3. Composición química

Se determinó contenido de proteína cruda (PC) y cenizas (AOAC, 2005). Las fracciones de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina se determinaron por el método establecido por Van Soest *et al.* (1991). También se analizaron los siguientes factores antinutricionales; inhibidor de tripsina (Kakade *et al.*, 1974); saponinas (Monroe *et al.*, 1952); hemaglutininas, mediante la técnica de diluciones (Jaffé *et al.*, 1974) y la actividad ureásica, ésta se determinó midiendo el cambio de pH en la muestra estudiada (AOAC, 2002).

5.2.4. Digestibilidad *in situ* y degradación ruminal de la materia seca

Se evaluó la digestibilidad *in situ* de la materia seca (MS, Orskov y McDonald, 1979), usando bolsas de nylon (10 x 20 cm) con poro de 52 ± 10 mm, en las que se colocaron 5 g de muestra (MS). Se utilizaron tres novillos de la raza Holstein canulados, con peso vivo promedio de 450 kg. Los tiempos de incubación fueron 0, 4, 8, 16, 24, 48 y 72 h; posteriormente, las bolsas se lavaron con agua corriente cinco veces, durante un minuto y se secaron en estufa de aire forzado a 55°C, la digestibilidad *in situ* se calculó como la cantidad de MS desaparecida.

Se estimó la constante de degradación ruminal de la MS potencialmente digestible para las siete especies de leguminosas, utilizando el valor de 72 h como punto final de digestión, con un modelo de cinética de primer orden (Orskov *et al.*, 1980). Se estimó la fracción potencialmente digestible al sustraer la fracción indigestible

del remanente en cada tiempo de fermentación. Los parámetros utilizados fueron los siguientes:

$$Y = a + b(1 - \exp^{-ct}) \text{ Donde:}$$

Y = Tasa de degradación al tiempo t .

a = Intercepto de la curva de degradación cuando $t=0$.

b = Fracción degradada por acción de los organismos.

c = Tasa de degradación. $\% \text{ h}^{-1}$.

e = Logaritmo natural.

t = Tiempo de incubación en el rumen, horas.

5.2.5. Análisis estadístico

Los datos fueron analizados como medidas repetidas utilizando el procedimiento PROC MIXED de SAS (SAS, 2002), con un diseño Completamente al azar. Las medias fueron comparadas con la prueba de Tukey ajustada ($P < 0.05$).

5.3. RESULTADOS

5.3.1. Composición química

Se observaron diferencias ($P<0.05$) entre especies para contenido de cenizas en la época seca, los mayores valores se observaron en *S. pendula* y *P. piscipula* (14 y 12%, respectivamente), estas mismas especies mostraron las concentraciones más elevadas en la época lluviosa (Cuadro 5.1). *A. lebbeck* y *S. pendula* mostraron el mayor porcentaje de PC ($P<0.05$) en la época seca y de lluvias, en tanto que *L. latisiliquum* tuvo el menor porcentaje de PC en ambas épocas. El mayor valor de FDN en la época seca lo presentó *A. lebbeck*, seguida por *B. divaricata*, *S. racemosa* y *S. pendula*. En la época lluviosa, estos valores fueron superiores para *L. rugosus*, aunque no entre *S. racemosa*, *B. divaricata*, *S. pendula*, *A. lebbeck* y *P. piscipula*. Por otra parte, el mayor valor de FDA en la época seca fue para *A. lebbeck* (46%), seguido por *L. rugosus* (44%) y *P. piscipula* (41%). En la época lluviosa, *L. rugosus* y *L. latisiliquum* presentaron los valores más altos (63 y 58%, respectivamente), contrario a *S. racemosa* que aportó el menor valor (27%). El mayor contenido de lignina ($P<0.05$) en la época seca, se observó en *L. latisiliquum* y *P. piscipula*, mismas que en periodo de lluvias tuvieron valores de 21 y 14%, incluyendo a *L. rugosus* (25.4%) dentro de los resultados más elevados.

Cuadro 5.1. Composición química (%) de las hojas con peciolo de leguminosas arbóreas, recolectadas en Campeche, México.

Leguminosas	Cenizas		PC		FDN		FDA		Lignina	
	S	LI	S	LI	S	LI	S	LI	S	LI
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	7 d	5 f	17 e	15 c	53 b	66 b	32 d	58 a	12.9 a	21.6 a
<i>Senna racemosa</i>	9 c	5 e	19 c	20 ab	59 ab	63 b	33 cd	27 c	9.2 c	2.9 d
<i>Bauhinia divaricata</i>	8 c	8 c	17 e	18 abc	61 ab	64 b	35 bcd	42 b	9.7 cb	11.4 b
<i>Senna pendula</i>	14 a	13 a	21 b	22 a	58 ab	49 c	38 abcd	34 bc	4.1 e	6.2 d
<i>Albizia lebbek</i>	4 e	7 d	24 a	21 ab	68 a	64 b	46 a	40 b	6.5 d	6.1 d
<i>Piscidia piscipula</i>	12 b	12 b	18 d	17 bc	53 b	60 b	41 abc	43 b	11.0 b	14.3 b
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	8 c	7 d	16 f	18 abc	56 b	75 a	44 ab	63 a	n/d	25.4 a
Promedio	9	8	19	19	58	63	38	44	8.9	12.6
EEM	0.04	0.02	0.06	0.26	0.66	0.61	0.58	0.61	0.12	0.48

EEM= Error estándar de la media

S= Seca, LI= Lluvias

Medias en la misma columna con distinta literal son diferentes entre sí ($P < 0.05$).

5.3.2. Factores antinutricionales

En la época de lluvias, la mayoría de las especies evaluadas mostraron variación en la concentración de inhibidor de tripsina, observando altos valores en *L. rugosus*, *S. pendula* y *B. divaricata*, con el menor porcentaje en *S. racemosa*. Para la época seca éstos fueron superados por *L. latisiliquum*, *L. rugosus* y *S. pendula*; por otra parte, los valores más bajos se observaron en *A. lebbeck* y *S. racemosa* (Cuadro 5.2). No se encontraron saponinas en las especies estudiadas, a excepción de *L. latisiliquum*. Las hemaglutininas solo se encontraron en *L. latisiliquum* y no en las demás especies. Los valores reportados en este estudio para la actividad ureásica fueron bajos y no representan ningún problema para que estas leguminosas sean utilizadas en la alimentación animal.

Cuadro 5.2. Factores antinutricionales en leguminosas arbóreas, recolectadas en Campeche, México.

Leguminosas	Componente								
	Inhibidor de Tripsina		Contenido de		Hemaglutininas (a)		Actividad Ureásica		
	(TIU/g de muestra)		Saponinas				(b)		
Lluvias	Seca	Lluvias	Seca	Lluvias	Seca	Lluvias	Seca		
				contenido					
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	864.03	5522.62	negativo	bajo	1:08	1:32	0.0029	0.17	
<i>Senna racemosa</i>	820.76	643.15	negativo	negativo	negativo	negativo	0.0029	0.0029	
<i>Bauhinia divaricata</i>	1776.58	1865.71	negativo	negativo	negativo	n/d	0.0029	0.0029	
<i>Senna pendula</i>	1426.71	2659.88	negativo	negativo	n/d	negativo	0.0029	0.0029	
<i>Albizia lebbeck</i>	2247.6	585.74	negativo	negativo	negativo	negativo	0.0029	0.13	
<i>Piscidia piscipula</i>	938.24	671.14	negativo	negativo	negativo	negativo	0.0029	0.0029	
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	4745.48	4394.55	negativo	negativo	negativo	1:2	0.0029	0.0029	

TIU= Unidades Inhibidas de Tripsina **a**= dilución máxima que produce aglutinación en 1 h, **b**= incremento de unidades de pH. **n/d**= no se determino.

5.3.3. Digestibilidad *in situ* de la materia seca (MS)

La digestibilidad *in situ* del forraje muestreado en la época de lluvias mostró diferencias significativas ($P<0.05$) entre especies durante las cuatro primeras horas de incubación, con los más altos valores en *S. pendula* (58%) y *S. racemosa* (47%), en tanto que *L. rugosus* presentó el menor valor (31%; Cuadro 5.3). *S. pendula* y *S. racemosa* se comportaron de manera similar, durante la incubación, con valores más elevados a las 72 h (90 y 88%), seguidas por *B. divaricata* y *P. piscipula* con valores de 67 y 61%, respectivamente. La especie con menor digestibilidad fue *L. latisiliquum* con 36 y 56% a 4 y 72 h de incubación.

Cuadro 5.3. Digestibilidad *in situ* de las leguminosas arbóreas, recolectadas en la época de lluvias en Campeche, México.

Leguminosas	% de Digestibilidad					
	Tiempo, h					
	4	8	16	24	48	72
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	36 cd	38 bc	42 cd	44 de	47 cd	56 c
<i>Senna racemosa</i>	47 b	59 a	81 a	83 a	86 a	88 a
<i>Bauhinia divaricata</i>	43 bc	46 b	57 b	62 b	66 b	67 b
<i>Senna pendula</i>	58 a	66 a	74 a	82 a	85 a	90 a
<i>Albizia lebeck</i>	37 cd	39 bc	48 bcd	49 cd	51 c	55 c
<i>Piscidia piscipula</i>	37 cd	42 bc	49 bc	55 bc	57 bc	61 bc
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	31 d	32 c	34 d	35 e	37 d	40 d
Promedio	42	46	55	59	61	65
EEM	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17

EEM= Error estándar de la media

Medias en la misma columna con distinta literal son diferentes entre sí ($P < 0.05$).

El forraje recolectado durante la época seca del año, mostró diferencias ($P < 0.05$) entre especies, siendo iguales estadísticamente, *S. racemosa*, *B. divaricata* y *S. pendula* con 51% a 4 h de incubación, pero diferentes a *A. lebeck* y *P. piscipula* con 34% y éstas últimas similares a *L. rugosus* y *L. latisiliquum* (Cuadro 5.4). Conforme transcurrió el tiempo de incubación las tres primeras especies mantuvieron las más altas digestibilidades, hasta las 72 h. De igual forma que en

la época lluviosa, en la seca, el menor valor se encontró para *L. rugosus* con 48% de digestibilidad de la MS a las 72 h.

Cuadro 5.4. Digestibilidad *in situ* de las leguminosas arbóreas, recolectadas en la época seca en Campeche, México.

Leguminosas	% de Digestibilidad					
	Tiempo, h					
	4	8	16	24	48	72
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	32 b	35 b	40 c	43 b	49 b	52 c
<i>Senna racemosa</i>	51 a	64 a	79 a	82 a	82 a	86 a
<i>Bauhinia divaricata</i>	51 a	58 a	63 b	70 a	72 a	74 ab
<i>Senna pendula</i>	51 a	57 a	67 b	76 a	80 a	86 a
<i>Albizia lebbeck</i>	34 b	38 b	43 c	46 b	53 b	58 bc
<i>Piscidia piscipula</i>	34 b	40 b	46 c	53 b	55 b	60 bc
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	33 b	35 b	36 c	43 b	46 b	48 c
Promedio	41	47	54	59	62	66
EEM	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28

EEM= Error estándar de la media

Medias en la misma columna con distinta literal son diferentes entre sí ($P < 0.05$).

5.3.4. Degradabilidad *in situ* de la materia seca

Los valores de degradabilidad mostraron la máxima extensión de digestión en la época lluviosa para *S. pendula* (90.11%; Cuadro 5.5), lo anterior, relacionado con

la tasa de pasaje ($3.8\% \text{ h}^{-1}$), lo cual involucra la FDN y FDA que pudieran estar o no disponibles para los microorganismos del rumen. Siguieron *S. racemosa* y *B. divaricata* con 88 y 67% de la fracción potencialmente degradable. La menor degradabilidad se observó en *L. rugosus* con 40% como máximo. En la época seca del año, la mayor fracción potencialmente digestible se observó en *S. racemosa* y *S. pendula* (86.47 y 85.69%), lo cual indica que estas especies son las que contienen el forraje más degradable en el año. Los resultados mostraron mayor tasa de pasaje del forraje en *S. racemosa* ($6.42\% \text{ h}^{-1}$) y *B. divaricata* con $5.68\% \text{ h}^{-1}$, siendo la de menor valor *L. latisiliquum* con $1.3\% \text{ h}^{-1}$, para la época lluviosa. En la época seca no existió variación entre las especies ($P>0.05$), *B. divaricata* obtuvo la mayor tasa de pasaje ($5.5\% \text{ h}^{-1}$), con menores valores para *L. latisiliquum* y *A. lebbeck* (3.8 y $2.6\% \text{ h}^{-1}$).

Cuadro 5.5. Degradación *in situ* de la materia seca de leguminosas arbóreas, recolectadas en Campeche, México.

Leguminosas	Épocas			
	Lluvias		Seca	
	Extensión de		Extensión de	
	Kd	la digestión	Kd	la digestión
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	1.34 c	55.53 c	3.78 a	51.68 c
<i>Senna racemosa</i>	6.42 a	88.28 a	4.34 a	86.47 a
<i>Bauhinia divaricata</i>	5.68 ab	67.00 b	5.48 a	73.99 ab
<i>Senna pendula</i>	3.81 abc	90.11 a	4.36 a	85.69 a
<i>Albizia lebbeck</i>	2.68 abc	54.77 c	2.57 a	58.30 c
<i>Piscidia piscipula</i>	3.81 abc	60.64 bc	3.76 a	59.71 bc
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	2.37 bc	40.38 d	4.10 a	47.89 c
Promedio	3.73	65.24	4.05	66.25
EEM	0.27	0.84	0.25	1.37

EEM= Error estándar de la media, Kd= tasa de degradación (% h⁻¹), Extensión de la digestión (%). Medias en la misma columna con distinta literal son diferentes entre sí ($P < 0.05$).

5.4. DISCUSIÓN

5.4.1. Composición química

Los resultados de este estudio con *A. lebbeck* son similares a los obtenidos por Rodríguez *et al.* (2005), con esta misma especie, para cenizas, FDA y FDN, con ligeras variaciones, posiblemente por las diferentes edades de rebrote utilizadas. *A. lebbeck* también es usada en otros países para alimentar cabras, para la cual se han reportado valores de 25% de PC; 50.3% de FDN y 35.3% de FDA (Ndemanisho *et al.*, 2006), el contenido de PC es similar a la encontrada en este estudio, pero no para el contenido de fibra, debido posiblemente a las altas temperaturas de una región a otra, lo que favorece el rápido incremento de estos compuestos (Buxton y Redfearn, 1997). En Quintana Roo se han reportado valores de PC para *P. piscipula* de 12.6%; FDN, 50%; FDA, 34.6% y lignina, 17.2% (López *et al.* 2008), a excepción de la menor concentración de PC, los valores son similares al del presente estudio. En cuanto a la composición química, las leguminosas evaluadas, se pueden considerar como adecuadas para ser usadas en sistemas de producción pecuaria de esta región. Otras especies de crecimiento arbustivo como *L. leucocephala* y *Flemingia macrophylla* (Willd.) Merrill, tienen 28.3 y 45.2% de FDN y 18.2 y 30.4% de FDA, respectivamente (Barahona *et al.*, 2003); la primera especie, es considerada forrajera por contener bajas proporciones de fibra, lo cual es inferior a lo encontrado en el presente estudio. Un mayor contenido de fibra se relaciona negativamente con la digestibilidad y aprovechamiento del forraje (Coley y Barone, 1996). En general, el

contenido de lignina encontrado en este estudio se encuentra dentro de los valores normales para especies de leguminosas arbustivas tropicales, así lo menciona Camero *et al.* (2001) al documentar valores de 13.4 y 12.3% para *Erythrina poeppigiana* y *Gliricidia sepium*, respectivamente; especies usadas en la alimentación animal.

5.4.2. Factores antinutricionales

Se han reportado valores promedio de inhibidores de tripsina de 625.10 TIU, para *Pithecellobium pedicellare* Benth, *G. sepium*, *L. leucocephala*, *Samanea saman* (Jacq.) Merr, *Acacia spp.*, *Bahuinia cumanensis* Kunth, *Cassia alata* L. y *Pentaclethra maculoba* (Willd.) Kuntze (García *et al.*, 2009), inferior al observado en este estudio. En semillas de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., se han reportado 4.82 TIU, valores que no son tóxicos para los animales; sin embargo, este componente varía con la edad de rebrote y partes de la planta (Serratos *et al.*, 2008). Al evaluar suplementos con proteína de *Phaseolus vulgaris* L. en proporciones de 55, 18 y 6.6%, las concentraciones de inhibidor de tripsina fueron de 23100, 1812 y 200 TIU, respectivamente (Boniglia *et al.*, 2008). Altas concentraciones de inhibidores de tripsina evitan que las proteínas sean utilizadas en el organismo (Smolenski *et al.*, 1981) y la acción catalítica de las enzimas se inhibe evitando la formación normal del complejo enzima-sustrato (McDonald *et al.*, 1993). Este compuesto resulta en la reducción en la actividad de tripsina, ocasionando problemas de crecimiento e hipertrofia del páncreas (Thorpe y Beal, 2003).

Se ha reportado la presencia de saponinas en soya, principalmente (Anderson y Wolf, 1995), las que pueden producir exceso de espuma, inhibir las contracciones ruminales, además de causar daños hepáticos por deposición de cristales de saponinas esteroidales en sangre (Ramos *et al.*, 1998). Una particularidad de las hemaglutininas es su unión con carbohidratos o glucoproteínas, complejo que, al adherirse a la mucosa de la pared intestinal, altera su capacidad para absorber nutrientes, con lo que se reduce el crecimiento (Ramos *et al.*, 1998; Serratos *et al.*, 2008). La actividad ureásica puede ser perjudicial, ya que produce amoníaco cuando se utiliza urea como suplemento; sin embargo, se ha detectado en pocas leguminosas (Arelovich, 2008). Así mismo, se considera que valores de 0.11 unidades o menos son aceptables (Celis, 2000).

5.4.3. Digestibilidad *in situ* de la MS

Se ha reportado que la digestibilidad *in situ* de Guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.), considerado una especie forrajera, tanto por la aceptabilidad del follaje como por su alta digestibilidad, de 77.7% (Pinto *et al.*, 2004). Este valor es cercano a los observados en este estudio para *S. racemosa*, *S. pendula* y *B. divaricata* a 24 h de incubación. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, es una leguminosa utilizada en sistemas de producción animal (Ortega *et al.*, 2009); en la época lluviosa, ha mostrado una digestibilidad, a las 48 h, de 66.2% y 72 h, 68.0% (Sánchez *et al.*, 2008), valores que asemejan los obtenidos para *B. divaricata* a 48 y 72 h, como también para *P. piscipula* a 72 h. Otra leguminosa, *Calliandra calothyrsus* Meissn., tuvo una digestibilidad *in situ* de 17% a 12 h, 37% a 24 h, 57% a 48 h y 75% a 96

h (Palmer y Schlink, 1992), tendencia exponencial similar a la presentada por las especies aquí evaluadas.

En *Leucaena leucocephala*, se ha reportado una digestibilidad superior a 60%, después de 20 h de incubación (Razz *et al.*, 2004), valor comparable con los resultados obtenidos en *B. divaricata* y *S. pendula*. La digestibilidad reportada para *Gliricidia sepium* (Olivares *et al.* 2005) fue de 36, 50 y 70% a las 12, 24 y 48 h, similar a *L. rugosus*, principalmente a 16 y 24 h (36 y 43% de digestibilidad), respectivamente. Reyes *et al.* (2006), evaluaron *Moringa oleífera* Lam. observando digestibilidades de 70.9 y 68.1%, para rebrotes con edades de 60 y 75 días. La edad de rebrote es un factor importante, por lo que las especies arbustivas requieren de estrategias de manejo del pastoreo. En la época seca, tanto la digestibilidad como la PC disminuyen, contrariamente a los componentes estructurales como FDN y lignina, las cuales aumentan (Adejumo, 1992), una forma de regular la calidad del rebrote es con cortes al inicio de la sequía o realizar estos a intervalo reducidos.

5.4.4. Degradabilidad *in situ* de la MS

De acuerdo con Larbi *et al.* (1998), los valores que se reportan para *Senna nodosa* Ham en la estación seca, son 4.5% h⁻¹, y para *A. lebbeck* 1.7% h⁻¹, se encuentran relacionados con los resultados obtenidos en el presente estudio, principalmente, con las especies del mismo género. En *L. leucocephala*, se ha reportado una Tasa y Potencial de degradación de 5.77% h⁻¹ y 71.45% (Razz *et al.*, 2004), valores

similares a los observados en *Senna* y *B. divaricata*, evaluados en este estudio. Debe señalarse que la edad de rebrote y las condiciones edáficas influyen sobre la composición del forraje y, por tanto, en su Degradabilidad. En *Acacia angustissima* (Mill.) Kuntze, Campo y Dirzo (2003) y Jiménez-Ferrer *et al.* (2008), encontraron valores de Tasa de Pasaje de 37.3 y 21.2% h⁻¹ para la época seca y de lluvias, respectivamente, valores que son superiores a los reportados en este estudio; sin embargo, también se reportan para *Acacia pennatula* (Schlecht. & Cham.) Benth, valores de 7.4 y 8.7% h⁻¹ para la época seca y de lluvias, respectivamente. En el caso de *B. unguolata* L., *G. sepium* y *L. leucocephala* se ha documentado degradación de 54, 82 y 77% (Pinto-Ruiz *et al.*, 2010), lo que se considera dentro de los valores obtenidos en el presente estudio. La edad de la planta determina el grado en el que ésta puede degradarse, así lo demostró Al-Masri (2009) para *Sesbania aculeata* L., cuando fue cortada a los 60 y 120 días la tasa de pasaje fue de 4.6 y 1.8% h⁻¹, con potencial de 21.6 y 30.2%, respectivamente; a mayor edad, la tasa de pasaje es menor, como consecuencia de la agregación de lignina y FDA (Moore y Hans-Joachim, 2001).

5.5. CONCLUSIONES

Se observó alta digestibilidad *in situ* de la materia seca para *S. racemosa*, *S. pendula*, *B. divaricata* y *P. piscipula*, sin que influyera la época del año, observando en la época seca la de mayor disponibilidad de nutrientes.

La tasa y extensión de la digestión fue similar a las reportadas para otras leguminosas. Entre los factores antinutricionales determinados, el inhibidor de tripsina fue el que se encontró en mayor proporción, mientras que la concentración de los otros factores antinutricionales analizados fue baja o nula.

De acuerdo a lo anterior, las leguminosas evaluadas pueden ser usadas en los sistemas de pastoreo bajo consumo moderado, en sistemas de corte y acarreo o como bancos de proteína.

5.6. LITERATURA CITADA

- Adejumo J. O. 1992. Effect of plant age and harvest date in the dry season on yield and quality of *Gliricidia sepium* in southern Negeria. Trop. Grasslands. 26: 21-24.
- Ahmed M. M. M. and Hag F. M. E. 2003. Energy supply to livestock from tropical rangeland during the dry season. Trop. Anim. Health Prod. 35:169-177.
- Al-Masri M. R. 2009. An *in vitro* nutritive evaluation and rumen fermentation kinetics of *Sesbania aculeate* as affected by harvest time and cutting regimen. Trop. Anim. Health Prod. 41:1115-1126.
- Anderson R. L. and Wolf W. J. 1995. Compositional changes in trypsin inhibitors, phytic acid, saponins and isoflavones related to soybean processing. The Journal of Nutrition. 125:581S-588S.
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 18th Ed. Association of official Analytical Chemists. Washington. 29 DC, EE.UU.
- AOAC. 2002. Association of Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis. 17th Ed. Washington D.C. USA.
- Arelovich H. M. 2008. Elementos minerales. Su impacto en la fermentación ruminal. Rev. Argentina Prod. Anim. 28:235-253.
- Barahona R., Lascano C. E., Narvaez N., Owen E., Morris P., Theodorou and M. K. 2003. *In vitro* degradability of mature and immature leaves of tropical forage legumes differing in condensed tannin and non-starch polysaccharide content and composition. J Sci. Food Agric. 83:1256-1266.
- Boniglia C., Carratú B., Di Stefano S., Giammarioli S., Mosca, M. and Sanzini E. 2008. Lectins, trypsin and α -amylase inhibitors in dietary supplements containing *Phaseolus vulgaris*. Eur. Food Res. Technol. 227:689-693.
- Buxton D. R. y Redfearn D. D. 1997. Conference: New developments in forage science contributing to enhanced fiber utilization by ruminants. J Nutr. 127:814S-818S.
- Camero A., Ibrahim M. and Kass M. 2001. Improving rumen fermentation and milk production with legume-tree fodder in the tropics. Agroforestry Systems 51:157-166.

- Campo J. and Dirzo R. 2003. Leaf quality and herbivory responses to soil nutrient addition in secondary tropical dry forests of Yucatan, Mexico. *J Trop. Ecol.* 19:525-530.
- Celis G. A. 2000. Calidad de pastas de soyas mexicanas y su relación con el síndrome de tránsito rápido en pollos de engorda. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad de Colima, México. 52 p.
- Coley P. D. and Barone J. A. 1996. Herbivory and plant defenses in tropical forests. *Annu. Rev. Syst.* 27:305-335.
- Enríquez Q. J. F. y Romero M. J. 1999. Tasa de crecimiento estacional a diferentes edades de rebrote de 16 ecotipos de *Brachiaria spp.* En Isla, Veracruz. *Agrociencia* 33:141-148.
- García D. E., Medina M. G., Moratinos P., Cova L. J., Torres A., Santos O. y Perdomo D. 2009. Caracterización químico nutricional de forrajes leguminosos y de otras familias botánicas empleando análisis descriptivo y multivariado. *Avances en Investigación Agropecuaria.* 13:25-39.
- García E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana). 4ª. ed. México. 246 p.
- Garcillán P. P., Ezcurra E. and Riemann H. 2003. Distribution and species richness of woody dryland legumes in Baja California, México. *J Veget. Sci.* 14:475-486.
- Graham P. H. and Vance C. P. 2003. Legumes: Importance and constraints to greater use. *Plant Physi.* 131:872-877.
- Jaffé L. A., Werner G. and Gonzalez I. D. 1974. Isolation and partial characterization of bean phytohemagglutinins. *Phytochem.* 13:2685-2693.
- Jiménez-Ferrer G., López-Carmona M., Nahed-Toral J., Ochoa-Gaona S. y Ben de Jong. 2008. Árboles y arbustos forrajeros de la región norte-tzotzil de Chiapas, México. *Vet. Méx.* 39:199-213.
- Kakade M. L., Rackis J. J., McGhee J. E. and Puski G. 1974. Determination of trypsin inhibitors activity of soy-products. A collaborative analysis of an improved procedure. *Cereal Chem.* 51:376-382.
- Larbi A., Smith J. W., Kurdi I. O., Adekunle I. O., Raji A. M. and Ladipo D. O. 1998. Chemical composition, rumen degradation, and gas production

- characteristics of some multipurpose fodder trees and shrubs during wet and dry seasons in the humid tropics. *Anim. Feed Sci. Technol.* 72:81-96.
- Launchbaugh K. L., Provenza F. D. and Pfister J. A. 2001. Herbivore response to anti-quality factors in forages. *J Range Management* 54:431-440.
- López H. M. A., Rivera L. J. A., Ortega R. L., Escobedo M. J. G., Magaña M. M. A., Sanginés G. J. R. y Sierra V. A. C. 2008. Contenido nutritivo y factores antinutricionales de plantas nativas forrajeras del Norte de Quintana Roo. *Téc. Pecu. Méx.* 46:205-215.
- López-Torres J. L. y Tamarit-Urias J. C. 2005. Crecimiento e incremento en el diámetro de *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth en bosques secundarios en Escárcega, Campeche, México. *Revista Chapingo, Serie de Ciencias Forestales y del Ambiente.* 11:117-123.
- McDonald P., Edwards R. y Greenhalgh J. F. D. 1993. *Nutrición Animal.* 4ª. ed. Ed. Acribia, S. A. Zaragoza, España. 571 p.
- Monroe E. E., Wall E. and Rolland M. L. 1952. Detection and estimation of steroidal sapogenins in plant tissue. *Anal. Chem.* 8:1337-1341.
- Moore K. J. and Hans-Joachim G. J. 2001. Lignin and fiber digestion. *J Range Management* 54:420-430.
- Ndemanisho E. E., Kimoro B. N., Mtengeti E. J. and Muhikambe V. R. M. 2006. The potential the *Albizia lebbeck* as a supplementary feed for goats in Tanzania. *Agroforestry Systems.* 67:85-91.
- Niembro R. A. 1992. Árboles y arbustos útiles de México. Ed. Limusa-Noriega. México, D.F. 206 p.
- Olivares P. J., Jiménez G. R., Rojas H. S. y Martínez H. P. A. 2005. Uso de las leguminosas arbustivas en los sistemas de producción animal del trópico. *Revista Electrónica de Veterinaria.* VI (5). <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050505.html>.
- Orskov E. R. and McDonalds I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J Agric. Sci. Camb.* 92:499-503.
- Orskov E. R., Deb Hovell D. D. y Mould F. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la valuación de los alimentos. *Prod. Anim. Trop.* 5:213-233.

- Ortega R. L., Castillo H. J. E. y Rivas P. F. A. 2009. Conducta ingestiva de bovinos Cebú adultos en leucaena manejada a dos alturas diferentes. *Téc. Pecu. Méx.* 47:125-134.
- Palmer B. and Schlink A. C. 1992. The effect of drying on the intake and rate of digestion of the shrub legume *Calliandra calot hirsus*. *Tropical Grasslands.* 26:89-93.
- Pinto R., Gómez H., Martínez B., Hernández A., Medina F., Ortega L. y Ramírez, L. 2004. Especies forrajeras utilizadas bajo silvo-pastoreo en el centro de Chiapas. *Avances Inv. Agro.* 8:1-11.
- Pinto-Ruiz R., Hernández D., Gómez H., Cobos M. A., Quiroga R. y Pezo D. 2010. Árboles forrajeros de tres regiones de Chiapas, México: Usos y características nutricionales. *Universidad y Ciencia, Trópico Húmedo.* 26:19-31.
- Quero, C. A. R., Enríquez Q. J. F. y Miranda J. L. 2007. Evaluación de especies forrajeras en América tropical, avances o *status quo*. *Interciencia-Venezuela.* 32 (8): 566-571.
- Ramos G., Frutos P., Giráldez F. J. y Mantecón A. R. 1998. Los compuestos secundarios de las plantas en la nutrición de los herbívoros. *Arch. Zootec.* 47:597-620.
- Razz R., Clavero T. y Vergara J. 2004. Cinética de degradación *in situ* de la *Leucaena leucocephala* y *Panicum máximum*. *Rev. Científica, FCV-LUZ.* 14:424-430.
- Reyes S. N., Ledin S. and Ledin I. 2006. Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different management regimens in Nicaragua. *Agroforestry Systems.* 66:231-242.
- Rodríguez Y., Chongo B., La O O., Oramas A., Scull I. y Achang G. 2005. Características químicas de *Albizia lebbeck* y determinación de su potencial nutritivo mediante la técnica de producción de gas *in vitro*. *Rev. Cubana Cien. Agrí.* 39:313-318.
- SAS (Statistical Analysis Systems). 2002. SAS Proceeding Guide: Versión 9.0. SAS Inst. Inc. Cary, NC, USA.
- Sánchez T., Orskov E. R., Lamela L., Pedraza R. y López O. 2008. Valor nutritivo de los componentes forrajeros de una asociación de gramíneas mejoradas y *Leucaena leucocephala*. *Pastos y Forrajes* 31:271-281.

- Serratos A. J. C., Carreón A. J., Castañeda V. H., Garzón De la M. P. y García E.J. 2008. Composición químico-nutricional y de factores antinutricionales en semillas de parota. *Interciencia* 33:850-854.
- Shelton H. M., Franzel S. and Peters M. 2005. Adoption of tropical legume technology around the world: analysis of success. *Trop. Grasslands*. 39:198-209.
- Smolenski S. J., Kinghorn A. D. and Balandrin M. F. 1981. Toxic constituents of legume forage plants. *Econ. Botany* 53:321-355.
- Thorpe J. and Beal J. D. 2003. Vegetable protein meals and the effects of enzymes. In: Bedford M. R. and Partridge G. G. *Enzymes in farm animal nutrition*. CABI Publishing. Wallingford. UK. 125-143 p.
- Van Soest P. J., Robertson J. B. and Lewis B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Symposium; Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implication in dairy cattle. *J Dairy Sci.* 74:3585-3597.
- Villaseñor J. L. 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 75:105-135.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES GENERALES

De acuerdo a la literatura, los factores antinutricionales en el forraje de leguminosas tropicales son variables, los más comunes Taninos, Saponinas, Alcaloides y Aminoácidos, pueden generar problemas para su utilización en la alimentación del ganado. Sin embargo, con un manejo adecuado del forraje, se pueden reducir los riesgos por intoxicación.

De las recolectas realizadas, se identificaron siete especies con potencial forrajero, de acuerdo a su calidad nutritiva, así como a información sobre su consumo por animales, las más sobresalientes incluyeron: *Lysiloma latisiliquum*, *Albizia lebbek*, *Piscidia piscipula* y *Lonchocarpus rugosus*.

La digestibilidad de las siete especies se encontró en los rangos óptimos para su aprovechamiento por ganado. El compuesto antinutricional encontrado en todas las especies fue el Inhibidor de tripsina. Saponinas y Hemaglutininas únicamente se encontró en *Lysiloma latisiliquum* en concentraciones bajas. Así mismo, bajo contenido de la actividad ureasica en todas las especies, por lo tanto, las concentraciones encontradas no causan daño al ganado.